

Über Kerntheilung, Eireifung und Befruchtung bei *Ophryotrocha puerilis*.

Von

Prof. E. Korschelt in Marburg.

Mit Tafel XXVIII—XXXIV.

In einer früheren Arbeit behandelte ich außer einigen mir besonders interessant erscheinenden Punkten aus der Lebensgeschichte der *Ophryotrocha puerilis* auch die bis dahin nicht bekannten eigenthümlichen Geschlechtsverhältnisse dieses kleinen Polychäten. Bei jener Untersuchung lernte ich einige Stadien der Richtungskörperbildung kennen, aus denen hervorging, dass die Eireifung dieses Wurmes in verschiedener Hinsicht von Interesse sein müsse. Es ergab sich aber auch zugleich, dass sich ein Studium der Eireifung und Befruchtung nicht so leicht bewerkstelligen ließe, wesshalb ich die Untersuchung auf günstigere Zeit verschieben musste. Ich hatte damals zunächst die erste Richtungsspindel aufgefunden, welche innerhalb des mütterlichen Körpers gebildet wird und eine recht eigenartige Gestaltung zeigt. Sie ist im Verhältnis zum Durchmesser des Eies sehr lang, liegt inmitten des Eies und weist eine höchst charakteristische Anordnung des Chromatins auf (Fig. 93 Taf. XXX). Dasselbe stellt eine aus vier dicht an einander gelagerten Körnern bestehende Äquatorialplatte dar, zeigt also dieselben Verhältnisse wie man sie von *Ascaris megalcephala univalens* kennt. In einem späteren Stadium der Spindel fanden sich diese Körner zu zwei Paaren aus einander gewichen (Fig. 95 und 96 Taf. XXX), welches Stadium ebenfalls beim Pferdespulwurm in der gleichen Weise beobachtet wird. Nach diesen Befunden glaubte ich es unbedenklich aussprechen zu dürfen, dass bei *Ophryotrocha* wie bei jener Form nur ein einziges viertheiliges Chromosoma vorhanden sei. Es schien mir von Interesse, eine Form mit so einfachen Verhältnissen des Chromatins genauer kennen zu lernen und überdies festzustellen, ob die Vorgänge wirklich bis ins

Einzelne so wie bei *Ascaris meg. univalens* verliefen. Wie ich schon gelegentlich eines Vortrags über diesen Gegenstand mittheilte¹, stellte sich bei der weiteren Verfolgung der Eireifung heraus, dass dieselbe thatsächlich in anderer Weise als bei jener Varietät des Pferdespulwurms vor sich geht. Zunächst wurden in einem späteren Stadium der ersten Richtungsspindel auch die doppelte Anzahl der Chromatinkörner, nämlich acht gefunden (Fig. 99, 100 Taf. XXX). Bekanntlich ist auch dieses Stadium beim Pferdespulwurm vertreten und zwar als erste Richtungsspindel von *Asc. meg. bivalens*. Diese verschiedene Beschaffenheit der ersten Richtungsspindel legte die Vermuthung nahe, dass auch bei *Ophryotrocha* ähnlich wie bei *Ascaris megalcephala* zwei Varietäten vorkommen möchten, welche sich durch die Verschiedenartigkeit der Chromosomenzahlen unterscheiden. Die weiteren Untersuchungen zeigten jedoch, dass die geringere und höhere Chromosomenzahl bei ein und demselben Individuum auftrat. Es erschien daher nöthig, erst die Normalzahl der Chromosomen festzustellen. Zu diesem Behufe untersuchte ich zunächst die Furchung und da sich auch hierbei Verhältnisse herausstellten, die nicht als maßgebend angesehen werden konnten, so dehnte ich die Untersuchungen auf die Spermatogenese und Eibildung, sowie auf verschiedene Gewebe des ausgebildeten Körpers aus. Es ergaben sich dabei nach verschiedener Richtung nicht uninteressante Resultate, so dass ich die Beobachtungen weiter fortsetzte, als ursprünglich beabsichtigt war. Ich werde sie hier dem eigentlichen Gegenstand meiner Untersuchungen, der Eireifung und Befruchtung, vorausschicken.

Methode.

Für die Untersuchung der noch im mütterlichen Körper gelegenen Eier gab conc. Sublimatlösung gute Resultate, eben so Pikrinessigsäure in der von BOVENI angegebenen Mischung. Die erstere Konservirung ist für die jüngeren, die letztere für die älteren Stadien der Eireifung vorzuziehen, so weit diese im Mutterthier verläuft. Es wurden gegen 180 Würmer in Schnittserien zerlegt.

Bei der Untersuchung der abgelegten Eier wurde möglichst genau der Zeitpunkt der Eiablage festgestellt. Die näheren Umstände, unter denen die Eiablage stattfindet, gab ich bereits in der früheren Arbeit an. Man kann schon mit der Lupe erkennen, wenn sich das Weibchen zur Eiablage vorbereitet. Es ist dann auch regelmäßig von einem Männchen begleitet. Die Zahl der abgelegten Eier ist verschieden und richtet sich nach der Größe der Weibchen bezw. nach der Zahl der Eier, die

¹ Verhandl. Deutsch. Zool. Gesellschaft. 5. Jahresvers. zu Straßburg 1895.

in ihm vorhanden sind. Gewöhnlich werden alle Eier eines Weibchens abgelegt; nur selten bleibt ein Theil der reifenden Eier im Mutterthier zurück. Man findet Gelege von 20 bis zu 150 und mehr Eiern. Dieselben liegen in einem in Folge der Dotterfärbung gelblich erscheinenden Eierhaufen über einander. Der ganze Eierhaufen ist von einer ziemlich zähen gallertigen Hülle umgeben, welche die Eier so fest zusammenhält, dass man das Gelege leicht im Ganzen aus dem Wasser herausnehmen kann. Die Ablage kann an Pflanzentheilen geschehen und dann ist die Lösung sehr einfach. Zumeist finden sich die Eier jedoch an der Wand des Aquariums. Von dieser löst man sie am besten ab, indem man mit einem feinen, scharfen Skalpell dicht an der Glaswand hinfährt und sofort mit einer Glasröhre das Eierhäufchen aus dem Wasser heraushebt. Dann halten die Eier gut zusammen und man hat nur selten Schwierigkeiten, dass sie bei den weiteren Operationen aus der Hülle herausfallen.

Die Eier befinden sich bei der Ablage im Stadium der ersten Richtungsspindel. Zumeist erfolgt die Ablage in den Abend- und Morgenstunden, doch legen die Würmer auch zuweilen Tags über die Eier ab. Die Zeit, in der sich die folgenden Entwicklungsvorgänge abspielen, ist keine ganz bestimmte, doch schreiten die Eier in etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden bis zur Befruchtung und Ausbildung der ersten Furchungsspindel vor. Danach kann die Zeit für die Konservirung der einzelnen Stadien einigermaßen bestimmt werden, doch lässt es sich auch ungefähr an den Eiern erkennen, in welchem Stadium sie sich befinden, obwohl sie fast ganz undurchsichtig sind. Die Größe und Lage der die Kerne andeutenden hellen Flecke lässt auf die betr. Stadien mit einer gewissen Sicherheit schließen.

Eben so wie bei den Würmern selbst, wurden auch für die Eier die verschiedenen Konservierungsmittel angewandt, wobei das BOVERI'sche Pikrinessigsäuregemisch¹ die besten Ergebnisse lieferte. Darin verblieben die Eier drei bis vier Stunden, wurden einige Zeit in 70%igem Alkohol und später in 96%igem Alkohol belassen bis sie die gelbe Farbe verloren. Die Färbung wurde mit Boraxkarmin oder Hämatoxylin in toto oder an den Schnitten vorgenommen. Im ersteren Falle wurde überfärbt und die überflüssige Farbe den Schnitten nachträglich mit angesäuertem Alkohol ausgezogen.

Für die bessere Darstellung der achromatischen Strukturen wurde das HERRMANN'sche Platinchloridosmiumessigsäuregemisch mit nachfolgender Behandlung mit Holzessig sowohl an den Würmern wie an den

¹ Zellenstudien, 4. Heft, p. 41.

Eiern angewendet. Da ich jedoch das Hauptgewicht auf das Verhalten der chromatischen Substanz zu legen hatte und nicht in Besitz allzureichlichen Materials war, so fanden der Hauptsache nach nur die Methoden Anwendung, die sich bewährt hatten. Es wurden gegen 130 Eierhäufchen in Schnittserien zerlegt.

Alle Eier eines Geleges befinden sich auf ungefähr dem gleichen Stadium. Die Abweichungen der einzelnen Eier sind äußerst gering. Dies gilt nicht nur für die ersten Stadien nach der Ablage, sondern auch für die späteren Stadien. Dagegen kommt es sehr oft vor, dass einige Eier eines Geleges auffallend in der Entwicklung gegenüber den anderen zurückbleiben oder auf dem Stadium der ersten Richtungsspindel, auf welchem die Ablage geschieht, verharren. Dies sind Eier, bei denen die Befruchtung verspätet oder gar nicht eingetreten ist. Der letztere Umstand wie auch das gleichartige Fortschreiten der Entwicklung bei den einzelnen Eiern wird sich weiterhin von einer besonderen Bedeutung erweisen.

I. Die Kerntheilungen der Keimzellen, sowie verschiedener Gewebs- und Embryonalzellen.

1. Die Kerntheilungen bei der Samenbildung.

Die männlichen Geschlechtszellen der *Ophryotrocha* nehmen in den Wucherungen des Peritonealepithels ihren Ursprung, die ventral an den Dissepimenten gelegen sind, wie ich in meiner früheren Arbeit in Übereinstimmung mit BRAEM zeigte. Die feineren Vorgänge der Spermatogenese zu verfolgen, lag damals nicht in meiner Absicht, da es mir nicht schien, als ob sie von dem bei anderen Thieren darüber Bekannten abwichen. Dagegen widmete BRAEM ihnen ein genaueres Studium. Er fand, dass eben sowohl wie in den Ovarien auch in den Hoden die Zelltheilungen nur auf amitotischem Wege vor sich gehen und er suchte dieses auffallende Verhalten durch Ausführungen allgemeinerer Natur zu erklären. Thatsächlich vermehren sich nun sowohl die weiblichen wie auch die männlichen Geschlechtszellen auf mitotischem Wege und die von BRAEM gegebenen Abbildungen mit der genauer geschilderten eigenthümlichen Vertheilung des Chromatins finden dadurch ihre Erklärung. Es sind Vorbereitungsstadien der karyokinetischen Theilung.

Sowohl bei Würmern, die mit Sublimat wie auch besonders bei solchen, die mit Pikrinessigsäure konservirt waren, treten in den Hoden zahlreiche Kerntheilungsfiguren auf, unter denen man alle Stadien der Karyokinese auffinden kann. Fig. 4 A (Taf. XXVIII) stellt eine Spermatogonie in der beginnenden Knäuelbildung dar. In Fig. 4 B zeigt sich der

Kernfaden ausgebildet und stark gefärbt; in Fig. 4 C sind vier Schleifen gebildet. Da sich die freien Schenkelenden der Schleifen stark nähern, so erinnert dieses Stadium an die in neuerer Zeit vielfach beobachteten Ringbildungen der Chromosomen, ohne jedoch die mit dieser verbundene Bedeutung beanspruchen zu können. Die Übereinstimmung in der Form ist nur eine zufällige, so weit ich sehen konnte, und es kommen nur Schleifen von der gewöhnlichen Form zu Stande, welche die Äquatorialplatte der Spindel bilden und sich in die acht Tochterschleifen spalten (Fig. 4 D).

Zuweilen erhält man Bilder, wie das in Fig. 2 A dargestellte. Zwischen die vier Schleifen schieben sich noch zwei weitere ein, so dass sechs Schleifen in einer Ebene liegen. Man hat hier jedenfalls ein etwas verschobenes Dyasterstadium vor sich, indem zwei Schleifen des einen sich zwischen diejenigen des anderen Tochtersterns hineingelagert haben. Mehr als acht Schleifen ließen sich auch hier nicht nachweisen. Ich musste auf derartige Bilder achten und führe sie besonders an, weil in den Furchungszellen eine größere Chromosomenzahl auftreten kann und Ähnliches auch von den Gewebs- bzw. Keimzellen vermuthet werden könnte.

Andere Zellen, wie z. B. Fig. 2 B lassen die sicher nur aus vier Kernschleifen bestehende Äquatorialplatte in der Polansicht sehr klar erkennen. Weiterhin geht die Vierzahl der Schleifen auch aus der seitlichen Ansicht der Spindel deutlich hervor (Fig. 2 C und D). Die Schleifen sind hier eben in der Spaltung begriffen. In Fig. 2 C sieht man die vorn und hinten gelegene Schleife in der Verkürzung angedeutet; in Fig. 2 D wurden diese beiden in einer anderen Ebene gelegenen Schleifen nicht eingezeichnet.

Die Figuren 2 E und F zeigen die Theilung der Spermatogonien weiter fortgeschritten. Auch aus den Seitenansichten der Tochtersterne ist zu entnehmen, dass vier bzw. jedenfalls nicht mehr als vier Schleifen vorhanden sind. In den Abbildungen lässt sich dies übrigens weniger deutlich wiedergeben als es die genaue Untersuchung lehrt. Trotzdem sieht man aus ihnen ohne Weiteres, dass sie die Bilder der Fig. 4 ergänzen.

Die bisher besprochenen Bilder bezogen sich auf Zellen, die im Hoden lagen. Die weiteren Theilungen vollziehen sich jedoch an den bereits von den Hoden losgelösten und frei in der Leibeshöhle flottirenden Zellen. Diese lassen zunächst noch die gleichen Bilder erkennen. Fig. 3 B zeigt einen Mutterstern, Fig. 3 C die Tochtersterne, welche, wie auch der Mutterstern, aus je vier Schleifen bestehen. Die Zellen sind erheblich kleiner geworden, wie die bei gleicher Vergrößerung ausgeführten Figuren erkennen lassen. Die ebenfalls frei in der Leibeshöhle

angetroffene Zelle der Fig. 3 A dürfte das zu den vorerwähnten Stadien gehörige Knäuelstadium des Kernes enthalten.

Zur Untersuchung der in den beiden letzten Theilungsstadien der Spermatogenese stattfindenden Reduktion ist *Ophryotrocha* ein durchaus ungünstiges Objekt. Die männlichen Zellen werden schließlich zu klein, als dass man die in ihren Kernen sich vollziehenden Umlagerungen des Chromatins noch mit Sicherheit verfolgen könnte. Das Zellplasma ist bei diesen noch kleineren Zellen bereits sehr stark reducirt. Ich konnte jedenfalls nur noch die Kerne erkennen. In Fig. 4 ist eine Gruppe solcher männlicher Zellen dargestellt. Das Chromatin scheint in Form eines allerdings zumeist nicht deutlich ausgeprägten Kernfadens gelagert zu sein (Fig. 4 A). In anderen Fällen sieht man es in wenig regelmäßiger Weise der Peripherie anliegen (Fig. 4 B) oder es ist in zwei von einander getrennten Partien angehäuft, zwischen denen sich einige feine verbindende Fäden erkennen lassen (Fig. 4 C). Ich bin geneigt, dies Alles für undeutlich ausgeprägte, weil vielleicht nicht genügend konservirte Kerntheilungsfiguren zu halten. Da sich die früheren Stadien karyokinetisch theilen, so werden dies auch die späteren thun. Aber Genaueres über die Zahl der Chromosomen ließ sich jedenfalls an meinem übrigens sonst vortrefflich konservirtem Material nicht feststellen. Ganz ähnliche Bilder sind übrigens von BRAEM gegeben worden, so z. B. Fig. 22, Taf. X, allerdings dürften dieselben wohl früheren Stadien entsprechen, wie aus dem Vergleich mit Fig. 23 und 24 hervorgeht. Man möchte sie jedenfalls als karyokinetische Figuren deuten, sowie eine ganze Reihe der früheren Figuren und dies würde ja auch mit den von mir für die jüngeren Stadien beschriebenen karyokinetischen Theilungen übereinstimmen.

Die übrigen in der Fig. 4 enthaltenen Zellen lassen erkennen, dass die Theilung thatsächlich noch weiter gegangen ist (D, E). Sie sind kleiner und stellen die fertigen Spermatozoen dar. Die Schwänze derselben sind außerordentlich zart, wie ich schon früher angab und lassen sich auch an gefärbten Präparaten nicht erkennen. An den Samenzellen macht sich, wenn sie geeignet liegen, ein heller Abschnitt bemerkbar, wie dies die Fig. 4 D an zwei Zellen zeigt. Derselbe ist auch später wieder aufzufinden, wenn die Spermatozoen den Körper des Wurmes verließen und in der Umgebung der Eier frei im Wasser herumschwärmten (Fig. 154 sp, Taf. XXXII). Möglicherweise ist es das Mittelstück, welches sich in derartiger Weise auszeichnet, denn dass sich die Substanz des Schwanzfadens bei der Konservirung derartig zusammenzöge und dem Spermatozoenkopf anlegte, ist nicht sehr wahrscheinlich.

Als Ergebnis der Untersuchungen über die Theilung der männlichen Zellen ist festzustellen, dass die Zahl der Chromosomen vier beträgt, wobei von den letzten Theilungen, deren Chromosomenzahl nicht festgestellt werden konnte, abgesehen wird.

2. Die Kerntheilungen bei der Eibildung.

Von der Eibildung hatte ich gleichzeitig und in völliger Übereinstimmung mit BRAEM festgestellt, dass jeder Eizelle eine Nährzelle beigegeben wird, die sich durch die Struktur des Protoplasmas und besonders des Kernes stark von jener unterscheidet. Ich muss auf diesen Punkt weiter unten nochmals kurz zurückkommen. Hier soll nur das Verhalten der in Theilung begriffenen weiblichen Zellen Berücksichtigung finden. Im Keimlager ließen sich zunächst die beiderlei Zellen nicht von einander unterscheiden. In Übereinstimmung mit seinen Befunden an den männlichen Zellen nimmt BRAEM auch für die weiblichen Keimzellen die Vermehrung auf amitotischem Wege an, doch geschieht sie thatsächlich durch Karyokinese. Um die Zahlenverhältnisse der Chromosomen zu erläutern, gebe ich auch hiervon einige Abbildungen, wofür sich die Tochtersterne am besten eignen.

Fig. 5 *A* und *B* zeigen zwei in Theilung befindliche Zellen aus dem Keimlager des Ovariums auf dem Stadium der Tochtersterne. Jeder von ihnen enthält vier Kernschleifen, wie dies mehr oder weniger deutlich bereits aus den Figuren, mit Sicherheit jedoch aus der genauen mikroskopischen Betrachtung zu entnehmen ist.

In Fig. 5 *C* und *D* sind die beiden Tochterplatten getrennt von einander in der Polansicht dargestellt, wie sie sich bei höherer und tieferer Einstellung erkennen ließen. Über die Vierzahl kann bei derartigen klaren Bildern kein Zweifel obwalten. Ich lege darauf besonderen Werth, weil die bei der Furchung auftretenden Chromosomenzahlen dies erfordern.

Ähnlich wie die bei Besprechung der Samenbildung erwähnte Figur mit sechs Schleifen, fand ich einige Male bei der Eibildung eine Figur, die acht ziemlich in einer Ebene gelegene Schleifen aufwies (Fig. 5 *E*). Aller Wahrscheinlichkeit nach handelte es sich hierbei um zwei gegen einander verschobene Tochtersterne, deren Schleifen mehr oder weniger zwischen einander gerathen waren. Gegenüber den Befunden von deutlichen vier Schleifen ist dieses Verhalten jedenfalls nicht anders zu erklären, doch musste ich zunächst Gewicht auf derartige Bilder legen wegen des schon mehrfach angedeuteten Verhaltens der Furchungskerne, bei denen acht Schleifen im Mutterstern auftreten können.

Wie sich aus dem Vorstehenden ergibt, sind auch bei den weiblichen Keimzellen die Chromosomen in der Vierzahl vorhanden.

3. Die Kerntheilungen in verschiedenen Geweben des Körpers.

Karyokinetische Figuren sind auch bei jungen Thieren, die doch in lebhaftem Wachsthum begriffen sein müssen, selbst in der Wachstumszone der hinteren Segmente nicht allzu reichlich aufzufinden, doch kann dies möglicherweise an der nicht genügenden Vorbehandlung liegen, da die daraufhin untersuchten Würmer nicht speciell zu diesem Zweck konservirt worden waren. Untersucht wurden Gewebe aus allen drei Keimblättern; sie ergaben die gleichen Verhältnisse wie bei der Ei- und Samenbildung.

Am häufigsten fand ich noch die Kerntheilungsfiguren im Körperepithel jugendlicher Individuen und zwar speciell am hinteren Körperende in der Wachstumszone. Fig. 6 stammt von einem Wurm, der elf parapodientragende Segmente aufweist. Der Kern einer Epithelzelle lässt sehr klar vier Schleifen in der Polansicht der Äquatorialplatte erkennen. Der vorhergehende und nachfolgende Schnitt zeigen, dass von dem betreffenden Kern nichts abgeschnitten wurde. Das Bild war außerordentlich klar.

Der erwähnte junge Wurm wies auch in dem mesodermalen Gewebe des Hinterendes Kerntheilungsfiguren auf. In Fig. 7 sieht man neben ruhenden Kernen und solchen im Knäuelstadium eine Seitenansicht der Kernspindel mit den beiden Tochtersternen, die je vier Schleifen enthalten. Dieses Stadium konnte ich wiederholt und ebenfalls in sehr klarer Weise sowohl in mesodermalen wie in den Zellen des Körperepithels nachweisen.

Wie das ektodermale und mesodermale verhält sich auch das entodermale Gewebe. Im Epithel des Mitteldarmes findet man hier und da auch bei älteren Würmern neben amitotischen auch mitotische Kerntheilungen. Fig. 8 zeigt eine solche neben mehreren ruhenden Kernen des Darmepithels. Jeder der beiden Tochtersterne besteht aus vier hufeisenförmigen Schleifen, wie sich auch aus der einem anderen ausgewachsenen Wurm entstammenden Darmepithelzelle der Fig. 9 ergibt.

Aus den mitgetheilten Beobachtungen darf geschlossen werden, dass auch für die verschiedenen Gewebe des Körpers die Normalzahl der Chromosomen vier beträgt.

4. Die amitotische Kerntheilung im Darmepithel von *Ophryotrocha*.

Weit häufiger als mitotische Theilungen trifft man im Darmepithel von *Ophryotrocha* Kernformen, die nur als Stadien einer amitotischen Theilung aufgefasst werden können. Da die Amitose auch im Darmepithel anderer Thiere gar nicht selten gefunden wird, so stehe ich nicht an, die zu beschreibenden Kernformen auf diese Weise zu erklären, obwohl damit verbundene Zelltheilungen nie mit Sicherheit festzustellen waren.

Die Kerne des Darmepithels sind von sehr verschiedener Größe, wie ein Blick auf die bei gleicher Vergrößerung gezeichneten Figuren 10—15, 17 und 18 (Taf. XXVIII) erkennen lässt, die von demselben Individuum und aus nicht sehr differenten Partien des Mitteldarmes stammen. Übrigens können Kerne von sehr verschiedenem Umfang ziemlich dicht neben einander liegen. Unter diesen Kernen trifft man solche an, die so dicht an einander gedrängt sind, dass sie sich gegenseitig abplatteten (Fig. 10 *a, b, c*, Fig. 11, Fig. 15 *a*). Derartige Bilder sind sehr häufig. Es wäre gewiss möglich, dass diese Kernpaare durch Aneinanderrücken von Kernen zu Stande gekommen sind, aber zusammengehalten mit anderen, sogleich noch zu besprechenden Bildern ist es weit wahrscheinlicher, dass beide Kerne durch amitotische Theilung eines Kernes entstanden. Die Bilder sind auch denen sehr ähnlich, welche andere Autoren von Fällen geben, in denen es sich zweifellos um amitotische Kerntheilung handelt; so beschreiben JOHNSON von den Embryonalhüllen des *Skorpions* und PRÆUSSE aus den Ovarien der *Hemipteren* ganz ähnliche Verhältnisse. Speciell mit den letzteren Objekten, die ich aus eigener Anschauung genau kenne, ist die Übereinstimmung eine außerordentlich große.

Von den geschilderten Kernen ist es oft sehr schwer zu sagen, ob man es wirklich mit zwei Kernen oder nur mit einem durch eine mittlere Grenzlinie getrennten Kern zu thun hat (Fig. 15 *a* und *b*). Thatsächlich tritt eine solche Grenzlinie in den sich amitotisch theilenden Kernen auf. In Fig. 16 *b* ist z. B. ein solcher Kern dargestellt, bei welchem gar kein Zweifel darüber obwalten konnte, dass es wirklich nur ein einziger Kern war und der doch jenen zweigetheilten Kernen (Fig. 10, Fig. 15) bereits sehr ähnlich ist. Der mit *b* bezeichnete Kern in Fig. 15 verhält sich eben so.

Der Theilung der Kerne geht eine Verdoppelung des Kernkörpers voraus. Man findet bei den bereits getheilten und den in Theilung begriffenen Kernen zwei Kernkörper (Fig. 10, 11, 15, 16). Wo zwei Kernkörper in einem Kern vorhanden sind, liegt der Verdacht sehr nahe, dass sie sich demnächst theilen werden. In den Figuren 13—18 sind

mehrfach solche Kerne zu sehen. Es scheint fast, als wenn die beiden Kernkörper durch Theilung eines einzigen entstanden. Man sieht öfters, dass der besonders umfangreich gewordene Kernkörper eine Einschnürung erhält (Fig. 13 *a*). Dieselbe wird tiefer und der Kernkörper bekommt dadurch eine Biskuitform (Fig. 12). Wenn die Verbindung reißt, liegen zwei Kernkörper eng an einander (Fig. 13 *b*, 14); diese entfernen sich jedoch bald von einander (Fig. 15 *c*, 16 *a*, 17). Dann tritt die früher erwähnte Grenzlinie auf. Sie erscheint Anfangs nur ganz schwach angedeutet, wird dann deutlicher, ist jedoch immer noch in ihrem Verlauf hier und da wenig ausgeprägt, bis man sie schließlich klar als Trennungslinie erkennt (Fig. 15 *b*, 16 *b*, 15 *a*). Indem entsprechend der Theilungslinie eine leichte Einschnürung im Umfang des Kernes auftritt (Fig. 10 *a*, *b*, *c*), ergiebt sich eine Sonderung beider Kerne, die am Ende deutlich als zwei getrennte Kerne erscheinen (Fig. 11, 18 *b*).

Zuweilen findet man, dass die Theilung sogleich mit einer Einschnürung um die ganze Peripherie des Kernes beginnt, wodurch ein biskuitförmiges Stadium zu Stande kommt, ehe noch die Grenzlinie aufgetreten ist. In anderen Fällen sieht man die Einschnürung nur auf einer Seite auftreten, von wo aus sich dann die Grenzlinie nach der Mitte und der anderen Seite des Kernes hin fortsetzt (Fig. 17 *a*). Die bei Weitem häufigere Theilungsform der Kerne ist jedoch die zuvor geschilderte.

Die amitotische Theilung führt zunächst dahin, dass zwei Kerne in einer Darmepithelzelle liegen. Da man jedoch verhältnismäßig selten Zellen mit zwei von einander unabhängigen Kernen findet, die amitotischen Theilungsformen hingegen recht häufig sind, so ist es sehr wahrscheinlich, dass der Kerntheilung auch eine Zelltheilung folgt.

Es ist immer misslich bei einer nicht karyokinetischen Theilung aus einer Reihe von Bildern, die nicht einmal die typische biskuit- oder hantelförmige Durchschnürung zeigen, die wirklich stattfindende Theilung festzustellen, wenn nicht das Objekt beim thatsächlichen Fortschreiten des Theilungsvorganges beobachtet werden kann. Letzteres wird übrigens nur in den seltensten Fällen möglich sein und es bleibt daher nichts Anderes übrig, als den Theilungsakt aus den beobachteten Bildern zu kombiniren. Im vorliegenden Fall lassen die letzteren kaum eine andere Deutung zu, denn die Kerne des Darmepithels liegen ziemlich weit aus einander, so dass kein Grund ersichtlich ist, aus welchem sich öfters zwei Kerne so eng zusammendrängen sollten. Auch wenn zwei solche Kerne durch karyokinetische Theilung aus einander entstanden wären, ist kein Grund für eine derartige enge Anlagerung vorhanden. Außerdem könnten dann die geschilderten Theilungsbilder

nur (in umgekehrter Reihenfolge) auf eine Kernverschmelzung zurückgeführt werden, die aber schon an und für sich viel unwahrscheinlicher ist als das Vorkommen amitotischer Theilungen. Solche sind von CARNOY, FRENZEL, FAUSSEK, ZIEGLER und VOM RATH auch im Darmepithel anderer Thiere, speciell bei *Crustaceen* und *Insekten* aufgefunden worden. Die von den betreffenden Autoren beobachteten Vorgänge sind den oben beschriebenen zum Theil sehr ähnlich. Besonders übereinstimmend verlaufen die letzteren jedoch mit den von PREUSSE eingehender untersuchten amitotischen Zelltheilungen im Ovarium der Hemipteren. In diesem Falle ist das Ergebnis der amitotischen Theilung sehr klar, weil in vielen dieser Epithelzellen zwei Kerne in der scharf umschriebenen Zelle liegen.

Bezüglich der Bedeutung der amitotischen Theilung im Darmepithel ist es als sicher anzunehmen, dass es sich nicht nur um eine Vergrößerung der Oberfläche durch Schaffung von zwei Kernen in der Zelle handelt, wie dies bei dem von PREUSSE untersuchten Objekt zum Theil der Fall ist, sondern auf die Kernteilung folgt jedenfalls mehr oder weniger regelmäßig eine Zelltheilung. Neben den amitotischen fand ich im Darmepithel auch karyokinetische Theilungen, denen wahrscheinlich der Hauptsache nach die weitere Vermehrung der Zellen obliegt. Ich möchte mich für den hier in Rede stehenden Fall, der besonders durch H. E. ZIEGLER vertretenen Auffassung anschließen, nach welcher die amitotischen Theilungen bei mangelnder Fähigkeit der weiteren Vermehrung eine Specialisirung der betreffenden Zellen nach einer bestimmten Richtung anzeigen, während die weitergehende Zellvermehrung durch die mitotische Theilung, als den ursprünglichern Modus, vermittelt wird. Auf eine eingehendere Behandlung dieser Verhältnisse verzichte ich, da sie in letzter Zeit wiederholt diskutiert wurden und neuerdings speciell auch durch FLEMMING unter Heranziehung der gesammten Litteratur eine sehr ausführliche Behandlung erfuhren.

5. Die Kernteilungen in den Embryonalzellen.

Die Kernteilungen der Furchungszellen studirte ich zunächst ebenfalls nur zu dem Zweck, um die Zahl der Chromosomen festzustellen. Abgesehen davon, dass hierbei etwas abweichende Verhältnisse zu Tage treten, erhielt ich Bilder, die mir für die Kenntnis der Kernteilung im Allgemeinen nicht ohne Interesse zu sein scheinen, wesshalb ich diese Kernteilungsvorgänge etwas ausführlicher behandeln werde.

A. Über die Zahl der Chromosomen in den embryonalen Kernen.

Um die Chromosomenzahl der Embryonalkerne zu bestimmen, untersuchte ich außer der ersten Furchungsspindel, deren Beobachtung

sich so wie so an diejenige der Befruchtung anschloss, auch die frühen und späten Furchungsstadien, die Blastula und etwas ältere Embryonen.

Die erste Furchungsspindel enthält vier Chromosomen, die Anfangs lang schleifenförmig und später hufeisenförmig gestaltet sind (Fig. 173, 174 Taf. XXXIII). In den Tochtersternen sind ebenfalls je vier Chromosomen (von hufeisenförmiger Gestalt) enthalten (Fig. 175). Von der Entstehungsweise und Ausbildung dieser Spindel wird weiter unten noch die Rede sein.

Die Spindeln der früheren Furchungsstadien zeigen eine ganz ähnliche Gestaltung wie die erste Furchungsspindel und weisen ebenfalls vier schleifenförmige Chromosomen in der Äquatorialplatte auf. Fig. 19 (Taf. XXVIII) zeigt eine solche Spindel des Viererstadiums. In Fig. 20 ist eine Furchungsspindel desselben Stadiums dargestellt, bei welcher die Spaltung und Trennung der Schleifen der Äquatorialplatte schon vollzogen ist. Ein ähnliches Stadium zeigt Fig. 21 in der Polansicht. Die Tochtersterne sind bereits gebildet und jeder enthält vier ebenfalls noch lang schleifenförmige Chromosomen. Die Form der Schleifen ist in diesen jüngeren Stadien besonders bemerkenswerth, da sie in späteren Stadien bedeutend verkürzt erscheinen. An den Kernspindeln der folgenden Furchungsstadien sind weiter keine Besonderheiten zu bemerken, wesshalb ich zu denjenigen der Blastula bzw. eines auf die Blastula folgenden Stadiums übergehe, auf welchem die Furchungshöhle bereits verdrängt ist.

In den Kernspindeln der Blastula bzw. des genannten Folgestadiums derselben können ebenfalls vier Chromosomen vorhanden sein. Ich gehe näher auf die Schilderung dieser Bilder ein, weil sich bald herausstellen wird, dass in dem letztgenannten Stadium auch andere Verhältnisse eintreten können.

Die Figuren 22—26 stellen derartige Spindeln in etwas verschiedenen Zuständen dar. Die Spindel der Fig. 22 zeichnet sich durch besonders lange Schleifen aus. Die Theilung in die Tochterplatten ist hier erst vor Kurzem vollzogen worden, so dass die größere Länge der Schleifen damit zusammenhängen kann, denn im entgegengesetzten Fall, d. h. wenn die beiden Tochterplatten schon weit aus einander liegen, findet man die Schleifen immer sehr kurz. Übrigens differirt die Form der Schleifen in den Embryonalzellen einigermaßen, so dass bereits in der Äquatorialplatte etwas längere oder kürzere Schleifen vorhanden sein können. Nicht unmöglich wäre es allerdings, dass die verschiedene Form der Schleifen mit von der Konservirung abhänge, wahrscheinlich

ist dies jedoch nicht, da die differenten Schleifenformen direkt neben einander gefunden werden.

Recht lange Schleifen zeigt die in der Fig. 30 in der Polansicht dargestellte Spindel einer Zelle, welche aus einem jüngeren Blastulastadium stammt. Mit dem Aufsteigen in der Entwicklung verkürzen sich die Chromosomen und werden plumper. Die Schleifen der ersten Furchungsspindeln sind erheblich schlanker und länger als diejenigen späterer Entwicklungsstadien (Fig. 19—30).

In Fig. 23 sind die Schleifen ebenfalls noch ziemlich lang, obwohl die beiden Tochtersterne schon erheblich weiter von einander entfernt sind. Dagegen zeigen die Figuren 24—26 die allmähliche Verkürzung der Schleifen. Während sie in Fig. 24 von der Schleifenform der vorherbeschriebenen Spindeln (Fig. 22 und 23) noch nicht sehr verschieden sind, erscheinen sie in Fig. 25 schon mehr verkürzt. Die Schenkel beginnen mehr zu divergiren; das Hufeisen flacht sich ab (Fig. 26). Eine derartige Bildung zeigen gewöhnlich die Tochterplatten der bereits in Auflösung begriffenen Spindeln. Die Chromosomen gehen dann allmählich in das Fadenwerk des nunmehr wieder zur Ausbildung kommenden Ruhekerns über.

Um jeden Irrthum bei Feststellung der Schleifenanzahl zu vermeiden, suchte ich auch die Vorstadien der Spindel auf und stellte in diesen ebenfalls die Zahl vier fest. Fig. 27 zeigt einen Kern mit vier noch sehr langen Schleifen, die sich bis zum Eintritt in die Äquatorialplatte erheblich zu verkürzen haben. Die Zelle entstammt einem jüngeren Blastulastadium. Es könnte in Bezug auf dieses Bild die Vermuthung geäußert werden, dass die vier Schleifen noch verbunden und nur beim Schneiden getrennt worden seien, doch wandte ich nach dieser Richtung alle Vorsicht an und stellte natürlich stets fest, ob der vorhergehende oder nachfolgende Schnitt noch einen Theil der betreffenden Zellen enthielt. Dies war in dem vorliegenden Fall eben so wenig der Fall wie bei den beiden gleich noch zu erwähnenden Zellen.

Fig. 28 stammt von dem oben genannten, auf die Blastula folgenden Stadium. Die Schleifen sind schon mehr verkürzt und lassen bereits die Längsspaltung erkennen. Die Kernmembran ist geschwunden.

In Fig. 29, einer Zelle des nämlichen Stadiums, erscheinen die in die Äquatorialplatte eintretenden Schleifen erheblich verkürzt. Ich erwähnte bereits früher, dass bezüglich der Chromosomenform gewisse Differenzen vorkommen, welche ich eher als auf eine verschiedenartige Konservirung auf die bereits eingetretene Differenzirung der Zellen dieses Entwicklungsstadiums zurückführen möchte. Fig. 28 und 29 stammen aus demselben Gelege, wesshalb man wohl annehmen darf,

dass ihre Konservirung eine ziemlich gleichartige sein möchte. Dass eine Differenzirung der Zellen und Kerne auf dem betreffenden Stadium eingetreten ist, erkennt man schon aus der sehr verschiedenen Größe der letzteren. Fig. 34 stellt drei Zellen des in Rede stehenden Stadiums dar; die Kerne sind nicht etwa angeschnitten, sondern ihrem vollen Umfange nach in der Zelle enthalten und man erkennt ihre sehr verschiedene Größe. Alle drei Kerne befinden sich übrigens im ziemlich gleichen Zustand des Knäuels.

