

# Untersuchungen über die Zelle.

Von

**Dr. Carl Camillo Schneider,**

Assistent am zoologischen Institut der Universität Wien.

Die Untersuchungen *Altmann's* über Zellstructuren, die an sehr feinen Schnitten angestellt sind, veranlassten mich zur Anwendung desselben Verfahrens an einigem Material, das mir zur Verfügung stand. Im Nachfolgenden bringe ich die Ergebnisse meiner Untersuchungen, die sich gleichfalls auf die Structur des Zellkörpers beziehen, jedoch nicht auf nur mit complicirten Methoden darstellbare Granulae, sondern auf das Gerüst und auf die chromatische Substanz. Meist waren es Eier, die verwendet wurden, und stammt das Material zum Theil aus der zoologischen Station zu Triest, zum Theil aus dem Institut in Wien und einen dritten Theil verschaffte ich mir selbst. In Triest conservirte ich Eier von *Strongylocentrotus lividus* vor und nach der Befruchtung; um Polyspermie eintreten zu lassen, wandte ich Nicotin, Strychnin und Curare an, auf Vorschlag des Herrn Inspectors Dr. Graeffe und mit dessen Unterstützung liess ich auch den elektrischen Strom vor und auch während der Befruchtung auf die Eier einwirken und erreichte hierdurch gleichfalls die Ueberbefruchtung durch sehr bedeutende Mengen von Spermatozoen. Da gerade diese Eier über verschiedene Punkte sehr guten Aufschluss gaben, so spreche ich Herrn Dr. Graeffe für den guten Rath und die liebenswürdige Unterstützung ebenso, wie für die zuvorkommende Beschaffung des nöthigen Materiales den verbindlichsten Dank aus. Die Eier wurden mit Pikrinessigsäure und Eisessig conservirt, ein Unterschied in der Einwirkung beider Reagentien liess sich kaum feststellen. Nach Färbung mit Boraxcarmin bettete ich grosse Mengen der

Eier in Paraffin ein und fertigte mit dem ausgezeichneten Spengel-Becker'schen Mikrotom (geliefert von der Firma August Becker in Göttingen) Schnitte von circa 2  $\mu$ . Dicke an, so fein als dieser Apparat es gestattet. Untersucht wurden dieselben mit der  $\frac{1}{18}$  homogenen Immersion von Zeiss unter Benützung der Oculare 2—5. Nach langem Studium gelang es mir, die vorliegenden Structuren genau zu unterscheiden (besonders günstig hierfür erwiesen sich die Theilfiguren) und da die Ergebnisse nicht uninteressante zu werden erschienen, verschaffte ich mir noch weiteres Material. Das bekannte Object für Studien über mitotische Theilung, *Ascaris megalocephala*, war nicht schwer zu erhalten und es gibt in der That nichts Herrlicheres, als die klaren Bilder, die an den Eiern derselben zu gewinnen sind. Ich conservirte die Geschlechtsröhren mit reinem Eisessig, mit  $\frac{1}{2}$  Eisessig und  $\frac{1}{2}$  Alkohol absolut., mit in Alkohol absolut. gelöster Pikrinsäure, mit Pikrinessigsäure und anderen Reagentien. Am günstigsten erwies sich das Gemisch von Alkohol absolut. und Eisessig, doch lieferten auch die anderen genannten gute Bilder; minderwerthige liefen stets mit unter. Gefärbt wurde mit Boraxcarmin, Ehrlich'schem Hämatoxylin und Saffranin, am meisten jedoch mit ersterem. Denn die weitere Behandlung der Schnitte und ihr schliessliches Einlegen in reines Glycerin veranlasste das Ausziehen des Saffranins, während Boraxcarmin erst nach längerer Zeit wenig verblasste, Hämatoxylin jedoch sich constant erhielt. Letzteres gab keine reinen Kernfärbungen, war also nur für gewisse Fälle anwendbar (z. B. für die Untersuchung der Attractionssphären). Ausser *Strongylocentrotus* und *Ascaris* kamen noch weiter Hodenzellen von *Astacus fluviatilis*, Eier von *Tiara pileata* und *Sphaerechinus brevispinosus* zur Untersuchung. Zur Bestätigung der Befunde über das Zellgerüst schnitt ich noch Exemplare des *Trichoplax adhaerens* und Vorticellen (Species unbestimmt). Auch dieses Material wurde mit Pikrinessigsäure und Eisessig und Alkohol absolut. behandelt, doch erwies sich letzteres Reagens nicht so allgemein gut anwendbar wie ersteres.

Ein paar Worte muss ich über die Zeichnungen sprechen, denn die Anfertigung derselben war mit grossen Schwierigkeiten verknüpft. Speciell die Untersuchung des Gerüsts, d. h. des Verlaufes der Fasern, verursachte viele Schwierigkeiten und es ist aus diesem Grunde die Darstellung desselben in den zuerst angefertigten Zeichnungen nicht ganz correct (siehe darüber bei den einzelnen Figuren). Auch habe ich überall nur das Nothwendigste gezeichnet, überhaupt mit Figuren so viel als möglich gespart

und in verschiedenen das Gerüst nur angedeutet, da die genaue Darstellung höchst umständlich und zeitraubend war. Ich bitte deshalb, die Unvollständigkeit der einzelnen entschuldigen zu wollen. (Gezeichnet wurde fast durchgehends bei Anwendung des oben erwähnten Objectivs und Ocular 4.)

## I. Specieller Theil.

### a) Zellgerüst.

Die Eier von *Strongylocentrotus lividus* dienten mir als erstes Untersuchungsobject. Ich hatte hiermit eine sehr gute Wahl getroffen, denn die Gerüststructur derselben zeigt durchaus ursprüngliche Verhältnisse und eignet sich dadurch besonders gut zu Anfangsstudien, während in den Eiern von *Ascaris megalocephala*, die in vieler Hinsicht sonst vorzuziehen sind, weniger einfache Verhältnisse vorliegen. Es kam mir vor Allem darauf an, genau die Fragen zu entscheiden: Ist ein Gerüstwerk in der Zelle vorhanden und wie ist es beschaffen? Die Antwort ist für *Strongylocentrotus* völlig sicher abzugeben — sie wird durch sämtliche andere untersuchten Objecte nur bestätigt — und lautet: In einer undifferenzirten Zelle, wie die meisten Eier sie darstellen, ist ein überall gleichartiges Gerüst vorhanden und dieses besteht aus Fasern von durchgehends derselben Beschaffenheit. Der Begriff undifferenzirt wird aus der Beschreibung des Gerüstes der Eier von *Strongylocentrotus* hervorgehen. Einigermassen differenzirt sind z. B. die Eier von *Ascaris megalocephala*, doch handelt es sich nur um Umbildungen, die an Eiern völlig einflusslos sind.

Das Gerüst besteht aus gleichmässig dicken Fasern (die ich auch Balken, Fibrillen und Fäden nennen werde, auf griechisch το λίνον), welche einen nur wenig gewundenen Verlauf haben (siehe vor Allem Fig. 19, 1, 5, 6, 7). Letztere Eigenschaft konnte ich erst gegen Abschluss dieser Arbeit mit völliger Sicherheit bestimmen (an den Hodenzellen von *Astacus* [Fig. 5 und 6] z. B.), daher sind die früher angefertigten Zeichnungen nicht ganz correct. Ich habe dies für jede einzelne Figur besonders angegeben; die fehlerhaften noch einmal anzufertigen, hätte mir zu viel Mühe gemacht und die Arbeit nicht gelohnt, da ja nicht allein die Beschaffenheit der Fasern für ihre Anfertigung anlassgebend war (Fig. 9, vor Allem auch 16 und 17). Die Länge der einzelnen Fibrillen ist nicht zu bestimmen; sieht man eine solche endigen, so braucht hierdurch ja nicht der wirkliche Abschluss dargestellt

zu sein; die feinen Schnitte können nur Abschnitte derselben zeigen. Es muss sogar möglich erscheinen, dass das ganze Gerüst nur von einer einzigen Faser gebildet wird, deren ungeheure Anzahl von Biegungen und Windungen sich unter einander, wenn jede einzelne auch nur gering ist, dann in der Weise überall durchkreuzen, dass man viele Fäden vor sich zu haben glaubt. Von grosser Wichtigkeit ist es, die Kreuzungen von je 2 Fasern genau zu untersuchen, denn es ist darauf Rücksicht zu nehmen, dass an solchen Punkten ein Zusammenhang der Fibrillen statthaben kann. Es würde dann also ein Netzwerk mit soliden Knotenpunkten vorliegen; wenn dagegen eine Vereinigung der Fasern nicht zur Beobachtung kommt, darf einfach nur von einem Maschenwerk, von einem Durchsetzwerden der Grundsubstanz von beliebig sich begegnenden, vielleicht berührenden, aber nicht verschmelzenden Fasern die Rede sein. (Der Ausdruck Maschenwerk ist eigentlich auch nicht besser als Netzwerk; ich werde ihn aber im vorliegenden Falle gebrauchen, da Flemming unter letzterer Bezeichnung einen Zusammenhang der Fibrillen in den Kreuzungsstellen, also das Vorhandensein von „Knotenpunkten“ versteht.) Ich konnte mich nach den vielen genauen Untersuchungen, die ich über diese Frage im Besonderen anstellte, ganz zweifellos überzeugen, dass die Fibrillen nicht verschmelzen, sondern einfach an einander vorüberziehen und habe mich deshalb auch bemüht, dies auf meinen diesbezüglichen Figuren immer klar zum Ausdruck zu bringen. Die Dichte der Maschen, die aber sehr bedeutend schwanken kann, und der geringe Durchmesser der Fäden erschweren eine Feststellung allerdings sehr; gelang es aber, die Frage in der oben angegebenen Weise zu beantworten, so war zugleich eine andere Auffassung über das Gerüstwerk, die Annahme eines wabigen Baues wenigstens für *Strongylocentrotus* zurückgewiesen. Die Membranen erscheinen wohl auf dem Querschnitt als Fäden, in den Ecken der Waben muss dagegen ein Ineinanderübergehen der einzelnen und demnach auch ihrer Durchschnitte stattfinden, es muss ein völlig ausgeprägtes Netzwerk zu sehen sein. Ein solches nimmt man aber, wie schon bemerkt, nicht wahr, vielmehr erkennt man klar jede einzelne Faser durch schon ganz geringes Heben und Senken des Tubus in den Kreuzungsstellen; jede behält genau den Habitus bei, den sie besass, während sie frei die Grundsubstanz durchsetzte; sie verdickt sich nicht und es ist auch keine spezifische Zwischenmasse zu erkennen. Natürlich sind diese Beobachtungen nicht sofort zu gewinnen. Es bedarf

einiger Zeit, um das Auge an ein scharfes Erkennen der vorliegenden Verhältnisse zu gewöhnen, denn die Winzigkeit der Structuren, selbst bei Anwendung der  $\frac{1}{13}$  homogenen Immersion von Zeiss, Ocular 5, und dem Auer'schen Glühlicht, ist so bedeutend, dass man derartige Bilder leicht für verschiedene Auffassungen verwerthen könnte. Den sichersten Entscheid über die Natur des Gerüsts als einfaches Maschenwerk von Fäden gewinnt man, wie ich vorgreifend bemerken muss, bei Untersuchungen von karyokinetischen Figuren. Hier sind die Befunde derart, dass von einer anderen Ansicht nicht die Rede sein kann. Ein Wabenwerk oder eine netzartige Verknüpfung der Fäden liegt bei *Strongylocentrotus* in den untersuchten Eiern thatsächlich nicht vor.

Auch der Einwurf, dass die Fasern nur Kunstproducte seien, wird durch die karyokinetischen Figuren mit Bestimmtheit widerlegt. Die Existenz einer Spindelfaser ohne Reagenzienanwendung wird wohl Niemand bestreiten; es lässt sich nun nachweisen, dass die Spindelfasern aus den hier beschriebenen Gerüstfäden hervorgehen; folglich können diese nicht erst nach Abtödtung der Zellen entstehen. Ein weiterer Beweis folgt unten.

Es gelingt oft, eine Faser auf längere Strecken hin zu verfolgen. Von der Innehaltung einer bestimmten Richtung lässt sich nur im Grossen und Ganzen, aber auch da nicht immer, reden; die vielfachen, wenn auch geringen Biegungen verändern sie doch leicht und manchmal möchte es sogar scheinen, als ob eine Faser zu dem Punkt, von dem ausgehend man sie verfolgte, wieder zurückkehrt (in Fig. 9 finden sich derartige dargestellt). Indessen sieht man dann auch Balken, die wenigstens eine längere Strecke weit ziemlich unverändert die gleiche Bahn innehalten, kurz es wimmelt so von Fasern, die nach allen Seiten und in allen Curven dahinziehen, dass man vielleicht annehmen darf: es gibt Fasern, die gewisse Richtungen weithin verfolgen, und andere, die sich nicht unbeträchtlich krümmen, oder auch: die eine Faser ist bald ziemlich gestreckt, bald stark gebogen.

Das Aussehen ist bei allen Fasern immer das gleiche; in der Grundmasse (über deren Beschaffenheit nur anzugeben ist, dass sie homogen und völlig glanzlos erscheint) treten sie durch ihr Lichtbrechungsvermögen sehr deutlich hervor; der starke Glanz erschwert ihre Erkennung sogar nicht unbeträchtlich. In anderen Medien (siehe Theilung) sind sie, wenn auch durch Contrast weniger markirt, doch klarer wahrzunehmen; indessen lernt man

bei einiger Gewöhnung sie stets zu unterscheiden, doch gehören sehr feine Schnitte dazu. Die Dicke ist bei allen untersuchten Objecten ungefähr die gleiche; sie lässt sich selbst mit dem Ocularmikrometer nur abschätzen und beträgt circa  $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{4}$   $\mu$ .

Von grösstem Interesse und aufklärend über die Thätigkeit des Zellgerüstes ist folgender Nachweis, der mir an *Trichoplax adhaerens* (Fig. 7) sehr leicht gelang. Man sieht hier die Oberfläche dicht mit sehr zarten Wimpern besetzt, die in fortwährender Bewegung sich befinden. Auf den feinen Schnitten lässt sich nun der Eintritt dieser Wimpern und ihre Fortsetzung in Balken des Gerüstes prächtig beobachten. Sowohl der ausserhalb, wie der innerhalb gelegene Fibrillentheil haben ganz das gleiche Aussehen und dieselbe Dicke. Die Wimper durchsetzt die äussere Zellmembran und verlängert sich in eine meist rechtwinklig zu dieser ziehende Faser. Das blinde Ende der Wimper ist nicht zugespitzt, sondern erscheint stumpf, wie ein Querschnitt eines Balkens beschaffen sein muss. — Diese Beobachtung bildet nicht allein eine starke Stütze für das Vorhandensein des Gerüstes auch im lebenden Thier, nicht blos im Präparat auf dem Objectträger, sie beweist zugleich unwiderlegbar, dass dem Gerüst Bewegungsfähigkeit innewohnt. Wie die Schwingungen der Wimpern zu Stande kommen, kann ich natürlich nicht angeben, denn am lebenden Thier ist dies nicht festzustellen; aber jedenfalls werden es Contractionen sein, wie man ja auch meisthin annimmt.

Ausser bei *Trichoplax* finden wir ganz die gleiche Gerüstbeschaffenheit, wie sie oben geschildert wurde, auch bei *Vorticella*. Es ist dies insofern von Wichtigkeit, als es zeigt, dass unter den Protozoen wenigstens die Infusorien in dieser Hinsicht sich von den Metazoen nicht unterscheiden. Vielfach sind hier auch Membranen und Vacuolen von der noch zu beschreibenden gewöhnlichen Ausbildungsweise zu bemerken.

## 1. Zusammenhang von Protoplasma- und Kerngerüst.

Bis jetzt war nur die Rede vom Gerüst der Zelle im Allgemeinen, die so gebräuchliche Zerlegung des Ganzen in Protoplasma und Kern wurde mit keinem Wort erwähnt, und doch bezieht sich die gegebene Schilderung auf beide Theile; sowohl im Kern, wie im Protoplasma finden wir bezüglich des Gerüstes ganz dieselben Verhältnisse. Es ist dies am besten an Kernen zu constatiren, die Gerüst in derselben Dichte enthalten, wie der übrige Zellkörper, obgleich gerade an jenen, die nur wenig Balken zeigen, diese am

klarsten zu beobachten sind. Völlig von Gerüst erfüllte Kerne finden sich z. B. in den Zellen des blinden Endes der Genitalröhren von *Ascaris* (Keimzone), bei *Trichoplax* (Fig. 7) und noch anderwärts vielfach. Meist zeigen aber die Kerne kleinere oder grössere, oft sogar beträchtlich grosse Lücken (Fig. 5, 6, 16), die jedoch durchaus nicht scharf begrenzt zu sein brauchen. Der Anlass ihres Auftretens scheint an eine gewisse Ruhe im Zellenleben gebunden zu sein; denn Kerne, die sich zur Theilung anschicken, zeigen sie nicht oder in verhältnissmässig nur geringer Ausdehnung, selbst wenn die Membran noch intact und deutlich wie sonst zu sehen ist. Auf dem Schnitt sieht man die Balken an solchen Lücken entweder endigen (was durch den Schnitt bedingt sein kann, obwohl man nie einzelne Fasern derartige gerüstfreie Räume durchsetzen sieht) oder sie verlaufen parallel dem Lückenrand oder biegen zurück, selten aber legen sie sich zu einer Art Membran zusammen (siehe später). Deshalb sind die Lücken auch nicht den festumkapselten Vacuolen, die so häufig sind, zu vergleichen; es kann sich nur um eine zufällige Anreicherung irgend einer zwischen den Balken ausgeschiedenen und diese auseinander pressenden Substanz, nicht um den Abschluss einer solchen von der Umgebung handeln.