Es wurde schon wiederholt darauf hingedeutet, dass außer den besprochenen auch noch andere Zahlenverhältnisse der Chromosomen in den Embryonalzellen vorkommen. Bisher war nur von der Vierzahl die Rede, aber in den Zellen der Blastula und späterer Stadien treten außer Kernen mit ein auch solche mit acht Chromosomen auf. Als ich diese zuerst auffand, kannte ich bereits das ständige Auftreten der Chromosomenzahl vier in den Geweben. Die Vorgänge der Eireifung und die Bildung der ersten Furchungsspindel wiesen ebenfalls auf diese Normalzahl hin. Ich glaubte also zunächst irgendwie einem Irrthum unterworfen zu sein, doch ergaben die weiteren Untersuchungen, dass weder an der »Normalzahl« noch an dem Auftreten der acht Chromosomen in den Embryonalzellen zu zweifeln ist. Die folgende Darstellung wird dies ohne Weiteres lehren.

In denselben Gelegen, welche die Spindeln mit der Vierzahl der Chromosomen enthalten, finden sich andere Spindeln, die schon bei Betrachtung mit schwächeren Vergrößerungen einen von jenen Spindeln etwas abweichenden Charakter erkennen lassen. Dieser wird durch das Verhalten des Chromatins bedingt. Die Schleifen sind etwas kleiner und dafür in größerer Zahl vorhanden (Fig. 32 und 33). Die Zählung ist nicht ganz leicht auszuführen, weil die Schleifen so klein sind und dicht an und über einander liegen, doch ließ sich in verschiedenen Fällen mit Sicherheit die Zahl acht feststellen. In anderen Fällen, in welchen mehr als vier Chromosomen vorhanden waren, konnte ich nur sieben oder sechs Schleifen zählen, doch lag dann immer die Vermuthung nahe, dass eine oder mehrere Schleifen unter den anderen verborgen oder mit dem Schnitt abgetrennt worden waren. Fig. 32 zeigt eine dieser Spindeln, welche in der unteren Platte acht, in der oberen jedoch nur sieben Schleifen aufweist. In Fig. 33 sind links sieben, rechts nur sechs Schleifen zu sehen, doch wurden die betreffenden Spindeln abgebildet, weil sie im Übrigen die Schleifen gerade sehr klar erkennen ließen und weil im Falle Fig. 33 neben der Zelle mit der Spindel eine andere mit sehr deutlichen acht Chromosomen im Kern gelegen ist.

Die Kerne mit den in Ausbildung begriffenen Chromosomen eignen

sich zur Zählung der letzteren weit besser. Auffallenderweise haben die Chromosomen in einem der Spindel nicht viel vorausgehenden Stadium die Gestalt fast gestreckter oder nur leicht gebogener Stäbchen (Fig. 33—35). Im Vergleich zu den Schleifen der Spindel sind diese Stäbchen auffallend groß und kompakt; ehe sie in die ersteren übergehen muss also eine beträchtliche Kondensirung des Chromatins stattfinden. Die Zahl der Stäbchen ist acht, wie sich mit großer Leichtigkeit feststellen lässt. Sie sind längsgespalten (Fig. 33). An ihrem einen Ende zeigen sie eine Verdickung, von welcher ich zunächst glaubte, dass in ihr der Querschnitt eines an dieser Stelle durchschnittenen Fadenstückes zum Ausdruck käme. Das ist jedoch nicht der Fall, wie an vielen Kernen, die überhaupt nicht angeschnitten waren, festgestellt werden konnte. In Fig. 33 sieht man alle acht Stäbchen der Länge nach, welche Lage nur in den selteneren Fällen eintritt. Gewöhnlich erkennt man nur einige Stäbchen in ihrer ganzen Länge, während man anderen auf das schmalere Ende oder auf den Kopf sieht (Fig. 34 und 35). Die Größe der Stäbchen differirt ziemlich bedeutend, was sich daraus erklärt, dass die Kerne sehr verschieden an Größe sind, wie schon früher erwähnt wurde (Fig. 31).

Gebogene Stäbchen, die man oft in den Kernen in derselben Anzahl findet, möchte ich nicht als Übergänge zu der hufeisenförmigen Gestalt der Schleifen, sondern vielmehr als einen Rest der früheren Windung des Fadens auffassen. Dafür sprechen verschiedene Bilder, die man erhält. In Fig. 33—35, besonders in der ersteren, sind einige Stäbchen leicht gebogen. In Fig. 36 ist dies noch mehr und in Fig. 37 sogar in weit höherem Maße der Fall. Es sind hier außer fast gestreckten und wenig gebogenen auch stark gebogene, schleifenförmige Chromosomen vorhanden, die länger sind als jene. Während an den kürzeren stäbchenförmigen Chromosomen die Spaltung immer deutlich zu erkennen ist, lässt sie sich an den gebogenen vielfach noch nicht wahrnehmen (Fig. 36 und 37). Dieselben erscheinen vielmehr noch als Theilstücke eines Fadens, die von der definitiven Ausbildung der Chromosomen noch weiter entfernt sind. Dass es sich bei den gebogenen Chromosomen, welche im Kern liegen, nicht um Folgestadien der stäbchenförmigen Chromosomen, sondern um vorübergehende Stadien handelt, ergibt sich aus ihrer Übereinstimmung mit früher im Kern sich findenden Schleifen, welche direkt auf die Theilstücke des Kernfadens zurückgeführt werden können. Solche kürzere Schleifen sind in Fig. 38 vorhanden. Auch in diesen Stadien glaubte ich die Zahl acht bereits feststellen zu können, doch ist dies hier schon etwas schwieriger. Dagegen ergibt sich die Übereinstimmung dieser Schleifen mit den in

weiter ausgebildeten Kernen (Fig. 37) ohne Weiteres. Man erkennt übrigens aus diesen Bildern (Fig. 36 und 37), dass die Ausbildung der einzelnen Chromosomen verschieden weit fortgeschritten ist. Einige von ihnen sind bereits stäbchenförmig, bei anderen ist dies noch nicht der Fall und diese wieder können schon die Längsspaltung zeigen oder entbehren ihrer noch.

Von den zuletzt besprochenen schleifenförmigen Chromosomen wird man hinübergeführt zu demjenigen Stadium, in welchem die Schleifen noch bedeutend länger sind und wohl erst vor Kurzem durch Quertheilung eines Fadens entstanden. Auch noch in diesem Stadium glaube ich acht Schleifen zählen zu können, doch ist die Sicherheit eine weniger große, als in dem zuvor beschriebenen Stadium. Die Schleifen verwirren sich mit einander, so dass es schwer ist das Ende der einen und den Anfang der anderen Schleife festzustellen. In dem Fig. 39 abgebildeten Kern konnte ich jedenfalls acht Schleifen erkennen. Dieselben waren jedoch nicht bei ein- und derselben Einstellung des Tubus zu sehen, sondern wurden nach verschiedenen Einstellungen in das Bild eingezeichnet, wobei Irrthümer immerhin möglich sind. Der betreffende Kern war nicht angeschnitten. Weder auf dem vorhergehenden, noch folgenden Schnitt war etwas von ihm vorhanden und sowohl bei hoher wie tiefer Einstellung des Tubus ließ sich über bzw. unter dem Kern noch das netzförmig strukturirte Protoplasma konstatiren. Nach alledem schien es mir, als wenn bereits acht lang schleifenförmige Chromosomen vorhanden wären. Jedenfalls muss ein ganz ähnliches Stadium vom Kern durchlaufen werden.

Die Frage ob die vier bzw. acht Schleifen durch Quertheilung eines einzigen Fadens ihren Ursprung nehmen oder von vorn herein getrennt vorhanden sind, habe ich nicht eingehender verfolgt. Es schien mir, als ob diese Frage an dem vorliegenden Objekt kaum recht zu lösen sein würde. Doch möchte ich einer Beobachtung Erwähnung thun, welche für die erstere Auffassung spricht. Ich sah wiederholt in einem Stadium, in welchem man ungefähr die Quertheilung erwarten würde, dass zwei Schleifen wie scharf abgeschnitten, nur durch eine schmale Lücke getrennt, mit ihren Enden sehr nahe an einander lagen, wodurch der Eindruck hervorgerufen wurde, als könnten sie sich eben vor Kurzem von einander losgelöst haben. Fig. 40 lässt dieses Verhalten zweimal in ein- und demselben Kern erkennen. Es ist dies nur ein abgeschnittener Theil des Kernes. Die Hauptmasse der Schleifen liegt im folgenden Schnitt. Die untere Chromatinpartie zeigt die beiden Fadenstücke schon völlig getrennt; beide Enden sind sehr scharf begrenzt, während in der oberen Chromatinpartie die Lücke keine so scharfe ist und beide

Fadenstücke vielleicht eben erst im Begriff sind, die Trennung zu vollziehen. Mit Bestimmtheit möchte ich diese Auffassung nicht vertreten, aber immerhin sprechen die Bilder für dieselbe.

Eigenthümlich ist bei dem geschilderten Übergang des ruhenden Kernes zur Spindel die Umwandlung der zunächst schleifenförmigen Chromosomen in die Stäbchenform und deren nachherige Biegung zu wiederum schleifen- bzw. hufeisenförmigen Chromosomen. An Kunstprodukte, die durch mangelhafte Konservirung hervorgebracht wurden, ist hierbei kaum zu denken, da schleifen- und stäbchenförmige Chromosomen in ein- und demselben Ei gefunden werden. Man muss also auch diese Umwandlungen als bedingt durch den Theilungsmechanismus dieser Kerne ansehen. Wenn auch nicht in so direktem Übergang, so sieht man doch auch bei anderen Objekten in der direkten Folge der Theilungen schleifenförmige auf stäbchenförmige Chromosomen folgen oder umgekehrt. Ich werde weiter unten bei Gelegenheit der Behandlung der Reifungsvorgänge ausführlicher auf diesen Gegenstand einzugehen haben.

Die beschriebene Differenz in der Chromosomenzahl der Furchungskerne fordert eine Erklärung dieses abweichenden Verhaltens heraus, da man sonst mit Ausnahme der reifenden Geschlechtszellen die gleiche Chromosomenzahl in den Kernen der verschiedenen Gewebe einer und derselben Thierart findet. Wohl kann auch eine Zahlendifferenz durch Reduktion der Normalzahl verschiedentlich gegeben sein und zwar scheint es sich dabei zumeist um eine Reduktion auf die Hälfte oder eine gewisse Theilzahl der Chromosomen zu handeln, die jedoch dadurch zu erklären ist, dass die vorhandenen Chromatinpartien mehrwerthig sind und die fehlenden Chromosomen in sich enthalten, wie dies in neuerer Zeit besonders O. VOM RATH und HÄCKER eingehender dargestellt haben.

Im vorliegenden Falle handelt es sich um ein Thier, dessen »Normalzahl« der Chromosomen vier beträgt. Darüber können die vorher mitgetheilten Untersuchungen an verschiedenen Geweben des Körpers, sowie auch an den Geschlechts- und Furchungszellen keinen Zweifel aufkommen lassen. In den Embryonalzellen tritt nun eben so zweifellos die Zahl acht auf. Man möchte dabei zunächst daran denken, dass die Mitosen nicht normal verlaufen. Für diese Annahme finde ich jedoch in der Beschaffenheit der betreffenden karyokinetischen Figuren gar keinen Grund; sie erscheinen durchaus eben so normal wie die Spindeln mit vier Schleifen und an den Zellen sowohl, wie an den ganzen Embryonalstadien, welche diese Spindeln mit acht Schleifen enthalten, ist nichts Abnormes zu bemerken.

Bei der Vermehrung der Chromosomenzahl könnte man weiterhin an einen Zerfall der vorhandenen Chromatinelemente in eine größere Anzahl denken, etwa so, wie sie von WASIELEWSKI für *Ascaris megalcephala* beschrieben wurde. Die Zerfallsprodukte würden im vorliegenden allerdings eine weit regelmäßigere Gestalt als in jenem Falle haben, in welchem sie sich als Chromatinelemente von kubischer Gestalt zeigen. Hier sind sie schleifenförmig, also von derselben Gestalt wie die ursprünglichen vier Schleifen; sie nehmen allerdings diese Schleifenform erst sekundär an. Der Vorgang verläuft bei *Ophryotrocha* jedenfalls in weit regelmäßigerer Weise und erweist sich mehr gefestigt. Auf einem frühen Stadium erscheinen ganz wie bei einer völlig normalen Kerntheilung acht längsgespaltene Chromatinelemente, welche sich später zur Bildung der Äquatorialplatte vereinigen, um durch ihre Theilung die aus je acht Schleifen bestehenden Tochterplatten zu liefern.

In Folge des Vorhandenseins der acht gespaltenen Chromosomen in den Vorstadien der Spindelbildung muss man die sonst nahe liegende Vermuthung verwerfen, dass die acht Schleifen bereits einen Übergang zur nächstfolgenden Theilung darstellten und durch einfache Längsspaltung aus den vier Schleifen hervorgegangen seien. Es spricht vielmehr Alles dafür, dass die acht Chromosomen der Embryonkerne durch Quertheilung des Kernfadens ihren Ursprung nehmen.

Gerade das Auftreten von acht Chromosomen bereits in den Vorstadien der Reifung scheint mir für das Normale des Vorgangs zu sprechen. Die abweichende Form derselben deutet möglicherweise darauf hin, dass diesen Zellen mit acht Chromatinelementen eine andere Bedeutung als denen mit nur vier zukommt. Es fragt sich nunmehr, wie jene Zellen sich zu diesen verhalten.

Mein Bestreben ging zunächst dahin, festzustellen, ob die Zellen mit vier und acht Chromosomen sich in ein und demselben Embryo finden. Obwohl ich den Eindruck gewann, dass dies der Fall sei, konnte ich mich doch nicht mit Sicherheit davon überzeugen. Die Kerntheilungsfiguren waren in den betreffenden Stadien nicht allzu reichlich vertreten; außerdem gestattet ihre Lage und Ausbildung vielfach nicht die sichere Feststellung der Chromosomenzahl; jedenfalls vermochte ich niemals zweifellos das Vorkommen von Spindeln mit vier und acht Chromosomen neben einander in einem Embryo zu konstatiren. Die Frage, ob die achtzähligen Spindeln bestimmten Zellen, bzw. bestimmten Organen zukommen oder ob sie sich nur bei einzelnen Individuen finden, während andere vierzählige Spindeln besitzen, ließ sich somit nicht entscheiden, doch ist das Letztere sehr unwahrscheinlich. Mit Ausnahme der Embryonalzellen fand ich die Vierzahl so konstant,

dass sie als Normalzahl angesehen werden darf. Jedenfalls kann darüber kein Zweifel sein, dass die beiderlei Spindeln von ein und demselben Mutterthier herkommen, denn sie finden sich dicht neben einander in Eiern desselben Geleges. Ich erwähnte schon früher, dass die Eier bei der Ablage von einer gemeinsamen Hülle umgeben werden und niemals habe ich bemerkt, dass zwei Weibchen dicht an einander die Eier ablegten, so dass die Eier beider Thiere von einer gemeinsamen Hülle umgeben wurden. Die Mutter sitzt bei und nach der Ablage fest auf ihren Eiern, über welche sie sofort das die Hülle bildende Drüsensekret entlässt. Das Vorkommen von Eiern verschiedener Mutterthiere in ein und demselben Gelege ist nach dem ganzen Modus der Eiablage sehr unwahrscheinlich. Selbst für ein späteres Ablegen der Eier auf ein schon vorhandenes Gelege gilt dies, weil das Weibchen lange Zeit auf den Eiern verbleibt, um sie zu schützen. Auch würden später hinzugelegte Eier durch die trennende Hülle sowohl, wie auch dadurch, dass sie sich auf einem späteren Stadium befinden, leicht von den früher abgelegten Eiern zu unterscheiden sein. Ich erwähne dies Alles, um entsprechenden Einwürfen von vorn herein zu begegnen. Die vier- und achtzähligen Spindeln müssen somit von Eizellen herkommen, welche eine der beiden Chromosomenzahlen besaßen, wobei ich von dem unwahrscheinlichen und nie beobachteten Fall absehe, dass ein Mutterthier Eier mit verschiedener Chromosomenzahl hervorbringt. Da ich Eier mit acht Chromosomen niemals aufgefunden habe und da auch in den darauf hin untersuchten sonstigen Zellen stets vier Chromosomen vorhanden waren, so nehme ich an, dass die Kerne mit acht Chromosomen auf solche mit vier Chromosomen zurückzuführen sind. Wo und in welcher Weise der Übergang stattfindet, vermag ich nicht zu sagen, doch muss er ungefähr im Stadium der Blastula erfolgen, da ich in den eigentlichen Furchungszellen immer nur vier Schleifen fand. Man muss wohl annehmen, dass bei der Vorbereitung zur Kernteilung eine Zerlegung des Kernfadens anstatt in vier in acht Stücke erfolgt und dass dadurch die Zahl der Chromosomen sich verdoppelt. Ob diesem Verhalten eine bestimmte Bedeutung zukommt, ob es in der weiteren Entwicklung erhalten bleibt oder aber doch nur ein vorübergehendes ist, so dass die Achtzahl der Chromosomen später wieder schwindet, darüber vermag ich leider keine Auskunft zu geben. Jedenfalls fand ich weder in den Eiern, die als Hauptgegenstand der vorliegenden Arbeit eine besonders genaue Untersuchung erfuhren, noch in den Samenzellen oder in den Zellen des sonstigen Körpers acht Chromosomen auf. Allerdings möchte ich dem hinzufügen, dass bei einer speciell auf diesen Punkt gerichteten Unter-

suchung noch eine weit größere Anzahl von Würmern in allen ihren Organen auf das Vorkommen der achtzähligen Spindeln hätten durchsucht werden müssen. Wie man sich aus dem Vorhergehenden erinnern wird, nahm ich diese Untersuchung nur zur Feststellung der Normalzahl der Chromosomen vor; sie wurde übrigens noch fortgesetzt, als ich das Auftreten von acht Chromosomen in den embryonalen Kernen bereits kannte und ergab, wie schon erwähnt, nur die Zahl vier. Übrigens war auch die Anzahl der Gelege mit Embryonen im Stadium der Blastula, welche auf das Vorkommen der acht- und vierzähligen Spindeln untersucht werden konnten, eine nur geringe, da ich ein möglichst vollständiges Material für die Eireifung und Befruchtung zusammenzubringen trachtete. Die Untersuchung auch nach der hier angedeuteten Richtung weiter zu führen, was jedenfalls interessante Ergebnisse versprochen hätte, fehlte mir leider die genügende Menge lebender Würmer. Ich betrachte meine Untersuchungen nach dieser Richtung nicht als abgeschlossen und werde sie wieder aufnehmen, sobald ich mir wieder eine Zucht von *Ophryotrocha* beschaffen kann, um womöglich die Bedeutung der beschriebenen Spindeln mit acht Chromosomen genau festzustellen. Selbst wenn die Vermehrung der Chromosomenzahl nur auf gewisse Unregelmäßigkeiten bei der Theilung der Embryonalkerne zurückzuführen wäre, so wie sie HÄCKER und VOM RATH für die Kerne verschiedener embryonaler Gewebe, wenn auch in anderem Sinne feststellten, so würde sie doch von Interesse sein. Vorläufig theile ich einfach die Thatsache des Auftretens von Mitosen mit differenter Chromosomenzahl, wobei es sich nicht um eine Reduktion, sondern eine Verdoppelung der Normalzahl handelt, mit, ohne weitere Erörterung über die Bedeutung dieser Erscheinung daran zu knüpfen.

B. Über das Verhalten des Kernkörpers in den Vorstadien der Theilung embryonaler Kerne.

Sperma- und Eikern besitzen zu der Zeit, in der sie sich einander nähern, einen sehr großen und auffallend gebauten Kernkörper (Fig. 157—159, Taf. XXXII). Ein eben solcher Kernkörper von gleicher Struktur und außerordentlicher Größe ist auch in den Kernen der Furchungszellen vorhanden (Fig. 49—52, Taf. XXIX). Da ich das Schicksal des ersteren feststellen wollte, so lag es nahe, auch das Verhalten des letzteren bei der Umwandlung der Furchungskerne in die Spindel zu studiren. Beiderlei Kernkörper verhalten sich dabei sehr ähnlich. Hier soll zunächst nur die Umbildung des letzteren verfolgt werden.

Wenn die Tochterplatten der embryonalen Kernspindeln weit aus einander gerückt sind, so verliert sich allmählich die Hufeisenform der Chromosomen durch Strecken der beiden Schenkel (Fig. 25 und 26, Taf. XXVIII). So platten sich die Schleifen bald ab. Man sieht sie zunächst noch angedeutet, wenn der Dyaster in das Stadium des Dispirems überzugehen beginnt. Es bildet sich zunächst ein dichter Knäuel (Fig. 41). Die noch vorhandenen Polstrahlungen zeigen an, dass dieses Stadium von demjenigen der Tochterplatten wenig entfernt ist. In dem linken Knäuel der Fig. 41 glaubt man die Schleifen noch zu sehen, während sie auf der rechten Seite bereits im Knäuel untergegangen sind. Im Stadium der Fig. 42 hat sich der Knäuel aufgelockert. Man sieht Fäden schlingenartig durch einander ziehen. Die Verbindungsfasern sind zwischen den beiden Tochterknäueln noch schwach angedeutet. Die Knäuel sind von einem hellen Hof umgeben. Von den Strahlungen selbst konnte ich in diesem Falle nichts bemerken. Die Kerne sind noch ohne Umgrenzung, die jedoch in einem etwas späteren Stadium hervortritt.

Fig. 43 zeigt die beiden Tochterkerne in einem weiteren Stadium der Theilung. Die Verbindungsfasern sind auch hier noch zu erkennen, obwohl die Zelle schon stark eingeschnürt ist. An dem links gelegenen Kern ist die Polstrahlung noch vorhanden. Die Kerne selbst erscheinen bereits scharf begrenzt. Die Vertheilung ihres Chromatins ist zwar noch mehr diejenige eines Knäuels, beginnt sich aber doch schon hier und da weiter zu lockern, um in die spätere netzförmige Anordnung überzugehen. Während in diesem Fall der rechts gelegene Kern dem Knäuelstadium noch näher steht, ist beim linken der Übergang zum ruhenden Kern schon weiter gediehen. Man bemerkt übrigens vielfach, dass die Umwandlung beider Kerne nicht völlig gleichen Schritt hält.

Fig. 44 schließt sich unmittelbar an die vorhergehende Figur an. Die Auflockerung der Knäulfäden hat weitere Fortschritte gemacht, doch lassen sie sich immerhin noch an einzelnen Stellen erkennen, während an anderen Punkten das Gerüstwerk deutlicher geworden ist. Diese beiden Kerne liegen bereits in zwei getrennten Zellen, deren Zusammengehörigkeit jedoch leicht zu erkennen ist. Man kann die beiden schon als ruhende Kerne bezeichnen eben sowohl wie denjenigen der Fig. 45. Dieser letztere zeigt übrigens in seinem Gerüstwerk immer noch größere Ansammlungen von jetzt körnig gewordenen Chromatinmassen, die erst auf seine kürzlich erfolgte Entstehung hinweisen.

Ein Kernkörper war bisher noch nicht vorhanden, doch kommt er nunmehr zur Ausbildung. Zwischen dem Gerüstwerk bemerkt man eine Anhäufung von Chromatin, die sich zu einer Kugel abrundet. In

ihr taucht bald eine polygonale Felderung als Ausdruck einer schon ganz früh beginnenden wabigen Struktur des Kernkörpers auf. Man hat jetzt einen Kern von runder oder ovaler Form mit einem nicht sehr umfangreichen Kernkörper vor sich, dessen Gerüstwerk aus feineren und größeren Fäden besteht (Fig. 46). Diese Fäden setzen sich aus feinen Körnchen zusammen. Sie durchziehen den Kern in verschiedener Richtung, hauptsächlich jedoch verlaufen sie von dem ungefähr central gelegenen Kernkörper nach dem Kernrand, woselbst sie sich vielfach verbreitern, so dass die Peripherie des Kernes dadurch besonders chromatinreich erscheint.

Der Kernkörper vergrößert sich sehr rasch, denn zumal bei den Furchungszellen ist zwischen den Theilungen keine lange Pause und doch erscheint er auch bei ihnen in einer ansehnlichen Größe. Sein Wachstum nimmt noch zu, wenn sich der Kern schon wieder zur Theilung vorbereitet. Die Chromatinzüge verstärken sich wieder, wobei sie aber immer noch die Zusammensetzung aus Körnchen deutlich erkennen lassen. Diese erscheinen nur jetzt weit größer. In Fig. 47 ist zwar noch das Gerüstwerk vorhanden, aber man bemerkt bereits den Übergang zur Bildung des Kernfadens. Der Kernkörper ist umfangreicher geworden und zeigt sehr deutlich das Maschenwerk. Letzteres ist eben so in dem Kern der Fig. 48 der Fall. Der Kernfaden tritt hier schon weit klarer hervor, weist aber noch immer die Zusammensetzung aus Körnchen auf.

Die Figuren 44—46 stammen von einem etwas späteren, auf die Blastula folgenden, Fig. 47 und 48 von einem jüngeren Blastulastadium, während die Figuren 49—64 sich auf Eier beziehen, welche im Übergang von dem Vierer- zum Achterstadium begriffen waren. Die genannten Figuren sind bei derselben Vergrößerung entworfen, so dass der in den einzelnen Kernzuständen recht verschiedene Umfang des Kernkörpers aus ihnen deutlich hervorgeht.

Die Beschaffenheit des Kernkörpers in Fig. 49 schließt sich am nächsten an den Kern der Fig. 48 an. Seine Form ist noch kugelig, während sie in späteren Stadien oval erscheint. Man unterscheidet schon in diesem wie in späteren Zuständen ein dichteres, sich stark färbendes Maschenwerk von dem hellen Inhalt dieser Maschen. Der Kernfaden ist weiter ausgebildet und zeigt eine glattere Berandung als früher (Fig. 48), lässt jedoch noch immer hier und da deutlich die Zusammensetzung aus Körnern erkennen. Die Form des Kernes pflegt selten kugelrund, sondern zumeist oval zu sein, wie man aus den Figuren 49—64 entnimmt.

Fig. 50 A zeigt den Kernkörper in seiner definitiven Gestalt. Er

erscheint jetzt sehr regelmäßig gebildet, die Maschen scharf begrenzt. In diesem Stadium färbt er sich ganz besonders stark, was nicht nur von den dunklen Strängen in seinem Inneren herkommt, denn auch der Inhalt der Maschen nimmt jetzt eine dunklere Färbung an. Der Kernfaden besitzt nunmehr eine glatte Oberfläche und ist somit in seiner Ausbildung weiter fortgeschritten.

Mit dem zuletzt geschilderten Zustand des Kernkörpers war der Höhepunkt in seiner Ausbildung erreicht. Von jetzt ab beginnt sein allmählicher Verfall, wobei er übrigens zunächst an Umfang nicht ab-, sondern zunimmt.

Die Färbbarkeit des Kernkörpers vermindert sich, was zum größeren Theil wohl auf das Dünnerwerden der Maschen zurückzuführen ist. Fig. 51 stellt einen solchen Kernkörper dar, bei dem die Maschen größer und ihre Wände dünner erscheinen, wobei die Färbbarkeit wesentlich abgenommen hat.

Während die Struktur trotz der verschiedenen Größe der Maschen bisher recht regelmäßig erschien, verliert sich die Regelmäßigkeit später in Folge der verschiedenen Färbbarkeit der Maschen oder des Schwindens einzelner Maschenwände. In Fig. 52 ist der Kernkörper noch ziemlich regelmäßig strukturiert, doch ist die Zahl der Maschen auffallend gering. Es scheint, als ob einige von ihnen durch Auflösung der Wände in einander geflossen seien, wenigstens weist ein Vergleich mit den sogleich zu erwähnenden Bildern darauf hin. Die centralen Maschen sind dunkler, die peripheren heller gefärbt, wodurch das Aussehen des ganzen Kernkörpers ebenfalls unregelmäßiger wird. Dieser Eindruck verstärkt sich noch durch das Auftreten von Körnchen an den Stellen, wo allem Anschein nach eine Scheidewand geschwunden oder zu schwinden im Begriff ist (Fig. 52).

Die in Fig. 52 begonnene Rückbildung der regelmäßigen Struktur des Kernkörpers erscheint in Fig. 53 weiter fortgesetzt. Hier ist nur inmitten des Kernkörpers sein Maschenwerk noch in einigermaßen regelmäßiger Form erhalten. An der Peripherie sieht man es zwar allenthalben noch angedeutet, aber es ist schon stark im Schwinden begriffen und die Zahl der Maschen ist bereits bedeutend vermindert. Einzelne Körnchen und Anhäufungen von solchen treten an den Scheidewänden und in den Zwischenräumen auf. Das Kernplasma erscheint stärker gefärbt. Ein wohlausgebildeter Kernfaden ist in ihm enthalten ganz eben so wie in dem vorher besprochenen Kern.

Fig. 54 zeigt ein noch weiter zurückgebildetes Maschenwerk des Kernkörpers. Dasselbe ist nur noch in der Mitte einigermaßen deutlich erhalten, gegen die Peripherie jedoch undeutlich und an einigen Stellen

ganz geschwunden. Einzelne oder reihenweise an einander gelagerte Körnchen sind dafür auch hier vorhanden. Die Färbbarkeit hat wie in den vorher erwähnten Fällen sehr stark abgenommen und dies tritt um so mehr hervor, als mit der Abnahme der Färbbarkeit des Nucleolus diejenige des Kernplasmas steigt. In dem letzteren ist der Kernfaden nicht mehr zu erkennen. Der Kern gewinnt durch dieses Verhalten ein völlig anderes Aussehen. Während vorher das Kernplasma hell und der Nucleolus dunkel gefärbt erschien (Fig. 49 und 50 A), hebt sich jetzt umgekehrt der helle Kernkörper von dem dunklen Kernplasma ab. Das gleiche Verhalten zeigen die folgenden Kerne.

Die Auflösung des Kernkörpers vollzieht sich nicht in völlig übereinstimmender Weise. Zuweilen sieht man das Maschenwerk in einem großen Theil des Nucleolus noch angedeutet, aber seine Wände erscheinen nicht mehr homogen wie früher, sondern sind alle aus reihenweise angeordneten Körnchen gebildet (Fig. 55). An manchen Stellen sind die Scheidewände ganz geschwunden. In Fig. 55 zeigen die Scheidewände noch etwa die Anordnung wie im ursprünglichen Nucleolus, in anderen Fällen erinnern sie wohl noch daran, doch sind die Körnchenzüge schon recht unregelmäßig angeordnet (Fig. 56). Die Färbung des Nucleolus ist hell, diejenige des Kernplasmas dunkel, so wie dies früher angegeben wurde. Wenn man den wahren Sachverhalt nicht konnte, so würde man einen derartig strukturirten Kernkörper eher für den Kern selbst halten, der von einer Zone dunkel gefärbten Protoplasmas umgeben ist. In allen den besprochenen Fällen ist der Nucleolus scharf umgrenzt und streng von dem Kernplasma geschieden.

Bisher zeigte die allerdings vielfach veränderte Struktur des Kernkörpers immerhin noch Anknüpfung an dessen ursprünglichen maschigen Bau, indem auch die Körnchen größtentheils dem entsprechend angeordnet waren. Weiterhin verlieren sie jedoch diese Anordnung und liegen jetzt regellos im Kernkörper vertheilt (Fig. 50 A, Fig. 57). Diese Vertheilung ist eine sehr verschiedene. Sie können sich ziemlich gleichmäßig im ganzen Kernkörper oder gruppenweise angeordnet finden, wobei dann einzelne Partien des Nucleolus gänzlich leer bleiben. Dieser erscheint jetzt durch seine helle Färbung gegenüber dem dunklen Protoplasma fast wie eine Vacuole, in der einzelne Körner enthalten sind. Vom Kernfaden ist in dem zuletzt besprochenen Zustand des Kernes gar nichts mehr zu bemerken (Fig. 50 A, 54—56). Der Umfang des Kernkörpers wird in dem körnigen Zustand ganz besonders groß (Fig. 55—58, 50 A) und vielfach nimmt er den bei Weitem größeren Theil des Kernes ein, dessen Plasma bei manchen Kernen nur noch wie ein ziemlich schmaler Saum in der Umgebung des Nucleolus erscheint.

Die Vertheilung der Kerne mit den geschilderten Strukturen auf die Embryonalzellen ist so, dass z. B. in dem Viererstadium der Furchung alle Kerne einen wohlausgebildeten Kernkörper mit Wabenstruktur und gleichzeitig bei schwach gefärbtem Protoplasma den Kernfaden aufweisen können, während in anderen Fällen neben derartigen Kernen solche vorhanden sind, deren Protoplasma dunkel gefärbt, deren Kernfaden nicht zu erkennen und deren Kernkörper in Auflösung begriffen ist. Fig. 50 *AB* z. B. zeigt das letztere Verhalten. Zwei Furchungszellen des Viererstadiums lassen neben einander einen Kern mit wabig gebautem Kernkörper und Kernfaden und einen solchen mit hellem, körnigem Kernkörper und dunklem Protoplasma erkennen. Fig. 50 *A* und *B* stellen die beiden Kerne bei stärkerer Vergrößerung dar.

Um nicht die Vermuthung aufkommen zu lassen, dass die so differente Beschaffenheit des Kernkörpers zum Theil nur eine Folge der verschiedenartigen Einwirkung der Konservierungsmittel sei, sind die Figuren 49—61 von ein- und demselben Gelege genommen, welches im Ganzen konservirt und weiter behandelt wurde. Man hat es offenbar mit verschiedenen Zuständen des Kernkörpers zu thun, welche zum großen Theil mit der Vorbereitung des Kernes zur Theilung zusammenhängen. Ich erwähnte bereits, dass die gleiche Umbildung des Kernkörpers beim Übergang des männlichen und weiblichen Kernes in die Furchungsspindel stattfindet. In diesem Falle ist die Reihenfolge der Vorgänge ohne Weiteres gegeben. Man sieht dort bei dem aus dem Kopf des Samenfadens sich herausbildenden Spermakern im Gerüstwerk den Nucleolus auftauchen. Derselbe erhält bald denselben maschigen Bau, welchen er bei den Embryonalzellen zeigt. Auch der Eikern besitzt ihn im gleichen Maße (Fig. 455—459, Taf. XXXII). Der maschige Bau verliert sich, wenn sich beide Kerne einander nähern und unterliegt dann einer körnigen Auflösung (Fig. 460—466 Taf. XXXII und XXXIII). Die Reihenfolge der Vorgänge ist also dieselbe wie bei den Kernen der Embryonalzellen. Hier liegt sie freilich nicht so ohne Weiteres auf der Hand. Das Vorhandensein des Kernfadens in früheren Stadien (Fig. 49—53), dessen Schwinden bei Auflösung des Kernkörpers (Fig. 54 bis 56, 50 *A*), sowie sein sogleich zu erwähnendes Wiederauftauchen in späteren Stadien (Fig. 57—61), kann in dieser Beziehung leicht irre machen. Aus diesem Grunde verfolgte ich den Aufbau des Kernes aus dem Tochterstern nach der Theilung und seine Ausbildung bis zu dem vollständig fertigen mit dem wabigen Nucleolus versehenen Kern (Fig. 44—48).

Obwohl der Kernfaden in den genannten Stufen der Kernentwicklung mit so wechselnder Deutlichkeit ausgeprägt ist, lässt sich nicht

daran zweifeln, dass die gegebene Reihenfolge die richtige ist. Dies muss besonders hervorgehoben werden, da die Kerne mit dunklem Kernplasma zunächst den Eindruck hervorrufen, als ob man es in ihnen mit Kernen zu thun habe, welche die Theilung erst kürzlich vollzogen und deren Nucleolus in der Neubildung begriffen ist. Die Reihenfolge der auf die Umwandlung des Kernkörpers bezüglichen Bilder würde dann gerade eine umgekehrte als die hier gegebene sein. Ich war zunächst zweifelhaft, ob sich dies nicht thatsächlich so verhielte, kam aber durch die genauere Untersuchung bald zu der Überzeugung, dass der Vorgang so wie oben dargestellt verläuft. Dafür spricht nicht nur die Art und Weise des Auftretens des Kernkörpers beim Wiederaufbau des getheilten Kernes, sondern auch schließlich das Verhalten des Kernfadens selbst, welcher neben dem körnigen Nucleolus nicht als Gerüstwerk, sondern eben sofort als Kernfaden auftaucht (Fig. 57—59) und am Ende das schon vorerwähnte völlig entsprechende Verhalten der durchaus gleichzeitig gebauten Nucleolen des Ei- und Spermakerns.

Die vorstehende Auseinandersetzung schien mir nöthig zu sein, weil die noch zu besprechenden Vorgänge etwas eigenartiger Natur sind. Es wurde bereits angegeben, dass mit der Auflösung der Maschenstruktur des Kernkörpers und der zugleich abnehmenden Färbbarkeit desselben, eine ganz bedeutende Zunahme im Färbungsvermögen des Kernplasmas verbunden ist. Der vorher sehr gut ausgeprägte Kernfaden wird dadurch undeutlich. Zunächst meint man noch hier und da etwas von ihm zu erkennen, bei manchen Kernen ist er jedoch ganz unsichtbar (Fig. 54—56). Später nimmt die Färbbarkeit des Kernplasmas ab und dadurch tritt der Kernfaden wieder hervor (Fig. 58 und 59). Der ganze Vorgang erweckt den Eindruck, als ob die im Nucleolus angehäuften färbbare Substanz bei dessen Zerstörung im Kernsaft gelöst wird, welcher seinerseits dadurch an Färbbarkeit gewinnt und den Kernfaden verdeckt. Dass der Kernfaden selbst schwindet, möchte ich nicht annehmen, denn auch in sehr stark gefärbten Kernen erkennt man ihn zuweilen streckenweise (Fig. 57). Immerhin halte ich es für möglich und sogar für wahrscheinlich, dass zu dieser Zeit ein Austausch zwischen dem Kernsaft und der geformten Substanz des Kernes stattfindet, bei welchem vielleicht ein Theil des vorher im Kernkörper niedergelegten Chromatins dem Kernfaden beigelegt wird.

Die Bildung eines Kernfadens, dessen Verschwinden und Wiederauftauchen erinnern an die Verhältnisse, wie sie sich im Keimbläschen des Amphibieneies finden und von BORN, O. SCHULTZE u. A. eingehend beschrieben wurden. Auch hier bildet sich ein Kernfaden aus, der in etwas späteren Stadien wieder schwindet. Letzteres geschieht dadurch,

dass der Anfangs grobfädige Knäuel zarter wird; die Fäden erscheinen immer feiner und werden schließlich ganz undeutlich (BORN). Im Karyoplasma auftretende dunkle körnige Züge (Wolkenbildungen) tragen mit dazu bei, die Kernfäden zu verdecken. In den folgenden Stadien ist von dem chromatischen Knäuel nichts mehr wahrzunehmen. Das Innere des Kernes ist von einer feinkörnigen Substanz erfüllt, deren Körner sich nur ganz schwach färben. Die Nucleolen, die in großer Anzahl vorhanden sind, bleiben übrigens während dieses Vorgangs erhalten. Späterhin tritt das Fadenwerk allmählich wieder im Kern hervor. Über die Rolle, welche möglicherweise die Nucleolen hierbei zu spielen haben, stimmen die neueren Beobachter dieser Vorgänge (RÜCKERT, FICK außer den genannten) nicht recht überein, doch scheint eine Auflösung der Nucleolen mit dem Verschwinden der Kernfäden jedenfalls nicht Hand in Hand zu gehen.

Ein Verschwinden des bereits ausgebildeten Kernfadens wird auch von ISHIKAWA für das Keimbläschen von *Diaptomus* angegeben, doch ist aus seiner Darstellung nichts über das Verhalten des Nucleolus bei diesem Vorgang zu ersehen. Später treten die chromatischen Elemente von Neuem wieder auf.

VON FLEMMING wurde nachgewiesen, dass das Schwinden der Nucleolen im Kern einen bestimmten Einfluss auf das Chromatin ausübt. Bei der Färbung mit Safranin-Hämatoxylin und anderen geeigneten Farbkombinationen mit Safranin werden die chromatischen Figuren roth, die ruhenden Kerne jedoch blau und in ihnen nur die Nucleolen roth gefärbt. FLEMMING beobachtete nun, dass dem entsprechend diejenigen Stadien, in denen Nucleolen noch vorhanden oder schon wieder gebildet sind, d. h. also die Anfangsformen des Spirems und die Endformen des Dispirems die Safraninfärbung gar nicht oder nur schwach annehmen; sie erscheinen also blau wie das Gerüstwerk des ruhenden Kernes. In den Stadien hingegen, wenn die Nucleolen gelöst sind, d. h. vom lockeren Spirem bis zur Mitte des Dispirems, zeigen die Figuren den reinen Safraninton; sie sind roth gefärbt wie die Nucleolen selbst es waren. Ganz entsprechende Beobachtungen machte auch HERMANN und WENT, Letzterer bei der Theilung pflanzlicher Zellen, wie ich aus HERTWIG'S »Zelle und Gewebe« entnehme. Der letztgenannte Autor erklärt die beim Vorhandensein, Schwinden und Wiederauftreten der Nucleolen verschiedenartige Färbung der Kernfäden direkt dadurch, dass sie während der Theilung Nucleolarsubstanz in sich aufnehmen, um sie nach der Theilung zur Neubildung der Nucleolen wieder abzugeben. Ähnliches fand auch REINKE bei der Zelltheilung in der Milz junger Mäuse (1891 und 1894 p. 411), indem auch bei ihnen mit der

Auflösung des Nucleolus eine entsprechende Änderung in der Färbung der chromatischen Substanz verbunden ist.

Mit einer gewissen Reserve können an dieser Stelle wohl auch die mehrfachen Nucleolen in den Keimbläschen der Wirbelthiere angeführt werden, von denen verschiedene Autoren so z. B. O. SCHULTZE, RÜCKERT, HOLL annehmen, dass sie in gewissen Wechselbeziehungen zu den chromatischen Figuren des Kernes stehen. Besonders die beiden letztgenannten Forscher lassen die Substanz der Nucleolen beim Aufbau der Kernschleifen Verwendung finden, wobei ich allerdings den Befunden RÜCKERT's ein größeres Gewicht als den wohl zu weitgehenden Angaben HOLL's beilegen möchte, zumal die Frage von einem anderen Bearbeiter dieses Gegenstandes, FICK, wegen der gleichzeitigen Massenzunahme und Massenreduktion der Nucleolen und der eigentlichen chromatischen Substanz eine absprechende Beurtheilung erfahren hat. Fraglich könnte es auch erscheinen, ob man die mehrfachen Nucleolen der Wirbelthiereier mit den hier besprochenen Gebilden überhaupt vergleichen darf.

Mit den angeführten Beobachtungen über die Beziehungen der Nucleolen zur chromatischen Substanz scheinen mir die meinigen sehr wohl vereinbar zu sein, allerdings hätte es auch hier der Anwendung geeigneter Doppelfärbungen bedurft, die ich leider, als ich die geschilderten Erscheinungen kennen gelernt hatte, aus Mangel an Material nicht mehr anwenden konnte. *Ophryotrocha* würde wahrscheinlich wegen des ungemein großen Kernkörpers nach dieser Richtung ein günstiges Objekt sein, und ich hoffe nach Erlangung neuen Materials das Versäumte bei Gelegenheit nachholen zu können.

Die Bedeutung des Kernkörpers wird sehr verschieden aufgefasst. Während manche Autoren es für wahrscheinlich halten, dass seine Substanz mit zum Aufbau der chromatischen Figur verwendet wird, stellen andere dies durchaus in Abrede und möchten in den Nucleolen gewissermaßen nur Nebenprodukte sehen, die bei der Thätigkeit des Kernes zur Ablagerung kommen. Dieser letzteren Auffassung ist in der neuesten Zeit besonders entschieden von HÄCKER Ausdruck gegeben worden. Nach seiner Meinung stellen die Nucleolen nicht einen Nähr- oder Reservestoff, sondern vielmehr ein während der vegetativen Thätigkeit der Zelle zur Abscheidung gelangtes Abspaltungsprodukt dar, welches bei Beginn der Mitose aus dem Kernraum entfernt wird. HÄCKER's Ausführungen sind zwar allgemeiner gefasst, doch beziehen sich seine Beobachtungen hauptsächlich auf die Nucleolen der Keimbläschen. Für diese werde ich selbst weiter unten zu beschreiben haben, dass sie zunächst während der Ausbildung des Kernfadens erhalten bleiben können und gewöhnlich erst in späteren Ausbildungszuständen des Kernes

schwinden als diejenigen in den Kernen der Embryonalzellen. Auf die Keimbläschen beziehen sich auch RUMBLER's Ausführungen über die Natur der Nucleolen, so weit sie die Kerne der Metazoen betreffen, doch gelangt er zu einem anderen Ergebnis. Ihm ist eine Wechselbeziehung zwischen den Nucleolen und dem Chromatin wahrscheinlich, derart, dass die ersteren gelöst und in anderer Form den sich bildenden chromatischen Figuren hinzugefügt werden. Diese Auffassung harmonirt mit den oben erwähnten Ansichten über die Natur der Kernkörper und ich selbst sprach mich bei früheren Gelegenheiten auf Grund eigener Beobachtungen dahin aus, dass die Nucleolen gewissermaßen ein Reservematerial des Eies darstellen, welches zu bestimmten Zeiten wieder in Lösung übergeführt und zur weiteren Ausbildung des Kernes verwendet werde. Andere Autoren gehen darin noch weiter. So nimmt O. HERTWIG an, dass »die Nucleolen in der Vorbereitung zur Theilung in kleine Substanztheilchen zerlegt und auf die Kernsegmente vertheilt werden«. Er fand, dass in den der Theilung vorangehenden Stadien der Samennutterzellen des Pferdespulwurms der Nucleolus in mehrere Stücke zerfällt, die sich wie der Nucleolus selbst durch ein besonderes Färbungsvermögen auszeichnen. Von diesen Theilstücken lösen sich dann wiederum kleine Kügelchen ab und fügen sich den Theilstücken des Kernfadens an, an denen sie noch durch ihre abweichende Färbbarkeit nachzuweisen sind. Nach dieser Auffassung würde also die geformte und nun in kleinere Theilstücke zerfallte Substanz der Kernkörper mit zum Aufbau der chromatischen Figur verwendet werden. Im Anschluss hieran kann ich mich nicht enthalten, den obigen Beobachtungen über die Umwandlung des Kernkörpers der Embryonalzellen noch einige weitere hinzuzufügen, welche sich ebenfalls mit den Vorgängen bei dem Übergang des Ei- und Spermakerns zur Furchungsspindel decken.

Wenn der Kernkörper der Furchungszellen die weiter oben geschilderte Umwandlung aus seinem maschigen Bau in eine körnige Struktur durchgemacht hat, so fängt seine bis dahin sehr scharfe Umgrenzung an undeutlich zu werden, so dass sich in einem etwas späteren Stadium der Nucleolus nur noch durch die ihm eigene hellere Färbung von dem dunklen Kernplasma unterscheidet (Fig. 57—59, Taf. XXIX). Es wurde schon früher erwähnt, dass um diese Zeit die früher nicht mehr sichtbaren Kernfäden wieder in der Umgebung des Nucleolus aufzutauchen beginnen. Die Fäden lassen vielfach eine Zusammensetzung aus Körnchen erkennen. Nun ordnen sich aber auch die Körnchen innerhalb des Nucleolus in derartigen Strängen an (Fig. 57), was entweder allem Anschein nach sekundär geschieht (Fig. 57—60) oder noch eine Folge des früheren maschigen Baues des Nucleolus ist (Fig. 55

und 56). In wie weit das Erstere oder Letztere der Fall ist, lässt sich bei den einzelnen Kernen übrigens schwer sagen. Wenn jetzt die Begrenzung des Kernkörpers schwindet und er damit ein in vielen Fällen bei Weitem nicht kleinerer Theil des Kernplasmas wird, so ist es oftmals schwer zu entscheiden, ob man in den reihenweise angeordneten Körnchen solche des Nucleolus oder wirkliche Kernfäden, die schon vorher außerhalb des Nucleolus im Kernplasma vorhanden waren, vor sich hat. Am Präparat selbst, wo die Färbung der einzelnen Theile eine wichtige Rolle spielt, springt dieses Verhalten weit mehr in die Augen als an der Zeichnung, doch habe ich es immerhin durch einige Figuren darzustellen gesucht.

In Fig. 57 sieht man unter den vielen unregelmäßig gelagerten Körnchen solche, die sich in Reihen an einander legen, doch ist in dieser Furchungszelle der Unterschied zwischen Kernkörper und Kernplasma ein noch zu bedeutender. Letzteres ist zwar auch in Fig. 58 noch der Fall, aber hier beginnt doch schon die Umgrenzung stellenweise recht undeutlich zu werden, so dass das Plasma des Kernes in dasjenige des Kernkörpers übergeht und man die in diesem oder jenem gelegenen Körnchen oder Körnchenreihen kaum noch unterscheiden kann. Im Kernplasma bemerkt man hier und da Fadenstücke und im Nucleolus erscheinen die Körnchen nicht nur reihenweise hinter einander gelagert, sondern zu einem zusammenhängenden Faden verklebt. Dieses Letztere ist weniger deutlich an dem in Fig. 59 abgebildeten Kernkörper zu bemerken, dagegen ist jedoch seine Begrenzung ganz besonders undeutlich geworden und die Fadenstücke des Kernplasmas sind deshalb kaum von den Körnchenreihen des Nucleolus zu trennen. Wenn die Umgrenzung des letzteren erst völlig geschwunden und der Raum, welchen er bisher einnahm, vom Kernsaft durchdrungen ist, so dass die Differenzen in der Färbung ganz schwanden, so würde ein Unterschied zwischen der geformten Substanz inner- und außerhalb des Kernkörperbezirks gar nicht mehr aufrecht zu erhalten sein. Es würde sich kaum entscheiden lassen, ob hier Fadenstücke des Kernplasmas oder zusammengereihte Körnchen des Kernkörpers liegen. Übrigens scheint es auch, als wenn die zuvor im Nucleolus gelegenen geformten Elemente nach dem Schwinden der Begrenzung desselben sich im Kernraum vertheilen könnten.

Nicht immer geht das Auftreten kernfadenartiger Bildungen im Kernkörper Hand in Hand mit dem Schwinden von dessen peripheren Theilen. Fig. 60 z. B. stellt einen Kern dar, welcher außer schwach und stärker gefärbten, einzeln gelagerten Körnchen auch reihenweise angeordnete enthält, sowie scheinbare Bänder oder Fäden, deren Struk-

tur darauf hindeutet, dass sie ebenfalls durch Zusammenlagerung von Körnchen entstanden. Ihrer ganzen Form nach machen sie weniger den Eindruck, als ob sie Reste der früheren Maschenstruktur des Kernkörpers seien, wie ein Vergleich mit den Fig. 52—56 zeigt. Immerhin würde dies nicht ausgeschlossen sein. Kernfäden konnte ich in dem betreffenden Kern nicht klar, sondern eben nur angedeutet erkennen, so dass von Beziehungen zwischen ihm und der geschilderten Struktur des Kernkörpers nicht gesprochen werden kann, zumal auch seine Begrenzung eine noch sehr scharfe war.

In manchen Fällen schwindet die scharfe Begrenzung des Nucleolus bereits, wenn die Maschenstruktur noch zum Theil erhalten und erst wenig von ihrem körnigen Zerfall zu bemerken ist. Dann zeigen die im Kernkörper und die in seiner Umgebung gelegenen Stränge färbbarer Substanz eine gewisse Ähnlichkeit und man könnte fast meinen, dass die einen sich in die anderen fortsetzten (Fig. 64). Da nun aber ein derartiger Übergang der Struktur des Kernkörpers in diejenige des Kernes nichts weniger als wahrscheinlich ist, so sind derartige Bilder eher geeignet gegen einen direkten Übergang der geformten Substanz des Nucleolus in diejenige des Kernes zu sprechen, wie sie vorher erläutert wurde. Es kommt hinzu, dass ich einige Male, allerdings abnormer Weise, in den bereits fertig ausgebildeten Spindeln von Furchungszellen noch den Nucleolus auffand, der jedoch in seinem Umfang stark reducirt war. Dieses allerdings sehr vereinzelt und wie gesagt nicht normale Verhalten würde immerhin geeignet sein, gegen eine Betheiligung der Nucleolarsubstanz am Aufbau der chromatischen Elemente zu sprechen.

Es liegt hier jedenfalls eine schwer zu lösende Frage vor, die ich auch für mein Objekt nicht zu entscheiden wage, da ich aus dem angegebenen Grunde andere, möglicherweise geeignetere Färbungsmethoden nicht in Anwendung bringen konnte. Immerhin erschien mir die bei der Umwandlung des so eigenartig gebauten und umfangreichen Kernkörpers sich abspielenden Vorgänge der Mittheilung werth, besonders auch deshalb, weil sie bei der Umbildung des Ei- und Spermakerns sehr übereinstimmend und in einer Weise verlaufen, die noch mehr als hier auf eine Betheiligung der Kernkörpersubstanz am Aufbau der chromatischen Kernstrukturen hinweist.

II. Die Eireifung.

1. Die Vorstadien.

Bei der früher gegebenen Beschreibung der Eibildung nahm ich auf die Struktur der Kerne weniger Rücksicht, weil es mir nur auf das

Verhalten der Eizellen gegenüber den Nährzellen ankam. Wie BRAEM und ich früher nachwies, wird jeder Eizelle eine Nährzelle beigegeben. Beide vereinigen sich zu einem Zellenpaar, das sich vom Ovarium löst und frei in der Leibeshöhle flottirt (Fig. 63 und 64, Taf. XXIX). Man sieht, dass beide Zellen ein sehr verschiedenartiges Aussehen zeigen. In früheren Stadien ist dies nicht der Fall.

Die Ei- und Nährzellen entstehen wie bei anderen Anneliden in den ventral vom Darm besonders an den Dissepimenten gelegenen Zellenwucherungen. Hier lassen sich beide Zellenarten zunächst nicht unterscheiden. Im Keimlager findet man Zellen verschiedenen Umfangs, so wie ich dies in der früheren Arbeit eingehender beschrieb. Die Kerne enthalten zunächst ein ziemlich gleichartiges Gerüstwerk, sowie einen dunkel gefärbten, homogenen Kernkörper (Fig. 62 A, Fig. 63 A und B). Sehr bald tritt ein Größenunterschied der Zellen ein, wie er sich schon in den Figuren 62 und 63 bemerkbar macht. Während die Kerne der Eizellen zunächst kleiner bleiben und dabei ihre Kugelgestalt bewahren (Fig. 62 A), nehmen die Nährzellkerne an Umfang rasch zu und erhalten eine ovale Gestalt (Fig. 63 A und B). Die Färbung und Struktur beider Kerne ist noch sehr ähnlich, doch beginnt das Gerüstwerk der Nährzellkerne schon bald etwas gröber zu werden. Allmählich nehmen sie auch eine etwas dunklere Färbung an, was nicht nur auf den stärkeren Gehalt an Chromatin, sondern auch auf eine Färbung des Kernsafftes zurückzuführen ist (Fig. 62 B und 63 C). In Fig. 62 liegt eine junge Eizelle neben einer Nährzelle. Der Unterschied im Bau beider tritt hier schon außerordentlich deutlich hervor. Übrigens betrifft dies nicht nur den Kern, welcher weit stärker gefärbt und umfangreicher ist als derjenige der Eizelle, sondern auch die Struktur des Zellplasmas. Dieses erscheint in der Eizelle feiner, in der Nährzelle gröber strukturirt. Die so beschaffenen Zellen liegen noch im Ovarium, wenn man die erwähnte Zellenwucherung der Auskleidung der Leibeshöhle so bezeichnen will. Bald lösen sich die hier schon paarweise angeordneten Zellen vom Ovarium ab und werden nunmehr frei in der Leibeshöhle gefunden. Ihre Struktur hat wiederum eine weitere Veränderung erfahren. Dies betrifft zumeist die Nährzelle. Sie ist im Wachsthum bedeutend fortgeschritten, während die Eizelle zurückblieb (Fig. 64), so dass sie diese mehrfach an Umfang übertrifft. Eben so hat der Kern an Umfang wie an Färbbarkeit noch bedeutend zugenommen. Die Chromatinstränge erscheinen dichter und unregelmäßiger gelagert. Im Kernkörper zeigt sich eine maschige Struktur, welche sich bereits in einem früheren Stadium durch das Auftreten einiger Vacuolen bemerkbar machte (Fig. 62 B). Sehr bemerkenswerth

ist die unregelmäßige Umgrenzung des Nährzellkernes, die übrigens auf einer späteren Ausbildungsstufe noch weit deutlicher hervortritt (Fig. 65). Der Kern erscheint hier an verschiedenen Stellen mehr oder weniger tief eingebuchtet, fast gelappt. An manchen dieser Kerne kann man beobachten, dass die Begrenzung streckenweise undeutlich wird und völlig schwindet. Die Kerne zeigen ganz den Charakter, wie man ihn vielfach bei Drüsenzellen oder überhaupt bei Kernen secernirender Zellen findet. Damit stimmt außer seinem bedeutenden Umfang auch der Bau überein, sowie das intensive Färbungsvermögen. Das Chromatin durchzieht jetzt in groben unregelmäßig gelagerten Strängen den Kern und nimmt in späteren Stadien eine noch unregelmäßigere Vertheilung an. Bezüglich der Fig. 65 sei bemerkt, dass dieselbe bei schwächerer Vergrößerung angefertigt wurde und dass die besprochenen Verhältnisse somit im Vergleich mit den früheren Figuren nicht in derselben deutlichen Weise hervortreten können. Die weiteren Veränderungen der Nährzellen kommen hier weniger in Betracht. Ihre Größenabnahme, die Umbildung und schließliche Degeneration ihres Kernes schilderte ich bereits früher. Sie hängt am Ende nur noch als ein stark reducirtes Gebilde mit völlig entartetem Kern der nunmehr sehr umfangreich gewordenen und dem Reifestadium nahen Eizelle an (Fig. 66). Diese letztere erreicht durchschnittlich eine Größe von 0,4 mm im Durchmesser.

Die Umwandlungen, welche der Kern der Eizelle erleidet, sind völlig andere. Sie sind dadurch gekennzeichnet, dass der Kernraum eher an Färbbarkeit verliert und das Chromatingerüst schon bald das Bestreben zeigt, sich in Fadenform anzuordnen. Zunächst erkennt man in dem jungen Keimbläschen noch ein Gerüstwerk (Fig. 64), welches jedoch dem früheren Stadium (Fig. 62 A) gegenüber schon mehr die Fadenform anzunehmen im Begriff ist. Dies tritt noch weit mehr in einem Folgestadium (Fig. 65) hervor. Die Eizelle hat sich jetzt schon bedeutend vergrößert und die Nährzelle, auf deren Kosten dies zum Theil geschehen ist, im Wachstum weit überholt. Der Kernkörper nimmt allmählich dieselbe wabenförmige Struktur an, welche früher bereits für den Nucleolus der Embryonalzellen beschrieben wurde (Fig. 64—66, Fig. 47 und 48).

Mit dem Wachstum des Keimbläschens nimmt auch die Ausbildung des Kernfadens ihren Fortgang (Fig. 67 und 68). Zunächst sieht man hier und da noch eine Gabelung der Chromatinstränge, die andeutet, dass der Zustand des früher vorhandenen Gerüstwerks noch nicht völlig überwunden ist. Die Fäden selbst zeigen einen körnigen Bau, als ob sie aus einer Reihe hinter einander aufgereihter Körner beständen.

Es ist zu bemerken, dass man in allen diesen wie auch in den folgenden Stadien des Keimbläschens zwischen dem gröberen Gerüst- oder Fadenwerk noch eine feinere Struktur des Kernes nachweisen kann, welche wie eine recht feine Körnelung erscheint, zwischen der man aber auch feinste Fädchen zu erkennen vermag. So ist also zwischen der geformten chromatischen Substanz des Kernes noch eine feiner strukturierte, kaum färbbare Substanz vorhanden (Fig. 66—71), welche zumal in den späteren Stadien des Keimbläschens, wenn sich der Kernfaden besser ausgebildet hat und die Kernschleifen entstanden sind, deutlicher hervortritt.

Die weitere Ausbildung des Keimbläschens wird durch die Figuren 67—71 erläutert. Aus dem Gerüstwerk bildet sich der Faden immer deutlicher heraus, an dem man aber auch in dem späteren Stadium der Fig. 69 immer noch Gabelungen bemerken kann. Auch wenn diese verschwunden sind, ist die körnige Struktur des Fadens noch deutlich vorhanden (Fig. 70) und man bemerkt sie auch später noch, wenn bereits eine erhebliche Verkürzung und stärkere Färbbarkeit des Fadens eingetreten ist (Fig. 72).

Ich sprach bisher von dem Kernfaden, ohne damit speciell ausdrücken zu wollen, dass es sich thatsächlich nur um einen einzigen d. h. einen kontinuierlichen Faden handelt. Ich habe übrigens thatsächlich den Eindruck erhalten, als ob nur ein gemeinsamer Faden vorhanden sei. Dieser würde dann eine sehr bedeutende Länge haben und zwar ist dieselbe in den früheren Stadien viel größer als in den späteren. Wie dies schon von anderen Formen genügend beschrieben ist, so tritt auch im Keimbläschen von *Ophryotrocha* eine Art von Kondensation der chromatischen Substanz des Kernfadens ein. Bei immer zunehmender Färbbarkeit erleidet er eine beträchtliche Verkürzung. Fig. 71 zeigt den Faden bereits in einem solchen Zustand, doch ist er immerhin noch sehr umfangreich. In die Figur wurden aus fünf Schnitten, welche das betreffende Keimbläschen enthielten, sämtliche Theile des Kernfadens genau eingezeichnet. Im Stadium der Fig. 72 erscheint der Kernfaden schon wesentlich verkürzt. Später bei immer stärkerer Verkürzung färbt er sich intensiver und seine körnige Struktur tritt nur noch wenig oder gar nicht mehr hervor. Während er bisher höckrig und uneben an seiner Oberfläche erschien, wird diese dann ganz glatt und der Faden nimmt dadurch ein gleichmäßigeres Aussehen an.

Von besonderem Interesse war mir das in Fig. 73 abgebildete Keimbläschen, weil in ihm der Kernfaden ganz besonders klar ausgeprägt erschien. Leider war dieses Keimbläschen wohl in Folge eines auf das betreffende Ei ausgeübten Druckes platt gedrückt und der Kernfaden

zeigte sich auf einen verhältnismäßig geringen Theil des Keimbläschens zusammengedrängt. Er war in dem ziemlich dicken Schnitt seiner ganzen Länge nach enthalten und in diesem Falle schien es thatsächlich, als ob man es mit einem einzigen zusammenhängenden Kernfaden zu thun habe. Mit vollständiger Sicherheit möchte ich dies allerdings auch hier nicht behaupten, denn an den Stellen, wo der Faden eine Schlinge bildet und wo gleichzeitig mehrere Partien sich decken, ist es schwierig über den auch dort vorhandenen Zusammenhang ein sicheres Urtheil abzugeben, jedoch schien mir bei genauer Verfolgung des Fadens, weit deutlicher als dies aus dem Bilde zu entnehmen ist, ein vollständiger Zusammenhang vorhanden zu sein. Die bedeutende Verkürzung, welche der Kernfaden bisher erfuhr, ergibt sich aus Fig. 73 im Vergleich mit den früheren Bildern (Fig. 70—72) ohne Weiteres.

Von einer zweireihigen Anordnung der Körner und somit von einer bereits in den betreffenden frühen Stadien vorhandenen Spaltung des Fadens, wie sie an anderen Objekten beschrieben wurde, ist bei *Ophryotrocha* nichts aufzufinden. Da ich ganz besonders auf diesen Punkt achtete, halte ich es für ausgeschlossen, dass mir die Spaltung entgangen sein könnte. Ich untersuchte eine große Anzahl von Würmern, deren Eier sich auf diesem Stadium befanden. Die Konservirung war zum Theil dieselbe wie diejenige der Würmer, an deren Eiern die Spaltung des Fadens in späteren Stadien sehr deutlich hervortritt und leicht wahrzunehmen ist. Die Spaltung des Fadens ist bei *Ophryotrocha* im Allgemeinen erst in einem weit späteren Stadium nachzuweisen, wenn die Bildung der Chromosomen schon ihren Anfang genommen hat. Allerdings habe ich einen Fall zu verzeichnen, in dem ich die Spaltung thatsächlich schon früher, nämlich an dem Kernfaden auffand. Dieser war bereits im Zustand der starken Verkürzung und die körnige Beschaffenheit ist nicht mehr zu erkennen. Fig. 74 lässt an verschiedenen Stellen deutlich die Längsspaltung des Fadens wahrnehmen. Noch weit deutlicher tritt sie in Fig. 75 hervor, wo die beiden Spaltheilften wie aus einander gedrängt erscheinen. Im letzteren Falle vermochte ich nicht zu entscheiden, ob ich es noch mit dem ursprünglichen Kernfaden oder nicht vielmehr schon mit den aus ihm hervorgegangenen Kernschleifen zu thun habe, aber auch bei den letzteren tritt, wie weiterhin gezeigt werden wird, die Spaltung erst später auf.

Bei dem Wurm, welchem die Eier mit den zuletzt beschriebenen Keimbläschen entstammen, ließen sich ähnliche Bilder noch in einer größeren Anzahl anderer Eier auffinden. Diese zeigten weiterhin die Eigenthümlichkeit, dass am Keimbläschen bereits die Polstrahlungen der Spindel vorhanden waren, welche sonst erst später auftreten (Fig. 74

und 75). Die Kerne erscheinen somit in einigen Punkten weiter entwickelt, während sie in anderer Beziehung z. B. auch bezüglich des später noch zu erwähnenden Vorhandenseins des Kernkörpers zurückgeblieben sind. Da ich, wie schon erwähnt, Keimbläschen in diesen wie in den vorhergehenden und folgenden Stadien von sehr vielen Würmern untersuchen konnte, die Längsspaltung des Kernfadens jedoch in diesen Stadien sonst niemals, sondern erst später, dann aber in sehr klarer Weise auffand, so muss ich das soeben besprochene Verhalten des einen Wurmes als ein ausnahmsweises und der Regel widersprechendes erklären. Immerhin dürfte es darauf hinweisen, dass die Längsspaltung, wenn sie für gewöhnlich und bei den von mir angewandten Reagentien, noch nicht sichtbar ist, doch schon so, wie dies von anderen Objekten beschrieben wurde, im Kernfaden vorbereitet ist. Das frühere Auftreten in dem einen Falle möchte ich nicht durch eine nach dieser Richtung besonders gelungene Konservierung, sondern vielmehr durch eine im Einzelnen differente Ausbildung des Kernes erklären, wie sie bei diesen und bei anderen Objekten vorkommt. Für eine derartige Auffassung spricht besonders das Verhalten des Nucleolus.

Den Kernkörper des Eies lernten wir bereits in einem sehr frühen Stadium desselben kennen (Fig. 62 A). Hier zeigt er eine homogene Beschaffenheit, die aber bald durch Auftreten einzelner und mehrerer Vacuolen in den von den Embryonalzellen her bekannten maschigen Bau übergeht (Fig. 64—67). Derselbe ist übrigens hier kein so regelmäßiger wie bei den Nucleolen jener Zellen und auch der Umfang des Nucleolus gegenüber dem Kern ist bei Weitem nicht so bedeutend. Schon deshalb wird die Einflussnahme des Kernkörpers bei seiner Auflösung auf die Beschaffenheit des Kernes keine so große sein, wie ich sie dort anzunehmen geneigt war. Das Schwinden des Kernkörpers erfolgt etwa zur Zeit der beginnenden Verkürzung des Kernfadens, also zu einer ähnlichen Zeit wie bei den Embryonalzellen. Veränderungen in der Färbbarkeit sind mir dabei nicht aufgefallen; ich konnte allerdings die dazu nötigen Färbemethoden auch bei dieser Gelegenheit nicht anwenden. Eine bestimmte Norm für den Zeitpunkt des Verschwindens des Kernkörpers lässt sich übrigens nicht feststellen. Zuweilen findet dasselbe schon früher statt. So besitzt das in Fig. 69 abgebildete Keimbläschen nur einen sehr kleinen Nucleolus, während er bei anderen Eiern desselben Wurmes, die sich auf dem gleichen Stadium befinden, noch recht umfangreich ist. Übrigens konnte ich den bei den Embryonalzellen wie auch beim Ei- und Spermakern stattfindenden körnigen Zerfall des Nucleolus am Keimbläschen nicht wahrnehmen, sondern ich fand nur größere und kleinere Kernkörper von ungefähr

gleicher Struktur, oder wenn es sich um recht kleine Nucleolen handelte, von fast homogener Beschaffenheit bezw. mit einigen kleinen Vacuolen. Dies deutet auf ein Schwinden des Kernkörpers durch allmähliche Verkleinerung nicht durch den bei den Embryonalzellen beobachteten complicirten Vorgang hin.

Wie schon erwähnt findet die Auflösung des Nucleolus im Keimbläschen zu recht verschiedener Zeit statt. In Fig. 68 ist der Kernkörper noch sehr umfangreich, besitzt jedoch, wie dies vielfach in diesem Stadium bemerkt wird, eine auffallend blasse Färbung. In Fig. 69 ist der Nucleolus sehr klein und in Fig. 70 fehlt er bereits ganz. Dasselbe ist in Fig. 74 und in dem späteren Stadium der Fig. 73 der Fall. Diese Bilder harmoniren also mit einander. Dagegen kann der Kernkörper noch in vollem Umfang in späteren Stadien vorhanden sein, in denen das Chromatin schon eine weitere Ausbildung erfahren hat. So enthält das Stadium des bereits verkürzten Kernfadens der Fig. 72 einen großen, wohl ausgebildeten Nucleolus. Ein solcher findet sich auch in den früher erwähnten Keimbläschen Fig. 74 und 75. Während diese Kerne also in Bezug auf das Vorhandensein der Längsspaltung des Kernfadens und der Chromosomen in der Ausbildung voraus sind, sind sie bezüglich der Umbildung des Kernkörpers zurückgeblieben. Dieser kann übrigens auch noch vorhanden sein, wenn die vier Kernschleifen bereits gebildet sind, wie die Fig. 79 zeigt. Das letztere Verhalten möchte man entschieden so deuten, dass die Substanz des Kernkörpers von keinerlei Bedeutung für die Ausbildung der chromatischen Substanz ist, welcher Standpunkt ja auch bekanntlich von verschiedenen Seiten vertreten wird. Das oben eingehend besprochene Verhalten der Embryonalkerne ließ dagegen eine ganz andere Auffassung zu, obwohl es auch bei diesen allerdings abnormer Weise vorkommt, dass neben den bereits gebildeten Chromosomen (sogar in der angelegten Spindel) der Kernkörper noch vorhanden ist. Im Allgemeinen lassen sich die über den Kernkörper der Eizellen gemachten Angaben dahin zusammenfassen, dass für gewöhnlich seine Auflösung zu einer Zeit erfolgt, wenn sich das Chromatin noch in der Ausbildung befindet, so dass also eine Verwendung der Nucleolensubstanz zu dessen Aufbau nicht unmöglich ist. Der lange Bestand des Kernkörpers in einzelnen Fällen macht eine derartige Verwendung vielleicht nicht sehr wahrscheinlich, widerlegt sie jedoch nicht völlig. Was die erwähnten Verschiedenheiten des Verhaltens der Nucleolen in den Ei- und Embryonalzellen betrifft, so ließen sich diese vielleicht durch die recht verschiedenartige Ausbildung und Funktion der Kerne in den beiderlei Zellen erklären.

Das lange Erhaltenbleiben des Nucleolus, welches nicht für seine

Verwendung beim Aufbau der chromatischen Substanz spricht, ist auch von anderen Formen bekannt, ich nenne z. B. *Echinus microtuberculatus*, in dessen Keimbläschen nach BOVERI'S Beobachtung neben den kleinen Chromosomen noch ein umfangreicher Nucleolus liegt oder die *Copepoden*, in deren Keimbläschen HACKER und RÜCKERT neben den zwar noch nicht fertig aber immerhin schon weit ausgebildeten Chromosomen umfangreiche Kernkörper fanden. Ganz außerordentlich lange bleibt der Nucleolus des Keimbläschens nach WHEELER'S Beobachtung bei *Myzostoma* erhalten, wo er sich nach der Bildung der Spindel noch im Plasma des Eies ganz unabhängig von jener vorfindet. Ja er soll sogar noch in die Furchungszellen übergehen, in denen er noch im achtzelligen Stadium vorhanden ist. In den meisten anderen Fällen scheint dagegen die Auflösung der Nucleolen ziemlich früh einzutreten. Von der Verwerthung des Verhaltens der Nucleolen der Wirbelthierkeimbläschen in dieser Richtung wurde schon gesprochen.

Nach der Auflösung des Kernkörpers und der bereits weit vorgeschrittenen Verkürzung des Kernfadens tritt dessen Zerfall in vier Theilstücke ein, vorausgesetzt, dass es sich um einen zusammenhängenden Faden handelt. Ich glaubte mehrfach bereits vier Fadenstücke deutlich unterscheiden zu können, wenn diese noch sehr lang sind, aber freilich ist man dabei sehr leicht Täuschungen ausgesetzt, z. B. dann, wenn die Verhältnisse so liegen, wie dies in Fig. 76 dargestellt ist. Die Schleifen sind hier noch außerordentlich lang und da es nöthig ist, mehrere Schnitte zu kombiniren, so ist ein Irrthum leicht möglich. Immerhin glaubte ich in diesem wie in anderen Fällen vier Schleifen zu zählen, aber es könnten auch zwei von ihnen noch mit einander verbunden sein. Übrigens kommt auf diesen Punkt nicht so viel an, da schon ganz wenig später vier Schleifen mit völlig genügender Sicherheit zu erkennen sind.

Die Verkürzung, welche schon früher am Chromatinfaden festgestellt wurde, nimmt ihren weiteren Fortgang auch wenn deren Quertheilung in vier Stücke erfolgt ist. So sieht man dann auch die einzelnen Schleifen sich bald stark verkürzen. Dies ist z. B. schon im Stadium der Fig. 77 der Fall. Hier könnte man zwar auch noch annehmen, dass die beiden sich kreuzenden, an der linken Seite des Keimbläschens gelegenen Fadenstücke zusammengehören möchten, doch liegen dafür die beiden anderen weit genug von einander getrennt. Zur Erläuterung dieses Bildes möchte ich noch hinzufügen, dass man durch Spaltung aus einander entstandene Fadenstücke bei anderen Objekten gelegentlich in einer ähnlichen Lagerung wie die beiden links gelegenen findet. Von einer derartigen Entstehung kann bei ihnen nicht die Rede sein, sondern ihre Lage gegen

einander ist nur eine zufällige. Das Verhalten, dass eines oder einige Fadenstücke gestreckt, die anderen jedoch mehr oder weniger gewunden sind, trifft man vielfach an.