Die ersten Beobachtungen über die Zellstructuren, speciell über das Gerüst, stellte ich an derartig beschaffenen Kernen an und die geringe Menge an Fibrillen erlaubte eine Erkennung der einzelnen sehr gut. Sie gestattete aber auch die Feststellung einer anderen Frage; es liess sich nämlich mit vollster Klarheit der Durchtritt der Kernbalken durch die Kernmembran und die Verlängerung jener in das Protoplasma hinein constatiren. Kern- und Protoplasmagerüst hängen zusammen, beide sind völlig identisch. Schon die Totalansicht eines Zellenquerschnittes legt dies nahe, da die Balken beider Regionen ganz das gleiche Aussehen haben; der exacte Beweis dafür wird aber nur dadurch gegeben, dass man die Balken aus dem einen Theil in den anderen zu verfolgen vermag, und dass dies nicht nur für eine oder wenige Fasern, sondern für die sämmtlichen, in der passenden Richtung verlaufenden gilt. Die Figuren 5, 6 und 19 zeigen diese Verhältnisse völlig der Wirklichkeit entsprechend; sie stellen genau das dar, was man an jedem Präparate bei einiger Uebung mit Leichtigkeit zu schauen im Stande ist. Wenn demnach ein principieller Unterschied zwischen Kern und Protoplasma noch aufrecht gehalten werden möchte, so darf sich ein solcher nicht auf Differenzen im Gerüst stützen, denn diese existiren nicht; diese Arbeit soll aber dahin führen, im Kern

überhaupt kein specielles Organ der Zelle zu sehen (Näheres im zweiten Theil).

## 2. Membranen. (Fig. 5, 7, 19, 18 etc.)

Die Membranen der Eier, der Kerne, der Vacuolen, Nucleolen etc. stellen Wandungen von Räumen dar, die meist Kugelgestalt besitzen. Auf dem Querschnitt erscheinen sie deshalb als doppelt contourirte Kreislinien, die mehr weniger scharf hervortreten. Eine Theilmembran (bei Zerfall von Zellen) stellt eine Ebene vor; sie erscheint auf dem Querschnitt daher wie eine einfache, gerade Linie. Alle sind sehr verschieden deutlich zu erkennen; einmal treten sie mit grosser Schärfe aus dem Fibrillengewirr hervor, dann aber lassen sie sich von Fasern nur durch den gleichmässigen Verlauf, der oft auch nur schwer zu verfolgen ist, unterscheiden. Ihre Dicke stimmt mit der der Fibrillen durchgehends überein; man kann sich bei oberflächlicher Untersuchung hierüber sehr leicht täuschen, denn oft sieht man von der Membran selbst auf den dünnsten Schnitten mehr als ihren Querschnitt, besonders wenn sie flächenhaft getroffen wurde; dann kann man leicht die angrenzende Oberflächpartie mit in das Maass der Dicke hineinbeziehen und kommt hierdurch zu irrigen Resultaten. Bei einer scharfen Einstellung des Tubus jedoch lässt sich die Täuschung leicht constatiren, aber selbst dann noch kann die Membran den Eindruck hervorrufen, als ob ihre Dicke bedeutender wäre als die der Fasern. Es lässt sich dies als optische Täuschung dadurch erklären, dass man ihren Querschnitt während des ganzen Verlaufes klar und deutlich wahrnimmt; sie erscheint demnach als ununterbrochene, scharf markirte Linie; die Fibrillen jedoch, deren Verlauf ein geschlängelter ist, sieht man meist nur auf sehr kurze Distanzen deutlich; bald erheben, bald senken sie sich in der Grundmasse oder verschwinden ganz, dann wieder übersetzt die eine die andere; das Ganze unterliegt also fortwährendem Wechsel in seiner optischen Wiedergabe. Die hervortretenden Partien glaubt man dann dicker als die weniger leicht sichtbaren, hierdurch kommt man aber leicht zu der Vorstellung, als wäre der Querschnitt im Ganzen überhaupt nicht so bedeutend, als er es in der That ist; demzufolge kann eine Membran in der Gleichartigkeit ihres Querschnittes auch den Eindruck hervorrufen, dass sie in ihrer Dicke sich von den Fasern unterscheidet. Am unzweifelhaftesten macht sich die Uebereinstimmung beider Gebilde in ihrem Querschnitt an den Vacuolenwandungen bemerkbar. Solche Membranen unterscheiden sich durch

nichts, selbst wenn sie deutlich um den abgeschlossenen Raum zu verfolgen sind, in ihrem Aussehen von den Balken und hier ist denn auch mit grösster Präcision der Beweis zu führen, dass die Membranen aus Fibrillen hervorgehen.

Bei Beobachtung der Zellenmembranen sieht man mit grosser Sicherheit, dass die Balken nicht an dieser einfach sich anheften, sondern direct in sie übergehen (Fig. 9, 16 und 17). An Kernen ist dies seltener, hier und da aber auch sehr schön zu constatiren. Was befindet sich aber zwischen den einzelnen Fibrillen, welche in die Membran eintreten, so dass der Eindruck einer gleichmässigen Beschaffenheit erzeugt werden kann? Denn selbst, wenn die Balken sehr dicht aneinander sich anschmiegen, könnte doch keine Rede von einer soliden Membran sein; der Querschnitt könnte keine reine ununterbrochene und gleichmässige Kreislinie darstellen. Diese Frage lässt sich bei Betrachtung von Vacuolenwandungen (Eier von *Ascaris meg.* [Fig. 1]) zweifellos beantworten; hier sind die Fasern in ihrer Theilnahme am Aufbau der Membran klar zu verfolgen. Ist eine solche so flächenhaft angeschnitten, dass bei Verstellen des Tubus einmal der Querschnitt, dann aber auch die Oberfläche wahrgenommen werden kann, so bemerkt man, wie die Fibrillen der Umgebung, die den passenden Verlauf haben, in die Membran eintreten, in dieser fortziehen und dann sie beliebig wieder verlassen. Dass von einer Täuschung bei dieser Beobachtung nicht die Rede sein kann, geht aus einem Unterschied hervor, der sich in dem Aussehen der Balken während des freien und während des Verlaufes in der Vacuolenwandung geltend macht. Bei ersterem hebt sich die Fibrille scharf, wie oben beschrieben, aus der Grundmasse heraus; bei letzterem jedoch sind sie nur schwierig, aber doch sicher in einer optisch etwa gleich beschaffenen Zwischensubstanz erkennbar, die, soweit die Membran sich ausdehnt, zu bemerken ist. Der Verlauf der Fasern ist in dieser Substanz genau derselbe wie in der Grundmasse. Daher ist auch die Strecke, während welcher der Balken in der Membran hinzieht, eine völlig beliebige und jedenfalls von der ursprünglichen Richtung abhängige. Die verbindende Substanz dient nur dazu, alle untereinander zusammen und hierdurch den umgrenzten Raum constant zu erhalten. Ihre Beschaffenheit ist wahrscheinlich wechselnd und hierdurch das verschiedene Aussehen des Membranquerschnittes bedingt; ist dieser sehr homogen und scharf begrenzt, so wird der Kitt jedenfalls grössere Solidität und Dichte, dementsprechend auch stärkeren Glanz besitzen, also die

Fibrillen in ihm nicht mehr unterschieden werden können; möglich ist aber auch, dass in eine solche Wandung in der That mehr Fasern eingegangen sind, als in die z. B. der beschriebenen Vacuolen. Es war mir nicht möglich, diese Frage bis jetzt zu entscheiden; am wahrscheinlichsten halte ich eine grössere Homogenität der verbindenden Substanz, denn bei Auflösung von Membranen (siehe die Theilungsvorgänge [Fig. 9]) kann man nichts wahrnehmen, das für eine dichtere Anhäufung von Fibrillen spräche. Die Auflösungen sind jedoch ebenfalls wieder ein schöner Beweis für die Bildung der Membranen aus Gerüstfasern; doch gehe ich hierauf erst bei Untersuchung der Theilungsvorgänge ein, ebenso wie auf die Entstehung doppelter Grenzmembranen im Zellkörper bei dem Zerfall desselben.

#### b) Chromatische Substanz.

Unter Chromatin versteht man jene Substanz des Kernes, die sich mit verschiedenen Farbstoffen intensiv färbt. Sie zeigt sich in den von mir untersuchten Zellen in viererlei Formen; bald gewahrt man kleine gefärbte Stellen, die in den Maschen des Gerüsts liegen oder dem Balken direct angelagert sind, bald grössere unregelmässige Klumpen und schliesslich kuglig geformte, stark glänzende Körper von verschiedenem Umfang. Eine vierte Art des Vorkommens werde ich bei den Theilungsvorgängen anführen und beschreiben. Die Intensität, mit welcher sich derartige Gebilde färben, ist verschieden und scheint zum Theil von Zufälligkeiten bei der Behandlung abzuhängen. Zweifellos am längsten bewahren die grösseren, oft scharf begrenzten und hervortretenden Massen den Farbstoff, während die Körner oft neben diesen schon entfärbt sind. Ich bezeichne die kleinsten tingirbaren Körper (Fig. 5, 6, 18) als Körner, da sie nicht gefärbt als solche von rundlicher oder eckiger Form, starkem Glanz und homogenem Ansehen in der oben erwähnten Vertheilung erscheinen. Ihre Grösse beträgt circa  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$   $\mu$ . Bei Ueberfärbung ist es nicht möglich, ihre ungefähre Zahl nur zu schätzen, da dann auch die Grundsubstanz der chromatinfreien Maschen tingirt ist; am besten gelingt es, möchte ich behaupten, am ganz ungefärbten Kern, allerdings sehr mühsam, sich über ihre Form und Vertheilung genau zu unterrichten, da man dann sicher ist, nicht durch Ueberfärbung getäuscht zu werden. Die Färbung muss sehr gelungen sein, damit alle Körner (nichts mehr und keines ausgeschlossen) tingirt erscheinen; dann kann man sich natürlich am leichtesten

orientiren. Es lässt sich hierbei mit Sicherheit wahrnehmen, dass die Vertheilung eine sehr wechselnde ist; kleine Kerne sind meist gleichmässig mit Chromatin erfüllt, d. h. fast in allen Maschen kann man die Körner sehen (Fig. 7). Wie die Grösse der Maschen wechselt, so auch die Zahl der Körner in denselben; in grösseren kann man oft 2, auch mehr der letzteren erblicken. Auch liegt da und dort ein Korn auf oder unter einem Balken; es würde also der darunter- oder darüberliegenden Masche angehören. In umfangreicheren Kernen ist die Anordnung sehr verschieden; dort, wo das Gerüst am dichtesten ist (meist am Rand), findet man auch die grössten Mengen des Chromatins. So entsteht häufig das Bild, als besässe der Kern eine chromatische Membran, wenn der aus Gerüst gebildeten, nicht tingirbaren eine dichte Reihe von tingirten Körnern eng anliegt. An den feinen Schnitten, wie sie mir durchwegs zur Untersuchung dienten, kann man eine derartige Vortäuschung aber stets enträthseln. Neben dieser Rindenschicht bemerkt man stets noch Körner im Inneren des Kernes mehr weniger zahlreich und ganz beliebig vertheilt.

Chromatin in grösseren Klumpen lässt sich auch an überfärbten Präparaten leicht erkennen, da die Intensität der Färbung doch eine bedeutende ist. Derartige Klumpen finden sich häufig; vor Allem schön sind sie in den Hodenzellen von *Astacus* zu beobachten (Fig. 6); hier ist auch ihre Entstehung leicht festzustellen. Neben einzelnen Körnern (wir haben in diesen wahrscheinlich die eigentlichen Repräsentanten der färbbaren Substanz zu sehen) finden sich kleinere oder grössere Gruppen solcher, die einen mehr weniger innigen Zusammenhang zeigen. Der einfachste Fall ist, dass dicht nebeneinander, aber noch einzeln unterscheidbar, die Körner um die Gerüstfibrillen herum gelagert sind; tritt eine Vereinigung der Körner ein, sind diese also nicht mehr einzeln zu erkennen, so ist ein Klumpen gebildet. In diesem lässt sich das Gerüst, an welches zufällig vorher die Körner angeheftet erschienen, meist sehr deutlich wahrnehmen und dies gilt sowohl für kleine wie für grosse Anhäufungen. Der Kern enthält also in solchem Falle beliebig grosse gefärbte Stellen, in denen die Fasern als lichtere Linien kenntlich sind. Dass diese Linien auch wirklich Ausdruck für die Anwesenheit von Fibrillen geben, beweist ihre Fortsetzung in ausserhalb des Klumpens sich erstreckende. Es ist demzufolge kein Zweifel, dass Klumpen durch eine Vereinigung (Verklebung oder Verschmelzung) von vorher getrennten Chromatinkörnern bei dichter Anhäufung dieser an und zwischen den Gerüst-

balken hervorgehen. Nicht sicher konnte ich feststellen, ob das Gerüst in den Klumpen im Allgemeinen engmaschiger ist als ausserhalb. Oft scheint dies zweifellos, es lassen sich aber auch Anhäufungen constatiren (aber nur von geringem Durchmesser), die im Inneren keine Balken zeigen. Dann scheint vielmehr das Gerüst eine Membran um die zu einer kugelförmigen Anhäufung vereinigten Chromatinkörner zu bilden, und hierdurch werden wir zur Betrachtung der Nucleolen übergeleitet.

Das, was man für gewöhnlich Nucleolen nennt, ist nach meinen Beobachtungen meist nicht von den beschriebenen Klumpen zu unterscheiden. Der Nucleolus in den Zellen der Wachstumszone der Eiröhre (Fig. 11, 12) von *Ascaris meg.* hat genau das gleiche Aussehen wie irgend ein Klumpen in den Hodenzellen von *Astacus fluv.* In beiden ist ein Haufe Chromatinkörner verklebt und im Inneren noch das Gerüst als hellere Linien, die sich nach aussen in das Kerngerüst fortsetzen, sichtbar. Es gibt indessen Nucleolen, die ein besonderes Ansehen haben und auf welche meiner Ansicht nach der Ausdruck Nucleolus allein beschränkt werden sollte; nämlich die kugelförmigen, von einer Membran umhüllten (Fig. 2, 3, 4, 6). Sie besitzen immer einen besonders intensiven Glanz und heben sich deshalb von ihrer Umgebung sehr scharf ab. Im Innern sind sie sehr verschieden beschaffen, doch lassen sich alle diese Differenzen leicht erklären. Ich habe dieser Frage ein Hauptinteresse entgegengebracht, da bis jetzt die Ansichten über Nucleolen stark auseinander laufen. Durch meine Beobachtungen wurde ich zu dem Schluss geführt, dass dieselben, ebenso wie die Klumpen, aus Gerüst und Chromatin bestehen und die Unterschiede beider nur morphologischer Natur sind. Betrachten wir zuerst die Nucleolen, wie sie hier und da auch neben den Klumpen in den Hodenzellen von *Astacus* vorkommen (Fig. 6). Sie besitzen (wie überall) kugelförmige Gestalt und eine deutliche Membran, an und durch welche genau wie bei der Kernmembran Gerüstfäden treten. Das Innere ist nicht völlig homogen, man erkennt darin hellere Linien wie in den Klumpen und es lässt sich der Nachweis führen, dass diese in eintretende Balken sich fortsetzen. Es findet sich also im Inneren auch Gerüst, der ganze Unterschied zwischen Nucleolus und Klumpen besteht also hier darin, dass um ersteren die Fasern zu einer Membran sich zusammenlegen. Es wird hierdurch der stärkere Glanz gewonnen, der die Nucleolen auszeichnet. — Etwas anderes sind die der unreifen Eier von *Strongylocentrotus*, *Sphaerechinus* und *Tiara* beschaffen (Fig. 2, 3, 4). Hier erkennt man in den

meisten (Fig. 3) weder eine deutliche Membran, noch Gerüst im Innern; der Schnitt zeigt eine homogene tingirte Masse von sehr starkem Glanz. Es ist dies jedenfalls eine der verbreitetsten Ausbildungen der Nucleolen und lässt allerdings auch den Verdacht aufsteigen, es könnte sich hier auch um andere als morphologische Differenzen mit den Chromatinkörnern und Klumpen handeln. Indessen gerade für diese Nucleolen gelang mir nachzuweisen, dass sie nur eine besondere Entwicklungsstufe, das Endziel der Umbildungen, welche eine Anhäufung von Chromatinmassen durchmachen kann, darstellen. Neben Eiern mit derartigen finden sich auch andere mit Nucleolen, die in ihrem Aussehen sich nicht von den bei *Astacus* (Fig. 2) beobachteten unterscheiden. Gerüst tritt an sie heran, auch an die homogenen; während es in diesen aber nicht weiter verfolgt werden kann, lässt es sich im Inneren jener deutlich wahrnehmen. Und damit gar kein Zweifel an der Umbildung der Nucleolen mit deutlichem Gerüst in die Homogenen Raum gewinnen kann, zeigen sich auch solche (Fig. 2), die zum Theil das Gerüst noch in Deutlichkeit repräsentiren, zum Theil aber nur sehr undeutlich oder gar nicht. Die Vereinigung der Chromatinkörner, die ja schon in den Klumpen vorhanden ist, kann so innig werden, dass jede Spur von Gerüstfäden unsichtbar wird, dass das Ganze sich als eine homogene rothe Masse darstellt. Hierbei wird auch die Membran undeutlich, denn was man ringförmig am Rande des Nucleolus wahrnimmt, ist sicher nicht die optische Wiedergabe einer Membran, sondern durch das Brechungsvermögen der Wandung des Nucleolus veranlasst. — Eine dritte, auch häufige Art von Nucleolen (Fig. 4) fand ich gleichfalls bei *Strongylocentrotus*. Hier ist das Innere nicht homogen, zeigt aber auch nicht die gewöhnlichen Gerüstmaschen; man sieht vielmehr runde abgekapselte Räume, die aus der Nucleolenmasse deutlich hervortreten und den Eindruck kleiner Nucleolen in den grösseren machen. Dieser Vergleich ist in der That auch gut zu rechtfertigen, denn jeder der kugelförmigen Räume enthält Chromatin und wird von einer aus Gerüstfasern gebildeten Membran umgeben, wie das Ganze. Es lässt sich das Kerngerüst leicht in den Nucleolus hinein verfolgen und seine Verwerthung an den erwähnten Linienwandungen feststellen. Also auch hier finden sich keine Differenzen principieller Art und ich vermochte überhaupt bei keinem Nucleolus, den ich untersuchte, solche zu constatiren. Membranbildung und innige Vereinigung der Chromatinmassen bis zur Homogenität, in der auch das Gerüst verschwindet, erscheinen mir als die Characteristica

der Nucleolen in dem von mir untersuchten Material; wie es in anderen Zellen der Fall ist und ob nicht andere Unterschiede möglich sind, kann ich natürlich nicht entscheiden; doch halte ich es für unwahrscheinlich.

Betreffs des Gerüsts im Innern muss ich noch angeben, dass es mir meist engmaschiger als sonst vorkam. Es wäre ja sehr gut denkbar, dass die reiche Anhäufung des Chromatins durch Bewegung des Gerüsts und Annäherung der dasselbe enthaltenden Maschen gefördert, vielleicht veranlasst wird, denn in den Kernen mit Nucleolen findet sich nur verhältnissmässig wenig Gerüstsubstanz, dagegen aber grosse Lücken. Die gleiche Ansicht werden wir später bei Untersuchung der Ausbildung und Auflösung der Chromosomen gewinnen; für die Auflösung eines Nucleolus kann ich kein Beispiel anführen.

Die verschiedenen Vertheilungsweisen, in denen wir nach dem oben Beschriebenen (und siehe später bei der Theilung) die chromatische Substanz bemerken, legt die Frage nahe: ist es das Chromatin selbst, welches seinen Ort verändert, oder verhält es sich passiv und wird auf anderem Wege verlagert? Betrachten wir ein Chromatinkorn, so erkennen wir, wie beschrieben, eine homogene, stark lichtbrechende Substanz von unregelmässiger Form. Wie soll eine solche sich fortbewegen? Und überlegen wir die Bildung eines Klumpens, der ja Gerüst in sich einschliesst — wird das Chromatin zu dem Klumpen zusammentreten oder wird durch Bewegung der passend gelegenen Fasern die Annäherung vollzogen? Es scheint mir, als dürfte man sich unbedingt letzterer Anschauung zuneigen, denn das Gerüst ist (wie wir noch sehen werden) das locomotorisch wirkende Element der Zelle (aber auch das stützende) und besitzt als solches die Fähigkeit, Substanzen, die ihm angeheftet sind, fortzubewegen, sie zu transportiren. Durch die Theilungsvorgänge wird diese Annahme, gegen die sich überhaupt nicht viel einwenden lässt, durchaus bestätigt; wir sind deshalb, wie ich glaube, auch zu dem Schluss berechtigt, die Verlagerungen der Chromatinkörner nicht durch eigene Fähigkeit der Bewegung, sondern durch Contractionen der Fibrillen bewirkt uns vorzustellen.

### c) Theilungsvorgänge.

Zu den interessantesten Erscheinungen im Zellenleben gehören die Theilungsvorgänge. Was die Ursache eines Zerfalles ist, sei hier nicht erwogen; an dieser Stelle gilt es nur, den Vorgang

selbst physiologisch und morphologisch befriedigend darzustellen. Wir müssen daher vor Allem einige Fragen bestimmt formuliren. Worin besteht das Wesentliche eines Theilungsvorganges? (Auf directe Theilung kann in dieser Arbeit kein Bezug genommen werden, da keine eigenen Beobachtungen darüber vorliegen.) In der genauen Halbiring der Chromatinmassen. — Die genaue Halbiring der Zelle ist wohl meistens damit verbunden, aber durchaus nicht charakteristisch, wie wir sehen werden (Richtungs-spindel). — Wie wird die Halbiring der Chromosomen (wohl meistens findet eine Vereinigung vieler Chromatinkörner zu bestimmt geformten Massen statt) zu Stande gebracht? Durch Ausbildung einer Faserspindel, die durch Contraction der einzelnen, mit den Chromosomen in Verbindung stehenden Fibrillen die Hälften jener nach den zwei Polen verlagert. — Wie entstehen die Chromosomen und wie sind sie beschaffen; wie die Spindeln? Diese und noch viele andere Fragen drängen sich uns auf und sollen hier genau untersucht und womöglich ihrer Lösung entgegengeführt werden. Es muss dies umsomehr denkbar erscheinen, als durch die vorangegangenen Untersuchungen über die Beschaffenheit der Zelle im normalen Zustand für die folgenden eine solide Basis gewonnen wurde. Die Erkenntniss des Zellbaues aus Fibrillen legt die Vermuthung nahe, dass auch die Theilungsvorgänge an das gleiche Material gebunden sind; dass wir in den Spindelfasern, den Attractionssphären und Polsonnen keine specifischen, nur zeitweise in Wirkung tretenden sonst aber permanenten Zellorgane, sondern nur Modificationen des Gerüstes zu erblicken haben.

Betrachten wir zuerst die Chromosomen, deren Bau bei *Ascaris meg.* (Fig. 15) in den Furchungskernen so schön zu beobachten ist. An sehr feinen Schnitten lässt sich (besonders wenn die Färbung durch Boraxcarmin etwas verblasst ist) in den Chromatinmassen Gerüst erkennen, und zwar sieht man einen, das ganze Chromosom längs in der Mitte durchziehenden Faden, der von zahlreichen anderen gekreuzt wird (in dieser Weise habe ich die Beschaffenheit der Chromosomen in meiner früheren Mittheilung im zoologischen Anzeiger, Heft 4, geschildert). Studirt man diese Verhältnisse so genau wie möglich, so zeigt sich der längsverlaufende Balken als aus Stücken vieler gebildet; er ist demnach kein einheitliches Gebilde, sondern durch Aneinanderreihung passend gelagerter Abschnitte einer beliebigen Menge von Fibrillen entstanden. Es tritt eine Faser in das Chromosom ein, zieht eine Strecke in dieser hin und verlässt sie dann wieder, ganz beliebig

in welcher Richtung. Dies ist ganz analog der Membranbildung, nur verkleben dort die Fibrillen in einer Fläche, hier aber in eine Richtung. Ausser den erwähnten Fasern sind aber noch andere zu sehen, welche das Chromosom nur durchqueren — alle zusammen dienen sie jedenfalls allein als Träger der Chromatinmassen, sind also für diese dasselbe, wie das Gerüst der Nucleolen für die in denselben enthaltene färbbare Substanz, nämlich Fixirungsobjecte, in deren Umgebung die tingirbaren Körner verschmelzen (oder verkleben) können. Es geht hieraus wieder mit grosser Bestimmtheit hervor, dass die Fasern die Stützen für andere Bestandtheile der Zelle liefern; die Theilungsvorgänge erweisen aber auch evident, dass sie ausser dieser passiven Function auch eine active haben, dass sie die Gegenstände, die mit ihnen oder mit denen sie in Verbindung treten, auch zu transportiren verstehen. (Weiteres über Chromosomen siehe später.)

Hand in Hand mit der Herausbildung der Chromatophoren (wie ich die eben geschilderten Anhäufungen chromatischer Substanz von jetzt an benennen will, denn Chromosom besagt nichts) geht die der Spindel. Sie entsteht, wie schon bemerkt, aus Gerüstfäden, doch stammt sie bei den Richtungsspindeln von *Ascaris* z. B. aus Fibrillen des Kernes, in den Furchungskernen derselben Art aus Balken des Protoplasmas. Es ist sofort ersichtlich, dass, wenn dies überhaupt einen Unterschied im Theilungsvorgang bewirken könnte, dieser für das Resultat desselben gänzlich belanglos sein muss. Die Fasern sind überall dieselben, ob hier oder dort; sie sind aber auch möglicherweise identisch, ob sie nun im Kern oder ausserhalb desselben oder in der Membran verlaufen, denn ein und dieselbe Fibrille kann die ganze Zelle durchsetzen, kann ja bei stark gekrümmtem Lauf weit länger als der Zelldurchmesser sein. Betrachten wir Fig. 14 und reconstruiren wir uns die ehemaligen Kernumrisse, so sehen wir, wie die Spindelfasern mit ihren freien Enden weit über den Kernraum sich hinausziehen, dass sie also dem Protoplasma auch angehören. Sie unterscheiden sich von den übrigen Fäden in folgender Weise: Diese durchflechten sich unter einander und sind einander angepasst, d. h. sie weichen sich gegenseitig aus, besitzen also einen geschlängelten Verlauf (wenn auch, wie oben bemerkt, in wahrscheinlich nur geringem Masse); die Spindelfasern (Fig. 14, 17) dagegen sind gestreckt, sie passen sich nicht den übrigen an, sondern diese ihnen; daher sind sie in ihrem Verlauf sehr gut zu verfolgen. Von einem bestimmten Punkte aus, dem Spindelpol, verlaufen sie

in gerader Richtung und sind oft weit in der Grundsubstanz zu verfolgen. Wo sie enden, ist eben so wenig anzugeben, wie von allen Balken des Gerüstes, denn selbst, wenn sie in eine Membran eintreten, bedeutet dies ja noch nicht ihren Abschluss. Ebenso ist dies am fixirten Punkt, welchen der Pol repräsentirt, der Fall; auch hier liegt keine Endigung der Fibrille vor und in gleicher Weise auch nicht dort, wo diese in die Chromatophoren eintreten. — Es ist schwer, diese Angaben sich zur Vorstellung zu bringen und ich gehe deshalb zuerst auf die Beschreibung aller Theile einer Theilfigur ein.

Ein geradezu ideales Bild einer vollkommenen Mitose liefern uns die Eier von *Ascaris meg.*, wenn sie sich zur Furchung anschicken. Fig. 17 stellt die eine Hälfte der Spindel vor. Man sieht ein Chromatophor schon fast ganz längsgespalten, mit ihm vereint die Spindelfasern, diese eingehend in die Attractionssphäre (Archoplasma) und aus dieser, nach allen Richtungen verlaufend, die Polstrahlen, welche zum Theil an die Zellmembran herantreten. Betrachten wir zunächst die Polsonne. Von einem kleinen centralen Raum aus, der nur von einer homogenen Masse erfüllt scheint, gehen Fasern aus, zum grossen Theil gestreckt und dann radiär angeordnet (Polstrahlen), zum Theil aber auch in gewundenem Verlaufe gleich den übrigen Gerüstfibrillen. Oft macht es den Eindruck, als vereinigten sie sich um das Centrum zu einer Membran, doch ist dies nicht immer mit Sicherheit zu constatiren. Jedenfalls biegen sie dicht am Mittelpunkt aus, sich unter einander eng verflechtend und wohl auch verklebend, so dass das Centrum frei von Fasern und nur von jener homogenen Masse erfüllt ist, welche die Attractionssphäre als solche kenntlich macht. Hierdurch lässt sich der Contrast, in welchem das Centrum der Attractionssphäre zu dieser bei Betrachtung des ganzen Eies steht, erklären; der homogene kreisrunde mittlere Fleck, der besonders bei schwächerer Vergrösserung sehr scharf begrenzt erscheint, besitzt intensiveren Glanz als die Umgebung. Ist der Abschluss ein vollständiger, d. h. umhüllt ihn eine Membran, was aber kaum als Regel erscheinen kann, so mag auch diese dazu beitragen, ihn im Ei kenntlich abzuheben. Die eigenthümliche Masse, welche ihn erfüllt, ist aber nicht auf ihn beschränkt, sondern breitet sich noch über einen grösseren Raum aus, der ungefähr Kugelgestalt besitzt. Nach der Peripherie zu erscheint sie immer lichter und treten die Fasern deutlicher aus ihr hervor; dem Centrum zu sind diese dagegen zwar kenntlich, aber nicht durch Glanz von ihr verschieden; im Centrum

wird sie von Hämatoxylin am intensivsten gefärbt. Es scheint dies auf eine abnehmende Dichtigkeit nach der Peripherie zu hinzuweisen; wir haben jedenfalls in ihr eine spezifische Substanz zu sehen, welche der Grundmasse eingelagert ist, und zwar je nach dem Theil der Attractionssphäre in verschiedener Dichte. Wo sie aufhört, liegen die Fibrillen wie sonst überall scharf abgehoben in einem durch nichts besonders charakterisirten Untergrunde.

Von dem Centrum aus verlaufen Fasern, wie bemerkt, nach allen Richtungen, radiär gestreckt oder nicht. Zu ersteren gehören auch die Spindelfasern; sie unterscheiden sich in gar nichts von den übrigen, nur ihre Leistung ist eine andere (wenigstens während der Theilung). Durch ihren Eintritt in die Chromatophoren sind sie zu eigentlichen Theilfasern bestimmt, sie contrahiren sich und hierdurch erfolgt die Zerlegung der erst einheitlichen Chromatophoren in je zwei gleiche Tochterelemente. Zu beobachten ist natürlich die Contraction selbst nicht, aber es unterliegt keinem Zweifel, dass sie sich vollzieht (siehe hierüber im zweiten Theil Näheres). Die Theilungsfaser braucht im Chromatophor nicht zu endigen; ein Theil jener Fibrillen, welche diesen durchsetzen und durch stellenweise Verklebung zu einem Abschnitt des Längsbalkens werden, stellt eben die Spindel vor (hierüber weiter unten); das auf der entgegengesetzten Seite weiter verlaufende Stück contrahirt sich selbstverständlich nicht, sondern wird einfach mitgezogen. Daher nimmt man zwischen den beiden Tochterchromatophoren gestreckte Fäden wahr, die sogenannten Verbindungsfasern; es können diese aber auch aus den übrigen Fibrillen, die zu den Chromatophoren Bezug haben, ohne der Spindel anzugehören, hervorgehen, indem diese ja auch mitgezogen werden. Uebrigens scheinen auch nicht alle an die Elemente herantretenden Spindelfasern als Theilfibrillen zu wirken, sondern nur die, welche mit dem mittleren Abschnitt der Chromatophoren in Verbindung stehen, denn die Enden dieser hängen noch längere Zeit zusammen, während die Mitten schon weit getrennt sind. Doch ist diese Frage von nebensächlicher Bedeutung.