Von ungefähr gleicher Länge wie in dem vorher besprochenen Keimbläschen sind die Fadenstücke in Fig. 78. Auch hier konnten mit Sicherheit ihrer vier festgestellt werden, die alle mehr oder weniger gewunden sind. Letzteres ist auch der Fall bei den Kernschleifen der Fig. 79 (Taf. XXX), welche gegen diejenigen des vorher besprochenen Stadiums eine erhebliche Verkürzung erlitten haben. Dass auch hier vier Schleifen vorhanden sind, brauche ich kaum zu erwähnen, da es sich ohne Weiteres aus der Figur ergibt. Es ist dies eines jener Keimbläschen, die auch in so weit vorgeschrittenem Stadium noch den Kernkörper in vollem Umfang enthalten, wovon bereits weiter oben die Rede war.

In allen den besprochenen und auch in den noch zu erwähnenden Keimbläschen macht sich außer dem Chromatin noch eine andere wenig färbbare Substanz bemerkbar, die sich stark verdichten kann. Es ist dieselbe Substanz, die ich bereits früher bei Besprechung des Kernfadens erwähnte und die bei jenem jüngeren Keimbläschen in Form einer feinkörnigen oder feinfädigen Masse zwischen den Fadenschlingen auftrat (Fig. 67—72). In den späteren Stadien fällt sie noch weit mehr auf als dort, indem sie sich an einzelnen Stellen dichter zusammenballt (Fig. 80, 81, 85, 86), so dass der Kernraum wie gefleckt erscheint. So treten zuweilen ganze Komplexe dieser Substanz von rundlicher oder länglicher Gestalt stärker hervor. Auch längere Züge können sich bilden (Fig. 79), die dann mit nur schwach gefärbten Zügen chromatischer Substanz eine große Ähnlichkeit haben. Es kommt dieser Masse in den späteren Stadien eine Färbbarkeit zu, die ihr Anfangs nicht im gleichen Maße innewohnte, so dass sie selbst gegenüber der chromatischen Substanz stark hervortritt. Die Figuren 74—86 erläutern dieses Verhalten in genügender Weise.

Es kann kein Zweifel darüber sein, dass es sich bei der zwischen- gelagerten Substanz um dieselben Dinge handelt, die schon in FLEMMING'S Darstellungen vom Jahre 1882 enthalten sind und die von ihm wie von anderen Autoren auch später wieder beschrieben wurden. So weist FLEMMING in seinem neueren Referat über die Zelle auf früher von ihm gegebene Figuren hin, welche diese Verhältnisse thatsächlich erkennen lassen. Ganz Ähnliches ergibt sich aus den Darstellungen von CARNOY. Besonders klar tritt das körnige Gerüstwerk in einem Keimbläschen von *Echinus microtuberculatus* hervor, welches BOVERI in seinen »Zellenstudien« (Heft 3, 1890) abbildet. Die verhältnismäßig sehr kleinen

Chromosomen erscheinen wie in dieses dichte Gerüstwerk eingelagert. Mit diesem recht ähnliche Bilder erhielt ich auch bei *Ophryotrocha*. In neuerer Zeit haben besonders M. HEIDENHAIN und REINKE das intermediäre Gerüstwerk des Kernes studirt. Mit dem Namen Lanthanin belegt HEIDENHAIN ein körniges Fadenwerk, welches zwischen den chromatischen Fäden des Kernes vorhanden ist und REINKE widmet diesen feinen, von ihm als Ödematin bezeichneten feinen Strukturen des Kernes seine besondere Aufmerksamkeit. Man findet dieselben auch in anderen Arbeiten der neueren Zeit, wie in denen VAN DER STRICHT's, BRAUS' und SCHLOTER's wieder, die sich mehr oder weniger entschieden für das wirkliche Vorhandensein dieser Strukturen in der lebenden Zelle aussprechen. Man hat es vielfach für zweifelhaft gehalten, ob jenes feinste Gerüstwerk des Kernes, welches bei gewissen Behandlungsweisen der Zelle hervortritt, wirklich ein solches sei, oder ob man es nicht vielleicht nur als ein Kunstprodukt anzusehen habe, das eben durch jene Behandlungsweisen hervorgerufen worden sei. Auch FLEMMING's Äußerungen aus der letzten Zeit lassen nach dieser Richtung noch einen leisen Zweifel laut werden, mit dem Hinweis darauf, dass die in Rede stehenden feinsten Strukturen des Kernes bisher eben nur durch Reagentien sichtbar gemacht worden seien.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich eine Beobachtung anführen, welche ich schon früher an den verzweigten Kernen der Spinndrüsen der Raupen machte. Zwischen dem gröberem Netzwerk, welches dieselben erfüllt, fand ich außerdem ein sehr zartes Gerüst, welches sich schon an den lebenden Zellen deutlich erkennen lässt (1894, p. 83). Obwohl die am lebenden Objekt gemachten Beobachtungen damals nicht an geeignet konservirtem Material kontrollirt wurden, so ist es doch höchst wahrscheinlich, dass es sich hierbei um dieselben Dinge handelt, d. h. um ein feineres Gerüstwerk, welches zwischen der chromatischen Substanz noch vorhanden ist.

Was nun die Keimbläschen von *Ophryotrocha* betrifft, so würde die Vermuthung, dass man es mit einem Kunstprodukt, d. h. mit einer Gerinnungserscheinung des Kernsaftes zu thun hat, in den früheren Stadien weniger als in den späteren naheliegen. In jenen ist die Vertheilung der fädig körnigen Substanz zwischen den Schlingen des Kernfadens eine sehr gleichmäßige, während man sie später flockenartig in der früher besprochenen Weise im Kern vertheilt findet.

Das massige Auftreten der intermediären Substanz in späteren Stadien legt übrigens noch eine andere Vermuthung nahe. Wenn man sieht, welche bedeutende Reduktion der Masse die geformte Substanz

des Kernes bei der Ausbildung der Chromosomen erleidet, man vergleiche z. B. die Fig. 71 und 72 mit Fig. 84 und 85, so kommt man gewiss auf den Gedanken, dass hier vielleicht nicht nur eine Verdichtung des Chromatins, sondern möglicherweise eine Abgabe von Substanz an den Kernraum stattfindet, auf welche die nicht unbeträchtliche Anhäufung jener Substanz zum Theil zurückzuführen wäre. Von der Auflösung des Kernkörpers allein, wie man auch vermuthen könnte, kann die erhöhte Färbbarkeit der im Kernraum vertheilten Substanz nicht herkommen, denn auch in Fällen, in denen der Nucleolus noch vorhanden ist, tritt sie bereits in ganz eben so starkem Maße hervor. Übrigens ist hierbei zu bemerken, dass die Spindelfasern innerhalb des Kernraums gebildet werden und dass jene Substanz wohl zum Theil dabei Verwendung findet.

Die Bildung der Kernschleifen wurde oben bis zu einem Punkte verfolgt, auf welchem schon eine erhebliche Verkürzung eingetreten war (Fig. 79). Mit dieser Verkürzung ist eine erhöhte Färbbarkeit verbunden, welche jedenfalls auf die eingetretene Verdichtung des Chromatins hinweist. Man erkennt dies schon aus einem Vergleich der Fig. 72—79, sowie der späteren Stadien (Fig. 80—88); deutlicher geht dies jedoch aus der Betrachtung der Präparate selbst hervor, da die Verschiedenheiten in der Intensität der Färbung sich durch die Zeichnungen nicht in so vollkommener Weise wiedergeben ließen.

Vier schleifenförmig gewundene Chromosomen erkennt man sehr klar in dem Keimbläschen der Fig. 80, welches von dem Stadium der Fig. 79 nicht weit entfernt ist. Ich gebe mit Absicht einige Abbildungen dieser Verhältnisse mehr, als vielleicht unbedingt nöthig wäre, um zu zeigen, dass dieselben wiederholt zur Beobachtung gelangten. Ich könnte die Zahl der Abbildungen übrigens noch nach Belieben vermehren. Schon bedeutend weiter fortgeschritten ist die Verkürzung der Schleifen in Fig. 81. Auch hier kann eine Gestaltung derselben auftreten, welche man versucht sein könnte anders zu deuten. Die Kernschleifen erscheinen zuweilen wie in der Mitte eingeknickt. Dies ist z. B. in Fig. 81 in der unteren und weniger deutlich in der oberen Schleife der Fall, und Ähnliches könnte man in der oben links liegenden Kernschleife der Fig. 80 vermuthen. Es ist das nur eine zufällige Form der Kernschleifen, und sie darf nicht mit der Winkelbildung verglichen werden, wie sie an manchen anderen Objekten bei der Ausbildung der Chromosomen auftritt. Die Knickung deutet dort die beginnende Quertheilung der Kernschleife an und führt zusammen mit deren Längsspaltung zur Bildung der Vierergruppen. Solche werden jedoch weder in dieser noch in anderer Weise im Keimbläschen gebildet, wesshalb eine derartige

Deutung der geknickten Chromosomen ausgeschlossen ist. Neben jenen etwas eingeknickten Kernschleifen sieht man übrigens einfach schleifenförmig gewundene oder fast ganz gestreckte liegen.

Die Verkürzung der Kernschleifen nimmt noch immer ihren weiteren Fortgang, und ein späteres Stadium ist in Fig. 82 dargestellt. In dem betreffenden Keimbläschen erscheinen die vier Chromosomen schleifenförmig gewunden, doch können sie auch mehr gestreckt sein. In diesem Stadium nun pflegt die Längsspaltung sichtbar zu werden. In der bekannten Weise sieht man die Schleifen der Länge nach von einer hellen Linie durchzogen (Fig. 83). In Fig. 87 sind zwei Chromosomen bei stärkerer Vergrößerung abgebildet, so wie sie gewöhnlich in einem früheren (*A*) und einem späteren Stadium (*B*) erscheinen. Ihre Gestalt ist noch immer verschieden. Man findet einige schleifenförmig gewunden, andere nur leicht gebogen, und noch andere fast ganz gestreckt. Der Raum des Keimbläschens, der in Folge der starken Massenreduktion der chromatischen Substanz fast leer erscheinen sollte, ist mit der vorerwähnten feinkörnigen und feinfädigen Masse erfüllt, die jetzt mehr als je hervortritt und stellenweise recht dichte Anhäufungen bildet. Bei vielen Keimbläschen ist sie in noch weit höherem Grade ausgebildet, als dies aus den Figuren zu erkennen ist.

Sowohl die Vierzahl der Chromosomen wie auch deren Längsspaltung geht fernerhin aus den Fig. 84—86 hervor, welche die weitere und endgültige Ausbildung der Chromosomen darstellen. Auch bisher war die Verkürzung noch nicht ganz vollendet, sondern sie schreitet noch etwas weiter fort, wie eine Vergleichung der Fig. 83—85 ergibt. Die Form ist noch immer nicht eine völlig gestreckte, sondern noch etwas gebogen oder sogar gewunden (Fig. 84—86), doch treten schon einzelne gestreckte oder fast gestreckte Chromosomen in der beinahe endgültigen Gestalt auf (Fig. 86, 87 *B*). Ihre Vertheilung im Keimbläschen ist auch jetzt noch eine völlig unregelmäßige.

Über das Auftreten der Längsspaltung, die jetzt an allen Chromosomen, wenn sie günstig liegen, sehr klar hervortritt, wurde bereits früher gesprochen. Ihre Erscheinung in den erwähnten Stadien muss als eine sehr späte bezeichnet werden, denn in der größeren Mehrzahl der bisher bekannten Fälle pflegt sie früher aufzutreten, zuweilen schon im Stadium des lockeren Knäuels. Nun erwähnte ich bereits weiter oben, dass in einem Falle die Längsspaltung ebenfalls in einem recht frühen Stadium festgestellt werden konnte, wenn der Kernfaden noch ein zusammenhängender oder doch eben erst zertheilt ist (Fig. 74 und 75). Obwohl dieses Verhalten dem, was man erwarten sollte, mehr entspricht, so muss ich doch ausdrücklich betonen, dass die

Längsspaltung für gewöhnlich erst in dem genannten späteren Stadium auftritt. Dies würde übrigens an und für sich nichts Unwahrscheinliches sein, denn auch derartige Fälle eines späten Auftretens der Spaltung sind bekannt, wenn ich nicht eben selbst die Beobachtung ihres gelegentlichen früheren Hervortretens gemacht hätte. Ich fasste dies oben so auf, dass die Längsspaltung zwar schon im Kernfaden vorgebildet, aber für gewöhnlich noch nicht zu erkennen sei, und dass in dem einen, übrigens auch nach anderer Richtung abweichenden Fall besondere Umstände dies gestatteten.

Mit dem zuletzt besprochenen Stadium ist die Umbildung der chromatischen Substanz ihrer Gestalt nach beendet. Es sind vier längsgespaltene stäbchenförmige Chromosomen vorhanden (Fig. 86, 87 B), die somit ihrer Zahl nach der früher für *Ophryotrocha* festgestellten Normalzahl entsprechen. Vierergruppen, welche man jetzt bei der Mehrzahl der darauf hin untersuchten Formen gefunden hat, werden im Keimbläschen von *Ophryotrocha* nicht gebildet. Von einer Reduktion der Chromosomenzahl ist in Folge dessen im Keimbläschen dieser Form nicht die Rede. Die von verschiedener Seite aufgeworfene Frage, ob die Kernschleifen von Anfang an als solche im Keimbläschen vorhanden sind oder ob sie erst durch Quertheilung eines zusammenhängenden Fadens entstehen, ließ sich bei *Ophryotrocha* nicht mit Sicherheit entscheiden, doch sprach die größere Wahrscheinlichkeit für einen zusammenhängenden Faden, der sich in vier Kernschleifen zerlegt. Diese sind Anfangs noch sehr lang und machen die starke Verkürzung bis zu den stäbchenförmigen Chromosomen durch, kurz vor welchem Stadium erst die Längsspaltung an ihnen auftritt.

2. Die Ausbildung der ersten Richtungsspindel.

Meine Aufmerksamkeit bei den hier zu schildernden Vorgängen war zwar nicht ausschließlich, aber doch im Wesentlichen auf das Verhalten der chromatischen Substanz gerichtet. Da mir das Material nicht reichlich genug zu Gebote stand, um auch die für die Erhaltung der achromatischen Strukturen besonders geeigneten Konservierungen vorzunehmen, so können meine Beobachtungen in dieser Hinsicht nicht den Anspruch auf Vollständigkeit machen. Immerhin ergab sich trotzdem Verschiedenes, dessen Mittheilung zur Bestätigung oder Vervollständigung bisher bekannter Thatsachen nicht unerwünscht sein wird.

Ungefähr zu der Zeit, wenn der Kernfaden in die Theilstücke zerfällt, tritt am Keimbläschen eine Strahlung hervor, die sich an meinen Präparaten in etwas verschiedener Weise zeigt. Entweder besteht sie

aus einem kreisförmigen dunklen Protoplasmahof, von welchem sonnenförmig nach allen Seiten hin Strahlen ausgehen (Fig. 74, 75, 77, Taf. XXIX) oder es ist in diesem dunklen Hof ein ebenfalls kreisförmiges helles Centrum zu erkennen (Fig. 84, 85, Taf. XXX). Ob dieses letztere das Centrosoma und der dunkle Hof dem Archoplasma zuzurechnen ist oder ob dieses helle und jenes dunkle Gebilde, die sich ziemlich verschieden präsentiren, doch als identisch betrachtet werden müssen, wage ich nicht zu entscheiden und damit ist es mir überhaupt nicht möglich, über die Herkunft der Centrosomen in den Eiern von *Ophryotrocha* Auskunft zu geben. Wohl finde ich zuweilen an der Stelle des Keimbläschens, von welcher die Strahlung ausgeht, dessen Membran undeutlich, wie unterbrochen, doch erscheint sie in anderen Fällen dafür ganz klar ausgeprägt. Im Ganzen habe ich mehr den Eindruck, dass die Centrosomen neben dem Keimbläschen auftreten, als dass sie aus ihm hervorgehen.

Das Auftreten der Strahlung ist der Zeit nach nicht sicher festzustellen. Wie erwähnt tritt sie im Allgemeinen zur Zeit der Zertheilung des Kernfadens hervor, doch kann dies unter Umständen schon früher der Fall sein. So findet man zuweilen an Keimbläschen mit einem langen, wahrscheinlich noch ungetheilten Faden bereits zwei Strahlungen (Fig. 74). Derartige Schwankungen in dem Auftreten der einzelnen Phasen der sich zur Theilung vorbereitenden Kerne scheinen auch sonst vorzukommen, so berichtet z. B. HÄCKER, dass bei der Eireifung von *Canthocamptus staphylinus* die Segmentirung des Kernfadens bereits eintreten kann, wenn dieser noch eine feine, körnige Beschaffenheit zeigt, während sie im anderen und zwar im extremen Falle erst stattfindet, wenn sich der Kernfaden in der Mitte des Kernraums zu einer einfachen Schlinge verdichtet und zusammengezogen hat.

Schon sehr bald nach dem Auftreten der Strahlung sieht man dieselbe sich theilen (Fig. 77, Taf. XXIX). Zwischen den beiden Plasmahöfen spannen sich Fasern aus wie die, welche man auch sonst bei der Theilung der Centrosomen beobachtet, so dass man das Bild einer Centralspindel erhält. Ob man es thatsächlich mit einer solchen im eigentlichen Sinne zu thun hat und ob sie in der von HEIDENHAIN vertretenen Weise unmittelbar bei der Theilung der Centrosomen zu Stande kommt, erschien mir nach den Bildern, welche ich erhielt, einigermaßen zweifelhaft. Diese machten mir vielmehr den Eindruck, als ob nach der Theilung der Centrosomen deren Radiensystem einfach an der betreffenden Stelle sich begegneten und, indem sie sich gegenseitig beeinflussten, die »Centralspindel« hervorriefen. Es ist schwer zu sagen, ob die Fäden in Wahrheit von einem Plasmahof zum anderen verlaufen, d. h. zwischen

beiden ausgespannt sind, oder ob dieser Eindruck, den man thatsächlich gewinnt, nicht dadurch hervorgerufen wird, dass Strahlen, die von dem einen und von dem anderen Plasmahof herkommen, sich decken. Da die Centralspindel späterhin bei der Ausbildung der ersteren Richtungsspindel keinerlei Rolle spielt und schon bald nicht mehr wahrzunehmen ist, so hat eine solche Auffassung viel Wahrscheinlichkeit für sich.

Zu der vorstehenden Auffassung war ich bereits gelangt, ehe ich diejenige DRÜNER's kennen lernte. Gegenüber der von HEIDENHAIN vertretenen Herkunft der Centralspindel von den Centrosomen meint DRÜNER, dass »die Centralspindelfasern sich aus bestimmten Gruppen von Strahlen, welche ursprünglich allen anderen um die Centrosomen herum entwickelten Strahlen morphologisch und physiologisch ganz gleich waren, durch höhere Differenzirung hervorgebildet haben. . . . « Diese Darstellung der Centralspindelbildung drückt ungefähr das aus, was auch ich aus den von mir gesehenen Bildern entnommen habe. Sie findet übrigens neuerdings auch die Zustimmung BOVERR's, der von den in Theilung begriffenen Eiern von Opisthobranchiern (nach Beobachtungen von FARLAND) angiebt, dass die Centralspindel sich dort nicht aus einer ursprünglichen Verknüpfung der beiden Centrosomen, sondern erst sekundär durch Vereinigung zweier ganz getrennter Radiensysteme entsteht.

Nach der Theilung der Centrosomen rücken sie aus einander; die Centralspindel, welche vorher vorhanden zu sein schien, geht verloren und man findet jetzt neben dem Keimbläschen zwei schon ziemlich weit von einander entfernte Strahlungen, deren Radien sich nicht mehr berühren (Fig. 84, Taf. XXX, Fig. 74, Taf. XXIX). Schließlich begeben sie sich an zwei entgegengesetzte Pole des Keimbläschens und stellen nunmehr die Polstrahlungen der Spindel dar (Fig. 79, 85, 86, Taf. XXX). Auffallend ist hierbei, dass die Centren der Strahlungen zuweilen sehr dicht der Membran des Keimbläschens anliegen (Fig. 75, 79, 86), während sie in anderen Fällen eine kurze Strecke davon entfernt sind (Fig. 74, 77, Taf. XXIX, Fig. 84, 85, Taf. XXX). Ich fand diesen Unterschied, der übrigens alle Übergänge zulässt, wie schon Fig. 74 zeigt, bei Eiern ein und desselben Individuums. Dieses Verhalten würde der weiteren Spindelbildung wegen von Interesse sein, doch scheinen sich späterhin immer die Centrosomen wieder an die Kernmembran anzulegen, so dass allem Anschein nach die Anfangs zwischen dieser und ihnen vorhandenen Strahlen (Fig. 84, 85) wieder schwinden und bei der Ausbildung der Spindel nicht verwendet werden. Wenn es zu dieser kommt, fand ich die Strahlungen dicht am Kern liegend und da

diese Lagerung fernerhin beibehalten wird, so ist die Folge davon, dass die Spindelfasern aus dem Kern hervorgehen müssen.

Ich verließ die chromatische Substanz des Keimbläschens auf einem Stadium, in welchem die vier gespaltenen, stäbchenförmigen Chromosomen unregelmäßig im Kernraum vertheilt lagen (Fig. 85 und 86). Mit dem Beginn der Spindelbildung ziehen sie sich in die Mitte des Kernes zurück und es kommt jetzt zur Bildung der Äquatorialplatte. Hier würde es nun nach der Beschaffenheit der Chromosomen fast selbstverständlich erscheinen, dass diese sich entsprechend der an ihnen bereits vorhandenen Längsspaltung anordnen und dass bei der sodann erfolgenden Bildung der Tochterplatten diese sich aus den vier Chromosomenhälften zusammensetzten. Das ist jedoch nicht der Fall, sondern die Bildung der Äquatorialplatte erfolgt in einer davon ganz abweichenden Weise.

Die Verlagerung der Chromosomen nach der Mitte des Keimbläschens hat im Stadium der Fig. 87 bereits stattgefunden, doch liegen sie noch ziemlich weit von einander entfernt und in keiner bestimmten Ordnung. Die Spindelfasern treten hervor und zwar besonders in der Nähe der Pole. Hier beginnt die Kernmembran undeutlich zu werden, während sie im Übrigen noch wohl erhalten ist. Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass die Spindelfasern aus der im Keimbläschen enthaltenen kaum färbbaren Substanz hervorgehen. In dem genannten und auch in einem etwas späteren Stadium sieht man das früher besprochene intermediäre Gerüstwerk des Kernes noch zwischen den Spindelfasern liegen (Fig. 87, 88); mit der weiteren Ausbildung der Spindel schwindet es jedoch. Ob es zur Vervollständigung der starken Spindelfasern verwendet wird oder ob es sich thatsächlich zum Theil nur um den durch die Reagentienwirkung veränderten Kernsaft handelte, der sich bei der weiteren Ausbildung der Spindel im umgebenden Zellplasma vertheilte und deshalb in den späteren Stadien nicht mehr zum Ausdruck kommt, lasse ich unentschieden. Thatsächlich hat die fertige Spindel einen bedeutend geringeren Umfang als das Keimbläschen und da dieses sich mit achromatischer Substanz erfüllt zeigte, so ist ein Übertritt derselben in den Zelleib recht wahrscheinlich.

Die Spindel befindet sich auf den in Fig. 87 abgebildeten und auch noch auf etwas späterem Stadium mit Ausnahme der Polfelder vollständig im Kern. Die intranucleoläre Entstehung der Spindelfasern liegt also hier besonders klar vor Augen (Fig. 87, 88), da die Kernmembran verhältnismäßig lange erhalten bleibt und das Keimbläschen gewissermaßen in seinem ganzen Umfang in die Spindel übergeht. Ähnliches ist auch für andere Formen beschrieben worden, z. B. von O. HERTWIG und

FOL für die Entstehung der ersten Richtungsspindel bei *Phyllirhoe* und *Pterotrachea*, von BOVERI für denselben Vorgang beim Pferdespulwurm, von WEISMANN und ISHIKAWA sowie BRAUER für die Richtungsspindel von *Artemia*, von BRAUER für die Spermatocyten von *Ascaris megaloccephala*, von RÜCKERT für die Richtungsspindel der Copepodeneier. Die letzteren zeigen eine besonders große Übereinstimmung mit den Verhältnissen bei *Ophryotrocha*, indem auch bei ihnen die Kernmembran lange erhalten und dadurch die Form des Keimbläschens trotz der schon in seinem Inneren vorgebildeten Spindel längere Zeit gewahrt bleibt.

Das lange Erhaltenbleiben der Kernmembran erinnert sehr an die bei der indirekten Kerntheilung der Protozoen obwaltenden Verhältnisse. Die schöne Untersuchung SCHEWIAKOFF's über die Kerntheilung bei *Euglypha* zeigt die Kernmembran, welche die Spindel umschließt, bis ans Ende der Theilung erhalten. Dasselbe ist bei *Arcella* der Fall, deren Kerntheilung nach GRUBER's Beobachtung mit derjenigen von *Euglypha* ganz übereinstimmt. Auch bei *Actinosphaerium* geht nach R. HERTWIG die Membran direkt auf die Tochterkerne über, welche Beobachtung neuerdings von BRAUER bestätigt wurde. Mit diesen Bildern stimmt auch die von SCHAUDINN für die Theilung der Amöbenkerne gegebene Darstellung überein, nach der ebenfalls die Spindel innerhalb des Kernraumes gebildet wird. Das Gleiche gilt für die von ISHIKAWA untersuchten Kerntheilungsvorgänge der *Noctiluca* und entsprechend sind wohl auch ROMPEL's Befunde an *Kentrochona* zu deuten. Jedenfalls liegen die Verhältnisse bei den Infusorien ähnlich wie bei den übrigen Protozoen, denn auch die Spindelbildung der Micronuclei bei den Ciliaten verläuft so, dass in den etwas gestreckten Kernen die Spindelfasern auftreten und die Spindel bei erhaltener Kernmembran zur Ausbildung gelangt, wie man dies z. B. aus R. HERTWIG's Darstellung deutlich entnehmen kann. Somit liegen also die Verhältnisse bei den Protozoen ganz ähnlich, wie sie sich oben für das Keimbläschen von *Ophryotrocha* und anderer Metazoen ergaben.

Es ist in den letzten Jahren viel über den Ursprung der Spindelfasern geschrieben worden und man hat sich gefragt, ob sie dem Kern oder dem Zellplasma entstammen. Bei den verschiedenen Zellen der Metazoen haben sie beiderlei Ursprung; im einen Falle kommen sie aus dem Kern, im anderen aus dem Protoplasma, in manchen Fällen kann auch beides zugleich der Fall sein. Neuerdings hat man diese Differenzen vom Standpunkt einer phylogenetischen Betrachtungsweise zu erklären gesucht. Ich sehe dabei von HEIDENHAIN's Ausführungen ab, welche auf eine Herleitung der Centralspindel von der Nebenkernspindel ausgehen, sondern halte mich an diejenigen, welche die verschiedenen Formen

des Verlaufs der Karyokinese in Vergleich bringen. Es hat sich dabei das Resultat ergeben, dass die Formen der Kerntheilung, bei denen die Spindel im Kernraum, d. h. bei erhaltener Kernmembran gebildet wird, die abgeleiteten, »caenogenetisch veränderten« sind und dass die Entstehung der Spindelfasern außerhalb des Kernes bei frühzeitigem Schwinden der Membran desselben den ursprünglichen Zustand darstellt (DRÜNER, BRAUS). Obwohl dabei auch auf die Kerne der Protozoen Rücksicht genommen wurde, so scheint mir doch auf ihr Verhalten ein zu geringes Gewicht gelegt worden zu sein. Da wir die Karyokinese bei den niedersten Protozoen (*Rhizopoden* speciell *Amöben*) auftreten sehen und da wir sie in verschiedenen Abtheilungen der Einzelligen in übereinstimmender Weise so verlaufen sehen, dass sich die Spindel im Kernraum bildet, so wird man dieser Art der Spindelbildung den Werth einer größeren Ursprünglichkeit zuzubilligen haben. Will man überhaupt eine phylogenetische Betrachtungsweise bei diesen im Ganzen noch recht wenig bekannten Dingen walten lassen, so wird man schon denjenigen Verlauf der Vorgänge, wie er sich bei seinem ersten Auftreten d. h. bei den Protozoen darstellt, für den ursprünglichen und das davon abweichende Verhalten der Metazoenzellen für das abgeleitete anzusehen haben. Dem entsprechend müsste man dann also die Bildung der Spindeln außerhalb des Kernraumes für eine sekundäre halten. Der auch bei der Theilung der Protozoenkerne stattfindenden Vergrößerung derselben, welche wahrscheinlich auf ein Eindringen von Zellplasma in den Kern zurückzuführen ist, kann ich dabei keinen so großen Werth beilegen, da man annehmen muss, dass die vom Kern aus dem Zellplasma in den Kern aufgenommene Substanz von ihm assimiliert, d. h. seiner eigenen Masse gleich gemacht und beigefügt wird. Eine derartige Aufnahme von Zellsubstanz in den Kern findet jedenfalls öfters im Leben der Zelle statt und man muss diese Substanzen zumal dann, wenn sie wie bei der Theilung vom Kern verarbeitet und umgestaltet werden, als dem Kern zugehörig betrachten.

Vielleicht wird man gerade bei den Keimzellen noch ursprüngliche Verhältnisse erwarten und die vielfach bei ihnen angetroffene Spindelbildung im Kernraum so deuten dürfen. Jedenfalls ist die Übereinstimmung der Spindelbildung bei ihnen und den Protozoenkernen auffallend. Zu verkennen ist dabei allerdings nicht, dass die Kerne der Eizellen wohl vielfach durch den großen Umfang der letzteren und die in ihnen stattgefundene Aufspeicherung von Nährsubstanz beeinflusst und in ihrem Bau verändert worden sind, denn die nach der genannten Richtung fortschreitende Ausbildung der Zelle wird auch für den Kern neue Funktionen mit sich gebracht haben. Immerhin findet man aber

auch in der Struktur der Eikerne eine Übereinstimmung mit derjenigen der Protozoenkerne. So machte schon früher BOVERI (1887 p. 14) darauf aufmerksam, dass sich das Keimbläschen der von ihm untersuchten Nematodeneier durch die außerordentliche Mächtigkeit einer vom Chromatin unabhängigen achromatischen Kernsubstanz von den typischen Metazoenkernen sehr beträchtlich unterscheidet und eher an die Kerne der Protozoen erinnert. Die Chromatinarmuth der Keimbläschen und ihr reicher Gehalt an achromatischer Substanz gilt bekanntlich für die thierischen Eier im Allgemeinen. Dass bei der übereinstimmenden Struktur der Kerne auch ihre Theilungsvorgänge sich in ähnlicher Weise abspielen, erscheint sehr naheliegend.

Nach dieser Abschweifung kehre ich zur Schilderung der Spindelbildung zurück. Anfangs noch vollständig im Keimbläschen gelegen und in Folge dessen die Gestalt des letzteren zeigend, erscheint die Spindel in einem etwas späteren Stadium tonnenförmig (Fig. 88), obwohl auch jetzt die Membran des Keimbläschens noch vorhanden ist. Übrigens tritt dieselbe nicht mehr so scharf hervor wie in früheren Stadien und sie ist fast von einer von Pol zu Pol verlaufenden Spindelfaser nicht zu unterscheiden, zumal die Spindelfasern sehr stark sind.

Von jetzt an nähert sich die Spindel immer mehr ihrer endgültigen Gestaltung. Aus der plumpen, tonnenförmigen geht sie in eine schlankere Gestalt über (Fig. 88 und 89), ja sie wird sogar später ganz besonders schlank und gestreckt, wie dies durch die Übergänge der Fig. 90 und 91 bis zum fertigen Zustand der Spindel (Fig. 93, Taf. XXX, Fig. 104, Taf. XXXI) zu verfolgen ist. Im Verhältnis zur Größe des Eies ist sie außerordentlich umfangreich und dies sowie ihre Lage inmitten des Eies (Fig. 93) ruft zunächst den Eindruck hervor, als ob die durch sie veranlasste Zelltheilung zu einer Zertheilung des Eies in zwei gleiche Abschnitte führen sollte. Man möchte an eine Reminiscenz an frühere Zeiten glauben, als der Vorgang, welchen wir jetzt in der Form der Richtungskörperbildung kennen, thatsächlich noch zur Bildung von Zellen gleichen Umfangs führte. Eine solche Vermuthung liegt um so mehr nahe, als wir die geschilderte Größe und Lage der ersten Richtungsspindel auch bei anderen Formen antreffen. So findet sich z. B. bei verschiedenen *Hirudineen* und *Nematoden* inmitten des Eies eine große schlanke Spindel, die später an die Peripherie rückt (BÜTSCHLI, O. HERTWIG). Das Gleiche ist bei *Phyllirhoë* und *Pterotrachea* der Fall (O. HERTWIG, Fol.). Eine äußerst umfangreiche Richtungsspindel weisen die Eier von *Echinorhynchus* auf, in denen sie einen beträchtlichen Theil des ganzen Eies einnimmt (HAMANN). Sehr bemerkenswerth ist nach dieser Richtung auch die Darstellung E. L. MARK'S

für *Limax campestris*, der bei dieser Form eine große, ebenfalls in der Mitte des Eies gelegene Richtungsspindel auffand, deren umfangreiche Polstrahlungen ähnlich, wie bei *Ophryotrocha* fast bis an die Eiperipherie reichen. Auch wenn die Spindel an die Peripherie rückt, behält sie zunächst ihren Umfang bei, so wie dies auch bei *Ophryotrocha* der Fall ist (Fig. 94). Merkwürdig ist es, dass auch die zweite Richtungsspindel eine fast centrale Lage und bedeutende Größe besitzt. Wenn man jener oben ausgesprochenen Auffassung huldigt, so würden also hier beide Richtungsspindeln einen sehr ursprünglichen Charakter zeigen. Die Richtungskörper selbst stimmen übrigens bei *Limax* mit diesem Verhalten überein, indem sie sehr groß und ihre Kerne von einem ansehnlichen Protoplasmaleib umgeben sind. Sie geben sich dadurch sofort als echte Zellen zu erkennen, was sonst weniger deutlich der Fall zu sein pflegt. Übrigens treten Kern und Zellplasma auch an den Richtungskörpern von *Ophryotrocha* sehr klar hervor (Fig. 445—449, Taf. XXXI). Nach den neueren Untersuchungen von SOBOTTA über die Reifung und Befruchtung des Eies der Maus verhält es sich bei diesem Säugethier ebenfalls so. Hier sind die Kerne der Richtungszellen sogar ganz besonders deutlich und deren Umfang ist im Vergleich zum Ei ein ungewöhnlich großer. Sie übertreffen die Gewebszellen an Größe, was SOBOTTA veranlasst, sie direkt als »reife Geschlechtszellen mit reducirter Chromosomenzahl« anzusprechen. Er hält es nicht für ausgeschlossen, dass unter Umständen auch ein Richtungskörper befruchtet wird, obwohl er das nicht beobachtet hat. Theoretisch lässt sich dagegen nichts einwenden und thatsächlich hat PLATNER bei *Arion empiricorum* das Eindringen von Spermatozoen in die Richtungskörper beobachtet. Als den Eiern ähnliche Zellen geben sich dieselben auch dadurch zu erkennen, dass sie von einer Hülle wie das Ei selbst umgeben sein können. Dies ist z. B. bei *Amphorina coerulea* nach TRINCHESE der Fall. Wie die Eihaut entsteht diese Hülle durch Differenzirung der äußeren Plasmahaut und ist daher als Dotterhaut anzusprechen.

Da die Richtungsspindel in der Mehrzahl der Fälle, ganz abgesehen von denjenigen Formen, bei denen sie in Folge ihrer Größe und centralen Lage im Ei mehr einer Furchungsspindel gleicht, Anfangs länger ist und erst später eine Verkürzung erfährt, so spricht dies dafür, dass ihre Kürze und der damit verbundene Zerfall des Eies in ungleiche Theilstücke eine sekundäre Erscheinung ist und dass früher derselbe Vorgang jedenfalls eine Zertheilung des Eies in gleichwerthigere Stücke herbeiführte.

Die ausgebildete, inmitten des Eies gelegene Richtungsspindel von *Ophryotrocha* zeigt eine eigenthümliche Anordnung des Chromatins. Man

erkennt vier dicht an einander gedrängte, längliche Chromatinkörner, welche die Äquatorialplatte darstellen (Fig. 92). Die letztere kommt folgendermaßen zu Stande. Die vier längsgespaltenen Chromosomen verlagerten sich, nachdem sie, wie schon früher erwähnt, unregelmäßig im Keimbläschen vertheilt waren (Fig. 85, 86) gegen die Mitte des letzteren (Fig. 87). Hier findet man sie dann in verschiedenen Stellungen. Zuweilen sind sie bereits ziemlich nahe an einander gelagert, ohne dass noch eine bestimmte Ordnung zu erkennen wäre. In anderen Spindeln scheint es jedoch fast, als ob je zwei der gespaltenen Stäbchen die Neigung hätten, sich an einander zu legen, wenigstens findet man gelegentlich so, wie es die Fig. 88 zeigt, die Stäbchen zu zwei Paaren geordnet. Eine ganz regelmäßige und der endgültigen Anordnung entsprechende Lagerung ist dies freilich noch nicht, denn zwei der Stäbchen stoßen nicht mit den Enden an einander, sondern das eine liegt mit dem einen Ende ungefähr der Mitte des anderen an. Eine leichte Verschiebung würde allerdings genügen, um ihm die Stellung zu geben, wie sie die anderen beiden Stäbchen zeigen. Diese liegen mit dem Ende an einander, welche Stellung der endgültigen Lage ungefähr entsprechen würde.