Die Attractionssphäre ist schon sichtbar, ehe die Chromatophoren ausgebildet sind. Fig. 16 zeigt sie zu einer Zeit, wo sie der Kernmembran dicht anliegt; der centrale Raum erscheint durch eine Membranbildung der Fibrillen abgekapselt. Die Fasern verlaufen sämmtlich gewunden, wie sonst in der Grundmasse; die Streckung ist noch nicht eingetreten. Viele, welche gerade passend verlaufen, treten durch die Kernmembran in dessen Innenraum und

dienen hier den noch nicht vereinigten Chromatinkörnern zur Stütze. Die übrigen vertheilen sich im Protoplasma und stehen eventuell auch mit der Zellmembran in Verbindung. Die Streckung der später als Polsonne erscheinenden Fäden muss durch die Ausbildung der Chromatophoren, wobei Gerüstverlagerungen stattfinden, durch Auflösung der Kernmembranen, d. h. wenn die Fibrillen derselben selbstständig werden und durch die noch zu besprechende Theilung und Verlagerung der Sphären sich vollziehen. Es fällt nicht leicht, sich hierüber eine bestimmte Vorstellung zu bilden (zu beobachten ist sie selbstverständlich nicht); die Fasern sind ja wahrscheinlich, wenigstens sehr viele, nur leicht geschlängelt, trotzdem hat eine theilweise Streckung bis zu völlig geradem Verlauf eine Verschiebung der Fibrille zur Folge, die sich jedenfalls darin äussert, dass die Abschnitte, für welche eine Streckung nicht nöthig ist, sich stärker winden. Ob es die Faser selbst ist, die den gewundenen Verlauf in den geraden umändert, oder ob es der Einfluss oder Zug anderer Fasern ist, das lässt sich nicht entscheiden. Denkbar wäre es, dass einzelne, für die eine Streckung nicht möglich ist (vielleicht weil sie in die Zellmembran eingegangen sind), zerfallen und nach der Streckung wieder irgendwo sich anheften. Doch, wie erwähnt, keine dieser Annahmen lässt sich beweisen, auch kann man ein freies Faserende nicht wahrnehmen. Nur dass eine Streckung ursprünglich gewundener Fasern eintritt, ist nicht zu bestreiten, denn zuerst sehen wir in der Attractions-sphäre und von dieser ausgehend (Fig. 16) nur gewundene Fäden und später (Fig. 17) sowohl gewundene, wie gestreckte, und zwar bei oberflächlicher Schätzung (genau ist dies ja unmöglich) in ungefähr der gleichen Menge und von dem völlig gleichen Aussehen. Ebenso ist die Identität von Spindel- und gewöhnlichen Fasern bei Theilungen zu constatiren, wo die Spindel aus dem Kerngerüst hervorgeht, wo eine Polsonne fehlt (Fig. 14). Hierin ist eine wesentliche Vereinfachung der Mitose zu sehen, die aber nur dann möglich ist, wenn die Chromatophoren sämmtlich vor der Theilung in einem Kern zusammen liegen, nicht wie bei den Furchungszellen von *Ascaris* womöglich aus allen Regionen der Zelle herbeigeht werden müssen. Es ist dies der Fall bei der Abgabe der Richtungskörper aus dem reifenden Ei derselben *Ascariden*; hier haben wir entweder einen oder zwei Chromatophoren, welche durch die Contraction der zu einer Spindel angeordneten Kernfibrillen zerlegt werden. Wie es scheint, werden hier sämmtliche oder fast sämmtliche zu Spindelfasern und unter diesen wieder diejenigen

zu Theilfäden, welche in die Chromatophoren eintreten. Es lässt sich in diesen keine so regelmässige Anordnung des Gerüsts erkennen; die Balken mögen wohl auch in den Tochterelementen zu längsverlaufenden Stützen verkleben, doch ist dies nicht so klar nachweisbar, als bei den Chromatophoren der Furchungsspindel. Indessen habe ich dieser Frage nicht sehr genau nachgeforscht; ich suchte blos, auch hier den Eintritt von Fasern in die Chromatophoren zu constatiren, was sehr leicht gelingt und in Fig. 14 angedeutet ist.

In der fertigen Richtungsspindel sieht man von zwei entgegengesetzten Stellen des Gerüsts, die zwei ehemalige Abschnitte der Kernmembran entsprechend ihrer Entfernung von einander zu repräsentiren scheinen, Fasern direct an die Chromatophoren treten, andere an diesen vorüber sich in das Protoplasma hinaus verlängern. Diese Verlängerung wird natürlich dann erst deutlich, wenn die Kernmembran völlig aufgelöst ist. An ihrer Stelle erscheinen jetzt Fibrillen, die der Spindel angehören können oder nicht. Eine Polsonne gibt es nicht, ebensowenig eine Attractionsphäre; als die Anheftungspunkte der Theilfasern dienen andere. Man sieht, wie auf Fig. 14 viele an einen quer zur Längsaxe der Spindel ziehenden Balken herantreten, andere jedoch weiter und jedenfalls zu anderen Balken ziehen. Dies ist sowohl an dem Spindelpol, der dem Eicentrum zu gelagert ist, wie an dem der Zellmembran genäherten der Fall; viele Fasern scheinen bei letzterem direct die Membran als Fixirungspunkt zu benützen, doch nicht alle, denn auch hier dienen Querbalken des Gerüsts zur Anheftung. Die Verbreitung der von einem Pol ausziehenden Fasern scheint einen Winkel von etwa  $150^\circ$  nicht zu überschreiten; es ist dies ein Beweis dafür, dass die Streckung der Fasern von denen des Kernes allein ausging. Doch am sichersten hierfür spricht die genaue Beobachtung der Spindelentwicklung, auf die ich jedoch, da sie von anderer Seite so ausführlich gegeben wurde (7), nicht näher eingehe. Das interessanteste Phänomen dieser Mitose ist die primitive Ausbildung der Fixirungspunkte für die Spindel-fibrillen; wir dürfen garnicht von einem einheitlichen Pol reden, sondern die Fasern heften sich dicht neben einander, aber auch an verschiedene Querbalken an, just wie es am vortheilhaftesten war. Es liegt hierin kein principieller Unterschied mit dem Theilungsmodus in den Furchungszellen; dort handelt es sich um eine exacte Verlagerung oft weit von einander in der Zelle verstreuter Chromatophoren, hier jedoch nur um den Transport bereits zerfallener und bequem

gelagerter Elemente (Näheres bei Beschreibung der Eiröhren von *Ascaris meg.*). Als zwischen beiden vermittelnd können wir vielleicht die Art der Theilung, wie sie an den befruchteten, reifen Eiern von *Strongylocentrotus lividus* sich vollzieht, auffassen. Fig. 9 stellt die Auflösung der Kernmembran und die Streckung der darin vorhandenen Fasern zu Spindelfibrillen vor; die Chromatophoren sind noch nicht ausgebildet. (Diesem Punkt habe ich hier wenig Aufmerksamkeit zugewandt, da die Elemente zu klein und zu schwierig zu untersuchen sind.) Hier bemerken wir eine Attractionssphäre und eine Sonne, jedoch ist erstere nicht so schön entwickelt, wie bei *Ascaris*. Es zeigen sich nur verhältnissmässig wenig umfangreiche, mit der oben besprochenen homogenen Masse erfüllte, kugelförmige Stellen, in welchen die beliebig verschlungenen Gerüstfäden nur schwer, aber doch deutlich genug erkennbar sind. Ein centraler; nur von der homogenen Substanz erfüllter kugelförmiger und von einer Membran abgeschlossener Raum fehlt durchaus, ich vermochte ihn trotz eifrigen Suchens nirgends zu constatiren. Die ganze Attractionssphäre erscheint bei einer Betrachtung des ganzen Eies als ein homogener, hellglänzender Fleck, doch lässt sich auch hierbei kein markirter Mittelpunkt nachweisen. Es handelt sich deshalb bei Ausbildung der Attractionssphäre, wie es scheinen muss, nur um Schaffung eines durch innige Verbindung oder Verklebung der central gelegenen Fasern zu gewinnenden fixirten, grösseren Stützpunktes für die Pol- und Spindelstrahlen; die homogene Substanz wird deshalb wohl als Kittmasse aufzufassen sein. Die Attractionssphäre mit oder ohne durch Membran abgeschlossenen Binnenraum und die wenig gesetzmässige Polbildung bei der Richtungskörperausstossung entsprechen sich durchaus; in letzterer sehen wir einfache, in ersterer aber hoch complicirte Hilfsmittel zur Erreichung derselben Verhältnisse, nämlich zur Erzeugung fester fixirter Anheftungspunkte für die Theilfasern.

Die Frage, woher stammt der Kitt, welcher die Attractionssphäre als solche charakterisirt, ist ebensowenig zu beantworten, wie die betreffs des Kittes in den Membranen. Für *Ascaris meg.* glaubte ich sie soweit gelöst zu haben, dass wenigstens der Ort und die Art ihrer Bildung bestimmt ist, doch da sich bei *Strongylocentrotus* kein Analogon dafür findet, so scheint mir, als könnte meiner Auffassung kein grösseres Gewicht beigelegt werden. Näheres hierüber bei der Beschreibung der Eiröhre von *Ascaris*.

Die Ausbildung der Chromatophoren in den Furchungskernen von *Ascaris* ist folgende: Das erst unregelmässig im Kern, zumeist aber auf eine Rindenschicht vertheilte Chromatin (ein Theil ist auch in einem Nucleolus aufgespeichert, dessen Schicksal aber nicht weiter verfolgt werden konnte) tritt in Beziehung zu den oben beschriebenen Längsbalken. Wahrscheinlich sind es Contractionen des Gerüstes, welche das Chromatin bewegen; dadurch, dass viele Fibrillen in kurzen Abschnitten mit einander zu einem langen Träger verkleben, wird viel Gerüst auf einen engen Platz zusammengedrängt, denn der Zug einer Faser bewirkt immer zugleich Ortsveränderungen der übrigen, ihm benachbarten. Mit den Fäden werden aber auch die in den Maschen gelegenen oder ihnen angehefteten Chromatinkörner mit verlagert und dem Chromatophor zugeführt. Wie es jedoch zu Stande kommt, dass ein Träger genau soviel Chromatin enthält, als der andere, geht aus diesen Verlagerungsvorgängen nicht hervor; wir können nur annehmen, dass im Kern bestimmte Chromatingruppen sich vorfinden (eine andere Auffassung siehe im zweiten Theile), welche eine gewisse Selbstständigkeit besitzen und diese dadurch charakterisiren, dass sie je zu einem Chromatophor verschmelzen (siehe zweiten Theil). In diesem lagern die einzelnen Körner (wenigstens sieht man öfters derartige Bilder) erst isolirt hinter und neben einander dem Träger an und durch die aus- und eintretenden Fasern getrennt. Dann erfolgt die Verklebung der Körner und hierdurch die Gewinnung homogenen Aussehens für das Ganze. Während dessen hat sich die Streckung der Polfasern vollzogen, es sind also auch jene zu geraden geworden, welche Pol und Chromatophoren vorher verbanden (derartige Verbindungen müssen bestehen, da ja die Balken bedeutende Länge besitzen und am Aufbau der Träger eine Menge Fibrillen theilnehmen); nun erfolgt die Contraction der Theilfibrillen, hierdurch werden, da der Zug von beiden Seiten der gleiche ist, die Elemente erst in die Aequatorialplatte der Spindel verlagert und schliesslich längs zerlegt. Bei dieser Spaltung wird der Träger vernichtet, d. h. die Fasern desselben geben zum Theil ihren Zusammenhang auf, gruppiren sich aber mit dem ihnen anhaftenden Chromatin zu zwei gleichgebauten, die anfangs parallel verlaufen. Dieser Zerfall erfolgt in den mittleren Partien zuerst; Fig. 17 soll diese Auflösung und Neubildung, wie sie aus einem sehr schönen Präparat zu folgern waren, darstellen. Selbstverständlich ist der Vorgang nur im Grossen und Ganzen zu schildern, dem entsprechend, was der Schnitt lehrt; die Details entziehen

sich völlig unserer Beurtheilung. Es muss auf jeden Fall Alles mit ausserordentlicher Präcision geschehen; denn die Halbiring ist eine durchaus genaue. Wahrscheinlich finden sich den Elementen anliegend schon fertige Träger für die Tochterelemente vor, wenigstens glaubt man häufig, dem Chromatophor anliegende und parallel verlaufende Fäden wahrnehmen zu können. In diesem Falle würde der ursprüngliche Träger ganz zerfallen und das Chromatin durch den Fibrillenzug auf die bereits angedeuteten nebenliegenden Träger überführt.

Wenn die Theilmembranen der Zelle entstehen (ich komme hierauf noch sogleich zurück) lösen sich die Chromatophoren wieder auf (Fig. 18) und es entstehen die zwei ruhenden Kerne der ersten beiden Furchungszellen. Der Zerfall vollzieht sich zuerst, wie bekannt, in den Mittelstücken, später an den Enden, und zwar einfach durch Auseinanderweichen der Fibrillen und durch Sonderung der einzelnen Chromatinkörner, die allerdings erst nach und nach für einzelne Stellen einzutreten braucht. Die Art der Vertheilung deutet darauf hin, dass die Selbstständigkeit der einzelnen Chromatophoren in einer gewissen Gruppierung der Chromatinkörner in dem neugebildeten Kern ihren Ausdruck findet, indessen in den Punkten, wo die Elemente sich am nächsten liegen, in den mittleren Abschnitten, kann eine strenge Sonderung nicht gut denkbar erscheinen. In der Hauptsache wird das Chromatin wieder auf eine Rindenschicht vertheilt; die Enden der Chromatophoren bleiben unter Umständen völlig bis zur nächsten Theilung erhalten. Die Kernmembran entsteht wie immer durch Fibrillenverklebung; es macht hier den Eindruck, als ob die Fasern des neuen Kernes nur aus dem Material, das in den Chromatophoren enthalten war, hervorgehen. Wunder könnte dies nicht nehmen, wenn wir berücksichtigen, dass zwischen den Elementen und den Attractions-sphären ja fast nur Spindelfasern zu sehen waren; indessen lagern doch auch einige Balken des Protoplasmas hier und nichts beweist, dass diese nicht auch in die neuen Kerne einbezogen werden. Uebrigens ist diese Frage von nicht der geringsten Wichtigkeit, denn ob Protoplasma- oder ob Kernfasern, ist ja ganz gleichgiltig.

Eines der schönsten Beispiele für die Membranbildung liefert die Entstehung der zwei parallelen Scheidemembranen bei Zerfall des Körpers der Furchungszellen von *Strongylocentrotus*. Es tritt auf einmal eine scharfe, dunkle Linie, die aber hier und da von glänzenden Fasern durchquert wird, an der Stelle der Theilungsebene auf. Betrachtet man ihre Umgebung genau (Fig. 8), so sieht

man Anfangs, wie die Fibrillen jener Gegend zum Theil in zwei parallel verlaufenden Ebenen membranartig sich anordnen, ohne dass jedoch eine solche Membran schon zu erkennen wäre. Der dunkle Strich ist die Folge dieser Anordnung; er zeigt, dass die Fasern, statt wie erst aus einem Zelltheil in den anderen regellos zu ziehen, in zwei Flächen sich einlagern, deren Zwischenraum eben als gleichmässige dunkle Linie markirt ist. Immerhin findet noch ein Durchsetzen derselben statt, auch durch Fasern, welche in die späteren Membranen eingehen; selbst wenn diese schon klar und scharf hervortreten, sieht man immer noch Verbindungsfasern, genau so, wie wenn Fibrillen durch die Kernmembran aus diesem in das Protoplasma übertreten. Es muss jedoch grösstentheils ein Zerfall sich vollziehen; denn wenn auch die Zellen sich nicht völlig trennen, so hängen sie später doch nur mit viel kleineren Flächen zusammen, als zuerst; die Randpartien dieser müssen demnach jeden Zusammenhang verlieren. Es kann hier nicht der geringste Zweifel herrschen, dass diese Membranen aus Fibrillen aufgebaut werden.

Die Attractionssphären sind ursprünglich stets nur in der Einzahl vorhanden, d. h. nur an einer Stelle ist die Grundsubstanz von der beschriebenen homogenen Masse erfüllt. Demnach muss eine Theilung sich vollziehen und die Verlagerung des Kittes auf zwei entgegengesetzte Seiten des Kernes bewirkt jedenfalls zugleich auch die Streckung der mit der Attractionssphäre in Zusammenhang stehenden Fasern. Ist in der erst vorhandenen eine centrale Membranbildung oder überhaupt nur Absonderung eines fibrillenlosen, allein vom Kitt erfüllten Binnenraumes vollzogen gewesen (siehe Fig. 16), so tritt eine Halbierung desselben ein (es verkleben weitere Fibrillen zur Vergrösserung der Membran unter Auflösung der alten und geben so schliesslich zwei neuen den Ursprung) und mit der Verlagerung der halben Sphären vollzieht sich auch die des Centrums. Markirt bleibt diese ja immer dadurch, dass hier die homogene Kittmasse am dichtesten (von Hämatoxylin am intensivsten gefärbt) ist. Ich selbst habe eine derartige Theilung der Attractionssphären und Centren leider nicht zu beobachten Gelegenheit gehabt, aber die Schilderungen in früheren Arbeiten (siehe zweiter Theil) lassen keine andere Deutung zu. Die ursprüngliche Einheitlichkeit der Sphären gilt sowohl für *Ascaris*, wie für *Strongylocentrotus*; sie deutet darauf hin, dass die Bildung der Kittsubstanz auf einmal und an einem Orte sich vollzieht; hierdurch werden gewisse Fasern fixirt. Geschieht nun die Ver-

lagerung der Sphären (sicher durch Gerüstbewegung), so werden diese fixirten Fäden lang ausgezogen, gestreckt und es ist mir sehr wahrscheinlich, dass hierdurch die Ausbildung der Sonnen (einschliesslich der Spindel) bewirkt wird.

d) Entwicklung der Eier und Spermatozoen in den Genitalröhren von *Ascaris megalcephala univalens*.

Die Entwicklung der Eier und Spermatiden in den Geschlechtsröhren von *Ascaris meg. univalens* ist schon so oft und gründlich untersucht worden, dass ich mich hier auf einzelne Angaben beschränken werde. Die Zellen der Keimzone (Fig. 10) sind klein und werden fast ganz vom Kern ausgefüllt. In den Maschen desselben liegt das Chromatin verstreut; man sieht einzelne Körner und Klumpen ohne bestimmte Anordnung. Bei dem regen Wachsthum, wie es die weitere Zone der Eiröhre zeigt, nehmen die Zellen (Fig. 11) langcylindrische Gestalt an; der Kern liegt am peripheren Ende und enthält einen grossen Nucleolus von wenig scharfer Begrenzung. Es ist ein Chromatinklumpen ohne ausgeprägte Membran, in dem das Gerüst zu erkennen ist. Ausser ihm sind noch isolirte Chromatinkörner zu beobachten, die aber später verschwinden; es scheint demnach dann sämmtliches Chromatin in den Klumpen eingegangen zu sein. Die Kernmembran tritt deutlich hervor und zeigt runde oder ovale Umrissse. Ausserhalb und innerhalb ist das Gerüst gleich deutlich, Vacuolen kommen in geringer Zahl vor, haben aber keine scharfe Begrenzung, sondern imponiren mehr als einfache Lücken in der Zell- und auch in der Kernsubstanz. Je mehr die Zelle wächst, desto reichlicher werden sie; auch der Kern wird grösser, es lässt sich aber auch hier nur ein Nucleolus, im Uebrigen mit Sicherheit kein Chromatin weiter nachweisen. Auch an noch späteren Zellen (Durchmesser circa 40  $\mu$ ) gelang mir dies nicht (Fig. 12), obgleich die Kerne im Ganzen einen gefärbten Eindruck machten. Ich muss auf diese Zone genauer eingehen, da sie in mehrfacher Hinsicht auffällig erschien. Die Zellen sind sehr lang gestreckt und haben einen nicht unbedeutenden Durchmesser; sie zeigen eine grosse Zahl von Vacuolen, die zum Theil recht umfangreich und bald deutlich, bald weniger scharf contourirt sind. Der Kern hat seine regelmässige, rundliche Gestalt verloren und zeigt eckige, durchaus unregelmässige Umrissse. Von einer durchgehenden Membran kann nicht die Rede sein und doch spricht die Deutlichkeit, mit der sich der Kern vom Protoplasma abhebt, dafür. Man sieht wohl die Fibrillen

des einen Raumes in den anderen eintreten, es wird die Trennungslinie beider aber immer so scharf markirt, dass möglicher Weise doch eine Verklebung der den Kernrand darstellenden Fasern zu einer Membran oder vielmehr zu vielen, die sich meist in scharfen Winkeln treffen, stattfindet. Der Unterschied zwischen Kern und Protoplasma beruht jedoch nicht allein hierauf, sondern auch auf der verschiedenen Deutlichkeit, mit welcher sich das Gerüst in beiden darstellt. Im Protoplasma zeigen die Fasern ein nur wenig glänzendes Aussehen, sie erscheinen matt und von ihrer Zwischenmasse nur wenig abgehoben; im Kern dagegen besteht ein besonders auffallender Contrast zwischen Fäden und Grundsubstanz. Was hierfür die Ursache ist, lässt sich nicht angeben, doch kann ich mich des Verdachtes nicht entziehen, dass es sich hier um Veränderungen durch Einwirkung der Reagentien handelt, denn in keiner der übrigen von mir untersuchten Zellen bemerkte ich dergleichen. Die angewendeten Reagentien waren das angegebene Gemisch von Eisessig und Alkohol absolutus, mit dem ich sonst ausgezeichnete Resultate erhielt. Oft zeigten sich hier die Kerne auch in der Weise verändert, dass Fibrillen in ihnen nicht zu unterscheiden waren und das Ganze von den Farbstoffen stark tingirt wurde, ein Verhalten, das jedoch Präparate, die mit in Alkohol absolutus gelöster Pikrinsäure gewonnen wurden, nicht wahrnehmen liessen. In letzteren (Fig. 13) war auch ausser dem Nucleolus kein Chromatin weiter nachzuweisen, dieser jedoch besass nicht mehr die meist rundliche und einheitliche Form, welche an den nur wenig jüngeren, eben beschriebenen noch zu erkennen war, sondern zeigte Umrisse, die auf einen Zerfall in mehrere Stücke hindeuteten. Hier und da war dieser bereits so weit vollzogen, dass man deutlich 4 mehr oder minder regelmässig begrenzte Lappen erblickte. Die Zellen dieser Zone sind nicht mehr langgestreckt, sondern abgerundet; ihre Membran ist, wie die aller vorhergegangenen, von normaler Beschaffenheit, d. h. wie sie oben (siehe Membranen) beschrieben wurde. Sierepräsentiren die unreifen Eier (Eimutterzellen), in welche die Einwanderung der Spermatozoen erfolgt und die sich zur Richtungskörperbildung anschicken. Der Chromatophor der Richtungsspindel geht aus dem Nucleolus hervor, indem die Lappen desselben selbstständig werden und die bekannte Gestalt annehmen. Hier und da sieht man aber Verbindungen der Theile unter einander und deutet dies auf eine noch nicht völlig eingetretene Trennung hin, die vielleicht bei Vielen überhaupt erst durch den Zug der Theilfibrillen erfolgt. Was das Einwirkende auf den Chromatinklumpen

ist und ihn veranlasst, sich zu viertheilen, kann nicht gesagt werden, wahrscheinlich ebenso wie anderswo die Bewegungen des Gerüstes; denn in diesem haben wir wohl jene Zellsubstanz zu sehen, die sowohl die Bewegung des Ganzen, wie den Transport von Gegenständen in der Zelle besorgt. Eine Beschreibung der Chromatophoren, was ihren inneren Bau anlangt, habe ich schon gegeben (siehe Theilung); es werden, wie bekannt, zuerst zwei Theile, dann noch der dritte aus dem Ei entfernt. Der zurückgebliebene liefert das Chromatin für einen normalen Kern, den Vorkern, in welchem auch ein kleiner Nucleolus wahrgenommen werden kann, während das übrige Material in Körnern vertheilt ist. Dieser Nucleolus ist insofern einer Erwähnung werth, als er, wie ich mehrfach beobachtete, rein aus Chromatin, das von einer Membran umkapselt ist, zu bestehen scheint. Es wäre dies eine besondere Modification des Nucleolenbaues, die bei der Kleinheit des erwähnten nicht Wunder nimmt und an die abgesonderten Räume in grösseren erinnert. Was aus ihm wird, wenn die Chromatophoren der Furchungsspindel sich entwickeln, konnte ich nicht feststellen.

Von grossem Interesse waren die Umbildungen des Spermatozoons für mich, da sie mir über den Ort der Entstehung des homogenen Kittes der Attractionssphäre Kenntniss gaben. Doch gehe ich, ehe ich hierauf zu sprechen komme, zunächst auf die Umbildungen der Zellen in den männlichen Geschlechtsröhren ein. Diese stimmen anfangs ganz mit den in den weiblichen beobachteten überein. In der Wachstumszone erreichen sie aber nicht die Grösse ersterer, bei einem Durchmesser von circa  $25 \mu$  ist ihr Wachsthum abgeschlossen (Fig. 19 und 20). Der Kern derartigen Zellen (Fig. 19) enthält einen rundlichen Chromatinklumpen von gleicher Grösse und Beschaffenheit wie bei den weiblichen Zellen derselben Zone. Neben ihm ist ebenfalls kein Chromatin weiter zu erkennen. Das Gerüst ist in Kern und Protoplasma gleich beschaffen, zeigt keine Vacuolen in letzterem, dagegen bemerkt man das Auftreten unregelmässig geformter, stark lichtbrechender, nicht sich tingirender Körner, und zwar sowohl im Kern, dessen Membran noch constatirt werden kann, als im Protoplasma. Die Entstehung der Körner ist höchst interessant, da sie sehr an die Klumpenbildung des Chromatins erinnert. Wie dort besteht nämlich ein grösseres Korn der erwähnten stark lichtbrechenden Substanz ausser aus dieser auch aus Gerüstfäden, wie es ja auch erwartet werden musste. Die Fasern behalten eben ihre ursprüngliche Lage bei und die homogene Masse der Körner umgibt sie und erfüllt

die Maschen ganz wie in einem Nucleolus. Die Zahl dieser Körner ist Anfangs nur gering und ihre Grösse sehr verschieden. In älteren (Fig. 20) Zellen dagegen erfüllen sie fast die ganze Zelle und in den Spermatiden (Fig. 22) bilden sie concentrische Ringe um eine centrale Partie, die meist ganz frei von ihnen ist, und sind von ziemlich übereinstimmender Grösse. Indessen sieht man sehr deutlich, wie mehrere untereinander verschmelzen können und so besonders grosse Stücke entstehen lassen. Ich habe diese Vereinigung mehrerer in der Fig. 22 genau in der Weise angedeutet, wie es im Präparat zu sehen ist. — Die chromatische Substanz hatten wir zu einer Zeit verlassen, als sie in einem noch deutlich wahrnehmbaren Kern auf einen meist rundlichen Klumpen beschränkt war. Dieser zerfällt fast genau so, wie in den unreifen Eiern, zu 4 nicht völlig getrennten gleichartigen Stücken, die hier wie 4 aneinander gepresste Kugeln erscheinen. In den Zellen der folgenden Zone fehlt die Membran; die stark lichtbrechenden Körner erfüllen die Zelle bis auf einen schmalen Raum um den 4theiligen Klumpen, das chromatische Element, der sich auf entgegengesetzten Seiten hantelförmig verbreitert und hier je eine Attractionssphäre wahrnehmen lässt. Fig. 21 stellt ein solches Bild dar; im Centrum der von einer homogenen Masse, die sich mit Hämatoxylin tingirt, erfüllten Sphäre ist ein fibrillenfreier runder (der Lithograph hat den Raum nicht abgerundet genug dargestellt, auch sind die Fasern der Sphäre zu hell gehalten) Fleck zu sehen, der, obgleich deutlich markirt, doch keine Umgrenzung durch eine Membran zeigt. Von diesem centralen Fleck verlaufen gestreckte Fasern radiär nach allen Richtungen (Polsonne), aber auch beliebig gewundene finden sich vor. Einige der ersteren treten an das chromatische Element und dienen als Theilfibrillen. Die übrigen, radiär ziehenden, verschwinden zwischen den glänzenden Körnern und nur die, welche dicht am Chromatophor hinziehen, kann man ziemlich weit verfolgen. Das Ganze macht trotz seiner Kleinheit genau den Eindruck wie die Mitose in den Furchungszellen von *Ascaris*. Es sind dieselben Mittel vorhanden und demnach auch dieselben Resultate zu erwarten. Diese zeigen weitere Bilder; das 4getheilte Element wird genau wie in den 2 Richtungsspindeln zerlegt, aus der einen Zelle des Männchens gehen hier aber 4 gleich grosse hervor, die als Spermatiden bezeichnet werden (Fig. 22). Sie sind es, welche die concentrische Lagerung der stark lichtbrechenden Körner zeigen und sich zu den Spermatozoen umbilden. Dies geschieht durch eine Verschmelzung sämmtlicher Körner (Fig. 23) zu dem bekannten homogenen, kegelförmigen Körper, an welchen am stumpfen Ende

das noch vorhandene Protoplasma mit dem chromatischen Element (das an Grösse nur ein Viertel des ursprünglichen beträgt) sich anfügt. Um den glänzenden Körper herum ist kein Protoplasma wahrzunehmen. Das Element hat das Aussehen eines typischen Nucleolus, indem es von einer Membran umwandet ist. — Mit dem stumpfen, protoplasmatischen Ende zuerst dringt das Spermatozoon in das unreife Ei, und zwar bis zu dessen Mitte ein (Fig. 14). Was die Vorwärtsbewegung bewirkt, ist nicht zu beobachten; jedenfalls sind es, wie bei allen Verlagerungen, aber auch hier die Gerüstfibrillen, die durch Contraction den nöthigen Zug liefern. Es gilt dies wohl für die Verlagerung aller Spermatozoen in den Eiern überhaupt, denn die Geissel und anderen locomotorisch wirkenden Apparate jener nützen ja nur ausserhalb derselben. Während des Eindringens wird der kegelförmige Körper immer kleiner und bald ist er ganz verschwunden. Er hat sich aufgelöst; die stark lichtbrechenden Körner sind in eine Flüssigkeit (?) übergeführt worden. Die Umbildung vollzieht sich zuerst peripher und werden hierbei die in den Körper eingegangenen Fasern wieder sichtbar. Merkwürdig ist die plötzliche Färbbarkeit, durch welche sich das Protoplasma des Spermatozoons so scharf von dem des Eies abhebt; die Veranlassung hierfür kann nicht angegeben werden. Es erhält sich lange in dieser Weise markirt; noch wenn das Element des Spermatozoons sich bereits zum Vorkern umgebildet hat, sind Reste wahrnehmbar (wie ja bekannt). Erst allmählig scheint eine Vermischung mit dem Eiprotoplasma stattzuhaben. Die aus dem glänzenden Körper hervorgegangene homogene flüssige (?) Masse dagegen ist im Umkreis des Sperma-Elementes zu dem Eiprotoplasma in Bezug getreten; sie gibt ihm ein Ansehen, etwa so wie es eine Attractionsphäre bietet. Die Fibrillen sind von ihr bei weitem nicht so scharf abgehoben wie von der Grundsubstanz, und doch sind sie deutlich zu erkennen, und vielleicht gerade wegen des geringeren Contrastes wie auch in der Attractionsphäre gut zu verfolgen. Die reiche Anhäufung von Balken mag durch vielleicht theilweise Vermischung von Ei- und Spermagerüst, vor Allem auch durch das Freiwerden der im homogenen Körper enthaltenen Fasern (es zeigte sich ja, dass die lichtbrechenden Körner aus Gerüsttheilen mit aufgebaut werden) entstehen; eine scharfe Grenze zwischen ihr und dem umgebenden Eigerüst bewirkt aber nur die aus dem glänzenden Spermakörper hervorgegangene gelöste Masse. Ihr ist die auffallende Färbbarkeit des Protoplasmas des Spermatoons nicht zuzuschreiben, denn meist ist nur die Randpartie

desselben im Ei gefärbt, die mittlere Partie jedoch, die aber auch von der erwähnten Substanz erfüllt ist, nicht. Noch eine andere, mir räthselhafte Erscheinung muss ich hier anführen. Die chromatischen Elemente der Spermatozoen zeigen vor dem Eindringen in's Ei in der Grösse ganz beträchtliche Schwankungen. Man findet welche mit dem Durchmesser von  $2\ \mu$ , aber auch andere, wo dieser  $3\ \mu$  übersteigt. Im Ei jedoch ist stets nur die erstere Grösse zu constatiren. Ist nun das Chromatin in letzteren Elementen weniger dicht zusammengepresst (das Aussehen beider verschieden grosser ist aber dasselbe) oder enthalten sie in der That mehr Chromatin das sie im Ei abgeben? Dies würde allerdings die Färbbarkeit des Protoplasmas erklären; wenn jedoch ein Spermatozoon mit dem kleineren Element eindringt, was färbt das Protoplasma dann? Hierauf kann ich keine befriedigende Antwort finden. (Ich bemerke, dass alle Bilder für *Ascaris meg. univalens* gelten.) Ueber die Verwerthung des verflüssigten Körpers ist es mir gelungen, Positives zu ermitteln; aus verschiedenen Gründen glaube ich folgern zu können, dass er die Attractionssphäre liefert. Denn einmal ist der Zeitpunkt, während dessen die Vorkerne entstehen, auch der des Auftretens der Sphäre und erscheint dieselbe meist einem der Kerne angelagert; zweitens zeigen sowohl die Bindemasse dieser, wie der aufgelöste kegelförmige Körper dasselbe Aussehen und entsprechen sich die Mengenverhältnisse, drittens ist die Sphäre vor dem Eindringen des Spermatozoons nicht nachweisbar, und viertens erscheint sie zuerst in der Einzahl. Allem diesem entgegen ist aber eines zu setzen, was von grosser Bedeutung ist. Attractionssphären treten in den Eiern, ja auch in den Samenmutterzellen und in anderen Zellen gleichfalls auf, ohne dass die Kittsubstanz von Aussen eingeführt würde. Man denke an die befruchteten Eier von *Strongylocentrotus lividus*. Daher kann es sich hier nur um ein ganz specielles Verhalten handeln, das durchaus keine Verallgemeinerung gestattet. — Die Umbildung des Chromatinklumpens im Spermatozoon zu einem ruhenden Kern erfolgt ganz wie die des weiblichen Elementes; hierüber ist nichts besonderes anzugeben.

Kurz will ich hier noch bemerken, dass, wie schon von anderer Seite (Boveri) beschrieben, in den meisten Zellen der Gastrulae eine Reduction des Chromatins der Elemente stattfindet, indem ein Theil der Chromatophoren zu runden, dichten Klumpen verklebt, der Rest aber sich weiter theilt. Das Aussehen der Spindel ist dann ein durchaus anderes; in ein Paar Zellen von besonderer Grösse (nach Boveri die Geschlechtszellen) sieht man noch die

Schleifen, wie in der Furchungsspindel; in den übrigen jedoch eine grössere Anzahl verhältnissmässig sehr kleiner Elemente. Es zeigt dies, dass die bedeutendere Chromatinmenge der Geschlechtszellen Ausdruck für andere Verhältnisse bietet, als die geringere in den somatischen. Ich werde an anderer Stelle nochmals hierauf zu sprechen kommen.

## II. Theil (Besprechung der Literatur).

Zuerst gebe ich eine kurze, übersichtliche Zusammenstellung der in der speciellen Beschreibung gewonnenen Ergebnisse:

1. Die von mir untersuchten Zellen besitzen ein aus Fasern gebildetes Gerüst.

2. Die Fasern sind gleichmässig dick, von der Grundmasse durch starken Glanz abgehoben und haben geschlängelten Verlauf; ihre Länge ist nicht zu bestimmen.