Indem ich an die Vierergruppen anderer Formen dachte, war ich anzunehmen geneigt, dass eine Vereinigung wie die geschilderte die Regel sei, doch konnte ich das nicht finden, sondern ich beobachtete Spindeln auf einem späteren Stadium, bei denen eine solche Anordnung der Stäbchen nicht eingetreten war. So sieht man in Fig. 89 zwei der Stäbchen allerdings an einander liegen, aber nicht hinter einander, sondern fast parallel, die anderen beiden sind jedoch noch weit von einander getrennt. An den letzteren ist die Spaltung deutlich, während sie an den beiden anderen Stäbchen wohl in Folge ihrer Lagerung nicht zu bemerken ist.

Die Ausbildung der Spindel vollzieht sich außerordentlich rasch, denn in der großen Anzahl von Würmern, die ich darauf untersuchte, und von denen ich nach der Beschaffenheit der Eier annehmen konnte, dass sie sich in dem gesuchten Stadium befinden möchten, fand ich die Eier doch nur selten auf der richtigen Ausbildungsstufe. Zumeist zeigen sie das Keimbläschen mit dem Kernfaden oder die bereits fertige Richtungsspindel. So traf ich das in Fig. 90 gegebene Bild nur ein einziges Mal an, und darf auch deshalb kein zu großes Gewicht auf dasselbe legen, weil das betreffende Ei gedrückt war und es nicht ausgeschlossen schien, dass die vorher bereits parallel gelagerten Stäbchenpaare dadurch aus einander gedrängt worden waren. Hier sieht man nun thatsächlich je zwei Stäbchen an einander stoßen, so

dass zwei Paare vorhanden sind, doch konnte ich, wie gesagt, nicht feststellen, dass dieses Verhalten der Regel entspräche.

Mit der endgültigen Anordnung der Chromosomen findet gleichzeitig auch noch eine weitere Verkürzung derselben statt. Sie werden dadurch plumper und erscheinen nunmehr wie vier längliche Körner (Fig. 91, 92, 93). In Verbindung damit ist auch die Längsspaltung geschwunden. Sie lässt sich an den Chromosomen der fertigen Spindel nie mehr erkennen. Diese sind übrigens jetzt so dicht an einander gedrängt, dass sie zusammen den Eindruck eines einzigen viertheiligen Chromosomas hervorbringen (Fig. 91—94). Sie sind sogar noch dichter zusammengelagert als die einzelnen Partien eines viertheiligen Chromosomas von *Ascaris megalcephala*, wie man aus einer Vergleichung mit den von VAN BENEDEN und BOVERI gegebenen Abbildungen erkennt. Ein helles Kreuz bezeichnet allein noch die Trennungslinien der vier Chromosomen (Fig. 91 und 92, Taf. XXX, Fig. 104, Taf. XXXI). Es lag also zum mindesten nahe, dass ich dieser Richtungsspindel, als ich sie zuerst kennen lernte, denselben Charakter wie derjenigen von *Ascaris megalcephala univalens* zuschrieb, d. h. dass ich das Vorhandensein nur eines viertheiligen Chromosomas annahm. Dies stellt sich nunmehr als ein Irrthum heraus, doch wird derselbe dadurch noch verzeihlicher, dass auch der in Abschnürung begriffene und der abgeschnürte erste Richtungskörper nur zwei Chromatinkörner enthalten kann, ganz so wie bei *Ascaris megalcephala univalens* (Fig. 104, Taf. XXX, Fig. 143, Taf. XXXII). Davon wird weiter unten noch die Rede sein.

Die Umbildung, welche das Chromatin der ersten Richtungsspindel weiterhin erfährt, könnte die Vermuthung aufkommen lassen, dass die Äquatorialplatte sich nicht nur aus den vier Chromatinkörnern zusammensetze. Um in dieser Beziehung von vorn herein jeden Zweifel auszuschließen, gebe ich eine Ansicht der Spindel, wie man sie erhält, wenn die Schnitte senkrecht zur Spindelachse durch das Ei geführt wurden. Die Polansicht zeigt zwei Chromatinkörner, umgeben von einem ziemlich homogenen Plasmahof, welcher dem Raum zwischen dem Spindelmantel entspricht (Fig. 94 b). Derartige Bilder bekommt man an Schnitten oft zu Gesicht.

Wie die erste Richtungsspindel von *Ophryotrocha* bezüglich ihres Chromatins eigenartige Verhältnisse aufweist, so ist dies auch in Betreff ihrer achromatischen Bestandtheile der Fall. Wir sahen die Spindel im Inneren des Keimbläschens sich anlegen, und zunächst dessen ganzen Innenraum einnehmen (Fig. 87 und 88). Man muss annehmen, dass die Fasern sich an die Chromosomen ansetzen und deren

vorher besprochene Lageveränderungen veranlassen. In Verbindung damit erfolgt jene ebenfalls schon besprochene Umgestaltung der Spindel, welche aus der Tonnenform in die gestreckte Gestalt übergeht (Fig. 88 bis 92). Die viertheilige Chromatinmasse liegt jetzt inmitten der Spindel. Von ihr ziehen zwei Faserpaare nach dem oberen und zwei ebensolche nach dem unteren Pole hin, so dass, so viel ich sehen kann, an jedes Chromosoma ein Paar zuweilen eng an einander liegender, zuweilen mehr von einander abstehender Fasern sich ansetzt (Fig. 92, Taf. XXX). Außerdem sind aber noch Fasern vorhanden, welche außerhalb, d. h. in der Umgebung der Chromosomen von Pol zu Pol ziehen. In jüngeren Spindeln sah ich drei solcher Mantelfasern an jeder Seite (Fig. 90 und 91), doch sieht man außerdem noch höher oder tiefer gelegene Fasern. Bei älteren Spindeln zählt man zwei starke Fasern jederseits, doch sind dies offenbar ebenfalls Faserpaare, wenigstens sieht man die innere Faser zumeist in zwei eng an einander liegende Fasern gespalten. Wie dieses innere Mantelfaserpaar und die starken äußeren Mantelfasern sich zu den in den früheren Stadien erwähnten Fasern verhalten, habe ich nicht untersucht. Überhaupt schenkte ich, wie schon oben erwähnt, den achromatischen Strukturen hauptsächlich aus dem Grunde keine besondere Aufmerksamkeit, weil ich nicht in der Lage war, dafür besonders geeignete Konservierungsmethoden anzuwenden.

Bei der Theilung des neben dem Keimbläschen gelegenen Centrosomas wurde vom Vorhandensein einer Art von Centralspindel gesprochen (Fig. 77, Taf. XXIX). Dieses Gebilde hat jedoch nicht dieselbe Bedeutung wie bei anderen Zellen, sondern geht schon bald beim Auseinanderrücken der Centrosomen verloren, da diese sich am Umfang des erhalten bleibenden Keimbläschens weit von einander entfernen (Fig. 74, 81, 86). Eine Centralspindel ist also in der ausgebildeten Richtungsspindel nicht vorhanden, sondern die Chromosomen liegen vielmehr gerade inmitten der Spindel, wo sie dicht zusammengedrängt die Äquatorialplatte bilden. Dem entsprechend werden die Fasern, welche die Pole mit den Chromosomen verbinden, in der Mitte der Spindel gefunden, während die von Pol zu Pol ziehenden Fasern deren Mantel bilden (Fig. 91, 92).

Ein derartiger Bau der Spindel ist auch von anderen Formen bekannt, so liegen z. B. bei der ersten Richtungsspindel des Pferdespulwurms die Chromosomen inmitten der Spindel, und der Mantel derselben wird aus den von Pol zu Pol verlaufenden Fasern gebildet, wie man aus BOYER'S Darstellung entnehmen kann. Ein ähnliches Verhalten schildert BRAUS neuerdings sehr eingehend von den Zellen der

einschichtigen Tritonblastula. Bei ihnen stellt sich der Bau des ausgebildeten Monasters als eine Spindel mit einem Central- und Manteltheil dar. »Das Centrum nehmen die Chromosomen mit ihren Bändchen und Fäserchen, den Mantel die Pol mit Pol verbindenden Fasern ein. Gerade umgekehrt, wie bei den uns bekannten Spindeln (der älteren Tritonblastulae und Gastrulae, sowie des Salamanderhodens), sind also die Polverbindungen, dort Centralspindelfasern, zu Mantelfasern, die Zugfasern, dort Mantelfasern, zu Centrafasern geworden« (BRAUS, 1895, p. 473). Bei *Ophryotrocha* liegt dieses Verhalten in Folge der dichten Zusammendrängung der Chromosomen und der starken Ausbildung der Spindelfasern besonders klar. Man trifft auf den Schnitten ziemlich oft Spindeln an, welche nur Mantelfasern zeigen, da die Chromosomen erst im nächsten Schnitt enthalten sind (Fig. 94 a). Die Spindel scheint somit nur aus achromatischer Substanz zu bestehen. Im nächsten Schnitt folgt dann der übrige Theil der Spindel, welcher die Chromosomen enthält. Während ich sonst, auch bei Spindeln, deren Fasern und Chromosomen vorzüglich erhalten waren, an den Polen der Spindeln die schon früher erwähnte körnige Plasmamasse oder ein helleres kugeliges Gebilde von einem dunklen Hof umgeben fand, sah ich in der unteren Polstrahlung der abgebildeten Spindel (Fig. 94 a) eine feinkörnige dunkle Plasmamasse, und in ihr zwei dicht an einander liegende runde Gebilde. Hier an ein Archoplasma und das in ihm enthaltene, bereits getheilte Centrosoma zu denken, liegt jedenfalls außerordentlich nahe und doch machen die an anderen Spindeln auftretenden Verhältnisse diese Annahme wieder zweifelhaft, da auch der ganze Plasmahof einheitlich und ziemlich scharf begrenzt erscheinen kann. Sieht man das Ganze als Centrosoma an, so muss man die Innenkörper für die in ihnen gelegenen Centralkörner oder Centralbläschen halten, wie sie z. B. HÄCKER in den Wintereiern von *Sida* auffand. Ähnliche Bilder begegneten mir auch bei anderen Richtungsspindeln und Entsprechendes werde ich auch für die erste Furchungsspindel mitzutheilen haben. Um jedoch bei dem einen bestimmten Falle zu bleiben, so sieht man in der oberen Polstrahlung der betreffenden Spindel (Fig. 94 a) drei rundliche Gebilde gelegen und es ist schwer zu sagen, ob sie von derselben Natur wie jene beiden sind, oder ob nur zufälligerweise eine Vacuole hinzutrat.

3. Die Bildung der Richtungskörper.

Auf dem zuletzt geschilderten Stadium der langgestreckten, central gelegenen Richtungsspindel erfolgt die Ablage der Eier. Die weiteren Vorgänge der Eireifung spielen sich also außerhalb des mütterlichen Körpers ab. Selten nur kommt es vor, dass die Richtungsspindel schon

innerhalb des mütterlichen Körpers ihre centrale Lage aufgibt und sich verkürzt. Fälle, in denen abnormerweise eine weitere Entwicklung im Mutterthier stattfindet, werden weiter unten noch besprochen werden.

Die Abschnürung der Richtungskörper wird dadurch eingeleitet, dass die inmitten des Eies gelegene Spindel an dessen Rand tritt, wobei sie zunächst ihre ganze Länge beibehält (Fig. 93 u. 94, Taf. XXX). Die Radien der nunmehr randständigen Polstrahlung, die vorher sehr umfangreich waren, erfahren dabei eine beträchtliche Verkürzung (Fig. 94). Die Spindel selbst behält nicht lange ihre frühere bedeutende Länge bei, sondern verkürzt sich erheblich (Fig. 95—100), wobei ihre schlanke Gestalt allmählich verloren geht und eine plumpe, mehr tonnenförmige Spindel zu Stande kommt.

Mit der Verkürzung der Spindel geht die Theilung der Äquatorialplatte Hand in Hand. Die in Fig. 95 abgebildete Spindel ist schon beträchtlich verkürzt; man sieht, dass die vier Chromatinkörner der Äquatorialplatte zu zwei und zwei aus einander gewichen sind. Dieser letztere Vorgang und die Verkürzung der Spindel zeigen sich in Fig. 96 weiter fortgeschritten. Derartige Bilder sind in großer Anzahl und völliger Klarheit leicht zu erhalten. Sie sind von Wichtigkeit, weil bei der Theilung der Äquatorialplatte, wie man sieht, nicht eine Spaltung der Chromatinkörner, sondern ein Auseinanderweichen vollständiger Chromosomen stattfindet. Auf diesen Punkt muss noch späterhin näher eingegangen werden.

Die aus je zwei Körnern bestehenden Tochterplatten weichen immer weiter aus einander (Fig. 104) und nunmehr beginnt an ihnen ein eigenthümlicher Vorgang. Es tritt nämlich eine Spaltung jedes der vier Chromosomen in zwei Hälften ein (Fig. 97—100).

Man wird sich aus der früheren Darstellung erinnern, dass die vier zur Äquatorialplatte der ersten Richtungsspindel zusammentretenden Stäbchen eine deutliche Längsspaltung zeigten (Fig. 85—90). Diese ging späterhin mit der weiteren Ausbildung der Spindel verloren oder war doch nicht mehr zu erkennen (Fig. 94 u. 92). Es scheint nun, als ob dieselbe Längsspaltung in etwas späteren Stadien, d. h. nach der Bildung der Tochterplatten wieder hervorträte. Jedenfalls bemerkt man zuweilen an den Chromosomen der schon weit von einander entfernten Tochterplatten eine helle Längsline, welche eine derartige Spaltung andeutet (Fig. 98). Ihrer Lage nach entspricht sie durchaus derjenigen, die an den noch nicht zur Äquatorialplatte vereinigten Chromosomen zu bemerken ist. Vielfach ist auch am schmalen Ende der Chromosomen eine mehr oder weniger tiefe Einkerbung wahrzunehmen (Fig. 97 und 98),

welche ebenfalls die beginnende Längsspaltung derselben anzudeuten scheint. In Fig. 97 bemerkt man dieselbe nur in der oberen Platte, während diejenigen der unteren Platte die Spaltung noch nicht erkennen lassen. In der Spindel Fig. 98 tritt dagegen sowohl die Einkerbung wie auch die Spaltungslinie an allen Chromosomen deutlich hervor. Diese Spindel zeigt sich überhaupt ihrer Lage und Gestaltung nach als weiter ausgebildet. Ihr äußerer Pol ist dem Eirand stark genähert und die Spindelfasern sind sehr verkürzt. In einem weiteren Stadium sieht man dann anstatt zwei in jeder Tochterplatte vier Chromatinkörner gelegen (Fig. 99 und 100), die durch die Spaltung der beiden Chromosomen entstanden. Bei manchen Spindeln sind alle vier Körner deutlich zu erkennen (Fig. 100, 102), während man in anderen nicht mit Sicherheit vier Körner zu zählen vermag (Fig. 99). Nicht immer lässt sich dies dadurch erklären, dass das eine oder andere Korn verdeckt ist, sondern es kann auch damit zusammenhängen, dass die Spaltung nicht ganz gleichzeitig in den beiden Chromosomen einer Tochterplatte auftritt. Eines der beiden Chromosomen kann bereits in zwei Theilstücke zerfallen sein, während bei dem anderen die Spaltung erst angedeutet ist.

Es kommt nicht selten vor, dass in einem Gelege einzelne Eier in der Entwicklung zurückbleiben oder überhaupt nicht zur weiteren Entwicklung gelangen. Während alle übrigen, normal entwickelten Eier sich auf dem gleichen, mehr oder weniger weit fortgeschrittenen Stadium befinden, zeigen solche zurückgebliebene Eier noch immer die langgestreckte erste Richtungsspindel. Die in Fig. 104 *a* abgebildete Spindel entstammt einem Gelege, dessen Eier bereits den ersten Richtungskörper zur Abschnürung bringen (Fig. 103) und ist einem solchen in der Ausbildung zurückgebliebenen Ei entnommen. Dieses Verhalten erscheint mir nicht ohne Interesse, weil es ebenfalls auf die Ableitung der verkürzten Richtungsspindel mit vier Chromatinkörnern in jeder Tochterplatte von der langgestreckten Spindel mit je zwei Chromosomen hinweist. Es muss hierbei erwähnt werden, dass die Spaltung der Chromosomen in einzelnen Fällen überhaupt erst auf einem etwas späteren Stadium eintreten kann, worauf jedoch erst später eingegangen werden soll.

Nachdem sich die Spaltung der Chromosomen vollzogen hat, verläuft die weitere Ausbildung des ersten Richtungskörpers in einer mit den Vorgängen bei anderen Eiern sehr übereinstimmenden Weise. Die äußere Tochterplatte der Richtungsspindel liegt dem Eirand jetzt sehr dicht an (Fig. 102) und an dieser Stelle wölbt sich nunmehr das Ei-plasma vor, die äußere Platte tritt in den Plasmahügel ein, womit die

Anlage des ersten Richtungkörpers gebildet ist (Fig. 403, Taf. XXXI). Die beiden Tochterplatten zeigen sehr klar die vier Chromatinkörner. Um jeden Zweifel darüber zu benehmen, der bei den bloßen Seitenansichten der Spindel noch gehegt werden könnte, gebe ich zwei Abbildungen der Tochterplatten in der Polansicht (Fig. 407 und 408). Dieselben entstammen zwei verschiedenen Eiern. Es kann hier nicht dem geringsten Zweifel unterliegen, dass jede Tochterplatte jetzt vier Körner aufweist. Die Polansicht der Spindel in einem früheren Stadium, wenn die Äquatorialplatte noch besteht, zeigt nur zwei Chromosomen (Fig. 94 b, Taf. XXX). In den Fig. 407 und 408 erscheinen die Chromosomen besonders umfangreich. Die betreffenden Eier waren mit Sublimat konserviert worden, wobei zuweilen eine Quellung des Chromatins eintritt; so auch in diesem Falle.

Der erste Richtungkörper schnürt sich in der gewöhnlichen Weise vom Ei ab. An der Stelle wo dies geschah, bemerkt man öfters eine Abplattung der Eioberfläche; auch erscheint dieselbe hier höckrig und uneben (Fig. 404—406). Im Richtungkörper sind die vier Körner zunächst noch sehr klar zu erkennen (Fig. 404); später werden sie dadurch undeutlich, dass sie sich eng an einander drängen und wie mit einander verklebt erscheinen (Fig. 405 und 406). Die vier Körner der im Ei zurückbleibenden Tochterplatte waren hingegen auch in diesen Fällen sehr deutlich ausgebildet (Fig. 404—406).

Die Polstrahlung der inneren Platte bleibt in voller Ausbildung bestehen. Auch in den zuletzt geschilderten Stadien der Richtungkörperbildung vermochte ich nicht immer eine Differenzierung im Archoplasma wahrzunehmen. So zeigt dasselbe in den Fig. 97—102 eine feinkörnige Beschaffenheit bei dunkler Färbung, während in den von anderen Gelegen herstammenden Eiern (Fig. 403—406) in dem dunklen Archoplasma ein kreisförmiges, freilich wenig deutlich kontourirtes Gebilde, jedenfalls das Centrosoma, zu bemerken ist. Wiederholt konnte ich auch dessen Theilung beobachten. In den Stadien der beginnenden und eben vollzogenen Abschnürung des ersten Richtungkörpers fand ich es noch einfach (Fig. 403 u. 404), wogegen man es in einem etwas späteren Stadium (Fig. 405) langgezogen und ein wenig eingeschnürt, etwa von Semmelform, findet. Die Theilung vollzieht sich dann, indem beide Hälften aus einander weichen.

Bei solchen Bildern wie den zuletzt besprochenen kann es kaum einem Zweifel unterliegen, dass man in dem hellen kugeligen Gebilde, welches inmitten eines dunklen Plasmahofs und der davon ausgehenden Strahlung liegt, das Centrosoma vor sich hat. Sein Verhalten bei der Theilung bestätigt dies.

Mit der Einschnürung und Theilung des Centrosomas wurde bereits die Bildung des zweiten Richtungskörpers vorbereitet. Die vorher noch erhaltenen und gegen den ersten Richtungskörper zu verlaufenden Verbindungsfasern (Fig. 104) werden allmählich undeutlicher (Fig. 105) und schwinden schließlich (Fig. 106). Die Theilung des Centrosomas ist erfolgt. Beide Centrosomen sind bereits weiter aus einander gerückt und zwischen ihnen spannen sich Fasern wie die einer Centralspindel aus (Fig. 106). Man erkennt aus alledem, dass die Centrosomen und Polstrahlungen bei den Richtungsspindeln von *Ophryotrocha* gut entwickelt sind, was bekanntlich durchaus nicht bei allen Eiern der Fall ist.

Die vier Chromatinkörner lagen bis jetzt ungefähr in einer Ebene. Nunmehr ändern sie ihre Stellung zu einander, indem sie sich paarweise so anordnen, dass diese beiden Paare als Tochterplatten einer paratangential am Eirand liegenden Kernspindel erscheinen. In Folge der früher geschilderten Entstehung der vier Chromatinkörner in den Tochterplatten der ersten Richtungsspindel wäre es wichtig gewesen, festzustellen, welcher Abkunft die paarweise an einander gelagerten Chromosomen der zweiten Richtungsspindel sind. Es ist die Möglichkeit vorhanden, dass die beiden Chromatinkörner ein- und derselben Tochterplatte der zweiten Richtungsspindel früher durch Spaltung ein es Chromosomas entstanden, so dass bei der später erfolgenden Theilung der Spindel wiederum wie in der ersten Richtungsspindel vollständige Chromosomen von einander entfernt würden. Andererseits könnten aber auch die in den beiden Tochterplatten einander gegenüber liegenden Chromatinkörner durch Spaltung eines Chromosomas entstanden sein und in diesem Falle würden also bei der Theilung zwei Spaltheilungen zweier Chromosomen von deren anderen beiden Spaltheilungen entfernt. Ich werde von diesem Punkt weiter unten nochmals zu sprechen haben und kann hier nur erwähnen, dass es nicht möglich war aus der Stellung der Chromosomenhälften in der ersten Richtungsspindel und ihrem Übergang in die Tochterplatte der zweiten Richtungsspindel etwas Sicheres über ihre Zugehörigkeit zu einander festzustellen.

Wie sich schon aus dem Vorhergehenden ergab, ist die Lage der zweiten Richtungsspindel zunächst eine paratangentiale (Fig. 109). Ob die allem Anschein nach bei der Theilung der Centrosomen angelegte Centralspindel (Fig. 106) erhalten bleibt und die Chromosomen zwischen ihre Fasern hineingedrängt bezw. von den sich an sie ansetzenden Spindelfasern hineingezogen werden, vermag ich nicht zu sagen. Jedenfalls besitzt die zweite Richtungsspindel eben so wenig wie die erste eine eigentliche, d. h. die Mitte einnehmende Centralspindel, sondern auch bei ihr sind central die Chromosomen der Äquatorialplatte

gelagert. Blicke jene »Centralspindel« also erhalten, so müsste man annehmen, dass ihre von Pol zu Pol ziehenden Fasern aus einander weichen, um die Chromosomen mit ihren »Zugfasern« ins Innere treten zu lassen. Die letzteren würden also zunächst außerhalb der Spindelanlage (Centralspindel) gelegen sein, um dann ins Innere derselben zu gelangen (Fig. 406, 409).

Der Bau der zweiten Richtungsspindel stimmt in den einzelnen Stadien mit der ersten Richtungsspindel sehr überein, wie sich aus den Fig. 409—412 ergibt. Die Chromosomen liegen auch hier zunächst ziemlich eng an einander. Von ihnen ziehen die Spindelfasern nach den Polen und Mantelfasern, die von Pol zu Pol verlaufen, umgeben ganz ähnlich wie dort den inneren Spindeltheil. Nur ist die Spindel von Anfang an weit kleiner und nimmt stets eine periphere Lage ein. Aus ihrer paratangentialen Lage geht die Spindel bald in eine schräge Stellung über (Fig. 410), wobei sich die aus zwei Chromatinkörnern bestehenden Tochterplatten weiter von einander entfernen. Aus der schrägen wird bald eine radiale Stellung der Spindel (Fig. 411). Ihr äußerer Pol hat sich ziemlich dicht dem Eirand angelegt. Darüber sieht man immer den ersten Richtungskörper gelegen, dessen Chromosomen sich übrigens nicht mehr als solche erkennen lassen, sondern meistens zu einer größeren Chromatinmasse zusammengesmolzen erscheinen (Fig. 410—412). Bald erfolgt in ganz entsprechender Weise wie bei der Bildung des ersten Richtungskörpers eine Vorwölbung des Protoplasmas, in welche die äußere Tochterplatte der Spindel eintritt (Fig. 412). Die Abtrennung des zweiten Richtungskörpers erfolgt dann unter ähnlichen Erscheinungen wie diejenige des ersten. Das Ei erscheint an dieser Stelle abgeplattet, zuweilen sogar etwas eingedrückt, der Rand ist ebenfalls uneben und höckerig (Fig. 413). Im zweiten Richtungskörper sind noch deutlich die beiden Chromatinkörner zu erkennen, die später in ähnlicher Weise wie im ersten umgestaltet werden. Die im Ei zurückbleibende Tochterplatte zeigt zunächst ebenfalls noch zwei Chromosomen, die jedoch schon die Eigenthümlichkeit besitzen, dass sie sich schwächer färben als früher (Fig. 413). Einen Theil der Kernspindel sieht man noch erhalten, doch gelangt auch dieser bald zur Rückbildung, indem die Spindel- und Verbindungfasern im Eiplasma verschwinden. Länger erhalten dagegen bleibt die Polstrahlung. Dass sie zunächst bei der noch bestehenden Tochterplatte vorhanden ist (Fig. 413) nimmt nicht Wunder, jedoch fand ich sie ausnahmsweise auch später neben dem bereits gebildeten Eikern noch vor (Fig. 414). Ich kann gleich hier bemerken, dass die Polstrahlung des Eikerns und damit wohl auch sein Centrosoma früher oder später verloren geht. Die Regel ist, dass

die erstere bereits zur Zeit des Übergangs der im Ei verbleibenden Tochterplatte in den ruhenden Eikern schwindet.

Mit dem zuletzt geschilderten Stadium ist die Eireifung vollendet. Der ruhende Eikern wird zunächst dicht unter den Richtungskörpern entsprechend der früheren Lage der Spindel angetroffen, um sich später gegen die Mitte des Eies hin zu begeben. Die Richtungskörper behalten ihre Lage sehr fest bei und dadurch kann man den Eikern auch späterhin, wenn er dem unterdessen zur Ausbildung gelangten Spermakern in der Struktur gleich geworden ist, noch erkennen. Die Richtungskörper selbst sind ihrer Entstehung nach auch späterhin noch von einander zu unterscheiden. Der erste ist immer größer und chromatinreicher als der zweite (Fig. 443 und 444).

4. Die weitere Umbildung der Richtungskörper.

Die Richtungskörper von *Ophryotrocha* sind verhältnismäßig groß, so dass sich ihre Struktur bei der weiteren Ausbildung, welche sie erfahren, besonders gut erkennen lässt. Diese letztere verläuft übrigens bei ihnen in etwas verschiedener Weise und zwar so, dass auch daraus der Charakter der Richtungskörper als rudimentäre Gebilde recht klar hervorgeht. Der einfachste Fall ist der, dass man zwei Richtungskörper, einen kleineren und einen größeren auffindet, die sich als deutliche Zellen mit einem ziemlich umfangreichen Plasmaleib und einem ruhenden Kern zu erkennen geben. Diese Struktur zeigen die Richtungskörper schon bald nach ihrer Entstehung (Fig. 445), wie auch in späteren Furchungsstadien. Die Färbung der Kerne ist eine sehr dunkle; in ihnen tritt ein chromatisches Gerüstwerk auf. Zumeist ist die Struktur der Kerne beider Richtungskörper nicht so gleichartig, wie sich dies aus der Fig. 445 ergibt, sondern der kleinere Kern erscheint gewöhnlich bedeutend dunkler, der große dagegen heller gefärbt, so dass dadurch im letzteren das Chromatingerüst weit deutlicher zu erkennen ist. In seltenen Fällen fand ich auch den Kern des zweiten Richtungskörpers heller gefärbt und mit einem dadurch sehr deutlich erkennbaren Chromatingerüst versehen (Fig. 448_{r₂}). Der Kern des ersten Richtungskörpers bildet sich zuweilen in derselben Weise aus, wie sie früher für die Kerne der Furchungszellen von *Ophryotrocha* beschrieben wurde oder wie sie auch bei dem Ei- und Spermakern stattfindet. Es entsteht ein umfangreicher Kernkörper, welcher in einem chromatischen Gerüstwerk des Kernes liegt (Fig. 447_{r₁}). Man hat es also hier mit echten ruhenden Kernen zu thun. Diese Beschaffenheit zeigen jedoch die Kerne nicht immer, sondern derjenige des ersten Richtungskörpers tritt in sehr verschiedenartiger Struktur auf, was damit zusammenhängt,

dass sich diese Zelle auf mitotischem Wege theilen kann. Sie thut dies zwar nicht regelmäßig, aber doch häufig, so dass man bei vielen Eiern drei, bei anderen jedoch nur zwei Richtungskörper vorfindet. Im letzteren Falle scheint der Kern des ersten Richtungskörpers sich schon sehr bald zu einem ruhenden Kern umzuwandeln. Ich fand vielfach diesen Kern in einem Zustand, welcher zunächst darauf hindeutete, dass man es mit einem aus der Ruhe in die Theilung übergehenden Kern zu thun habe und ich war auch eine Zeit lang geneigt, diese Kerne derartig aufzufassen. Einige von ihnen sind in den Fig. 118—120 abgebildet. Wiederholt fand ich einen knäuelförmig gewundenen Kernfaden (Fig. 120), welchen man zunächst als das der Bildung der Chromosomen vorangehende Stadium betrachten möchte. Ähnliche Bilder können jedoch auch beim Übergang des getheilten Kernes in die Ruhe auftreten, wie bekannt ist und wie ich es auch selbst an den Kernen der Furchungszellen von *Ophryotrocha* beobachten konnte. So geben z. B. die in Fig. 42 (Taf. XXIX) abgebildeten Kerne, welche sich erst vor Kurzem getheilt haben, ein ähnliches Bild.

Das Gleiche gilt für andere Strukturen, welche sich öfters finden und von denen Fig. 118 und 119 zwei charakteristische Formen darstellen. In Fig. 119 zeigt der Kern des ersten Richtungskörpers den Bau eines dichten Knäuels; in Fig. 118 erscheint der weniger stark gewundene Faden höckrig und Fäden eines feineren Gerüstwerks scheinen von ihm auszugehen. Beide Formen könnte man für die Vorbereitungsstadien der Theilung halten und sie mit dem vorher beschriebenen Stadium in der Reihenfolge Fig. 118, 119 und 120 auf einander folgen lassen, doch ist es andererseits gar nicht ausgeschlossen, dass auch diese Kerne den Übergang eines getheilten Kernes in die Ruhe darstellen. Jedenfalls konnte ich auch solche oder ganz ähnlich beschaffene Kerne bei der Furchung beobachten (Fig. 41, 43, 44, Taf. XXIX).

Es hat in den allermeisten Fällen etwas Missliches, aus verhältnismäßig wenigen Bildern den Verlauf eines Vorgangs mit einiger Sicherheit feststellen zu wollen, wozu hinzukommt, dass die Fig. 118—120 von Eiern stammen, welche sich bereits im Übergang vom Vier- zum Achtstadium der Furchung befinden. Es wurde bereits oben erwähnt, dass im Allgemeinen die Kerne der Richtungskörper sich ziemlich rasch zu den ruhenden Kernen umbilden. Fig. 115 und 116 z. B. stammen von Eiern, die sich im Stadium der Befruchtung befinden. Dieses Verhalten ließe sich so auffassen, dass der Kern des ersten Richtungskörpers erst in die Ruhe zurückkehre, um sich dann von Neuem zu einer karyokinetischen Theilung anzuschicken. Eine solche Deutung vermag ich den Vorgängen desshalb nicht zu geben, weil die Zahl der

bei anderen Eiern im ersten Richtungskörper vorgefundenen Chromosomen gegen sie spricht. Ich bin vielmehr geneigt, anzunehmen, dass die Umbildung der Richtungszellkerne sehr verschiedenartig verläuft. Die einen bilden sich schon sehr bald, andere erst später zu ruhenden Kernen um; noch andere nehmen vielleicht einen Anlauf zur Theilung, vollziehen diese jedoch nicht, während sie wieder bei anderen tatsächlich zur Ausführung kommt. Jedenfalls kann man die Richtungskörper der Eier ein- und desselben Geleges in recht verschiedenartiger Ausbildung finden. Die Vorgänge verlaufen also nicht parallel wie dies mit denjenigen an den Eiern selbst der Fall ist. Außerdem ist es Thatsache, dass nicht bei allen Eiern die ersten Richtungskörper sich theilen, sondern wie schon erwähnt, findet man auch in späteren Furchungsstadien Eier mit nur zwei Richtungskörpern. Dieses in verschiedener Hinsicht ungleichartige Verhalten dürfte mit zur Erklärung der oben geschilderten, am Kern sich vollziehenden Strukturveränderungen beitragen.

Nicht selten findet man im ersten Richtungskörper Chromatinelemente von hufeisenförmiger Gestalt, welche denjenigen der Furchungszellkerne sehr ähnlich sind (Fig. 121—124). Ihr weiteres Verhalten macht es zweifellos, dass man es in ihnen mit schleifenförmigen Chromosomen zu thun hat. Die Zahl dieser Kernschleifen mit Sicherheit festzustellen ist desshalb sehr schwierig, weil sie sich meist eng an einander drängen oder auch sonst irgend welche ungünstige Lage haben. So viel ich sehen kann, sind vier Schleifen vorhanden, wie dies auch aus den verschiedenen hier beigegebenen Bildern hervorgeht. Die Lage der Schleifen gegen einander fand ich ziemlich verschiedenartig, was zum Theil auf die verschiedenen Stadien der Karyokinese, zum Theil vielleicht aber auch auf einen nicht völlig normalen Verlauf derselben zurückzuführen ist. In dem in Fig. 121 abgebildeten ersten Richtungskörper zeigen die vier Schleifen noch nicht eine Lage wie sie derjenigen in einer Äquatorialplatte entsprechen; jedoch ist es möglich, dass man ein jüngeres Stadium der Kerntheilung vor sich hat und die definitive Lagerung der Schleifen erst später angenommen wird. Eine Stellung derselben, wie sie in einer bereits zur Theilung vorbereiteten Äquatorialplatte oder besser in den beiden Tochterplatten zu erwarten ist, sieht man die Schleifen in anderen Richtungskörpern annehmen (Fig. 122). Die Schleifen sind paarweise mit der konvexen Seite nach verschiedenen Polen hin gerichtet und zwar entsprechend der Längsachse des Richtungskörpers. Eine Kernmembran ist in diesem wie auch in dem vorherigen Stadium (Fig. 121) nicht vorhanden.

Man findet bei der indirekten Theilung des ersten Richtungskörpers

zuweilen Bilder, die sich mit einem normalen Verlauf der Karyokinese nicht recht vereinigen lassen. Eines von ihnen ist in Fig. 123 wiedergegeben. Man sieht zwei klar ausgeprägte Schleifen wie diejenigen der Fig. 122 gegen die beiden Enden des Richtungskörpers hin gelegen und zwar in einer Stellung, welche der im Stadium der Fig. 122 bereits angedeuteten und nunmehr fortgeschrittenen karyokinetischen Theilung entsprechen könnte. In der Mitte liegt jedoch ein Chromatinkomplex, den ich nicht recht in seine einzelnen Theile auflösen konnte, von dem es mir aber wahrscheinlich ist, dass er sich aus zwei Kernschleifen zusammensetzt. Dieses und andere Bilder weisen durchaus auf einen abnormen Verlauf der Kerntheilung im ersten Richtungskörper hin.

Polstrahlungen und Spindelfasern, die man in solchen Stadien, wie sie in Fig. 124 und 122 dargestellt sind, erwarten sollte, vermochte ich nicht zu erkennen, wohl aber konnte ich in einem anderen Falle wenigstens die Polstrahlungen nachweisen. Es fanden sich vier Chromatinelemente vor, die zu zwei Paaren etwas entfernt von einander lagen (Fig. 124). Sie erschienen dadurch wie die beiden Tochterplatten einer Spindel und dies um so mehr, als an jedem Pol ein kreisrundes helles Gebilde von einem weiten dunklen Hof umgeben lag (Fig. 124). Man hat es hier jedenfalls mit den Centrosomen und Polstrahlungen zu thun. Die Spindel- und Verbindungsfasern waren allerdings in diesem eben so wenig wie in den früheren Fällen erkennbar. — Trotzdem kann es nicht zweifelhaft sein, dass es sich um karyokinetische Theilungen handelt, um so weniger als man den ersten Richtungskörper später getheilt findet und in seinen beiden Theilhälften je zwei Chromosomen vorhanden sind. Einen solchen getheilten ersten Richtungskörper mit zwei Chromatinelementen sieht man in Fig. 126 ($r_{1/2}$) und in Fig. 125 sind neben dem zweiten Richtungskörper (r_2) beide Hälften des ersten vorhanden ($r_{1/2}$). Man erkennt auch in ihnen noch die beiden Chromosomen, obwohl sie bereits, zumal in der einen Hälfte, ihre regelmäßige Gestalt aufzugeben beginnen. Es kehren nämlich auch diese Kerne nach vollzogener Theilung wieder zu der gewöhnlichen Beschaffenheit ruhender Kerne zurück (Fig. 127). Sie weisen dann eine dunkle Färbung auf, und nur schwierig lassen sich darin einzelne Chromatinpartikel erkennen. In der Fig. 127 sind die drei Richtungskörper so bezeichnet, wie man annehmen dürfte, dass sie aus einander hervorgegangen sind. Die Beschaffenheit ihrer Kerne ist dieselbe, wie sie der zweite Richtungskörper von Anfang an zeigt (Fig. 120—126). Er behält bei den Umänderungen, welche der erste Richtungskörper durchmacht, unverändert seine Struktur bei und nimmt, so viel ich beobachtete, niemals einen Anlauf zu einer weiteren Theilung.

Ein Wort der Erläuterung muss noch bezüglich der Form, in welcher die Chromosomen bei der Theilung des ersten Richtungskörpers auftreten, hinzugefügt werden. Während dieselben bei der Richtungskörperbildung selbst die Form von Körnern zeigen, die Anfangs mehr länglich, später von fast kugeliger Gestalt sind (Fig. 95—112), tritt innerhalb des ersten Richtungskörpers eine Schleifenform der Chromosomen auf, ähnlich wie sie in den Furchungs- und Gewebszellen von *Ophryotrocha* angetroffen wird. Diese Erscheinung ist sehr auffallend und sie würde es dann noch um so mehr sein, wenn nicht auch bei der Richtungskörperbildung selbst die Schleifenform der Chromosomen auftreten könnte, wie weiter unten gezeigt werden wird. Ob nun die Eier, in deren erstem Richtungskörper die schleifenförmigen Chromosomen beobachtet wurden, solche waren, bei denen auch die erste und zweite Richtungsspindel diese Eigenthümlichkeit zeigte, lässt sich nicht feststellen, da zur Zeit der Theilung des ersten Richtungskörpers die Eireifung schon vollendet ist. Ausgebildete Chromosomen von Schleifenform oder überhaupt solche, welche durch ihre Anordnung ein Theilungsstadium vermuthen lassen, fand ich nur in Eiern aus zwei Gelegen. Obwohl die Wahrscheinlichkeit nicht groß ist, so wäre es doch nicht ausgeschlossen, dass diese Eier zufällig solche waren, bei denen auch die ersten Richtungsspindeln schleifenförmige Chromosomen aufwiesen. Jedenfalls aber ist die Zahl der Beobachtungen nicht groß genug, um daraus über die Beziehungen der schleifenförmigen Chromosomen innerhalb des ersten Richtungskörpers zu der gewöhnlichen Körnerform Sicheres zu entnehmen. Darüber kann jedoch kein Zweifel sein, dass bei *Ophryotrocha* die Schleifenform der Chromosomen auf die Körnerform folgen kann und umgekehrt. Die gleiche Erscheinung beobachtet man ja übrigens auch bei vielen anderen Thierformen, z. B. bei den Nematoden, Acanthocephalen, Copepoden u. A., wie aus den Untersuchungen von VAN BENEDEN, BOVERI, KAISER, RÜCKERT u. A. hervorgeht. Es wird auf diesen Punkt weiter unten, wo es sich um die Schleifenform der Chromosomen bei der Ausstoßung der Richtungskörper handelt, noch näher eingegangen werden. Übrigens scheint selbst innerhalb des ersten Richtungskörpers die Schleifenform nicht immer in gleicher Weise ausgeprägt zu sein; zuweilen findet man sie nur in der Form leicht gebogener Stäbchen (Fig. 124).

Von Wichtigkeit scheint mir die Zahl der Schleifen in dem sich theilenden ersten Richtungskörper zu sein. Sie ist dieselbe wie diejenige in der zweiten Richtungsspindel und zwar verläuft die Theilung völlig in gleicher Weise wie bei der Bildung des zweiten Richtungskörpers: Vier Schleifen sind am Beginn der Theilung vorhanden; sie

ordnen sich zu einer Äquatorialplatte an und weichen dann, ohne eine Spaltung erfahren zu haben, zu zwei und zwei aus einander. Jede Tochterplatte enthält also zwei Chromosomen (Fig. 124), dieselbe Anzahl, welche sich in den Tochterplatten der zweiten Richtungsspindel findet (Fig. 110—112, Taf. XXXI). Jede der beiden, durch die Theilung des ersten Richtungskörpers entstehenden Zellen weist sonach zwei Chromosomen auf (Fig. 125). Eben so viele besitzt der zweite Richtungskörper (Fig. 113) und die gleiche Anzahl ist nach der vollendeten Eireifung im Eikern vorhanden (Fig. 113, Taf. XXXI). Nach vollzogener Ausbildung der Richtungskörper sind somit vier Zellen entstanden, welche das Chromatin in der gleichen reducirten Zahl der Elemente enthalten. Bezüglich ihres Chromatingehaltes haben also die um so viel kleineren Richtungszellen denselben Werth wie die umfangreiche Eizelle. Die Vorgänge sind ganz dieselben wie am Ende der Spermatogenese. Die vorletzte Theilung führt zur Bildung zweier Zellen mit der Normalzahl der Chromosomen und indem diese Zellen sich wieder theilen, ohne dass ihre Kerne in die Ruhe zurückkehren, werden vier Zellen mit der reducirten Chromosomenzahl geliefert. Ein Unterschied der Ei- und Samenreifung ist nur darin vorhanden, dass bei der ersteren drei der Zellen rudimentär geworden sind, während die vierte als Eizelle ihr Volumen so bedeutend vergrößert hat. Diese Auffassung wird also auch durch das Verhalten der chromatischen Elemente bei der Eireifung von *Ophryotrocha* bestätigt.

Das Resultat der Theilung des ersten Richtungskörpers, wie es sich aus dem Vorstehenden ergibt, macht es wahrscheinlich, dass dieser Vorgang sich so abspielt, wie er oben geschildert wurde, d. h. die Chromosomen gehen jedenfalls, ohne vorher einen ruhenden Kern zu bilden, in die Spindel über. Ich erwähnte früher, dass der Kern des ersten Richtungskörpers vielfach in einem Zustand gefunden wird, welcher darauf hinzudeuten scheint, dass er erst in die Ruhe zurückkehrt und sich dann wieder zur Theilung vorbereitet (Fig. 116 bis 120). Sollte das thatsächlich der Fall sein und würden die vier Kernschleifen ein Folgestadium des Knäuelstadiums darstellen (Fig. 120, 121, 122), so würde der weitere Verlauf der Theilung vielmehr so erwartet werden müssen, dass die vier Schleifen sich spalten und jede Tochterplatte der im ersten Richtungskörper liegenden Spindel vier Chromatinelemente enthält. Dies ist jedoch nicht der Fall und so wird man jene Kernstrukturen nicht als Vorbereitungsstadien der Theilung, sondern als Umbildungsstadien derjenigen Kerne aufzufassen haben, welche nicht zur Theilung gelangen, sondern sich direkt in ruhende Kerne umbilden, so wie dies oben dargestellt wurde.

Findet nun thatsächlich, wie es als wahrscheinlich anzunehmen ist, eine direkte Umlagerung der aus der Tochterplatte der ersten Richtungsspindel hervorgegangenen Chromosomen zur Bildung der Äquatorialplatte der Spindel im ersten Richtungskörper statt, so erscheint die Schleifenform der Chromosomen ganz besonders auffällig. Man kann dann wohl nur annehmen, dass so, wie dies bereits weiter oben angedeutet wurde, die betreffenden Eier schleifenförmige Chromosomen auch in den beiden Richtungsspindeln aufwiesen, denn eine Umwandlung der körnerförmigen Chromosomen in schleifenförmige beim direkten Übergang von einer Spindel in die andere ist jedenfalls wenig wahrscheinlich. Dass bei den Eiern mit schleifenförmigen Chromosomen der Richtungsspindeln deren Gestalt erhalten bleibt und leicht zu der in Fig. 121 und 122 dargestellten Anordnung der Chromosomen führen kann, geht z. B. aus Fig. 134, Taf. XXXI hervor. Übrigens können sich auch die körnerförmigen Chromosomen bis in spätere Stadien erhalten und es mag vielleicht nur vom Zufall abhängen, dass ich sie nicht in einer der Kerntheilung entsprechenden Anordnung fand.

Eine Theilung des ersten Richtungskörpers wurde häufig beobachtet, doch hat man die feineren Vorgänge dabei zumeist nicht festgestellt. Dass die Kerntheilung auf karyokinetischem Wege erfolgt, konnte TRINCHESE schon im Jahre 1880 bei den Eiern von *Opisthobranchiern* nachweisen. Bei *Amphorina coerulea* beobachtete er einen eigenthümlichen Verlauf der Vorgänge, indem die Theilung des ersten Richtungskörpers bereits eingeleitet wird, wenn sein Kern sich kaum erst als Tochterplatte von der ersten Richtungsspindel abgetrennt hat. Da die Spindel außerdem die radiale Stellung der ersten Richtungsspindel beibehalten kann, so sieht man am Eirand und weit über diesen hinausragend zwei langgestreckte Spindeln hinter einander liegen. Das Resultat ihrer Theilung sind zwei kleinere Zellen, die Theilungsprodukte des ersten Richtungskörpers und eine größere, dem Ei dicht anliegende Zelle, der zweite Richtungskörper. Ganz ähnlich verhält sich auch die von TRINCHESE ebenfalls eingehender studirte *Ercolania Siottii*. In diesen Fällen liegt es klar auf der Hand, dass die äußere Tochterplatte der ersten Richtungsspindel sich sofort zur Äquatorialplatte der Spindel im ersten Richtungskörper umgestaltet. Letzteres ist auch bei *Neritina fluviatilis* der Fall, bei welcher Form BLOCHMANN diese Vorgänge ebenfalls schon vor längeren Jahren beobachtete. So viel man aus der Darstellung und besonders aus den Abbildungen der genannten Forscher zu entnehmen vermag, findet auch in den von ihnen beobachteten Fällen eine Reduktion der Chromosomenzahl statt, wie ich sie weiter oben näher beschrieb. Sicheres lässt sich über diesen

Punkt allerdings nicht feststellen, da die Aufmerksamkeit der Beobachter erklärlicher Weise damals noch nicht besonders darauf gerichtet war.

BLOCHMANN giebt an, dass die Theilung des ersten Richtungkörpers nicht regelmäßig stattfindet, sondern zuweilen unterbleibt, so wie ich dies auch bei *Ophryotrocha* beobachtete. Es wurden niemals mehr als drei Richtungskörper bemerkt; der zweite theilt sich also nicht. Dagegen soll nach TRINCHESE auch das zweite Richtungskörperchen, wenn auch nur selten, in die Theilung eintreten. Er bildet Eier mit vier Richtungskörpern ab. Übrigens sind die bei *Amphorina* und *Ercolania* gebildeten Richtungskörper, wie auch die von *Neritina* recht umfangreich und Kern wie Zellplasma treten an ihnen deutlich hervor. Nach der Theilung kehren die Kerne, wie man aus TRINCHESE'S Darstellung entnimmt, zu der Struktur ruhender Kerne zurück. An den von *Ercolania* gegebenen Abbildungen fällt die hufeisenförmige Gestalt der Chromatinelemente in den Richtungskörpern auf, während die Form derselben in den Richtungsspindeln diejenige länglicher Körner ist. Ich werde dadurch an die bei *Ophryotrocha* beobachteten Vorgänge erinnert, obwohl TRINCHESE die Schleifenform auf andere Weise, nämlich durch Zusammenlegen zweier körnchen- oder stäbchenförmiger Chromosomen entstehen lässt. Ich vermag natürlich nicht zu sagen, ob hier wirklich eine Übereinstimmung obwaltet, da ich das von TRINCHESE untersuchte Objekt nicht kenne. Immerhin ist eine Ähnlichkeit unverkennbar, wenn auch TRINCHESE anzunehmen scheint, dass die Schleifenform der Chromosomen mit der Neubildung des Kerns im Zusammenhang steht.

Die Theilung des ersten Richtungkörpers auf indirektem Wege wurde ebenfalls bei einer Schnecke von PLATNER beobachtet. Bei *Arion empiricorum* fand er darin in einem Falle eine Spindel mit Äquatorialplatte, in einem anderen Falle die in der Theilung begriffene Spindel. Es wurde schon weiter oben erwähnt, dass PLATNER bei demselben Objekt das Eindringen von Spermatozoen in einen Richtungskörper beobachtete und dass bei *Amphorina* nach TRINCHESE'S Beobachtung die Richtungskörper so wie die Eier von einer Hülle umgeben sind. Nachdem die von BÜTSCHLI und GIARD aufgestellte Ansicht der Zellennatur der Richtungskörper schon längst sicher erwiesen ist, wird dadurch auch die besonders durch MARK, BÜTSCHLI und BOVERI vertretene Auffassung dieser Zellen als abortive Eier zu immer größerer Wahrscheinlichkeit erhoben. BOVERI hat nach dieser Hinsicht besonders das Verhalten der Chromosomen betont. Er beobachtete, dass solche Chromosomen, welche eigentlich den Richtungskörpern angehören und

abnormer Weise in das Ei gelangen, sich ganz wie die normalen Chromosomen des Eikerns verhalten und zog daraus den Schluss, dass den Richtungskörpern, um als Eier funktionieren zu können, nichts Anderes fehlt als die genügende Menge von Protoplasma und Protoplasmaprodukten.

In der neuesten Zeit ist auch von SOBOTTA eine Angabe über die mitotische Theilung des ersten Richtungskörpers für das Ei der Maus gemacht worden. Die Zahl der Richtungskörper dieses Thieres soll nach der Aussage des genannten Forschers in so fern eine sehr schwankende sein, als unter Umständen nur ein Richtungskörper gebildet wird. Dieses sehr abweichende Verhalten und die damit verbundenen Vorgänge, welche von SOBOTTA genauer beschrieben worden, gehören nicht in den Kreis meiner Betrachtungen. In der geringeren Zahl der Fälle sollen zwei Richtungskörper gebildet werden und zuweilen kann sich der erste nochmals theilen, so dass dann drei vorhanden sind. Die Theilung ist wie gesagt eine karyokinetische und mir ist dabei SOBOTTA's Angabe von besonderem Interesse, dass die Chromosomen nicht die Form kurzer Stäbchen wie diejenigen der Richtungsspindeln besitzen, sondern vielmehr lange Schleifen darstellen. Es ist entschieden sehr auffällig, dass sich diese Erscheinung, die ich bei *Ophryotrocha* beobachtete, bei der Eireifung der Maus wiederholt und es erhebt sich hier also ebenfalls die Frage, wie die gedrungenen Chromosomen in die lang schleifenförmigen übergehen. Aus SOBOTTA's Darstellung ist über diesen Punkt nichts zu entnehmen, da er nur eine kurze Angabe über das Auftreten der mitotischen Theilung des ersten Richtungskörpers macht. Dagegen hebt er ausdrücklich hervor, dass die Chromosomen der einen gewöhnlich vorhandenen Richtungsspindel niemals Schleifenform haben oder auch nur schleifenähnlich sind. Bei derjenigen Form der Eireifung, bei welcher zwei Richtungskörper gebildet werden, soll die Gestalt der Chromosomen unregelmäßig sein und es kommen sogar T- oder V-förmige vor. Dagegen zeigen sie in der zweiten Richtungsspindel wieder die verkürzte Form der Körner, wie überhaupt diese zweite Spindel in der Gestaltung jener sonst allein vorhandenen einzigen Spindel ganz gleicht. Eine Übereinstimmung der Chromosomenform mit der im ersten Richtungskörper wäre im letzteren Falle also nicht vorhanden, dagegen könnte sie aus SOBOTTA's Schilderung der Chromosomen in der ersten Richtungsspindel immerhin entnommen werden, obwohl zwischen der T- oder V-Form und langen Schleifen, wie sie in der Spindel des ersten Richtungskörpers vorhanden sind, immerhin noch ein Unterschied ist. Es scheint mir nun nicht ohne Bedeutung, dass HOLL in den von ihm aufgefundenen Richtungsspindeln der Maus hufeisen-

förmige Chromosomen beschreibt und mehrfach abbildet, wogegen SOBOTTA allerdings polemisiert. Wenn man annimmt, dass beide Forscher gut konservierte Eier vor sich hatten und die verschiedene Form der Chromosomen nicht etwa nur auf einen ungleich guten Erhaltungszustand der Kerne zurückzuführen ist, was allerdings möglich wäre, so könnte bei der Maus ebenfalls eine differente Form der Chromosomen vorhanden sein, wie ich sie für *Ophryotrocha* festzustellen haben werde. Diese Annahme ist jedenfalls wahrscheinlicher als der direkte Übergang kurzer gedrungener, in lange schleifenförmige Chromosomen, wie er entweder beim Übergang der ersten in die zweite Richtungsspindel oder in die Spindel des ersten Richtungskörpers stattfinden müsste, wobei wie gesagt immer eine gleich gut gelungene Konservierung der von HOLL und SOBOTTA untersuchten Eier vorausgesetzt wird. Übrigens ist selbst zwischen der recht gedrungenen Hufeisenform der Chromosomen, wie sie HOLL zeichnet (Fig. 45, 46, 48, Taf. II) und den von SOBOTTA in der Spindel des ersten Richtungskörpers beobachteten langen Schleifen noch ein ziemlicher Unterschied.

Obwohl derartige an Säugethiereiern gemachte Beobachtungen gewöhnlich nur über einzelne Daten Auskunft zu geben vermögen, schien es mir doch nöthig, sie wegen der Übereinstimmung mit meinen eigenen Befunden an *Ophryotrocha* zum Vergleich heranzuziehen.

5. Über Richtungsspindeln mit schleifenförmigen Chromosomen.

In einer ganzen Anzahl von Fällen fand ich die Bildung der Richtungskörper nicht so verlaufend, wie dies weiter oben geschildert wurde (Fig. 93—143, Taf. XXX und XXXI), sondern der Vorgang gewann dadurch ein wesentlich anderes Ansehen, dass die Chromosomen der Richtungsspindeln die Gestalt hufeisenförmiger Schleifen zeigten (Fig. 128—139, Taf. XXXI und XXXII), während sie in jenem anderen Falle einfache Körner waren. Solche schleifenförmige Chromosomen fand ich in neun Gelegen, und ich muss es einem günstigen Zufall zuschreiben, dass ich die einzelnen Phasen der Richtungskörperbildung auch für diese abweichende Form feststellen konnte.

Das jüngste Stadium der Richtungsspindel mit schleifenförmigen Chromosomen, welches zur Beobachtung gelangte, zeigt bereits acht in zwei Tochtersterne zu je vier vertheilte Chromosomen (Fig. 128—130). Die Hufeisenform ist nicht immer eine völlig gleiche, sondern kann in verschiedenen Eiern in so fern etwas differiren, als sie entweder schlanker oder gedrungener erscheint. Das Erstere ist der Fall bei einem vom Pol gesehenen Dyaster, der in Fig. 134 dargestellt ist.

Derartige Bilder bekam ich wiederholt zu Gesicht. Sie müssen dadurch entstanden sein, dass die Schleifen vielleicht durch Druck etwas gegen einander verschoben sind. Im Übrigen zeigt auch diese Spindel die Eigenschaften, welche früher für die gewöhnliche Richtungsspindel von *Ophryotrocha* festgestellt wurden, d. h. die Chromosomen liegen central und die von Pol zu Pol verlaufenden Fasern bilden den Mantel der Spindel, wie dies besonders aus der Fig. 130 hervorgeht. Die Spindeln zeigten einen vorzüglichen Erhaltungszustand im Hinblick auf das Chromatin, wohingegen die achromatischen Strukturen minder deutlich waren. Daher vermag ich auch bei diesen Spindeln nichts Bestimmtes über das Verhalten der Centrosomen anzugeben. Ich finde an beiden Polen der Spindel einen feinkörnigen Plasmahof, in welchem ich gelegentlich ein ziemlich umfangreiches kugeliges Gebilde zu bemerken glaubte, entweder das Centrosoma, oder das Centralkorn, im Falle, dass jene Plasmamasse selbst das Centrosoma darstellt.

Das betreffende Stadium entspricht ungefähr demjenigen der gewöhnlichen Form der Richtungskörperbildung, welches in Fig. 100 und 102, Taf. XXX) abgebildet ist. Die Differenz fällt bei einem Vergleich mit den Fig. 128 und 130 sofort in die Augen. Ein früheres Stadium mit schleifenförmigen Chromosomen habe ich niemals aufgefunden und aus weiter unten zu erörternden Gründen bleibt mir nur die Annahme übrig, dass auch dieses Stadium auf die gewöhnliche Form der Richtungsspindel zurückgeführt werden müsse.

Die weitere Bildung der Richtungskörper verläuft ganz so wie dies auch früher geschildert wurde. Die Spindel rückt an den Eirand, worauf die äußere Tochterplatte in einen sich gleichzeitig erhebenden Hügel des Eiplasmas eintritt (Fig. 132). Der so angelegte erste Richtungskörper kommt bald zur Abschnürung (Fig. 133). Er enthält vier schleifenförmige Chromosomen, die auch in einem späteren Stadium noch vorhanden sind (Fig. 134). Es sei darauf hingewiesen, dass diese vier Schleifen ohne Weiteres in die Äquatorialplatte der Spindel des ersten Richtungskörpers, die ja durch den Besitz schleifenförmiger Chromosomen ausgezeichnet ist, eintreten können (Fig. 121, 122). Im Ei bleiben die vier Schleifen der inneren Platte zurück (Fig. 132, 133). Nach Theilung der Centrosomen und ihrer Strahlungen tritt die zweite Richtungsspindel auf. Dieselbe ist zunächst paratangential gelagert, wie dies auch früher schon beschrieben wurde (Fig. 109, Taf. XXXI). Sie nimmt dann eine schräge Stellung an und richtet sich schließlich unter dem ersten Richtungskörper zu der radialen Stellung auf (Fig. 135, Taf. XXXI, Fig. 136, Taf. XXXII).

Die Lagerung der Chromosomen in der zweiten Richtungsspindel

find ich in den geschilderten Stadien nicht ganz so, wie man sie hätte erwarten sollen. In Fig. 434 scheint die innere Tochterplatte der ersten Richtungsspindel einfach eine Drehung um 90° erfahren zu haben, ohne dass eine Umlagerung der Schleifen eingetreten ist. Die Äquatorialplatte der zweiten Richtungsspindel steht in Folge dessen mit ihrer Ebene senkrecht zum Eiradius. Die Spindel liegt paratangential. Aus dieser Lage der Chromosomen kann man sich diejenige hervorgegangen denken, wie sie die radial gestellte Spindel der Fig. 436 zeigt. Mit der Drehung der Spindel ist zugleich eine solche der Äquatorialplatte erfolgt, und zwei der Schleifen haben dabei eine Umlagerung erfahren, welche ihrer endgültigen Stellung entspricht. Sie würden sich schließlich zu zwei und zwei über einander anordnen. Damit ließe sich auch die etwas abweichende Lagerung der Schleifen in Übereinstimmung bringen, wie sie in der Spindel Fig. 437 auftritt. Dagegen zeigt die schräg gestellte Spindel Fig. 435 eine andere Lagerung der Chromosomen. Obwohl man hier ein etwas früheres Stadium vor sich hat, liegen die Schleifen nicht in einer diesem frühen Zustand entsprechenden Lage neben einander, sondern sie scheinen ihrer definitiven Stellung bereits näher gekommen zu sein, ohne diese allerdings schon erreicht zu haben. Ich verzichte darauf, weiter auszuführen, wie diese Bilder auf einander zu beziehen sind; auch habe ich nicht peinlich nach den Übergangsstadien gesucht, da es mir nur auf die genaue Bestimmung der Chromosomenzahl und ihre endgültige Vertheilung in der Spindel, nicht aber auf die einzelnen Vorgänge ankam, die sich bei ihrer Umlagerung in der Spindel vollziehen. Wichtiger war mir deshalb eine Polansicht der Äquatorialplatte der zweiten Richtungsspindel, wie sie sich zuweilen darbietet und in Fig. 439 abgebildet ist. Die Vierzahl der Chromosomen geht daraus eben so klar hervor wie aus der früher mitgetheilten Polansicht der Tochterplatte der ersten Richtungsspindel (Fig. 431) und derjenigen von ersten Richtungsspindeln mit körnchenförmigen Chromosomen (Fig. 407 und 408, Taf. XXXI).

Die weitere Ausbildung der zweiten Richtungsspindel besteht darin, dass sich die Kernschleifen zu zwei Paaren über einander anordnen, und zwar in der Weise, dass ihre konvexe Seite nach den Spindelpolen gerichtet ist. Die dadurch gebildeten Tochterplatten der Spindel sind somit in der gleichen Weise entstanden, wie es oben für die Spindeln mit körnchenförmigen Chromosomen festgestellt wurde (Fig. 404—412, Taf. XXXI), und wie es auch von der Bildung der zweiten Richtungsspindel anderer Thierformen bekannt ist. Die Tochterplatten rücken dann aus einander (Fig. 438), wobei sich die äußere Platte dem Eirand stark nähert. Bis zur Abschnürung des zweiten

Richtungskörpers ist dann nur noch ein Schritt. Ich habe dieselbe nicht beobachtet, eben so wenig wie die Umwandlung der im Ei zurückerbleibenden schleifenförmigen Chromosomen in das Gerüstwerk des Eikerns, doch ist nach der großen Übereinstimmung der bisher besprochenen mit den früher geschilderten Vorgängen kaum ein Zweifel zu hegen, dass auch diese Erscheinungen in entsprechender Weise ablaufen.

Aus der vorstehenden Darstellung ergibt sich, dass der Vorgang der Richtungskörperbildung in derselben Weise verläuft, gleichviel ob die Spindeln körner- oder schleifenförmige Chromosomen aufweisen. Dagegen ist nunmehr die Frage aufzuwerfen, wie man das Auftreten der schleifenförmigen Chromosomen zu erklären hat. Hier muss ich zunächst der jedenfalls sehr naheliegenden Vermuthung gedenken, die sich mir selbst sofort aufdrängte, als ich die schleifenförmigen Chromosomen der Richtungsspindeln zuerst sah, nämlich derjenigen, dass eine der beiden Formen durch ungenügende Konservierung der Eier hervorgerufen sei. Es kann sich dabei nur um die körnerförmigen Chromosomen handeln, von denen man annehmen müsste, dass sie durch Aufquellen oder irgend eine andere auf die Reagentienwirkung zurückzuführende Verstümmelung aus den hufeisenförmigen Kernschleifen hervorgegangen seien, denn die umgekehrte Annahme anzunehmen, dass die Hufeisen- aus der Körnerform auf solche Weise entstanden sei, ist jedenfalls von vorn herein auszuschließen. Übrigens erscheint die Hufeisenform schon desshalb als die ursprünglichere, weil sie in den Furchungs-, Gewebs- und Keimzellen der *Ophryotrocha* auftritt, abgesehen davon, dass die Schleifenform der Chromosomen eine bei Weitem größere Verbreitung besitzt als die Körnerform.

Bezüglich der Frage, ob man die beiden Chromosomenformen als normaler Weise vorkommend anzusehen oder eine von beiden und zwar die Körnerform als Kunstprodukt zu betrachten habe, habe ich Folgendes anzuführen.

1) Nach meinen Beobachtungen ist die Körnerform der Chromosomen in den Richtungsspindeln die bei Weitem häufigere, die gewöhnlich vorkommende, während die Schleifenform nur verhältnismäßig selten auftritt. Es wurde gezeigt, wie durch Zerfall und Verkürzung des Kernfadens im Keimbläschen zunächst vier schleifenförmige, noch sehr langgestreckte Chromosomen entstehen (Fig. 77 und 78 Taf. XXIX), die sich verkürzen (Fig. 79 und 80 Taf. XXX) und durch immer weiter gehende Verkürzung zu den stäbchenförmigen Chromosomen werden (Fig. 81—86), welche schließlich in die Bildung der Äquatorialplatte der ersten Richtungsspindel eingehen (Fig. 87—90) um dort am Ende durch

abermalige Verkürzung die Körnerform anzunehmen (Fig. 94—95). Ich habe nicht den geringsten Grund zu der Annahme, dass diese Schritt vor Schritt fortgeführten Beobachtungen an ungenügend konservierten Präparaten gewonnen seien, um so weniger, als die Herausbildung der stäbchen- bis körnchenförmigen Chromosomen aus dem Gerüstwerk des Keimbläschens sich mit den Beobachtungen anderer Autoren bei ganz verschiedenartigen Thieren deckt.

Wenn die Körnerform der Chromosomen in der Äquatorialplatte und in den aus ihr hervorgegangenen Tochterplatten (Fig. 93—95) nicht als Kunstprodukt anzusehen ist, so wird dies eben so wenig in den späteren Stadien (Fig. 99—112) der Fall sein. Thatsächlich ist der Erhaltungszustand dieser Spindeln theilweise ein so vorzüglicher, dass ich auch bei ihnen keinerlei Grund habe, an eine Verunstaltung der Chromosomen durch Reagentienwirkung zu denken. Diese Richtungsspindeln stehen hinter den besten, welche die Schleifenform zeigen, in keiner Weise zurück. Die achromatischen Strukturen erwiesen sich sogar bei ihnen, die in weit größerer Zahl zur Beobachtung gelangten, oftmals klarer ausgeprägt, was allerdings hier, wo es sich um die Beschaffenheit des Chromatins handelt, vielleicht nicht als Gradmesser des besseren oder minder guten Erhaltungszustandes angegeben werden darf.

In Folge des bei Weitem häufigeren Vorkommens der körnerförmigen Chromosomen bei gleichem Erhaltungszustand der Eier muss diese Form der Chromosomen als eine normale angesehen werden.

2) Die Körner- und Schleifenform der Chromosomen trat bei Anwendung verschiedener Konservierungsmethoden an den Eiern hervor und ein und dieselbe Methode ergab bei ganz gleicher Verwendung sowohl die Körner- wie die Schleifenform.

3) Auch an ungenügend konservierten Eiern, in denen sich die Richtungsspindeln durch Schrumpfung, Quellung u. s. f. verunstaltet zeigen, Präparate, wie man sie erfahrungsgemäß ab und zu erhält, lässt sich die Zugehörigkeit zu der einen oder anderen Form immer noch feststellen. Die Schleifen, obwohl verunstaltet, lassen sich doch als solche nicht verkennen und das Gleiche ist mit den körnerförmigen Chromosomen der Fall.

4) Bei ein- und derselben Konservierungsmethode, sei es Sublimatlösung oder die sich besonders bewährende Pikrinessigsäure, zeigen die Chromosomen der Richtungsspindeln die Körnerform, während diejenigen der in Theilung begriffenen Furchungszellkerne stets schleifenförmige und niemals körnerförmige Chromosomen aufweisen. Ganz dasselbe ist bei den in Theilung befindlichen Gewebs- und Keimzellen der Fall (Fig. 2—33 Taf. XXVIII). Sollte die Körnerform der Chromosomen

in den Richtungsmitosen ein Kunstprodukt sein, so ist nicht einzusehen, weshalb die Reagentien auf die Mitosen anderer Kerne z. B. der Keimzellkerne nicht in der gleichen Weise einwirken sollten.

5) Anführen möchte ich hier auch die oben eingehender besprochene Erscheinung, dass bei der Theilung des ersten Richtungskörpers schleifenförmige Chromosomen auftreten (Fig. 121—124 Taf. XXXI). Hier ist allerdings die Möglichkeit vorhanden, dass sie auf schleifenförmige Chromosomen der Richtungsspindeln zurückgeführt werden können, aber abgesehen davon, dass die Wahrscheinlichkeit hierfür in Folge des viel selteneren Vorkommens derselben nicht sehr groß ist, muss es auffallend erscheinen, dass SOBOTTA bei einer Form, deren Richtungsspindeln nach seiner Beobachtung keine schleifenförmige oder doch höchstens wenig gebogene Chromosomen enthielten, doch bei der Theilung des ersten Richtungskörpers lange Kernschleifen vorfand.

6) Die Körnerform der Chromosomen in den Richtungsspindeln von *Ophryotrocha* ist durchaus nichts dieser Form Eigenthümliches, sondern sie wird nach den bisherigen Beobachtungen bei den meisten anderen Thieren gefunden, die im Übrigen Kernschleifen aufweisen. Die Erscheinung, dass die Chromosomen im Allgemeinen schleifenförmig gestaltet sind, in den Richtungsmitosen jedoch eine stark verkürzte Form zeigen, ist im Thierreich außerordentlich verbreitet. Sie findet sich von den Cölenteraten bis hinauf zu den Säugethieren und es ist nicht nöthig auf die einzelnen Formen einzugehen, da die meisten Arbeiten, welche die Eireifung irgend eines Thieres behandeln und einigermaßen auf die Einzelheiten des Vorgangs Rücksicht nehmen, dieses Verhalten erkennen lassen. Nur eine und zwar die am besten bekannte Form, *Ascaris megalcephala*, möchte ich herausgreifen, weil sie bestimmte Vergleichspunkte bietet.

Bekanntlich erscheinen beim Pferdespulwurm die Chromosomen in den Richtungsspindeln bis auf längliche Körner verkürzt, während sie im Ei- und Spermakern, wie auch in den Furchungskernen als lange Schleifen wieder auftreten, ein Verhalten, welches mit dem für *Ophryotrocha* geschilderten wie mit demjenigen vieler anderer Thiere übereinstimmt. An den von BOVERI gegebenen Abbildungen fällt mir nun auf, dass gelegentlich anstatt der körnchenförmigen Chromosomen auch hufeisenförmig gebogene auftreten. Solche bemerkt man z. B. in seinen Fig. 13, 14 und 16 Taf. III (1887), welche die zweite Richtungsspindel von *Ascaris megalcephala univalens* darstellen. In den dazu gehörigen ersten Richtungskörpern sieht man dagegen zwei Chromatinkörner liegen, was darauf hindeutet, dass die Chromosomen in der ersten Richtungsspindel körnchenförmig gewesen sein müssen und erst beim Übergang in die zweite

Richtungsspindel die gebogene Form angenommen haben, vorausgesetzt, dass nicht schon sehr bald nach der Ausstoßung des ersten Richtungskörpers eine nachträgliche Verkürzung und Abrundung der Chromosomen stattgefunden hat, was ebenfalls leicht möglich wäre. Übrigens kann auch der erste Richtungskörper zwei gekrümmte stäbchenförmige Chromosomen enthalten, wie aus einer anderen Abbildung BOVERI's hervorgeht (Fig. 15 a, Taf. III, 1887). So viel ich aus BOVERI's Darstellung sehe, ist er geneigt, die Krümmung der Stäbchen auf den von den Spindelfasern ausgeübten Zug zurückzuführen, doch zeigen andere Chromosomen, bei denen der Zug ebenfalls stattfinden musste, die Krümmung nicht. Aus den Untersuchungen von SALA über den Ablauf der Reifung und Befruchtung bei Eiern, welche durch Kälte in bestimmter Weise beeinflusst wurden, ergibt sich nun, dass die Chromosomen der Richtungsspindeln thatsächlich ganz die Form von Schleifen aufweisen können, ähnlich denen, wie sie in den Furchungsspindeln vorkommen. Obgleich es sich hier um abnorme Vorgänge handelt, so scheint mir doch aus diesen wie aus den von BOVERI mitgetheilten Bildern hervorzugehen, dass gelegentlich auch beim Pferdespulwurm die Schleifenform der Chromosomen in den Richtungsspindeln noch hervortreten kann. Ein Vergleich mit den Verhältnissen bei *Ophryotrocha* liegt nahe. Bei dieser Form würde die Erscheinung nur häufiger und in einer regelmäßigeren Weise auftreten.

7) Die erste Richtungsspindel lässt in ihrer Äquatorialplatte, wenn hier von einer solchen gesprochen werden darf, stets nur kurz stäbchenförmige oder körnerförmige Chromosomen erkennen. Nun ist dieses Stadium dasjenige, welches ich am allerhäufigsten zu Gesicht bekam, sowohl innerhalb wie außerhalb des mütterlichen Körpers. Es kann außerordentlich lange bestehen bleiben, wenn der Wurm nicht zur Ablage der Eier gelangt und man kann es von jedem Wurm bekommen, wenn man ihn lange genug am Leben erhält. Dem entsprechend wurde dieses Stadium bei sehr vielen Würmern in verschiedenartiger Konservirung beobachtet; niemals aber zeigte es schleifenförmige Chromosomen. Aus dem früher geschilderten Zustandekommen der ersten Richtungsspindel ist dieses Verhalten ohne Weiteres erklärlich. Von einer stets mangelhaften Konservirung kann gerade bei diesem so häufig beobachteten Stadium nicht die Rede sein.

Da die schleifenförmigen Chromosomen der Richtungsspindel im Ganzen nicht allzu selten zur Beobachtung gelangten und da die so außerordentlich häufig vorkommende erste Furchungsspindel in ihrer Äquatorialplatte niemals Schleifen zeigt, so muss ich fast die Annahme machen, dass die hufeisenförmigen Kernschleifen der Tochterplatten

aus den Körnern der Äquatorialplatte hervorgehen. Ist dies tatsächlich der Fall, so muss weiter angenommen werden, dass bei der oben geschilderten Spaltung der Chromosomen (Fig. 95—100, Taf. XXX) eine Biegung derselben stattfindet und dadurch die vier Schleifen jeder Tochterplatte geliefert werden, so wie sonst bei dieser Spaltung die vier körnerförmigen Chromosomen entstehen. Der Vorgang würde also dem Princip nach derselbe bleiben. Die Übereinstimmung im weiteren Verlauf der Richtungskörperbildung bei Eiern mit schleifenförmigen Chromosomen, wie er oben dargestellt wurde, macht eine derartige Annahme ganz wahrscheinlich.