3. Die Fasern bilden ein verschieden dichtes Maschenwerk; an den Kreuzungsstellen sind sie durch nichts verbunden.

4. Die Fasern sind bewegungsfähig (Wimpern von Trichoplax).

5. Sie vermögen einen geraden Verlauf anzunehmen (Wimpern, bei Theilung).

6. Kern und Protoplasma besitzen gleiches Gerüst; die Kernmembran hindert den Zusammenhang nicht.

7. Kern-, Vacuolen- und viele Zellmembranen (andere kommen hier nicht zur Beschreibung) entstehen durch Verklebung von Faserabschnitten, die gerade passend die Stelle, wo die Membran gebildet werden soll, durchziehen.

8. Chromatinklumpen und Nucleolen (die hier beschriebenen) sind Anhäufungen von Chromatinkörnern, die in den Gerüstmaschen und um die Fasern herum verschmelzen (oder verkleben).

9. Ein Nucleolus wird durch die Anwesenheit einer aus Gerüst gebildeten Membran charakterisirt.

10. Die tingirbaren Körner sind jedenfalls bewegungsunfähig und werden durch Gerüstbewegung verlagert.

11. Die Chromatophoren entstehen durch Anheftung der Chromatinkörner an einen aus vielen Faserabschnitten verklebten Träger.

12. Die Attractionssphären stellen anfangs beliebig, später kugelförmig gestaltete Theile der Zelle vor, in welchen die Fasern durch eine homogene Verbindungsmasse fixirt sind.

13. Durch Streckung vieler, aus der Sphäre heraustretender Fasern entsteht die Polsonne nebst Spindel.

14. Die Streckung erfolgt wahrscheinlich bei der Theilung der Sphäre (zuerst einheitlich vorhanden) und Transport der Hälften an die Spindelpole, wie auch bei Ausbildung der Chromatophoren.

15. Die Attractionssphäre ist für eine Theilung nicht charakteristisch, ebenso die Polsonne.

16. Ein homogener, von Fasern nicht durchsetzter kugelförmiger Binnenraum (oft von Membran umschlossen) ist für die Sphäre nicht charakteristisch.

17. Die Spindelfasern, d. h. die Fasern, welche Sphäre und Chromatophoren verbinden, besorgen durch Contraction die Halbtheilung letzterer.

18. Die Verbindungsmasse der Fasern in den Sphären der Furchungsspindeln von *Ascaris megalcephala* geht aus dem kegelförmigen Körper der Spermatozoen hervor.

19. In der Wachstumszone der Ei- und Samenröhren von *Ascaris megalcephala univalens* findet eine Zusammengruppirung des vorher verstreuten chromatischen Materiales auf einen mehr weniger scharf begrenzten Klumpen statt. Dieser liefert durch Viertheilung die 4 Elemente von 4 Spermatozoen oder das eine Element des reifen Eies und die 3 der beiden Richtungkörper.

In der Literatur stehen sich über die Frage: „Existirt ein Zellgerüst und wie ist es beschaffen?“ drei Ansichten ziemlich schroff gegenüber. Die eine vertritt die Annahme, es ist ein geformtes Gerüst vorhanden, die zweite verneint sie. Zu den Vertretern der ersteren gehört die Hauptanzahl der Zoologen und auch Botaniker; ich nenne nur Fleming (16), Frommann (18), Leydig (32), Rabl (42), Löwenthal (33), Fayod (15), Schwarz (43). Zu denen der anderen gehören z. B. Altmann (1 und 2), Zimmermann (53) und Mitrophanow (34). Bütschli (12 und 13) dagegen stellt eine dritte Ansicht auf, indem er zugleich über die chemische Beschaffenheit des Protoplasmas eine eigene Auffassung vertritt. Nach ihm zeigt dasselbe ein vacuolär-schaumiges Aussehen und es erfolgen die Körnchenbewegungen entsprechend den Strömungen in Oelschaumtropfen. Wie Oelseifenschäume besteht auch das Protoplasma aus Waben; auf dem optischen Schnitt bekommt man deshalb ein völlig ausgebildetes Netzwerk zur Ansicht. — Ich werde auf einzelne der verschiedenen Auffassungen eingehen, mich aber so kurz als möglich halten, denn ein völlig exacter Beweis für die Existenz eines fibrillären Gerüsts ist bis jetzt noch nicht erbracht. Fleming (16) erkannte ein Maschenwerk (vielleicht auch Netzwerk)

von Fäden, die aus verdichtetem Protoplasma bestehen, Frommann (18) schildert eine fortdauernd wechselnde Beschaffenheit des Gerüstes, indem er von Körnern, Fäden, Strängen etc. als Phasen des Aussehens der Gerüstmasse spricht. Fayod (15) fand Spirofibrillen bei Pflanzen und Thieren allgemein verbreitet; von letzteren beschreibt er ein feines Reticulum aus farblosen Fibrillen, die oft typische Spiralen bilden. Nach Schwarz (43) besitzt das Protoplasma die Fähigkeit, sich stellenweis zu Fäden umzubilden, „in Consequenz dessen muss ich annehmen, dass das Cytoplasma eine Mischung ist, in welcher unter Umständen eine Trennung von fester, zäher und flüssiger, gelöster Substanz eintreten kann“. Am meisten ausgebildet wurde die Gerüsttheorie von Leydig (32) und Rabl (42), denn beide sind der Ansicht, dass in der Zelle ein Gerüst dauernd existirt und dass dieses bei der Theilung die Strahlenfiguren liefert. Nur schildert Leydig nicht, wie diese Umbildung seines Spongioplasmas sich vollziehen mag, während Rabl von einer Contraction und Streckung der geformten Fäden spricht. Durch die Annahme von Fädenausläufern und von Spaltungen einzelner Fibrillen etc. beweist Rabl indessen, dass seine Ansichten vor Allem durch geistvolle Folgerungen, weniger aber durch genaue Beobachtungen gefördert wurden. Bütschli (13) allein bringt solche in seinen Untersuchungen über den Bau der Bacterien und ich zweifle nicht im Geringsten, dass das, was er als Wabenwandungen zeichnet, identisch ist mit den von mir beschriebenen Fibrillen. Hierfür spricht schon der angegebene Wabendurchmesser, während die von mir geschilderten Vacuolen weit grösseren Durchmessers sind; weiterhin auch, dass Bütschli die gleichen Waben bei Thieren verschiedenster Gruppen fand, auch bei solchen, wo ich die Faserstructur sicher darzustellen vermochte. Der Vergleich des Protoplasma mit Schäumen (13) wird, wie mir scheint, hierdurch zurückgewiesen, auch hat Frommann (20) auf anderem Wege Vieles dagegen vorgebracht. „Bezüglich der Beziehungen der Strömungen in Schaumtropfen zu Protoplasmaströmungen ist hervorzuheben, dass die Verlangsamung und das Aufhören der letzteren bei gehindertem O-Zutritt auf innige Beziehungen derselben zu den Stoffwechselvorgängen hinweist, und dass die oben-erwähnten, unter Annahme einer periodischen Ausbreitung von Eiweissseife (Quincke [40]) nicht erklärbaren Besonderheiten in der Körnchenbewegung von mir in den Strömen von Oelschaumtropfen nicht nachgewiesen werden konnten.“ Der Frage über die Körnchenströmungen konnte ich mich bis jetzt nicht zuwenden,

doch will mir scheinen, als wenn viele der beobachteten Körner nichts als Theile des Gerüstes wären, welches ja oft ein körniges Aussehen hat (siehe hierzu Frommann [18]). Nichtsdestoweniger können aber doch die von Altmann (1 u. 2), Zimmermann (53), Mitrophanow (34) u. A. beschriebenen, auf complicirtem Wege dargestellten Granulationen wirklich vorhanden sein, denn warum sollen nicht ebensogut wie Chromatinkörner noch andere in den Gerüstmaschen liegen? Besorgt das Gerüst auch die Bewegung, so kann es jedenfalls für die übrigen Vorgänge nicht verantwortlich gemacht werden, und dann ist die Annahme von lebenden Körnern, die umzusetzen vermögen, völlig zu billigen. Und weiterhin sind wahrscheinlich auch die Fasern nur Summen von Körnern, wie Altmann (2) dies ja für die Muskelfibrillen darstellt. Ich werde an anderer Stelle darauf ausführlich zu sprechen kommen.

Eine Schilderung der Membranbildung in der Weise, wie ich sie beschrieb, wurde noch nicht gegeben. Strasburger (44) beobachtete die Anschwellung der Verbindungsfasern bei Theilungen und dann eine Vereinigung dieser Verdickungen zu einer zusammenhängenden Membran. Nach E. Zacharias (51) entsteht sie durch Auftreten kleiner Körner, die zu Stäbchen werden und sich vergrössern und vereinigen. Woher die Körnchen stammen, ist fraglich. Fayod (15) bemerkte Spirofibrillen in der Membran, jedoch ist Genaueres aus seinem Bericht nicht zu erschliessen; man wird deshalb seine ausführlichen Arbeiten abwarten müssen, die jedenfalls über die „wahre“ Structur genügend unterrichten.

Im Grossen und Ganzen fasst man die Substanz der Nucleolen als verwandt mit dem Chromatin auf (Flemming [16], Schwarz [43] u. A.). Unterschiede liegen aber doch vor, und zwar betreffs der chemischen Reactionen, vor Allem der Färbbarkeit. Ich bestreite diese durchaus nicht, obgleich eine Herausbildung der Nucleolen aus Chromatinkörnern von mir ganz sicher festgestellt wurde, denn bei der Verschmelzung letzterer zu homogenen Massen können ganz gut leichte chemische Differenzen sich entwickeln. Doch sind diese keinesfalls so bedeutend, dass der Nucleolus nicht im Stande wäre, wieder in die Körner sich aufzulösen. Es scheint mir, als wenn wir in ihm eine Anhäufung letzterer zu Reservezwecken zu sehen hätten, denn ebensowenig wie die Chromatophoren werden die Nucleolen vermögen, in den Umsetzungsprocessen mitzuwirken; die Zusammenballung kann nur eine Befreiung der chromatischen Substanz von ihrer Arbeitsleistung bedeuten. Gerüst wurde vielfach schon in den Nucleolen wahrgenommen; Flemming beschreibt auch (17)

bei Schilderung der Ausbildung des Spermatozoenkopfes von *Salamandra maculata* das Eingehen von Gerüst in die anscheinend homogene Chromatinmasse.

In den meisten Zellen ist es allein das Vorhandensein von Chromatin, welches den Kern gegen die übrige Zellsubstanz auszeichnet; es treten ja z. B. die stark lichtbrechenden Körner der Wachstumszone von *Ascaris meg.* ♂ auch im Kern auf (Fig. 19). Dieser erscheint deshalb allein als Aufbewahrungsort des Chromatins charakterisirt. Es wurde diese Ansicht von anderer Seite (Stricker [45]) längst behauptet, und alle die Beobachtungen über die Bedeutung des Kernes für das Zellenleben (Korschelt [30 u. 31], Verworn [47 u. 48], Hofer [27], Gruber [21], Nussbaum [36 u. 37], Balbiani [3] u. A.) bestätigen sie nur. Besondere Grössen- und Ortsveränderungen des Kernes deuten immer darauf hin, dass eine regere Beeinflussung auf das Protoplasma vorliegt; fehlt der Kern, so geht das Ganze zu Grunde, da die Nahrung nicht mehr umgesetzt werden kann. Allein erst nach einiger Zeit; die Umsetzungsprozesse enden nicht sofort. Demnach muss vom Kern aus eine Flüssigkeit die Zelle erfüllen, die für die Umsetzung nothwendig ist; da der Kern aber bis auf das Chromatin meist vom Protoplasma gar nicht unterschieden ist, so wird dieses es sein, welches das erwähnte Substrat liefert. Hierfür spricht die wechselnde Menge des Chromatins in den somatischen Zellen und vor Allem das Nichtstattfinden von Umsetzungen in sich theilenden Zellen. Irgend welche Bedeutung muss ja überhaupt die färbbare Substanz haben und sie für nichts als für die Vererbungs-fähigkeit verantwortlich zu machen, klingt doch gar zu paradox. In dieser Hinsicht stehe ich Brass (10) sehr nahe, doch erkenne ich wie O. Hertwig (23), Weissmann (50) u. A. zugleich im Chromatin den Vererbungsträger. Es lässt sich meiner Meinung nach eben beides sehr gut vereinigen (wie ich in einer späteren Arbeit klarlegen werde) und ich halte deshalb die Theorien über Ahnenplasmen (50), Idioplasmen (35), Pangenien (54) etc. für sehr geistreich, aber unnothwendig. — Die Abkapselung des chromatinhaltigen Raumes bewirkt also allein eine Abschliessung der färbbaren Substanz gegen die Bewegungen, wie sie im Protoplasma bekannterweise sich abspielen. Das Chromatin wird centrirt und wohl jedenfalls in Rücksicht auf die Theilungsvorgänge. Denn diese müsste das Verstreutsein der Körner in der ganzen Zelle höchst störend und zeitraubend beeinflussen, während die Zusammengruppirung in einem abgeschlossenen Raume, dessen Gerüstbestandtheile durch die Membran

gewissermassen fixirt sind, für die Präcision der Theilung von grösstem Vortheil ist. Daher sind die Vorkerne auch im Verhältniss zu ruhenden Kernen meist klein und entbehren der Gerüstlücken.

Als eines der Hauptergebnisse meiner Arbeit glaube ich den Nachweis, dass das in der Zelle immer erkennbare Gerüst die Theilfibrillen liefert, ansehen zu dürfen. Für den Kern ist dies schon oft constatirt worden (z. B. bei Protozoen von R. Hertwig [25 und 26] u. A.), die Abstammung der Polsonnen und Attractions-sphären aus diesem Material wurde dagegen nur von Leydig (32) und Rabl (42), allerdings nicht auf Grund exacter Darstellungen, vertreten. Die Annahme eines „Archoplasmas“ (Boveri [8]), d. i. eines nur während der Theilung als wirksam nachweisbaren Zelltheiles, kann nur insofern Geltung haben, dass die homogene Zwischenmasse, welche eben die Sphäre als solche charakterisirt, dauernd sich erhält. Neubildungen müssen jedoch immer wieder eintreten, denn jede Theilung bedeutet ja die Abgabe der halben Menge. Dass sich das Archoplasma durch Behandlung mit Pikrinessigsäure isolirt darstellen lässt, kann, wenn es nicht die Folge ungenügender Conservirung ist, wie es mir nach den eigenen Untersuchungen erscheint, wohl nicht als Beweis für die Verschiedenheit der in ihm enthaltenen Theilfibrillen zu den übrigen Fasern der Zelle gelten. — Als von grösster Bedeutung für die Vorgänge im Zellenorganismus, nicht blos speciell für die Theilung, hat man in letzter Zeit die Anwesenheit des sogenannten Polkörpers zu betrachten begonnen. Er wurde bereits vielseitig nachgewiesen, z. B. von Kölliker (29), Ischikawa (28), Boveri (8), van Beneden (6), Platner (38), Flemming (55) u. A.; besonders aber Rabl (42) hat ihm einen richtenden Einfluss auf das Gerüst zugeschrieben. Mir erscheinen all diese Speculationen als unfruchtbar, denn ich glaube mit Sicherheit nachgewiesen zu haben, dass das „Centrosoma“ (Corpuscule central) sowohl wie die Sphäre keine constante und allgemein verbreitete Bildung ist. Zur grösseren Festigung des Haltes, welchen die Sphäre bei Contraction der Theilfasern bieten muss, dient hier und da eine membranartige Verschlingung oder auch Verklebung der Fasern um einen nur mit homogener Substanz erfüllten Binnenraum; die prächtig ausgebildeten Sphären der Seeigeleier zeigen keine Spur eines solchen. Schaut man mit schwächerer Vergrösserung auf die Sphären, so erscheint der Binnenraum bei *Ascaris* allerdings wie ein einheitlicher Körper, der von einem helleren Hof umgeben ist; starke Vergrösserungen lassen

aber diesen Unterschied hinwegfallen; er ist, wie der helle Hof um die Nucleolen (Fig. 6), nur eine Folge der Lichtbrechung an der Membran. Insofern hat Rabl mit seiner Theorie betreffs des Einflusses der Sphären auf das Gerüst Recht, als die Fasern der Umgebung zu ihr in einem gewissen Verhältnisse stehen, da sie eben in der Sphäre verklebt sind. Sie müssen also bei Verlagerung dieser ihre Lage gleichfalls ändern und werden hierdurch jedenfalls gestreckt. Aber, wie bemerkt, mit der Nothwendigkeit, als Fixationspunkt für die Spindel und Sonne zu dienen, entfällt auch das Vorhandensein der Sphären, und demzufolge wird das Gerüst seine Gruppierung aufgeben. Eine Spaltung der Theilfasern, die Rabl (42) vertritt, ist sicher nicht zu beobachten, die Ausbildung der Spindel erfolgt jedenfalls in der im ersten Theile angenommenen Weise. Das, was man unter Knäuelstadium (Fleming [16], Strasburger [44] u. A.) versteht, bedeutet die von mir beschriebene Anordnung von Faserabschnitten zu langen Fäden, an welche die Chromatinkörner angehäuft werden. Werden viele solcher Chromatophoren ausgebildet, so resultirt allerdings der Eindruck einer völligen Aufknäuelung des Kerngerüsts. Die Auffassung, welche Platner (39) sich über diese Vorgänge, wie über die der Polsonnentstehung gebildet hat, ist wohl kaum durch irgend einen Beweis zu stützen. Ueberhaupt die Annahme, dass chemische Prozesse die Theilung veranlassen und beherrschen (siehe auch Carnoy [14]), dient meiner Ansicht nach nur dazu, diese so interessanten und durchaus nicht zu complicirten Vorgänge zu verschleiern und in mystisches Dunkel zu hüllen. Von grosser Bedeutung ist jedoch der von Platner (38) gelieferte Nachweis, dass aus den Nebenkernen Spindelfasern hervorgehen. Wir haben in ihnen vielleicht dem kegelförmigen Körper der Ascariden entsprechende Bildungen zu sehen, in denen das Gerüst durch eine homogene Masse verkittet ist, die später in der Attractionssphäre wieder auftritt. — Die ausgezeichneten Arbeiten von Beneden's (6) und Boveri's (8) führten zuerst zu der Auffassung, dass die Verlagerung der Chromatophoren bei *Ascaris meg.* auf mechanisch erklärbarem Wege durch Contraction der Spindelfasern vollzogen wird; es gilt dieser Modus sicher für alle indirecten Theilungen, denn obgleich auch die Contraction direct selbst nicht nachgewiesen werden kann, so üben die Fäden diese doch unleugbar aus, wenn vielleicht auch nicht in dem Masse, wie Rabl (42) es sich denkt, denn die Streckung hat jedenfalls mit einer Contraction nichts zu thun. Dem widerspricht auch nicht, dass man zwischen