8) Während man für gewöhnlich in sämtlichen Eiern eines Geleges nur Richtungsspindeln mit körnerförmigen Chromosomen findet, kommen gelegentlich darunter auch andere vor, welche mehr oder weniger deutlich ausgebildete hufeisenförmig gekrümmte Chromosomen aufweisen. Einige Male beobachtete ich, dass alle Eier eines Geleges nur die Hufeisenform der Chromosomen in den Richtungsspindeln zeigten, während in anderen Fällen außer diesen Spindeln auch solche mit einfach körnerförmigen Chromosomen auftraten. Hier ist gewiss ebenfalls der Einwand möglich, dass einzelne dieser Eier schlecht, andere gut konserviert gewesen seien, doch scheint er mir wenig stichhaltig, da man für die Eier ein- und desselben Geleges wohl eine ziemlich gleichartige Einwirkung der Reagentien annehmen darf. Übrigens kann ganz derselbe Einwand auch gegen ein anderes Verhalten der Richtungsspindeln geltend gemacht werden, welches ich gelegentlich beobachtete. Man findet nämlich zuweilen die Hufeisenform der Chromosomen nicht so klar ausgeprägt, wie dies z. B. in den Fig. 128—133, 138, 139 (Taf. XXXI und XXXII) der Fall ist, sondern die Schleifen sind von mehr gedrungener Gestalt. Dies ergibt sich schon aus einigen der vorher besprochenen zweiten Richtungsspindeln (Fig. 134—137), geht aber auch weiterhin aus dem Verhalten mancher ersten Richtungsspindeln hervor (Fig. 140 und 141). In solchen Spindeln, welche sich durch den Erhaltungszustand der achromatischen Strukturen als gut konserviert erweisen und bei denen auch die Centrosomen erkennbar sind, können die Chromosomen in einer sehr gedrungenen Hufeisenform auftreten. Die Fig. 140 stellt z. B. eine erste Richtungsspindel dar, bei welcher dies der Fall ist. Sowohl die innere wie die äußere Tochterplatte zeigt die sehr gedrungene Form der Chromosomen. Dieselbe kann übrigens noch plumper sein, so wie dies z. B. die innere Tochterplatte der Fig. 141 erkennen lässt. Man findet Spindeln, in welchen die gekrümmte Form der Chromosomen eben nur noch angedeutet ist und diese fast schon in die Körnerform übergehen. Gleichzeitig werden an Eiern derselben

Gelege Richtungsspindeln mit einfachen körnerförmigen Chromosomen gefunden. Weiter kommt es vor, dass die innere Tochterplatte noch die Hufeisenform der Chromosomen erkennen lässt, während diese an der äußeren, schon im Richtungskörper gelegenen Tochterplatte bereits geschwunden ist (Fig. 144). Ich bin geneigt, alle diese Formen der Chromosomen für thatsächliche Übergänge von der Schleifen- zur Körnerform und nicht für den Ausdruck einer ungenügenden Konservierung zu halten. Übrigens könnte ich die Bilder für die Übergänge der schlanken in eine allmählich plumper werdende Hufeisengestalt und von ihr zur einfachen Körnerform für so ziemlich alle Stadien der Eireifung beliebig vermehren, da ich sie sehr häufig angetroffen habe.

9) Ein Aufeinanderfolgen bezw. ein Übergang stäbchenförmiger in schleifenförmige Chromosomen konnte auch bei den embryonalen Kernen der *Ophryotrocha* beobachtet werden. Ich fand, dass in diesen Kernen vier bezw. acht Schleifen auftreten (Fig. 27 u. 28, 37—39, Taf. XXVIII), die sich verkürzen und dadurch zu der entsprechenden Anzahl von Stäbchen werden (Fig. 33—36). Nun sind aber die Chromosomen der Embryonalspindeln nicht stäbchen-, sondern schleifen- bezw. hufeisenförmig (Fig. 24—33). Bei der Ausbildung der Spindel muss somit eine Umwandlung der Stäbchen- in die Hufeisenform, d. h. wohl eine Biegung der ersteren stattfinden. Also folgen auch in diesem Falle schleifenförmige auf gestreckte Stäbchen wie dies ähnlich, wenn auch allem Anschein nach nur ausnahmsweise bei der Bildung der Richtungskörper ebenfalls vorkommt. An eine Vernichtung der Schleifenform durch die Einwirkung der Reagentien kann im Falle der embryonalen Mitosen eben so wenig gedacht werden, da man bei ein und derselben Konservierungsmethode schleifenförmige Chromosomen in früheren Stadien (Fig. 27, 28 und 37, 38), sowie Stäbchen (Fig. 34, 35) und dicht daneben die hufeisenförmigen Chromosomen der Spindeln findet (Fig. 33).

Fasse ich das Ganze zusammen, so scheint mir daraus hervorzugehen, dass die schleifenförmigen Chromosomen der Richtungsspindeln als Folgestadien der Stäbchen auftreten können. Jedoch treten die schleifenförmigen Chromosomen nur selten in den Richtungsspindeln auf. Sie sind als eine außergewöhnliche Erscheinung und als ein Zurückfallen in die früheren ursprünglicheren Verhältnisse aufzufassen. Für gewöhnlich besitzen die Chromosomen der Richtungsmitosen wie die anderer Thiere die Körnerform. Diese ist nicht als ein durch die Reagentienwirkung veranlassetes Kunstprodukt anzusehen, sondern stellt vielmehr das normale Verhalten dar.

6. Zur Auffassung der Reifungsvorgänge bei Ophryotrocha.

In Bezug auf die bei der Eireifung sich abspielenden Vorgänge bzw. auf den sich zumeist in sehr übereinstimmender Weise vollziehenden Process der Samenreifung stehen sich der Hauptsache nach jetzt zwei Auffassungen gegenüber. Die erste hat ihren Vertreter vor Allem in BOVERI und wurde an den Eiern von *Ascaris megalcephala* gewonnen. Es handelt sich bei allen diesen Untersuchungen um die Entscheidung der Frage, auf welche Weise und zu welcher Zeit die Reduktion der chromatischen Substanz eintritt, die bei der Befruchtung thatsächlich vorhanden ist. BOVERI entschied diese Frage so, dass bereits im Keimbläschen in Folge eines bisher allerdings nicht bekannten Vorgangs die Chromosomen in der reducirten Zahl auftreten. Er findet im Keimbläschen die viertheiligen Chromatingebilde, welche als Vierergruppen nach den neueren Untersuchungen eine so große Bedeutung beanspruchen. Bei *Ascaris megalcephala bivalens* sind zwei solche Chromatingebilde (nach BOVERI Chromosomen) im Keimbläschen vorhanden, also die Hälfte der Normalzahl dieses Thieres. Entstanden sind diese viertheiligen Chromosomen durch zweimalige Längsspaltung eines Chromosoma. In den beiden Richtungsmitosen werden die Spaltstücke der Chromosomen auf die beiden Richtungskörper bzw. die Eizelle vertheilt und zwar so, dass bei der ersten Mitose zwei Spaltstücke jedes Chromosomas auf den Richtungskörper übergehen, während bei der zweiten Mitose nur ein Spaltstück entfernt wird. Je ein Spaltstück, also der vierte Theil jedes der beiden Chromosomen, bleibt in der Tochterplatte der zweiten Richtungsmitose, d. h. im Ei zurück. Beide Theilungen sind echte Mitosen, da sie die durch Längsspaltung entstandenen Theilstücke der Chromosomen von einander entfernen. Man hat also zwei Äquationstheilungen (im Sinne WEISMANN'S) vor sich; eine Reduktionstheilung ist nicht vorhanden. Nach der vollzogenen Eireifung finden sich zwei Chromosomen im Ei, d. h. dieselbe Zahl, welche schon vor der Reifung im Keimbläschen vorhanden war. Die Reduktion war somit schon vor dem Eintritt des Reifungsprocesses im Keimbläschen erfolgt.

Mit BOVERI'S Auffassung von der Entstehung der Vierergruppen stimmt diejenige von BRAUER überein, welche am gleichen Objekt, jedoch an den Endstadien der Spermatogenese gewonnen wurde. Nach BRAUER erfolgt nicht, wie man bei der Normalzahl vier von *Ascaris megalcephala bivalens* erwarten sollte, eine zweimalige Segmentirung des Kernfadens, sondern nur eine einmalige, wodurch also nur zwei Chromosomen erhalten werden, die sich dann in der von BOVERI beschriebenen Weise zwei-

mal der Länge nach spalten. So sind die Vierergruppen gebildet. Die Theilungen erfolgen in der nach BOVERI von der Eireifung geschilderten Weise. Die Zahlenreduktion der Chromosomen findet auch nach BRAUER nicht während der Eireifung statt, sondern war bereits vorher in Folge der unterbleibenden zweiten Quertheilung des Kernfadens im Keimbläschen gegeben.

Die bei Untersuchung der Samenreifung von *Ascaris megalocephala* genauer begründete Auffassung hatte BRAUER schon in einer früheren Arbeit über die Eireifung von *Branchipus* vertreten und hielt sie später beim Studium des reifenden Eies von *Artemia salina* fest.

BRAUER'S Auffassung erwähnte ich vor der älteren O. HERTWIG'S, weil sie sich derjenigen BOVERI'S näher anschließt, obwohl sie auch an jene eine starke Anlehnung zeigt. O. HERTWIG nahm bereits die nur einmalige Quertheilung des Fadens an und spricht sich für eine darauf folgende doppelte Längsspaltung dieser beiden Theilstücke aus. In dieser Beziehung ist seine Auffassung die von BOVERI vertretene und auch von BRAUER angenommene. Weiterhin fasst er jedoch die entstandenen Theilstücke als selbständige Kernsegmente (Chromosomen) auf, so dass zunächst eine Verdoppelung derselben gegen die Normalzahl und dann bei der zweiten Richtungstheilung eine Reduktion eintritt. Da diese Anschauung für den Verlauf der Vorgänge an dem von mir beobachteten Objekt weniger in Betracht kommen kann, so gehe ich nicht näher auf sie ein und stelle die von BOVERI und BRAUER vertretene Auffassung einer anderen, gleich zu besprechenden gegenüber¹.

Schon in den Darstellungen, welche die genannten Autoren vom Reifungsprocess geben, sieht man die Vierergruppen eine bedeutungsvolle Rolle spielen. Sie treten als solche in die Reifungstheilung ein und werden durch diese in ihre einzelnen Partien zerlegt. Es erschien daher von Wichtigkeit, die Entstehung und Bedeutung dieser Gebilde genauer festzustellen und dies ist denn auch in neuester Zeit von verschiedenen Seiten unternommen worden. Hier sind besonders VOM RATH, HÄCKER² und RÜCKERT zu nennen, deren Auffassungen der

¹ Es liegt durchaus nicht in meiner Absicht, alle diejenigen Arbeiten hier zu besprechen, welche sich zu den behandelten Vorgängen in Beziehung setzen ließen. Dies ist um so weniger nöthig, als gerade in letzter Zeit eine sehr klare und ausführliche Übersicht derselben von RÜCKERT gegeben wurde. Ich werde mich also auf die Heranziehung derjenigen Arbeiten beschränken, welche sich mit dem von mir bearbeiteten Objekt näher berühren oder zum Verständnis der an ihm sich abspielenden Vorgänge nöthig erscheinen.

² Ich beziehe mich hier nur auf die letzte Arbeit HÄCKER'S über die Vorstadien der Eireifung, da HÄCKER in den früheren Arbeiten anderen Anschauungen über die in Rede stehenden Vorgänge huldigte.

Vierergruppen sich vereinigen lassen. Gewonnen wurden dieselben hauptsächlich an Arthropoden, speciell durch die Untersuchung der Spermatogenese von *Grylotalpa* (VOM RATH) und der Eireifung der Copepoden (HÄCKER, RÜCKERT), doch fand VOM RATH seine an *Grylotalpa* gemachten Erfahrungen auch bei der Spermatogenese einiger Amphibien (*Salamandra*, *Triton*, *Rana*) bestätigt und RÜCKERT glaubt Ähnliches für die Eibildung der *Selachier* annehmen zu dürfen. Dies würde dafür sprechen, dass diesen Vorgängen eine allgemeinere Geltung zukommt. Wenn ich sie im Folgenden kurz charakterisire, so halte ich mich an ihre Erscheinung bei der Eireifung der Copepoden, wo sie von RÜCKERT und in HÄCKER'S neuer Schrift am klarsten zum Ausdruck gebracht wurden.

Im Keimbläschen tritt bei der Eireifung eine bereits reducirte Zahl von Chromatinpartien auf, 12 bei *Cyclops* und *Canthocamptus*, deren Normalzahl 24 beträgt. Diese 12 Chromatinmassen zeigen eine ganz besondere Beschaffenheit und sind auf folgende Weise entstanden: Bereits sehr früh kann eine Längsspaltung des Kernfadens auftreten, welcher durch Quertheilung in 12 Segmente zerfällt. Jetzt sind also 12 längsgespaltene (scheinbare) Chromosomen vorhanden. Jede dieser 12 Schleifen erfährt noch eine Quertheilung, welche jedoch nicht zu einer Trennung der dadurch angedeuteten beiden Segmente führt. Diese bleiben vielmehr mit einander vereinigt und indem nunmehr noch eine Verkürzung eintritt, kommt es zur Bildung von Vierergruppen, die jedoch eine andere Entstehung zeigen, als sie denjenigen von *Ascaris megalcephala* zukommen soll. Sie sind nicht wie diese durch eine zweimalige Längsspaltung, sondern durch einmalige Längsspaltung und darauf folgende Quertheilung entstanden. Dem entsprechend gewinnen auch die beiden Reifungstheilungen, in welche diese Vierergruppen eintreten, ein anderes Bild. In der ersten Richtungsspindel stellen sich die Vierergruppen so ein, dass ihre Längsrichtung zur Spindelachse senkrecht steht. Nach dem Schema der karyokinetischen Theilung werden also die durch Längsspaltung entstandenen Stücke der Vierergruppen von einander getrennt. Es liegt somit eine echte Mitose vor. Diesen Charakter hat die zweite Richtungstheilung nicht. Die durch sie geschiedenen Stücke der Vierergruppen sind durch Quertheilung aus einander hervorgegangen. Die letzte der beiden Theilungen ist also eine Reduktionstheilung. Da der Kern nach Vollzug der ersten Theilung nicht wieder in die Ruhe zurückkehrte, so unterblieb die Längsspaltung. In Folge der Bildung der Vierergruppen oder was dasselbe sagt, in Folge der unterbleibenden letzten Segmentirung sind zwei Segmente in ähnlicher Weise wie sonst die durch Längsspaltung entstandenen Theile mit einander verbunden und ähnlich wie diese treten

sie in eine Spindel, die zweite Richtungsspindel ein. Der ganzen Erscheinung nach scheint also eine echte karyokinetische Figur mit gespaltenen Chromosomen vorhanden zu sein. Thatsächlich ist dies jedoch, wie wir sahen, nicht der Fall. RÜCKERT fasst dieses Verhalten so auf, dass für den Vollzug einer Theilung im Sinne der Karyokinese eine zweireihige Anordnung der Chromatinelemente nöthig ist und eine solche ist denn auch hier gegeben.

Um den Unterschied in den beiden hier charakterisirten Anschauungen nochmals hervorzuheben, so findet nach der ersteren eine zweimalige Längsspaltung der Chromosomen statt (Bildung der Vierergruppen); beide Reifungstheilungen verlaufen nach dem Schema der Karyokinese und sind demnach Äquationstheilungen im Sinne WEISMANN'S. Die Reduktion hat bereits im Keimbläschen stattgefunden, wahrscheinlich in Folge des Unterbleibens einer Segmentirung des Kernfadens. Nach der anderen Anschauung erfährt der Kernfaden nur eine einmalige Längsspaltung. In Folge der unterdrückten oder besser der unvollständigen Durchführung einer Quertheilung bleiben je zwei längsgespaltene Segmente mit einander verbunden, wodurch die Vierergruppen entstehen. Zwar sind auch nach dieser Anschauung die Chromatinmassen im Keimbläschen in reducirter Zahl anzutreffen, aber die Reduktion ist nur eine scheinbare (*Pseudoreduktion* RÜCKERT'S) und verursacht durch die nicht völlig ausgeführte letzte Quertheilung. Die erste Reifungstheilung ist eine echte Karyokinese (Äquationstheilung im Sinne WEISMANN'S), die zweite eine Reduktionstheilung.

Von dem Standpunkte der Zellenlehre wird man geneigt sein, der ersteren Auffassung die größere Wahrscheinlichkeit zuzusprechen, da nach ihr der Verlauf der Theilungen keine Abweichung von dem sonst beobachteten Gang der Zelltheilung zeigt. Das Unterbleiben einer der sonst bis zur Erreichung der Normalzahl eintretenden Segmentirungen erscheint eher verständlich als der so abweichende Verlauf der Theilung, wie ihn die Reduktion während dieser verlangt. Man muss sagen, dass die erstere Auffassung die Reduktion sowohl der Zahl der Chromosomen wie auch der Chromatinmasse in einer befriedigenderen Weise erklärt und doch vermag man sich dem Druck der beobachteten Thatsachen nicht zu entziehen. Schließt man sich aber der von RÜCKERT, VOM RATH und HÄCKER vertretenen Anschauung an, wie man kaum anders kann, so lange ihre sehr bestimmten Angaben nicht als unrichtig nachgewiesen sind, so wird man auch die früheren Befunde mittels dieser Anschauung deuten müssen. Das ist denn auch thatsächlich bereits geschehen und die genannten Autoren sind durchaus geneigt, die von den früheren Forschern vor Allem an *Ascaris* ge-

wonnenen Ergebnisse zu Gunsten ihrer eigenen Auffassung umzu-
deuten. Ihnen darin zu folgen, beabsichtige ich nicht. Es liegt auf der
Hand, dass man einfach annehmen kann, eine der beiden Längsspalt-
ungen sei nur fälschlicher Weise für eine solche gehalten worden und
sei in Wirklichkeit als eine Quertheilung anzusehen. Eine Entschei-
dung dieser recht wichtigen Frage ist nur von erneuten Untersuchun-
gen der Ei- und Samenreifung bei *Ascaris megalcephala* zu erwarten,
die übrigens bereits von verschiedener Seite in Aussicht gestellt wurde.

Setze ich jetzt die Verhältnisse, wie sie sich bei dem von mir unter-
suchten Objekt darbieten, zu dem bisher Bekannten in Vergleich, so
ergiebt sich Folgendes. Im Keimbläschen von *Ophryotrocha* treten
die Chromosomen nicht in der reducirten, sondern in der
Normalzahl auf. — Man findet zu einer gewissen Zeit vier gespaltene
Chromosomen. Schon als langgestreckte Schleifen sind sie in dieser
Zahl vorhanden und sie bewahren dieselbe bis zum Eintritt in die erste
Richtungsspindel (Fig. 76—96, Taf. XXIX u. XXX). Vierergruppen treten
im Keimbläschen von *Ophryotrocha* nicht auf. Konstruieren lassen sie sich
allerdings dadurch, dass die gespaltenen Stäbchen in der Äquatorial-
platte sich hinter einander lagern und zwar derart, dass die Längsachse
des einen die Verlängerung der Längsachse des anderen bildet (Fig. 88
bis 92 Taf. XXX). In dieser Anordnung liegen sie schließlich parallel
zur Spindelachse. Wenn man ein solches gespaltenes Stäbchenpaar auf
seine Entstehung betrachtet, so ist diese dieselbe, welche die Vierer-
gruppen nach den Angaben von HACKER, VOM RATH und RÜCKERT zeigen.
Indem ich annehme, dass im Keimbläschen ein zusammenhängender
Kernfaden vorhanden ist, was jedoch nicht mit Bestimmtheit erwiesen
werden konnte, so tritt an ihm eine zweimalige Quertheilung auf,
welche vier Kernschleifen liefert. Diese spalten sich der Länge nach.
Wenn man nun weiter annimmt, wie es thatsächlich im Äquator der
Spindel eintritt, dass zwei der gespaltenen Stäbchen sich mit einem
Ende an einander lagern, so würde damit eine Vierergruppe von der-
selben Entstehung zu Stande kommen, wie sie jene Autoren bei Arthro-
poden und Vertebraten auffanden. Eine Längsspaltung und Quertheilung
hat zu ihrer Entstehung geführt und nicht eine zweimalige Längs-
theilung.

Ophryotrocha weist dieselbe Normalzahl der Chromosomen auf wie
Ascaris megalcephala bivalens, doch tritt bei ihr, wie man sieht, weder
eine Reduktion, noch eine Pseudoreduktion derselben im Keimbläschen
ein, sondern der Kernfaden spaltet sich der Länge nach und zerfällt
durch Quertheilung in vier Segmente. Im Keimbläschen ist somit die
Normalzahl der Chromosomen vorhanden. Dieser Befund ist nicht mit

demjenigen von BOVERI, HERTWIG und BRAUER für *Ascaris*, *Branchipus* und *Artemia* zu vereinigen, sondern deckt sich mit dem von HÄCKER VOM RATH und RÜCKERT für *Cyclops*, *Canthocamptus*, *Salamandra* etc., wobei von der Pseudoreduktion abgesehen werden kann, da sie die tatsächlich vorhandene Normalzahl der Chromosomen (durch das Verbundenbleiben je zweier derselben) nur verdeckt. Leider geht die so gewonnene Übereinstimmung mit den genannten Formen sehr bald wieder verloren, indem sich die Richtungsteilungen auf andere Weise vollziehen, als dies bei jenen festgestellt wurde.

Es ist weiter oben ausführlich geschildert worden, wie die vier gespaltenen stäbchenförmigen Chromosomen sich in der Äquatorialplatte der ersten Richtungsspindel eng zusammendrängen (Fig. 90—93, Taf. XXX), um jene viertheilige Chromatinmasse zu bilden, welche mich bei der ersten Bekanntschaft mit diesem Objekt zu der Annahme verführte, ich habe es mit einem einzigen viertheiligen Chromosoma zu thun, wie es sich bei *Ascaris megalcephala univalens* findet. Mit dieser höchst eigenthümlichen Anordnung der Chromosomen ist auch ein sehr abweichender Verlauf der Theilung verbunden. Die Längsspaltung der Chromosomen, welche schon früh aufgetreten und noch an den in die Spindel eingetretenen Stäbchen zu bemerken war, geht mit dem Zusammendrängen derselben verloren und führt daher nicht, wie man von vorn herein vermuthen sollte, zu dem Auseinanderweichen der Spalthälften im Sinne der mitotischen Theilung. Die erste Theilung verläuft überhaupt nicht auf karyokinetischem Wege, sondern die beiden den Polen zugewandten Chromosomenpaare weichen einfach gegen diese hin aus einander (Fig. 95 und 96, Taf. XXX). So werden die beiden Tochterplatten gebildet, wie man sie wohl nach der Analogie mit der echten Karyokinese bezeichnen darf. Da durch diese Theilung ganze Chromosomen aus dem Ei (mit der Bildung des ersten Richtungskörpers) entfernt werden, so ist sie eine Reduktionsteilung.

Ich muss hier bemerken, dass ich mich gegen die in diesen Angaben vertretene Auffassung lange gesträubt habe, denn sie widerspricht dem, was man bei dem Vorgang der Eireifung sonst kennt und für richtig hält. Trotzdem vermag ich die erhaltenen Bilder nicht anders zu deuten und theile sie mit, wie sie sich ungezwungen an einander anschließen. Man wird aus der gegebenen Darstellung erkennen, dass ich die Eireifung sowohl, wie auch die sie vorbereitenden Vorgänge Schritt für Schritt verfolgen konnte, so dass kein wichtiges Stadium zu fehlen scheint, keine besonders fühlbare Lücke vorhanden ist und eben das Bild des ganzen Reifungsprocesses zu Stande kommt, welches ich oben vorgeführt habe und jetzt durch einige vergleichende Betracht-

tungen ergänzen muss. Dass dieses Bild sich nur zum Theil mit den Angaben deckt, welche von anderen Thierformen gemacht wurden, empfinde ich selbst peinlich und obwohl ich betreffs meiner Darstellung der ersten Reifungstheilung entschiedenem Unglauben zu begegnen fürchte, muss ich doch daran festhalten. Ich brauche kaum zu bemerken, dass es mir selbst von vorn herein viel wahrscheinlicher war, die vier Chromosomen der schon vorhandenen Längsspaltung entsprechend in die Karyokinese eintreten zu sehen, so dass also die erste Richtungstheilung einer echten Mitose entspräche, doch ist dies nach den Bildern, welche ich in übereinstimmender Weise erhielt, nicht der Fall, sondern die vier Chromosomen nehmen eben die Anordnung an, welche es bedingt, dass zwei von ihnen nach dem einen und zwei nach dem anderen Pol der Spindel geführt werden.

Bezüglich der Stellung der Chromosomen in der ersten Richtungsspindel von *Ophryotrocha* ist eine von RÜCKERT in Verbindung mit der Erscheinung der Pseudoreduktion geäußerte Ansicht von Interesse. Er erklärt das Verbundenbleiben zweier gespaltener Segmente (d. h. also die Vierergruppen) dadurch, dass die in der zweiten Richtungsspindel sich vollziehende Theilung nicht verständlich sei, wenn nicht eine zweireihige Anordnung der chromatischen Elemente, d. h. eine solche vorhanden ist, wie sie sich bei der Karyokinese aus der Stellung der durch die gespaltenen Schleifen repräsentirten Chromatinelemente ergibt. Diese zweireihige Aufstellung hält er aber nur für möglich, wenn die Chromosomen unter einander verbunden sind. Ähnlich liegen nun die Verhältnisse bei *Ophryotrocha* in der ersten Richtungsspindel. Die einander in den Tochterplatten entsprechenden Chromatinelemente (Fig. 95 und 96) sind nicht durch Längsspaltung aus einander hervorgegangen, sondern repräsentiren je ein vollständiges Chromosoma. In der Äquatorialplatte sind sie jedoch wie zwei Hälften eines einzigen Chromosomas gelagert (Fig. 92—94), d. h. die zweireihige Anordnung ist auch hier vorhanden, da sie eben für den Mechanismus der mitotischen Theilung erforderlich erscheint.

Übrigens scheint die Verbindung der Chromosomen oder doch wenigstens der mit einer Vierergruppe zu vergleichenden in der Äquatorialplatte der ersten Richtungsspindel von *Ophryotrocha* thatsächlich eine sehr enge zu werden, denn ich fand zuweilen die allerdings abnorm ausgebildete erste Richtungsspindel in der Weise verändert, dass die Chromosomenpaare so aus einander gerückt waren, wie sie das normaler Weise thun, aber zwischen ihnen bestand noch eine aus chromatischer Substanz bestehende Verbindungsbrücke. Es macht den Eindruck, als ob die beiden Chromosomen aus einer gemeinschaftlichen

plastischen Masse beständen, die sich bei ihrem Auseinanderweichen zu einem dünnen Strang auszieht. In Fig. 142 A—D (Taf. XXXII) sind vier Spindeln aus einem Gelege abgebildet, dessen Eier größtentheils krankhaft verändert waren. Fig. 142 A zeigt eine Richtungsspindel von gewöhnlicher Beschaffenheit; in B beginnt das Auseinanderweichen und doch sieht man beide Chromosomen noch durch eine breite Brücke verbunden; in C und D sind die Chromosomenpaare zwar schon weiter von einander entfernt, aber die Verbindungsbrücken bestehen noch immer. Wie gesagt handelt es sich hier um krankhaft veränderte Eier, denn für gewöhnlich erfolgt das Auseinanderweichen nicht auf diese Weise (Fig. 95 und 96, Taf. XXX), aber immerhin scheint mir dieses Verhalten auf eine, wenn auch nur vorübergehende innigere Verbindung zwischen je zwei Chromosomen hinzuweisen. Möglicherweise hängt dies mit dem Mechanismus der Kerntheilung zusammen. Thatsächlich ist auch in der Äquatorialplatte der normalen Spindel die Anlagerung der Chromosomen eine sehr enge (Fig. 92—94, Taf. XXX, Fig. 104 a, Taf. XXXI, Fig. 142 A, Taf. XXXII), so dass zwischen ihnen nur ein ganz schmales helles Kreuz erkennbar ist. Sie können in Wirklichkeit enger zusammenliegen, als in anderen Fällen die vier Theile einer Vierergruppe; allerdings gilt dies nicht nur von den beiden einer Vierergruppe zu vergleichenden, sondern von allen vier Chromosomen.

Durch die eigenartige Anordnung der Chromosomen in der Richtungsspindel ist übrigens auch deren ganze Gestalt beeinflusst. Das enge Zusammendrängen der wenig umfangreichen Chromosomen in der Mitte der Spindel hat jedenfalls die schlanke Form derselben zur Folge und auch die eigenartige Vertheilung und starke Ausbildung der Spindel-fasern ist darauf zurückzuführen.

Mit dem geschilderten Verhalten der ersten Richtungsspindel hängt noch eine andere Eigenthümlichkeit derselben zusammen, nämlich die wieder eintretende Spaltung der Chromosomen. Es wurde gezeigt, dass dieselben Anfangs gespalten waren (Fig. 83—86, Taf. XXX) und auch in der in Ausbildung begriffenen Spindel dieses Verhalten noch zeigten (Fig. 87—90). Nachher ging die Längsspaltung verloren bezw. sie war nicht mehr wahrzunehmen (Fig. 92—96), doch bemerkt man dann, wenn die beiden Tochterplatten ziemlich weit aus einander gerückt sind, eine Zweitheiligkeit ihrer Chromosomen (Fig. 97 und 98), die sehr bald zu einem Zerfall derselben in zwei Stücke führt (Fig. 99 und 100). Jede Tochterplatte besteht jetzt also nicht mehr aus zwei, sondern aus vier chromatischen Elementen. Ich kann es kaum für zweifelhaft halten, dass die jetzt eingetretene Theilung der früher angedeuteten Spaltung der Chromosomen entspricht und dass somit die vier Chromatin-

elemente als durch Längsspaltung entstandene aufzufassen sind. Die Stadien, in denen die Längsspaltung schwindet (Fig. 90, 94) und wieder auftritt (Fig. 97, 98) sind nicht so weit von einander entfernt, als dass man eine derartige Annahme nicht machen dürfte. Zudem tritt die Zweitheiligkeit der Chromosomen unter Umständen (allerdings nicht normaler Weise) noch früher hervor, nämlich bereits dann, wenn die beiden Tochterplatten erst ganz wenig von einander entfernt oder noch mit einander vereinigt sind.

An Eiern, welche die fertig ausgebildete Richtungsspindel aufweisen, bemerkt man ausnahmsweise, dass sie nicht die gewöhnliche viertheilige Chromatinmasse als Äquatorialplatte zeigen, sondern anstatt ihrer acht Chromatinkörner erkennen lassen. Ich habe, da dieses Verhalten in verschiedener Hinsicht für die Verhältnisse der Eireifung bei *Ophryotrocha* von Bedeutung ist, mehrere dieser Spindeln abgebildet (Fig. 146—150, Taf. XXXII). Sie können sich sowohl innerhalb des mütterlichen Körpers, wie auch in den soeben abgelegten Eiern finden. In beiden Fällen waren gleichzeitig Eier mit ganz abnorm ausgebildeten Spindeln vorhanden; die Eier schienen also durch irgend welche äußere Einflüsse in ihrer normalen Ausbildung gestört worden zu sein und auch die hier zu beschreibenden Spindeln sind daher ebenfalls als abnorm entwickelte anzusehen. Sie stellen sich in etwas verschiedener Weise dar.

Unter den Eiern mit den abnormen Spindeln finden sich auch immer einige ganz normale. Eine solche normale Spindel aus einem Ei, welches neben ganz abnorm ausgebildeten Eiern lag, ist in Fig. 92 (Taf. XXX) abgebildet. Die in Fig. 147—150 dargestellten Spindeln stammen von Eiern desselben Thieres. Fig. 146 ist dem Gelege eines anderen Wurmes entnommen. Die letztere Figur zeigt die Spindel bereits an die Peripherie des Eies gerückt und erheblich verkürzt, in einem Stadium, welches etwa dem in Fig. 96 (Taf. XXX) dargestellten entspricht. Der Unterschied in der Ausbildung beider Spindeln wird gerade durch einen Vergleich mit der letztgenannten Figur recht augenfällig. Jede der beiden noch nicht weit von einander getrennten Tochterplatten setzt sich aus vier Chromatinkörnern zusammen, die kaum anders als durch Spaltung der zwei sonst vorhandenen Körner entstanden sein können. Diese Spindel schließt sich also jedenfalls am nächsten an die früher besprochenen älteren Stadien mit den normaler Weise getheilten Chromosomen an (Fig. 100, 99, 98).

Die Spaltung kann nun noch früher als in dem eben erwähnten Stadium hervortreten. Fig. 147 zeigt die beiden Tochterplatten zwar ebenfalls schon, aber nur erst sehr wenig von einander getrennt. Die

Spindel ist noch unverkürzt und liegt inmitten des Eies. Auch hier weist jede Tochterplatte in klarer Weise vier Chromatinkörner auf. Übrigens ist in der genannten Figur wie überhaupt bei diesen abnorm ausgebildeten Spindeln ein schon früher erwähntes Verhalten zu bemerken, nämlich dass sich zwischen den Chromatinelementen der beiden Tochterplatten chromatische Verbindungsbrücken hinziehen, ähnlich, wenn auch nicht in so starkem Maße wie dies früher für einige ebenfalls abnorm entwickelte Spindeln beschrieben wurde (Fig. 142). Man sieht z. B. in den Fig. 146 und 147 derartige dünne Verbindungsstränge zwischen den beiden Tochterplatten verlaufen.

Fig. 148 zeigt die beiden aus vier Chromatinelementen bestehenden Tochterplatten noch ziemlich dicht an einander gelagert. Der Unterschied dieser Spindeln mit einer normal ausgebildeten tritt durch den Vergleich mit einer solchen von entsprechender Ausbildungsstufe (Fig. 92, Taf. XXX und Fig. 147, 148) recht deutlich hervor. Auffallenderweise können diese bezüglich ihres Chromatins abnorm entwickelten Spindeln im Hinblick auf die achromatische Struktur besser ausgebildet sein. So erkennt man bei ihnen (Fig. 147, 148) in dem Archoplasma einen kugligen Körper, den man für das Centrosoma halten möchte.

Die Entstehung der vier Chromatinkörner jeder Tochterplatte durch Spaltung der ursprünglich vorhandenen beiden Chromosomen ist auch bei den abnorm ausgebildeten ersten Richtungsspindeln deutlich zu erkennen. Man sieht oft eine Einkerbung der Chromosomen ähnlich wie sie in den Fig. 97 und 98 (Taf. XXX) dargestellt ist. Es kommt vor, dass zwei Chromosomen bereits in Spaltung begriffen sind, die anderen beiden jedoch noch nicht (Fig. 149), oder man findet je zwei Chromosomenhälften paarweise dicht an einander gedrängt, so dass ihre Herkunft auch daraus ersichtlich wird (Fig. 150). Alles dies spricht für eine Spaltung der Chromosomen, wie sie normalerweise sonst erst in späteren Stadien stattfindet. Zwischen diesen letzteren und den frühen Stadien der sich erst ausbildenden Spindel, in welcher die Längsspaltung der Stäbchen noch vorhanden ist (Fig. 89, 90, Taf. XXX), scheinen mir die soeben besprochenen abnormen Spindeln (Fig. 146—150) die verbindende Brücke herzustellen, denn wenn es nicht an und für sich schon sehr wahrscheinlich wäre, dass der Zerfall der Chromosomen in den Tochterplatten auf die früher angedeutete Längsspaltung derselben zurückzuführen ist, so würde es dies durch das Verhalten der abnormen Spindeln.

Über die Zusammengehörigkeit je zweier Chromatinelemente der Tochterplatten zu einem einzigen Chromosoma dürfte nach dem Vor-

stehenden wohl kaum ein Zweifel obwalten, aber es kommen außerdem Bilder aus der Eireifung zur Beobachtung, welche dies zu völliger Sicherheit erheben. Die soeben besprochene, auf die Längsspaltung zurückzuführende Theilung derselben tritt nämlich nicht immer schon in dem oben geschilderten Stadium der beiden Tochterplatten (Fig. 99 und 100), sondern ausnahmsweise erst später ein. Man findet zuweilen in der bereits in den Plasmahügel eingetretenen äußeren Tochterplatte, ja sogar im Richtungskörper selbst nur zwei Chromatinelemente (Fig. 143) und eben so verhält sich die innere Tochterplatte. In anderen Fällen zeigen beide Platten im Stadium der Abschnürung des ersten Richtungskörpers nur eine Andeutung der Spaltung (Fig. 144) oder eine der beiden Tochterplatten (die äußere oder die innere) erweist sich bereits als getheilt, während dies bei der anderen noch nicht der Fall ist (Fig. 145). Derartige Zustände der beiden Platten kommen in Gelegen, welche Eier in den entsprechenden Stadien der Richtungskörperbildung enthalten, nicht allzu selten vor. Als abnorm kann ich sie nicht bezeichnen, da sie dieselbe Beschaffenheit zeigen wie diejenigen Richtungsspindeln, in denen die Spaltung zu der gewöhnlichen Zeit auftrat (Fig. 103—105, Taf. XXXI). Eier mit solchen regelrecht beschaffenen ersten Richtungsspindeln sind neben jenen ebenfalls vorhanden. Es ist weiter hinzuzufügen, dass im abgeschnürten ersten Richtungskörper auch in späterer Zeit vielfach nur zwei Chromatinkörner aufgefunden werden, dass also eine weitere Zertheilung derselben in manchen Fällen unterbleiben mag. Viel Werth ist allerdings auf diese letztere Beobachtung nicht zu legen, da oft eine Verschmelzung der Chromatinkörner in den Richtungskörpern stattfindet. So können z. B. alle vier Chromatinkörner des ersten Richtungskörpers zu einer größeren Masse verkleben.