den Tochterplatten Fasern, die gleich denen der Spindel verlaufen, wahrnimmt, denn die Theilfibrillen enden ja nicht im Element, auch durchsetzen dieses noch andere, und alle müssen ja mit ihm fortgezogen werden, werden sich also strecken. Polbildungen, entsprechend der bei der Richtungsspindel von *Ascaris*, sind sehr allgemein; wir dürfen solche wohl in der von R. Hertwig (25) beschriebenen Kerntheilung bei *Actinosphärium* und der von Strasburger (44) geschilderten von *Spirogyra* erkennen. Was die Selbstständigkeit der Elemente im ruhenden Kern anbetrifft, so kann mit Sicherheit wohl kein Urtheil darüber gegeben werden. Rabl (41), Boveri (9) und viele Andere nehmen sie an und sie wäre ja insofern denkbar, als jedenfalls im Kern nur geringfügige Bewegungen der Gerüstbalken sich vollziehen. Indessen lehren schon die Bilder bei der Auflösung der Chromatophoren, dass eine theilweise Vermischung wenigstens sehr wahrscheinlich dünken muss. Möglich ist aber, dass, da ja das Kerngerüst durch die Membran fixirt ist, die Fasern entsprechend der Weise, in welcher sie bei Zerfall der Elemente sich trennten, auch wieder zusammen-treten, eben auf Grund der gleichmässigen Lagerung im ruhenden Kern. Hierdurch wäre ebenfalls eine Constanz der Trägerzahl gesichert.

Völlig unerklärlich ist mir ein Unterschied, in welchem meine Untersuchungen über die Ausbildung des chromatischen Elementes in der Wachstumszone von *Ascaris meg. univalens* ♂ zu denen O. Hertwig's (24) stehen. Während ich neben einer grossen Anhäufung von Chromatin, die in das viertheilige Element sich umbildet, kein Chromatin weiter beobachten konnte, schilderte O. Hertwig zwar für den Anfang erwähnter Zone gleichfalls eine solche, in späteren Bildern aber auch isolirte chromatische Fäden, die ich nicht aufzufinden vermochte.

Da ich ganz das Gleiche, was ich in der Samenröhre beobachtete, auch in der Eiröhre wiederfand (wo O. Hertwig die Ausbildung des Chromatophors der Richtungsspindel nicht verfolgte), so muss ich meine Schilderung aufrecht erhalten. Gleichfalls bemerkte ich nichts von Nucleolen, doch habe ich mir leider nicht das „Alaunfuchsin“ verschaffen können. Noch ein Unterschied liegt in der Beschreibung der „Dotterkörner“ (von mir „stark lichtbrechende“ genannt) vor, da ich dieselben von sehr verschiedener Grösse und ganz beliebiger Form, O. Hertwig dagegen von ovaler Gestalt und alle ungefähr gleich gross fand. Eine Bestätigung für meine Angaben betreffs des Chromatins

finde ich aber in den Schilderungen der Spermatogenese von *Ascaris meg.*, die van Beneden und Julin (5) geben, denn auch diese beobachteten keine Kernfäden, aus denen die chromatischen Elemente nach O. Hertwig sich entwickeln sollen, in den Zellen der Wachstumszone, sondern fanden gleich mir das Chromatin „condensée en un corps allongée“ im Innern des Kernes. Dieser Körper behält durchgehends die gleiche Grösse von der Keimzone bis zur Umbildung in das Element bei; hieraus lassen sich wichtige Folgerungen ziehen, doch hierüber später. Muss ich demnach in diesem Punkte O. Hertwig entgegenzutreten, so stimme ich ihm dagegen in der Deutung der rasch aufeinander folgenden Theilungen der Spermatomutterzellen als der Richtungskörperbildung entsprechend völlig zu, allein mit dem Unterschiede, dass ich die Deutung der Chromatinmasse als aus 4 Elementen (*Ascaris univalens*) bestehend nicht vertrete, sondern die Boveri's (7), welcher nur von Einem viertheiligen Elemente spricht. Denn, wie ich fand, ist ursprünglich die Masse einheitlich und bildet sich direct in den Chromatophoren um. O. Hertwig beschrieb ja dagegen die getrennte Anlage der vier Elemente in einer entsprechenden Zahl von Chromatinfäden.

Eine Theilung im Sinne Hertwig's widerspricht unseren Erfahrungen über die Mitose durchaus, die eine Halbtheilung jedes Elementes annehmen lassen; wir können den Vorgang der Richtungskörperbildung aber auch nach dem gewohnten Schema erklärlich machen, denn sowohl bei der Verlagerung dreier ganzer Chromatophoren aus der Zelle, wie bei der Spaltung eines einzelnen viermal so grossen in vier Theile und Entfernung von drei dieser wird das gewünschte Ziel, nämlich die Einzahl der Elemente, erreicht. Die Zellen der Keimzone zeigen 2 Chromatophoren; von diesen muss also eines entfernt werden (an dessen Stelle in der Furchenspindel das Element des anderen Individuums tritt). Nach O. Hertwig geschieht dies durch eine Verdopplung und dann Vierteltheilung der Zahl 2 (dies Verfahren muss schon der Umständlichkeit wegen Bedenken erregen), nach Boveri (auf die übrigen Autoren gehe ich nicht ein, da sie entweder mit dem einen oder dem andern der beiden genannten Forscher übereinstimmen) erfolgt die Auflösung eines Elementes, so dass nur eines zurückbleibt, das geviertheilt wird. Sowohl die eine, wie die andere Deutung des Vorganges ist, wie mir scheint, nicht dem Sachverhalt ganz entsprechend. Da in den Mutterzellen ein einheitliches viertheiliges Element, nicht deren vier, vorhanden sind, so kann von einer Vier-

theilung der Zahl nicht geredet werden. Hingegen ist aber die Reduction des einen Elementes nicht constatirt. Eine solche erfolgt meiner Ansicht nach überhaupt nicht, sondern die beiden Elemente der Keimzone treten in dem Chromatinklumpen der Wachstumszone zusammen (die besondere Form deutet auf eine Ausnahmsbildung hin) und dieser wird dann in 4 Stücke zerlegt. Es resultirt also im reifen Ei und im Spermatid ein Chromatophor, der halb so gross ist, wie ein solcher der Keimzone (bei Boveri  $\frac{1}{4}$ , bei O. Hertwig genau so gross).

Da in der Furchungsspindel die ursprüngliche Grösse wieder hergestellt sein muss (es erfolgt im Vorkern thatsächlich eine Vermehrung des Chromatins), so bedarf es bei Boveri einer Vierfachung der Masse, nach O. Hertwig jedoch bleibt die Menge constant. Dies steht aber in Widerspruch zu der von ihm selbst geäusserten Ansicht, dass in einem ruhenden Kern, den hier der Vorkern darstellt, eine Vermehrung des Chromatins eintritt. Ich citire hier einen Satz O. Hertwig's, der die Bedeutung der Richtungskörperbildung erklärt, wie mir scheint, aber etwas abgeändert werden muss. „Dadurch, dass die Kernmasse der Samennutterzelle und der Eimutterzelle gleich nach der ersten Theilung noch zum zweiten Male getheilt wird, ehe sie noch Zeit gehabt hat, sich im Ruhestadium zwischen zwei Mitosen durch Ernährung wieder zu ergänzen, wird sie geviertheilt und so erhält jede der vier Einzelzellen nur die Hälfte der chromatischen Substanz und der Elemente, welche ein Normalkern einschliesst.“ Im Vorkern tritt ja aber eine Vermehrung ein! Die ganze Reduction hätte dann ja keinen Sinn! — Meiner Ansicht nach erfolgt allerdings eine Reduction durch die Theilungen; die zwei Elemente der Keimzone vereinigen sich in dem Chromatinklumpen der Wachstumszone (also ein Element von doppelter Grösse); durch die sich unmittelbar folgenden zwei Theilungen wird dieses ein Element auf die Hälfte der Grösse der ursprünglich vorhandenen zwei verkleinert. Jetzt muss eine Vermehrung eintreten und diese erfolgt wie stets in den Geschlechtszellen bis auf die Grösse des Elementes vor der Theilung (d. i. hier bis vor die zweite Theilung, also bis auf die ursprüngliche Grösse der getrennten zwei Elemente). Das aus dem Vorkern hervorgehende ein Element besitzt demzufolge die richtige Grösse. In den Geschlechtszellen bleibt, wie bekannt, die Grösse der Elemente stets constant und dies ist ein Beweis für den Satz, dass eine Vermehrung des Chromatins im ruhenden Kern immer nur bis zum Ersatz des

durch die letzte Theilung abgegebenen andauert. Es liegt also in der Macht der Geschlechtszellen, wenn das abgegebene Chromatin neu gebildet ist, mit der Neubildung aufzuhören; dies lässt sich mit grösster Sicherheit an *Ascaris* selbst feststellen, denn die Chromatinmenge in den ruhenden Kernen der Keimzone stimmt ungefähr an Menge mit der in dem Klumpen des Anfangsstückes der Wachstumszone enthaltenen überein, und dieser wieder verändert trotz des riesigen Zellwachsthums besonders in der Eiröhre, also trotz des bedeutenden Zustromes von Nährsubstanz, sein Volumen nicht, wie Messungen von mir ergeben haben. Der viertheilige Chromatophor der Richtungsspindel enthält wiederum soviel Chromatin, wie der Klumpen der Wachstumszone (schätzungsweise). Schematisch dargestellt haben wir deshalb folgenden Ueberblick:

*a* (Zelle der Keimzone) enthält zwei Chromatophoren der Grösse  $\alpha$  während der Mitose;

*b* (Zelle der Wachstumszone, Mutterzelle) enthält einen Chromatinklumpen von der Grösse  $2\alpha$ ;

*c* (Mutterzelle vor erster Theilung) enthält einen Chromatophor (viertheilig) von der Grösse  $2\alpha$ ;

*d* (Mutterzelle nach erster Theilung) enthält einen Chromatophor (zweitheilig) von der Grösse  $\alpha$ ;

*e* (Mutterzelle nach zweiter Theilung = Ei oder Spermatozoon) enthält einen Chromatophor von der Grösse  $\frac{1}{2}\alpha$ ;

*f* (Ei oder Spermatozoon nach Ausbildung des Chromatophors aus ruhendem Kern [Vorkern]) enthält einen Chromatophor von der Grösse  $\alpha$ ;

*g* (Furchungsspindel) enthält zwei Chromatophoren von der Grösse  $\alpha$ .

Boveri (8) beschreibt als Ort der Entstehung der Attractions-sphäre im Ei von *Ascaris meg.* die Nachbarschaft des Chromatinkörpers des Spermatozoons und führt diese auf dieselben Ursachen zurück, die die Bildung von Strahlungen am Spermatozoon in anderen Eiern bewirken. Den Gedanken, dass auch das männliche Individuum an der Entstehung der Sphäre durch Lieferung der Kittmasse theilnimmt, finde ich nicht ausgedrückt und doch kann darüber kein Zweifel herrschen, denn man kann die Auflösung des kegelförmigen Körpers und das Auftreten der homogenen Masse an dessen Stelle sehr genau beobachten. Ich erkläre mir die Ursache des Uebersehens erwähnter Umbildung daraus, dass Boveri keine jüngeren Stadien der unreifen Eier beobachtet hat, also nicht

wissen konnte, dass in solchen keine Spuren der Sphären zu bemerken sind.

Zum Schluss will ich noch kurz drei wichtige Ergebnisse dieser Literaturbesprechung formuliren.

20. Die Abgrenzung eines Theiles der Zellsubstanz durch eine Membran (Kern) hat nur die Bedeutung, die chromatische Substanz zusammenzuhalten und den Bewegungen des Gerüstes zu entziehen (wahrscheinlich zur Erleichterung der Theilungsvorgänge).

21. Die Constanz der Chromatophorenzahl in den Geschlechtszellen beruht vielleicht auf der Fixation der Gerüsttheile ihrer Träger nach der Auflösung im ruhenden Kern durch die Bildung der Kernmembran. (Das Kerngerüst wird durch die Abkapselung von den Bewegungen im Protoplasma ausgeschlossen.) Bei Auflösung der Membran tritt das Kerngerüst in derselben Weise wieder zusammen, in der es aus den Chromatophoren hervorging.

22. Die zwei rasch auf einander folgenden Theilungen der Ei- und Spermatumterzellen bewirken die Reduction des Chromatins auf ein Viertel der ursprünglichen Menge. Die zwei Elemente der Keimzone (*Ascaris meg. univalens*) vereinigen sich in der Wachstumszone zu einem einheitlichen Chromatophor (die Abweichung der Form desselben von der gewohnten deutet schon auf eine verschiedene Entstehungsweise hin), dieser wird geviertelt und das im Ei und Spermatozoon verbleibende Viertel im Stadium des Vorkernes verdoppelt, so dass aus diesem in die Furchungsspindel von beiden Seiten je ein normaler Chromatophor eingeht.

Nachtrag: In der neuesten Mittheilung von Flemming (55) beschreibt er die dauernde Anwesenheit der Attractionssphären und Centrankörper in Zellen von Salamandra. Es erscheint mir sehr wohl denkbar, dass die Kittmasse der Sphären auch in der ruhenden Zelle sich erhält, doch ist dies durchaus nicht nothwendig und allgemein verbreitet; jedenfalls sind Sphären und Binnenräume nicht als permanente Organe zu bezeichnen. Sie sind nur für die regelmässige Ausbildung der Polsonnen (zugleich der Spindeln) von grosser Wichtigkeit, indem sie solide Centren repräsentiren; auf die Lebensvorgänge der ruhenden Zelle haben sie insofern nur Einfluss, als sie die Fibrillen, die in sie eingingen, den gewohnten Arbeitsleistungen wahrscheinlich

entziehen (eben durch die Kittmasse, wie ja auch in den Membranen). Der Binnenraum (sogenannter Centrakörper) bedeutet nur eine vollkommeneren Ausbildung der Attractionscentren, weiter nichts.

### Literaturverzeichnis.

1. Altmann: Studien über die Zelle. Leipzig 1886, I.
2. Derselbe: Elementarorganismen. Leipzig 1890.
3. Balbiani: Recherches expérimentales sur la mérotomie des infusoires ciliés. Prém. part. recueil zool. Suisse. T. V, jan. 1889.
4. Derselbe: Sur la structure intime du noyau du *Loxophyllum meleagris*. Zoolog. Anzeiger. 1890, Heft 329 und 330.
5. E. van Beneden und Julin: La spermatogénèse chez l'Ascaride mégalocéphale. Bull. ac. r. Belg. 1884, Sér. III, T. 7.
6. Derselbe und A. Neyt: Nouvelles recherches sur la fécondation et la division mitotique chez l'Ascaride mégalocéphale. Bull. de l'acad. royale à Belg. 1887, 3me Série, T. XIV, Nr. 8.
7. Th. Boveri: Zellenstudien. Heft 1. Jena'sche Zeitschrift. Bd. XXI.
8. Derselbe: Zellenstudien. Heft 2. Jena'sche Zeitschrift. Bd. XXII.
9. Derselbe: Zellenstudien. Heft 3. Jena'sche Zeitschrift. Bd. XXIV.
10. A. Brass: Chromatin, Zellschubstanz und Kern. Marburg 1885.
11. O. Bütschli: Protozoen. Bronn's Thierreich.
12. Derselbe: Ueber die Structur des Protoplasmas. Verhandlungen des naturwissenschaftl.-med. Vereins zu Heidelberg. Bd. IV, Heft 3.
13. Derselbe: Ueber den Bau der Bacterien und verwandter Organismen. Frankfurt 1890.
14. J. B. Carnoy: La cytodierèse chez les arthropodes. La cellule. 1884, T. I.
15. A. P. Fayod: Ueber die wahre Structur des lebendigen Protoplasmas und der Zellmembran. Naturwissenschaftl. Rundschau. 1890, Jahrg. V, Nr. 7.
16. W. Flemmign: Zellschubstanz, Kern- und Zelltheilung. Leipzig 1882.
17. Derselbe: Weitere Beobachtungen über die Entwicklung der Spermatozoen bei *Salamandra maculata*. Archiv für mikroskop. Anatomie. Bd. XXXI.
18. C. Frommann: Ueber Beschaffenheit und Umwandlungen der Membran, des Protoplasmas und des Kerns von Pflanzenzellen. Jena'sche Zeitschrift. Bd. XXII.
19. Derselbe: Beiträge zur Kenntniss der Lebensvorgänge in thierischen Zellen. Jena'sche Zeitschrift. Bd. XXIII.
20. Derselbe: Ueber neue Erklärungsversuche der Protoplasmaströmungen und über die Schaumstructuren Bütschli's. Anatom. Anzeiger. 1890, Heft 22 und 23.
21. Gruber: Ueber künstliche Theilung bei Infusorien. Biolog. Centralblatt. Bd. IV, Nr. 23 und Bd. V, Nr. 5.
22. O. Hertwig: Experimentelle Studien am thierischen Ei. Jena'sche Zeitschrift. Bd. XXIV.
23. Derselbe: Das Problem der Befruchtung und der Isotropie des Eies, eine Theorie der Vererbung. Jena'sche Zeitschrift. Bd. XVIII.

24. Derselbe: Vergleich der Ei- und Samenbildung bei Nematoden. Archiv für mikroskop. Anatomie. 1890.
25. R. Hertwig: Kerntheilung bei Actinosphärium, Jena'sche Zeitschrift, Bd. XVII.
26. Derselbe: Conjugation von Infusorien. Abhandlungen der bayrischen Akademie der Wissenschaften. II. Cl., Bd. XVII, 1. Abth.
27. Br. Hofer: Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss des Kernes auf das Protoplasma. Jena'sche Zeitschrift, Bd. XXIV.
28. Ischikawa: Vorläufige Mittheilung über die Conjugationserscheinungen bei den Noctiluceen. Zoolog. Anzeiger. 1889, Nr. 353.
29. A. Kölliker: Aequivalent der Attractionssphären E. van Beneden's bei Siredon. Anatom. Anzeiger. 1889, Nr. 5.
30. E. Korschelt: Ueber die Bedeutung des Kernes für die thierische Zelle. Sitzungsberichte der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin. 1887.
31. Derselbe: Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Zellkerns. Zoolog. Jahrbücher. 1880/90, Bd. IV, Heft 1.
32. F. Leydig: Altes und Neues über Zellen und Gewebe. Zoolog. Anzeiger. 1888.
33. N. Löwenthal: Notiz über Protoplasmastructuren der Kernzellen des Eierstockes. Anatom. Anzeiger. 1888, Nr. 2 und 3.
34. P. Mitrophanow: Ueber Zellgranulationen. Biolog. Centralblatt. 1889, Nr. 17.
35. Nägeli: Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. München und Leipzig 1884.
36. Nussbaum: Ueber spontane und künstliche Zelltheilung. Sitzungsberichte der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Bonn. 1884.
37. Derselbe: Ueber die Theilbarkeit der lebendigen Materie. Archiv für mikroskopische Anatomie. 1886, Bd. XXVI.
38. G. Platner: Beiträge zur Kenntniss der Zelle und ihrer Theilung. Archiv für mikroskop. Anatomie. Bd. XXXIII.
39. Derselbe: Die Karyokinese bei den Lepidopteren als Grundlage für eine Theorie der Zelltheilung. Internat. Monatsschrift für Anatomie und Histologie. 1886, Bd. III.
40. Quincke: Ueber Protoplasmaabewegung. Biolog. Centralblatt. VIII, Nr. 16.
41. C. Rabl: Ueber Zelltheilung. Morph. Jahrbuch. 1885, Bd. X.
42. Derselbe: Ueber Zelltheilung. Anatom. Anzeiger. 1889, Nr. 1.
43. Fr. Schwarz: Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas. Breslau 1887.
44. E. Strasburger: Ueber Kern- und Zelltheilung im Pflanzenreiche. Jena 1888.
45. T. Stricker: Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere. Leipzig 1871—1872.
46. Fr. Tangl: Verhältniss zwischen Zellkörper und Kern während der mitotischen Theilung. Mathem. und naturwissenschaftl. Berichte aus Ungarn. Bd. VI.
47. Verworn: Biologische Protistenstudien. Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie. 1888, Bd. XLVI.
48. Derselbe: Psycho-physiologische Protistenstudien. Jena 1889.
49. Waldeyer: Ueber Karyokinese und ihre Bedeutung für die Vererbung. Archiv für mikroskop. Anatomie. Bd. XXXII.
50. A. Weissmann: Ueber die Vererbung. Jena 1883.
51. E. Zacharias: Ueber Entstehung und Wachsthum der Zellhaut. Jahrbuch für wissenschaft. Botanik. Bd. XX, Heft 2.
52. Derselbe: Ueber Kern- und Zelltheilung. Botanische Zeitung. 1888, Nr. 3.

53. A. Zimmermann: Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. Tübingen 1890.
54. H. de Vries: Intracelluläre Pangenesis. Jena 1889.
55. W. Flemming: Attractionssphären und Centalkörper in Gewebszellen und Wanderzellen. Anat. Anzeiger. 1891, Nr. 3.

### Figurenverzeichniss.

Sämmtliche Figuren wurden bei Anwendung der  $\frac{1}{18}$  homogenen Immersion von Zeiss und des Oculars Nr. 4 gezeichnet. Näheres bei den Einzelnen.

Fig. 1. Darstellung einer Vacuolenwandung aus dem reifen Ei von *Ascaris meg.*

Fig. 2 und 3. Nucleolen aus unreifen Eiern von *Sphaerechinus brevisp.*; 2 stellt ein Vorstadium von 3 dar.

Fig. 4. Nucleolus aus unreifem Ei von *Strongylocentrotus lividus*; Darstellung der Wandungen um abgeschlossene Binnenräume.

Fig. 5 und 6. Kerne aus Hodenzellen von *Astacus fluviat.*, verschiedene Vertheilung des Chromatins (Körner, Klumpen und Nucleolus), Gerüst sehr genau dargestellt.

Fig. 7. Wimpertragende Zellen von *Trichoplax adhaerens*, Zusammenhang der Wimpern mit Zellgerüst.

Fig. 8. Theilmembranen bei Zelltheilung von *Strongylocentrotus liv.*, Ausbildung derselben.

Fig. 9. Auflösung der Kernmembran, die Attractionssphäre, Polsonne und Gerüst im Ei von *Strongylocentrotus liv.*; der Verlauf der an der Theilfigur nicht antheilnehmenden Fasern ist viel zu gekrümmt gezeichnet, die Fibrillen der Sonne sind völlig gestreckt zu denken.

Fig. 10. Zelle aus der Keimzone der Geschlechtsröhren von *Ascaris meg.*, Vertheilung d-s Chromatin.

Fig. 11 und 12. Verschiedenaltige Zellen aus der Wachsthumzone von *Ascaris meg.* ♀, Vertheilung des Chromatin, Vacuolen.

Fig. 13. Von der Rhachis abgelöstes unreifes Ei von *Ascaris meg.*, die Chromatinanhäufung zerfällt und bildet sich um zu dem 4theiligen Element der Richtungsspindel, Vacuolen.

Fig. 14. Richtungsspindel, chromatisches Element des Spermatozoons und in dessen Umgebung die aufgelöste Substanz des kegelförmigen Körpers im unreifen Ei von *Ascaris meg.*; das Gerüst ist so dargestellt, wie es bei oberflächlicher Betrachtung erscheint, ohne Rücksichtnahme auf die Isolirtheit der Fasern in den Kreuzungspunkten.

Fig. 15. Chromatophor vor Verlagerung in die Furchungsspindel von *Ascaris meg.*

Fig. 16. Attractionssphäre im reifen Ei von *Ascaris meg.*, der Verlauf der Fasern ein wenig zu gewunden.

Fig. 17. Attractionssphäre mit Polsonne und halber Furchungsspindel, Längsspaltung eines Chromatophors im Ei von *Ascaris meg.*; das nicht an der Sonne und Spindel theilnehmende Gerüst nicht ganz genau im Verlauf der Fasern gezeichnet.

Fig. 18. Auflösung der Chromatophoren, Kernbildung in den Furchungszellen von *Ascaris meg.*

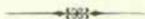
Fig. 19. Zelle aus Wachstumszone der Hodenröhre von *Ascaris meg.* ♂  
Vertheilung des Chromatins, Auftreten der stark lichtbrechenden, nicht tingirten Körner, Gerüst sehr genau gezeichnet.

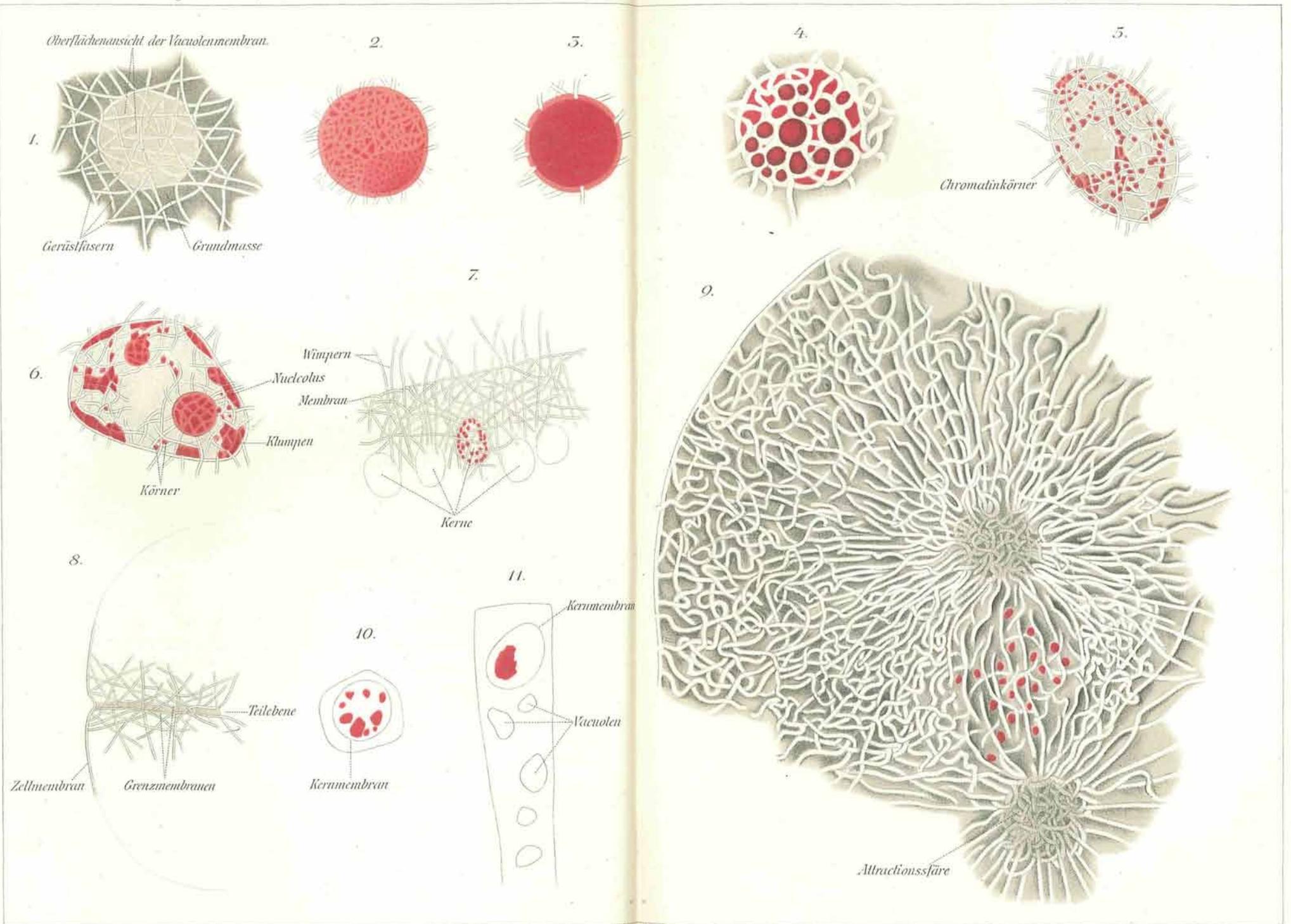
Fig. 20. Samenmutterzelle von *Ascaris meg.*, Zerfall der Chromatinanhäufung zu dem 4theiligen Element, Kernmembran nicht vorhanden.

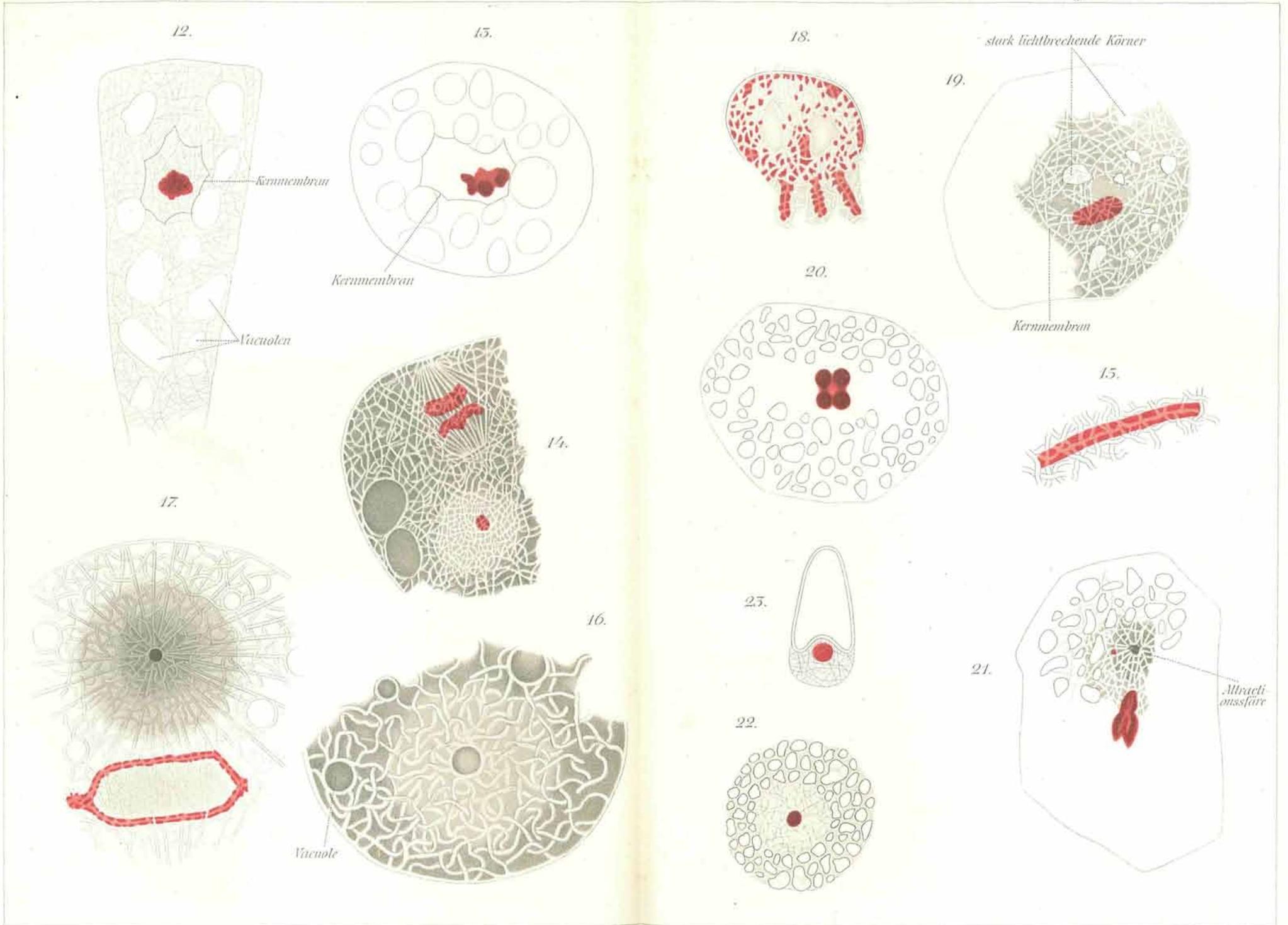
Fig. 21. Theilung einer Samenmutterzelle von *Ascaris meg.*, Attractionssphäre, chromatische, stark lichtbrechende Körner. Gerüst nur theilweis genau (in Sphäre und um Element). (Der Binnenraum der Sphäre ist vom Lithographen nicht abgerundet genug, die Fäden der Sphäre sind zu hell gehalten.)

Fig. 22. Spermatid von *Ascaris meg.*, Gerüst angedeutet, concentrische Lagerung der stark lichtbrechenden Körner.

Fig. 23. Spermatozoon von *Ascaris meg.*, stark lichtbrechende Körner zu kegelförmigem Körper verschmolzen.







# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten aus dem Zoologischen Institut der Universität Wien und der Zoologischen Station in Triest](#)

Jahr/Year: 1890

Band/Volume: [9\\_1](#)

Autor(en)/Author(s): Schneider Camillo Karl

Artikel/Article: [Untersuchungen über die Zelle. 179-224](#)