Man könnte vermuthen, dass es sich bei einem Stadium wie dem in Fig. 143 dargestellten gar nicht um die erste, sondern um die zweite Richtungsspindel handelt, welcher letzteren diese Spindel thatsächlich durchaus gleicht (Fig. 141—143, Taf. XXXI). Dies ist jedoch aus verschiedenen Gründen als ausgeschlossen zu betrachten. Einmal befinden sich alle Eier eines und desselben Geleges ungefähr auf der gleichen Entwicklungsstufe und es wurde schon erwähnt, dass neben diesen abweichend ausgebildeten Stadien auch solche von der gewöhnlichen Beschaffenheit vorhanden sind. Sodann bleibt der erste Richtungskörper lange Zeit an der Stelle liegen, wo er entstand und ich habe ihn bei der Bildung der zweiten Richtungsspindel ganz regelmäßig über derselben gefunden. Außerdem weisen die in denselben Gelegen vorkommenden Eier, bei welchen die erste Richtungsspindel

erst theilweise gespaltene Chromosomen in den Tochterplatten enthält, oder bei welchen die letzteren zum Theil aus vier oder nur zwei Chromatinkörnern bestehen, darauf hin, dass es sich nur um eine Verzögerung in der Ausbildung der Tochterplatten handelt. Die Spaltung tritt erst später ein, was für den Verlauf der ersten Richtungstheilung ziemlich gleichgültig ist, da ja doch zwei vollständige Chromosomen bei derselben nach außen befördert werden.

Das zuletzt geschilderte Verhalten der ersten Richtungsspindel scheint mir ganz besonders lehrreich zu sein, weil aus ihm mit vollkommener Sicherheit hervorgeht, dass mit dem ersten Richtungskörper zwei ganze Chromosomen aus dem Ei entfernt werden (Fig. 443, 445). Wie die Dinge liegen, vermag ich also nicht daran zu zweifeln, dass die erste Richtungstheilung bei *Ophryotrocha* eine Reduktionstheilung ist. Sie verläuft nicht nach dem Schema der Karyokinese, was deshalb um so überraschender ist, weil die erste Richtungsspindel aus dem ruhenden Kern hervorgeht.

Es fragt sich nunmehr, wie man die zweite Richtungsspindel aufzufassen hat. Nach dem Ablauf der ersten Richtungstheilung bleiben vier Chromatinkörner im Ei zurück und es wurde vorher gezeigt, dass sie durch Spaltung zweier Chromosomen entstanden. Sie ordnen sich zu zwei und zwei in den Tochterplatten der zweiten Richtungsspindel an, so dass zwei von ihnen bei der zweiten Richtungstheilung aus dem Ei befördert werden. Wie diese beiden Chromatinkörner anzusehen sind, d. h. ob sie die Hälften eines einzigen Chromosomas oder zweier verschiedener Chromosomen sind, ließ sich nicht feststellen. Es ist bei der Umlagerung, welche die vier Körner in Folge der Überführung in die zweite Richtungsspindel erfahren, keinerlei Merkmal vorhanden, welches die Entscheidung dieser Frage in dem einen oder dem anderen Sinne zulässt. Und doch würde diese Entscheidung von Wichtigkeit sein, denn falls die beiden Chromatinkörner einer Tochterplatte zusammen d. h. zu einem einzigen Chromosoma gehören, hätte man abermals eine Reduktionstheilung vor sich, im anderen Falle jedoch, wenn sie die Hälften zweier Chromosomen sind, handelte es sich um eine Äquationstheilung. Ich glaubte die Frage Anfangs im ersteren Sinne entscheiden zu können und zwar aus folgendem Grunde. Es wurde weiter oben gezeigt, dass in der ersten Richtungsspindel ausnahmsweise die beiden Chromosomen jeder Tochterplatte gar nicht oder erst später in die Spaltstücke zerfallen (Fig. 443). Falls die Spaltung auch dann noch unterbliebe, wenn die innere Tochterplatte der ersten Richtungsspindel sich zur Äquatorialplatte der zweiten umwandelt und auch in den Tochterplatten der letzteren noch nicht stattfände, so würde

man eine zweite Richtungsspindel erhalten, welche wie diejenige von *Ascaris megalcephala univalens* nur ein Chromatinelement in jeder Tochterplatte aufwies. Dann wäre natürlich die Frage dahin entschieden, dass auch die zweite Theilung eine Reduktionstheilung ist, indem sie ebenfalls zur Entfernung eines einzigen (ungespaltene) Chromosoma führt. Ich bemerkte nun wiederholt Bilder, welche für eine solche Auffassung sprachen, aber diese Bilder hielten einer peinlichen Prüfung nicht Stand. Entweder konnte der Erhaltungszustand des betreffenden Präparates nicht als genügend erachtet werden oder es schien, als ob eines der beiden Chromatinkörner durch das andere verdeckt sei; kurz ich vermochte nicht die Anschauung zu gewinnen, als ob unter Umständen die Längsspaltung der Chromosomen bis in die zweite Richtungsspindel hinein unterbleiben könne. Vielmehr schien es mir, als ob die Tochterplatten der zweiten Richtungsspindel regelmäßig zwei Chromatinelemente enthielten. Dass man oft im zweiten Richtungskörper nur ein Chromatinkorn findet, während auch im ersten nur zwei Körner enthalten sind, kann nicht als maßgebend betrachtet werden, da auch hier eines der Körner durch das andere verdeckt oder beide nachträglich verschmolzen sein können. Die Frage nach der Zugehörigkeit der beiden Chromatinkörner des zweiten Richtungskörpers und damit diejenige nach der Natur der zweiten Richtungstheilung, wird sich bei *Ophryotrocha* schwer beantworten lassen und konnte in der vorliegenden Untersuchung jedenfalls nicht entschieden werden. Die größere Wahrscheinlichkeit spricht jedoch dafür, dass die zweite Theilung eine Äquationstheilung ist, d. h. also im Sinne einer echten Karyokinese verläuft. Wenigstens möchte man dies im Hinblick auf den Verlauf der Dinge bei anderen Formen vermuthen. Hält man sich allerdings an das Thatsächliche, so wird man gestehen müssen, dass es schwer einzusehen ist, wie die Chromatinkörner jetzt noch ganz regelmäßig in eine der Äquationstheilung entsprechende Lage gebracht werden sollen. Die Vermuthung, dass die Anordnung der Chromatinkörner in den Tochterplatten eine ihrer Herkunft nach unregelmäßige sei, liegt demnach eben so nahe.

Der ganze Vorgang der Eireifung stellt sich nunmehr folgendermaßen dar. Der anscheinend zusammenhängende Kernfaden des Keimbläschens zerfällt in vier Segmente, welche längsgespalten sind. Die vier Segmente sind völlig unabhängig von einander und durch weite Zwischenräume getrennt. Da auch die Längsspaltung später an ihnen wieder schwindet, so ist es bei *Ophryotrocha* sehr klar, dass die Chromosomen im Keimbläschen weder in einer vermehrten noch in einer verminderten, sondern in der Normalzahl vier auftreten. Später und zwar

in der schon größtentheils ausgebildeten Spindel kommt eine Annäherung der Chromosomen zu Stande, welche zu der dichten Zusammenlagerung derselben führt. Abgesehen davon, dass sich die Chromosomen der Länge nach also parallel an einander legen, stoßen auch je zwei mit ihren Enden zusammen. Hierin würde man also eine den Vierergruppen entsprechende Vereinigung sehen können und zwar nach der von RÜCKERT, vom RATH und HÄCKER vertretenen Auffassung. Jede dieser durch Vereinigung zweier vorher getrennten Stäbchen entstandenen Vierergruppen ist also auf eine einmalige Längs- und Querspaltung zurückzuführen. Von einer zweimaligen Längsspaltung (BOVERI, HERTWIG, BRAUER) kann bei *Ophryotrocha* nicht die Rede sein. Aber auch der Vergleich mit jenen anderen Vierergruppen stößt auf eine große Schwierigkeit, nämlich die, dass nicht eine Anordnung derselben mit der Längsachse parallel zur Äquatorialebene also senkrecht zur Spindelachse, sondern vielmehr eine solche parallel zur letzteren stattfindet. In Übereinstimmung mit dieser abweichenden Stellung erfolgt bei der ersten Theilung nicht eine Trennung der Spalthälften sämtlicher Chromosomen wie bei der Theilung jener Vierergruppen, sondern vielmehr eine Entfernung ganzer Chromosomen. Die erste Theilung ist somit nicht wie dort eine Äquations-, sondern eine Reduktionstheilung. Bezüglich der zweiten Richtungstheilung, welche dort als Reduktionstheilung aufgefasst wird, weil sie die durch Quertheilung entstandenen Partien der Vierergruppen entfernt, lässt sich bei *Ophryotrocha* Bestimmtes nicht aussagen. Sie kann möglicherweise eine Äquationstheilung, vielleicht aber auch eine Reduktionstheilung sein.

Es würde nun vielleicht nahe liegen, die an *Ophryotrocha* gewonnenen Ergebnisse mit denjenigen früherer Autoren zu vergleichen und thatsächlich bieten sich im Einzelnen überall Vergleichspunkte in den Arbeiten von ISHIKAWA, HENKING, HÄCKER, vom RATH, JULIN u. A. dar, aber es sind dies zum Theil Punkte, die nicht über jeden Zweifel erhaben und wohl auch von anderer Seite schon angefochten worden sind. So wird man es vielleicht für ein Zeichen von ominöser Vorbedeutung halten, dass meine Darstellung der Reifungsvorgänge bei *Ophryotrocha* mit einer früher von HÄCKER für *Cyclops* gegebenen in vielen Punkten übereinstimmt. Nun ist diese Darstellung von RÜCKERT als unrichtig bezeichnet und von HÄCKER selbst zu Gunsten der früher besprochenen und jetzt von ihm wie von RÜCKERT und vom RATH vertretenen Anschauung fallen gelassen worden. Eben so ist man geneigt, HENKING's Befunden, welche sich mit den meinigen in verschiedener Hinsicht vergleichen lassen, eine andere Deutung zu geben.

HENKING fand bei seinen ausgedehnten Untersuchungen über die

Spermatogenese und Eireifung bei den Insekten in den vor der Reifung stehenden männlichen und weiblichen Geschlechtszellen die Chromosomen in der Normalzahl vertreten, dadurch jedoch, dass je zwei von ihnen sich vereinigen, tritt die Reduktion der Chromosomenzahl auf die Hälfte ein. Nachdem dies geschehen, findet die erste Reifungstheilung statt, bei welcher die Doppelchromosomen wieder getrennt werden. Waren also z. B. Anfangs 24 Chromosomen vorhanden, eine Zahl, welche HENKING in den Ovocyten und Spermatocyten der Feuerwanze feststellte, so entstehen durch deren Verklebung 12 Doppelchromosomen und bei der ersten Reifungstheilung treten in Folge deren Durchtrennung je 12 Chromosomen in die Tochterplatten der ersten Reifungsspindel ein. Es werden somit hier ganze (ungetheilte) Chromosomen von einander entfernt und die erste Reifungstheilung ist demnach eine Reduktionstheilung. Auch die zweite Reifungsspindel weist die gleiche Zahl von Chromatin-elementen in jeder Tochterplatte (12 bei *Pyrrhocoris*) auf, die durch Spaltung der bei der ersten Theilung zurückgebliebenen (12) Chromosomen entstanden. Die zweite Theilung ist sonach eine Äquationstheilung.

Die Übereinstimmung der HENKING'schen Befunde mit meinen eigenen liegt auf der Hand. Ich finde im Keimbläschen die Normalzahl der Chromosomen. Eine paarweise Vereinigung derselben im späteren Stadium lässt sich leicht annehmen. Bei der ersten Theilung werden die in der Richtungsspindel paarweise verklebten Chromosomen wieder getrennt und zwar werden ganze Chromosomen ausgeschieden. Diese erste Theilung ist somit ebenfalls eine Reduktionstheilung. Die Chromosomen zeigten bereits früher eine Spaltung, die später wieder auftrat und zum Zerfall in Chromosomenhälften führte. Die zweite Reifungstheilung kann daher eine Äquationstheilung sein.

Das Auftreten der Normalzahl der Chromosomen, die sekundäre Vereinigung und die Art und Weise des Vollzugs der Theilungen bieten jedenfalls zunächst eine auffallende Übereinstimmung und doch vermag ich keinen allzugroßen Werth darauf zu legen, weil es mir scheint, als ob die Entstehung der Vierergruppen, welche nach HENKING's (wie auch nach VOM RATH's) Darstellung offenbar bei den Insekten vorhanden sind, einer erneuten Untersuchung bedürften. Diese würde zu entscheiden haben, ob der Vorgang sich thatsächlich in der von HENKING dargestellten Weise vollzieht oder ob eine Übereinstimmung mit den von VOM RATH, HÄCKER und RÜCKERT beobachteten Vorgängen vorhanden ist.

Obwohl gerade durch die Bemühungen der letztgenannten Autoren und besonders RÜCKERT's nach verschiedener Richtung eine größere Übereinstimmung in den so verschiedenartig beschriebenen Vorgängen der Ei- und Samenreifung erzielt worden ist, so ist man doch noch

weit davon entfernt, alles bisher bekannt Gewordene mit einander vereinigen zu können, ohne dass man allen abweichenden Befunden von vorn herein den Stempel der Unwahrscheinlichkeit aufdrückte. Ich denke hierbei z. B. an die Arbeit von JULIN über *Styelopsis grossularia*, welche ebenfalls gewisse Beziehungen zu meinen eigenen Ergebnissen darbietet.

JULIN studirte bei der genannten Ascidie unter Anderem die Ei- und Samenreifung und fand im Keimbläschen die Chromosomen in der Normalzahl vier. Diese spalten sich, doch bleiben die Spalthälften nicht in der gewöhnlichen Weise vereinigt, sondern trennen sich völlig von einander, so dass dann acht kurze Stäbchen in einer ganz unregelmäßigen Lagerung vorhanden sind. Bei der Bildung des ersten Richtungskörpers werden vier von ihnen diesem zugetheilt und die vier anderen verbleiben im Ei. Da die Stäbchen vorher keine regelmäßige Lage gegen einander zeigten, ist nicht zu sagen, ob man es mit einer Reduktions- oder Äquationstheilung zu thun hat. Das Gleiche gilt für die Bildung des zweiten Richtungskörpers. Bei ihr werden zwei von den noch im Ei vorhandenen vier Stäbchen entfernt. Zwei bleiben im Ei zurück. — Von besonderem Interesse erscheint mir nun im Hinblick auf die von mir bei *Ophryotrocha* beobachteten Vorgänge das Verhalten der Chromosomen bei der Samenreifung von *Styelopsis*. Vor Beginn derselben sind im Kern vier Chromosomen vorhanden. Diese spalten sich nicht, sondern bei der eintretenden Theilung weichen sie einfach zu zwei und zwei aus einander, so dass man also eine zweifellose Reduktionstheilung vor sich hat. Da auch hier nach vollzogener Theilung der Kern nicht in die Ruhe zurückkehrt, so erhält bei der zweiten Reifungstheilung jede Zelle nur ein Chromosoma. Erst späterhin bei der Befruchtung spaltet sich dieses in zwei Hälften, so dass dann auch hier der Ei- und Spermakern bezüglich der Zahl ihrer Chromosomen einander gleichwerthig sind. Die zweite Reifungstheilung der männlichen Zellen würde sonach ebenfalls eine Reduktionstheilung sein.

Wenn die Angaben von JULIN dem wirklichen Sachverhalt entsprechen, so muss es verwunderlich erscheinen, dass bei der Eireifung die Trennung der Chromatinelemente eine so vollständige wird, während bei der Samenreifung im Gegentheil die Längsspaltung ganz unterdrückt ist. Man wird fast zu der Vermuthung geführt, dass die als Längsspaltung und Quertheilung der Chromatinelemente unterschiedenen Vorgänge nicht so differenter Natur und von so großer Bedeutung sind, als man sie ihnen für gewöhnlich zuschreibt. Die bereits bei der ersten Theilung stattfindende Reduktion und die Möglichkeit einer solchen bei der zweiten Theilung sind mit dem Verhalten von *Ophryotrocha* zu

vergleichen. Eine zeitweise Unterdrückung der Längsspaltung bzw. ein Hinausschieben derselben wurde auch für diese Form festgestellt.

In dem sehr richtigen Bestreben, die verschiedenen Modalitäten der Reifungserscheinungen auf einander zurückzuführen, war man allzu leicht geneigt, solche Beobachtungen, welche sich nicht ohne Weiteres mit den anderen vereinigen ließen, für unrichtig zu erklären. Es will mir jedoch scheinen, als ob man darin zu weit gegangen sei, denn einzelne Darstellungen wie gerade auch diejenige von JULIN weisen auf so ganz verschiedenartige Bilder hin, dass man nicht ohne Weiteres an einen Beobachtungsfehler glauben kann. Man wird aus diesen wie auch aus meinen Darstellungen die Lehre entnehmen müssen, dass es nöthig ist, noch andere und womöglich für die Beobachtung recht günstige Formen in den Kreis der Untersuchung zu ziehen. Sollte sich dabei herausstellen, dass die Vorgänge nicht in so ganz einheitlicher Weise verlaufen, wie man zur Zeit anzunehmen geneigt ist, so müsste man dem Vorgang eine andere Bedeutung zuschreiben, als man dies jetzt zu thun gewöhnt ist und auf die bloße Massenreduktion des Chromatins ein größeres Gewicht legen. Sicherheit in dieser Frage wird jedoch erst von weiteren und ausgedehnteren Untersuchungen zu erwarten sein, denn man darf sich nicht verhehlen, dass unsere Kenntnisse dieser Dinge, auf welche sich so weitgehende Spekulationen stützen, recht mäßige sind und dass auch in den besten und klarsten Darstellungen der Reifungsvorgänge ein erheblicher Antheil Konstruktion und Spekulation mit unterläuft und die Darstellung selbst beeinflusst. Davon kann man auch die neueren Untersuchungen über die Entstehung der Vierergruppen nicht freisprechen. Obschon sie die Erscheinungen recht gut erklären, erscheint mir Angesichts der entgegenstehenden Beobachtungen ihre Richtigkeit durchaus nicht über jeden Zweifel erhaben. Dass sich die gleiche Erklärungsweise für so verschiedenartige Objekte wie Arthropoden und Wirbelthiere Geltung verschaffte, braucht nicht so viel zu beweisen, als es zunächst scheinen will, da die Beobachtungen des einen Autors auf denjenigen des anderen fußen oder von ihnen beeinflusst sind. Alle diese feineren Untersuchungen bieten große Schwierigkeiten, die Bilder sind zumeist nicht so klar, wie man sie wünschen möchte; Deutungen spielen daher eine große Rolle und sie können leicht durch neue Beobachtungen in andere Richtung gelenkt werden. Ich spreche dies aus in der Hoffnung, dass meine und andere in einzelnen Punkten so abweichende Angaben sich schließlich doch in einer zunächst nicht ersichtlichen Weise mit jenen Beobachtungen werden vereinigen lassen.

Da meine Befunde ziemlich isolirt stehen und sich zumal von den-

jenigen Anschauungen, welchen man zur Zeit die größere Wahrscheinlichkeit zuschreibt, in verschiedener Hinsicht entfernen, so würde es verfehlt erscheinen, mit ihrer Hilfe frühere Ergebnisse umdeuten oder die daran geknüpften Spekulationen durch sie in entsprechender Weise beeinflussen zu wollen. Nichtsdestoweniger möchte ich daran erinnern, dass die Reifungsvorgänge, wie ich sie bei *Ophryotrocha* fand, sich mit den theoretischen Ausführungen WEISMANN's in mancher Beziehung eben sowohl und besser als andere Befunde vereinigen lassen. Eine thatsächliche Verdoppelung der Chromosomenzahl des Keimbläschens in der Weise, dass die Spalthälften sich von einander trennten, erfolgt allerdings nicht, sondern dieselben bleiben im Gegentheil bei *Ophryotrocha* außergewöhnlich lange, bis zu der schon verkürzten ersten Richtungsspindel erhalten. Obwohl nun in Folge dieses Verhaltens eine einmalige Reduktionstheilung sehr nahe läge, durch welche von den vier Chromosomen einfach zwei entfernt würden und damit die reducirte Zahl gegeben wäre, sieht man doch die Längsspaltung, d. h. also die von WEISMANN so hoch gewerthete Verdoppelung der Chromosomen auftreten. Da man bei *Ophryotrocha* keine direkte Beziehung dieses Vorgangs zur mitotischen Kernteilung erkennt, so liegt dessen Deutung in der durch WEISMANN vertretenen Form hier besonders nahe, wenn auch nicht in demselben Maße wie etwa bei der Eireifung von *Styelopsis*, wo die Längsspaltung der Chromosomen zu einer völligen Trennung der Spalthälften führen soll, so dass die Verdoppelung auf der Hand liegt und die Kombinationen der regellos auf die Tochterplatten der Richtungsspindeln vertheilten Chromosomen möglichst zahlreiche werden. In der ersten Richtungsspindel von *Ophryotrocha* werden, wie mehrfach erwähnt, ganze Chromosomen entfernt, deren Spaltung zunächst nicht erkennbar war. Mit der zweiten Reifungstheilung können möglicherweise Spalthälften verschiedener Chromosomen entfernt werden. Bei der ersten Richtungstheilung tritt nach meiner Beobachtung bestimmt keine Spaltung der Chromosomen ein, wie sie der gewöhnliche Verlauf der mitotischen Theilung verlangt; in der zweiten Reifungstheilung ist dieser Modus jedenfalls auch aus dem ganzen Verlauf der Theilung nicht erkennbar, obwohl er dem Princip nach vorhanden sein kann, wie dies soeben ausgesprochen wurde. Es kann also kein Zweifel darüber obwalten, dass die von WEISMANN geforderte besondere Form der Karyokinese, bei welcher eine Spaltung der Chromosomen nicht stattfindet und die er eben als Reduktionstheilung bezeichnet, in der ersten Reifungstheilung der Ovocyten von *Ophryotrocha* stattfindet. Die unterdessen erfolgte Spaltung der Chromosomen bedingt höchstwahrscheinlich eine verschiedenartige Vertheilung derselben in verschiede-

nen Eiern bei der Bildung des zweiten Richtungskörpers. Die Art und Weise, wie sich diese Theilung vollzieht, entspricht ebenfalls nicht dem Bild einer regelrechten Karyokinese, obwohl sie unter Umständen und dem Princip nach als eine solche aufgefasst werden kann, wie dies bereits oben näher ausgeführt wurde. Höchst auffallend ist bei dem ganzen Vorgang, dass die Abweichung von der gewöhnlichen Form der Karyokinese bereits beim Übergang des ruhenden Kerns (des Keimbläschens) zur Theilung und nicht erst beim Übergang der ersten in die zweite Reifungsspindel unter Ausfall des Ruhestadiums stattfindet, wie dies bei anderen Formen der Fall ist. Mit diesem Verhalten hängt es zusammen, dass beide Theilungen einen so abweichenden Verlauf zeigen.

III. Die Befruchtung.^{1, 2}

Nach vollzogener Eireifung blieb im Ei die aus zwei Chromosomen bestehende Tochterplatte der zweiten Richtungsspindel zurück (Fig. 113, Taf. XXXI). Die Strahlung ist noch deutlich ausgeprägt. Die beiden Chromosomen verlieren bald an Färbbarkeit und lassen sich schließlich nicht mehr erkennen. Sie wandeln sich zum chromatischen Gerüstwerk des Eikerns um. Wenn dieser schon ausgebildet ist, bewahrt er zunächst noch dieselbe Lage (Fig. 114). Meist ist an ihm keine Strahlung mehr sichtbar. Dieselbe ist geschwunden. Ausnahmsweise bewahrt aber auch in diesem Stadium der Eikern die Strahlung noch. Ein solcher Fall ist in Fig. 114 dargestellt. Im Archoplasma ist ein helles rundes Gebilde, jedenfalls das Centrosoma zu erkennen. Früher oder später geht dasselbe jedoch endgültig verloren. An Eikernen, welche ihre randständige Stellung zu verlassen beginnen und im Begriff sind, mehr nach der Mitte des Eies zu wandern, findet man das Centrosoma und die Strahlung nicht mehr auf (Fig. 176—178, Taf. XXXIII).

Anfangs bemerkte man im Eikern nur ein chromatisches Faden- oder Gerüstwerk, später tritt außerdem ein Nucleolus in ihm auf. Derselbe erreicht einen bedeutenden Umfang und zeigt einen ähnlichen wabigen Bau, wie er früher für die Nucleolen der Furchungszellkerne und des Keimbläschens geschildert wurde (Fig. 157). Auch die spätere Umwandlung des Kernkörpers ist eine ähnliche wie dort. Übrigens verlaufen diese Vorgänge in entsprechender Weise wie beim Spermakern und sollen daher bei dessen Schilderung mit in Betracht gezogen werden.

Das Eindringen des Spermatozoons in das Ei fällt schon in ein frühes Stadium der Eireifung. Es findet zu der Zeit statt, wenn die erste Richtungsspindel sich am Rande des Eies bereits verkürzt hat und die Trennung der Tochterplatten eingetreten ist. Die Fig. 128

(Taf. XXXI) zeigt ein von Spermatozoen umschwärmtes Ei, in welches eins derselben eingedrungen ist. So viel ich beobachten konnte, tritt normaler Weise immer nur ein Samenfaden in das Ei ein. Wie sich dieses vor Überfruchtung schützt, ist mir nicht bekannt. Die Eihülle ist jedenfalls schon vorher innerhalb des mütterlichen Körpers vorhanden und muss also für die Spermatozoen durchdringbar sein. Ausnahmsweise finden sich mehrere Spermatozoen im Ei, dessen Entwicklung jedoch in diesem Falle eine abnorme zu werden scheint. Davon soll im nächsten Kapitel noch etwas eingehender die Rede sein.

Die Stelle, an welcher das Spermatozoon in das Ei eindringt, ist nicht bestimmt. Man sieht es vielfach an einer den Richtungskörpern entgegengesetzten Stelle eintreten (Fig. 101, Taf. XXX), doch scheint die Eintrittsstelle auch eine beliebige andere sein zu können. Bei dem in Fig. 102 dargestellten Ei liegt sie z. B. in der Nähe der Richtungs- spindel und eben so in dem Ei Fig. 128 (Taf. XXXI). Dieses letztere lässt den Kopf eines erst ganz vor Kurzem eingedrungenen Samen- fadens erkennen, der sich von den in der Umgebung des Eies gelegen- en Spermatozoen noch kaum unterscheidet. Die Schwanzfäden der Spermatozoen von *Ophryotrocha* sind außerordentlich zart, so dass sie sich an Schnitten gewöhnlich nicht mehr erkennen lassen.

Am Spermatozookopf, der zunächst in seiner Struktur unver- ändert bleibt, tritt bald eine Strahlung auf. Dies geschieht in der Weise, dass ein körniger Plasmahof (Archoplasma) dicht neben dem Kern auftritt und von diesem die Strahlung ausgeht. Man findet diesen Plasmahof an kürzlich erst eingedrungenen und noch nicht weit vom Eirand entfernten Spermatozoen entweder nach außen, d. h. zwischen dem Spermakern und dem Eirand oder aber nach innen, d. h. gegen die Mitte des Eies hin gelagert. Im ersteren Falle sieht man oft den Spermakern noch völlig außerhalb der Strahlung gelegen, d. h. wenn man von der Eiperipherie her gegen ihn fortschreitet, so trifft man zu- nächst auf das Archoplasma mit einer noch wenig umfangreichen Strah- lung und dann erst auf den Spermakern. Dieses Verhalten kann jeden- falls nicht anders gedeutet werden, als dass die Strahlung hinter dem Spermatozookopf, also wahrscheinlich aus einem Mittelstück, ihren Ur- sprung nimmt. Man bemerkt an den gefärbten Spermatozoen sowohl innerhalb des Wurmkörpers wie auch außerhalb desselben eine helle, wenig gefärbte Partie, welche dem Spermatozookopf wie eine kleine Kappe aufsitzt (Fig. 151 *sp*). Sie dürfte wohl dem Mittelstück entsprechen. Der Spermakern scheint nun bald eine Wendung zu machen, denn in kürzester Zeit findet man die Strahlung nach innen gegen die Eimitte zu gerichtet (Fig. 151, Taf. XXXII). Da man gelegent-

lich das Archoplasma auch neben dem Kern findet (Fig. 401, Taf. XXX), so ist es mir sehr wahrscheinlich, dass derselbe mit seinem Eintreten in das Ei eine Drehung von 180° erfahren hat. So viel ich sehen kann, nimmt er den kürzesten Weg, d. h. er bewegt sich in ziemlich gerader Linie vorwärts; wenn man dabei die Strahlung nicht zwischen der Eiperipherie und dem Kern, sondern seitlich von diesem gelagert findet, so kann man ziemlich sicher annehmen, dass dieser Kern in der Drehung begriffen ist. Der Vorgang scheint sich übrigens nicht bei allen Spermatozoen in gleichem Zeitpunkte abzuspielen. Ich finde solche Kerne, die bereits tiefer in das Ei eingedrungen sind und bei denen doch das Archoplasma mit Strahlung noch ganz gegen den Eirand zu gelagert ist, während es sich hingegen bei anderen, die noch mehr peripher liegen, bereits vor dem Kern, also centralwärts gelagert findet (Fig. 454). Wenn der Kern noch nicht weit vom Eirand entfernt ist, wird die Bahn, welche er genommen hat, dadurch bezeichnet, dass zwischen ihm und dem Eirand eine schmale Strecke des Eiplasmas dunkler gefärbt ist (Fig. 454). Sie beginnt an einer leichten, hügelartigen Erhebung des Eies, wo höchst wahrscheinlich das Spermatozoon eindrang. Es scheint also auch hier wie bei den Eiern anderer Thiere ein Empfängnishügel gebildet werden zu können, den ich allerdings nicht immer bemerken konnte. Es mag sein, dass er in anderen Fällen schon rasch wieder schwindet. An dem in Fig. 454 abgebildeten Ei hat die Drehung des Spermatozoonkopfes bereits sehr früh stattgefunden. Derselbe liegt bereits innerhalb der Strahlung und man sieht eine Anzahl von Radien seiner (dunkel gefärbten) Bahn entsprechend gegen den Empfängnishügel hinziehen und sich allem Anschein nach bis an den Rand des Eies verlängern. Die Strahlen des Archoplasma verschmelzen mit dem Eiplasma, welches einen maschigen Bau zeigt und verlieren sich gegen ihr Ende hin in ihm.

Die Strahlung des Spermakerns zeigt sich in verschiedener Weise ausgebildet. Entweder finde ich nur eine ziemlich homogene oder ganz feinkörnige Plasmapartie, von welcher die Strahlung ausgeht (Fig. 401, 402). Es ist dieselbe, welche ich bisher als Archoplasma bezeichnete. In ihr bemerkte ich jedoch in anderen Fällen ein helles, kugliges Gebilde (Fig. 454) und es ist wohl wahrscheinlich, dass dieses dem Centrosoma entspricht, welches nur in jenen anderen Fällen nicht hervortrat.

Anfangs zeigt der ins Ei eingedrungene Spermatozoonkopf die intensiv dunkle Färbung, welche die Köpfe der Samenfäden überhaupt auszeichnet (Fig. 428, Taf. XXXI). Diese Beschaffenheit behält er noch eine längere Zeit bei (Fig. 401, 402, Taf. XXX, Fig. 454,

Taf. XXXII) und bereits recht tief in das Ei eingedrungene Spermakern zeigen zunächst nur eine ganz gleichmäßig dunkle Färbung. Dann bemerkt man in ihnen einzelne helle Stellen Vacuolen ähnlich (Fig. 152). Dieselben vergrößern sich, was übrigens auch für den ganzen Kern gilt (Fig. 153). Seine Färbung ist nicht mehr eine so intensive (Fig. 110, Taf. XXXI). Während die Grundfärbung etwas heller geworden ist, bemerkt man in ihm Stränge einer dunkleren Substanz; es tritt also jetzt schon ein Kerngerüst auf (Fig. 153). In einem späteren Stadium zeigt sich dasselbe bereits etwas deutlicher ausgebildet; vacuolenartige Bildungen sind aber noch immer im Kern vorhanden. Es beginnt sich ein Kernkörper herauszubilden, der rasch immer umfangreicher wird (Fig. 154). Die Größe des Kernes hat unterdessen schon erheblich zugenommen und dies ist auch weiterhin der Fall (Fig. 155). Das Kerngerüst wird immer deutlicher; der Kernkörper hat sich vergrößert und zeigt nunmehr bereits den wabigen Bau, welchen wir früher an den Nucleolen der Furchungszellen kennen lernten. Gegenüber seiner anfänglichen Beschaffenheit hat sich der Spermakern jetzt bereits außerordentlich verändert. Um die Wandlungen, welche er in Größe und Struktur durchmachte, recht klar hervortreten zu lassen, wurden die Fig. 151—155 bei der gleichen Vergrößerung angefertigt. Dasselbe gilt übrigens auch für die Fig. 156—169 (Taf. XXXII und XXXIII), welche die weitere Ausbildung des Spermakerns darstellen.

Während Ei- und Spermakern bisher eine kugelige Gestalt zeigten, fängt sich dies nunmehr an zu ändern. Besonders der Spermakern erhält hier und da Ein- und Ausbuchtungen, welche seine Form unregelmäßig erscheinen lassen (Fig. 156). Seine Färbung ist zunächst noch ziemlich dunkel, so dass sowohl das Kerngerüst wie auch der Kernkörper sich noch nicht so stark von der Umgebung abhebt. Dies ist auf einer etwas späteren Ausbildungsstufe bedeutend mehr der Fall (Fig. 157). Das Kerngerüst besteht aus feineren und stärkeren Strängen, die sich hier und da kreuzen. An den Kreuzungspunkten tritt das Chromatin mehr hervor. Man erkennt hier besonders deutlich, was aber auch sonst an den Strängen zu bemerken ist, dass sie aus feinen Körnchen zusammengesetzt sind. Der Kernkörper ist außerordentlich umfangreich geworden und zeigt jetzt sehr klar die schon früher erwähnte Wabenstruktur.

Die zuletzt vom Spermakern gegebene Schilderung kann eben sowohl für den Eikern gelten, denn beide Kerne sind einander in Gestaltung und Bau jetzt völlig gleich. Der Eikern brachte schon sehr bald ein Kerngerüst zur Ausbildung, in welchem dann ebenfalls ein Nucleolus auftrat (Fig. 176—178). Die Fig. 157 zeigt beide Kerne schon ein-

ander stark angenähert und man sieht, dass ihr Bau ein sehr übereinstimmender ist. Auch von ihrer äußeren Form gilt dasselbe. Wie schon erwähnt kann dieselbe unregelmäßig sein (Fig. 157, 158, Taf. XXXII), doch erscheinen beide Kerne auch vielfach von kugelrunder Gestalt (Fig. 176—180). Verschiedenartig ist dagegen die Größe beider Kerne. In Folge des frühen Eintritts des Spermatozoons nimmt der Spermakern rascher als der Eikern am Umfang zu und auch seine Ausbildung schreitet schneller fort. Übrigens wächst dann der Eikern rascher und wenn beide Kerne zur Berührung kommen, zeigen sie im Allgemeinen ziemlich gleichen Umfang. Es ist hier noch zu bemerken, dass die angeführten Unterschiede in den beigegebenen Figuren nicht immer in gleicher Weise hervortreten, da diese nach Schnitten ausgeführt wurden und in letzteren oft nicht die Kerne in ihrem vollen Umfang enthalten sind.

Weiterhin erleiden Ei- und Spermakern sehr auffallende Veränderungen ihrer Struktur. Von der Beschaffenheit der achromatischen Strukturen in ihrer Umgebung sehe ich dabei zunächst ab. Die Größenzunahme der beiden Kerne schreitet noch weiter fort, wovon ihre Struktur zunächst noch nicht beeinflusst wird. So zeigt die Fig. 158 einen etwas älteren Spermakern, welcher außer dem dunkel gefärbten und höchst umfangreichen Nucleolus ein wenig hervortretendes Gerüstwerk chromatischer Substanz enthält. Auffallenderweise fängt dieses letztere bei der weiteren Größenzunahme des Kernes an undeutlich zu werden. Man erkennt im Kernraum nur noch wenig ausgeprägte Chromatinstränge, die gegen den Kernsaft fast verschwimmen (Fig. 159). Später schwinden sie vollständig (Fig. 160, 161). Mit dieser Erscheinung ist eine beträchtliche Vergrößerung und eine Umgestaltung in der Struktur des Nucleolus verbunden. Diese Vorgänge betreffen in gleicher Weise sowohl den männlichen wie den weiblichen Kern, so dass sie für beide zusammen abgehandelt werden können. Sie zeigen außerdem eine große Übereinstimmung mit den Strukturveränderungen, die in einem früheren Kapitel von den Kernen der Furchungszellen beschrieben wurden (Fig. 49—60, Taf. XXIX). Ganz ähnlich wie bei jenen erfährt auch hier der Nucleolus einen Zerfall und gelangt schießlich zur Auflösung, wobei die chromatische Substanz eigenthümlichen Veränderungen unterworfen ist.

Anfangs war das Maschenwerk des Kernkörpers sehr regelmäßig gestaltet. Die Zwischenräume der Maschen erschienen ziemlich eng (Fig. 157, 158); später werden sie erheblich weiter (Fig. 159) und der Nucleolus erscheint gegen früher wie aufgebläht, zumal auch seine Färbbarkeit nicht mehr eine so starke ist. Diese nimmt überhaupt

immer mehr ab, wie dies in ähnlicher Weise auch für die Nucleolen der embryonalen Kerne festgestellt wurde. Ebenfalls übereinstimmend mit jenen stellt sich dann bald ein Zerfall des Maschenwerks ein. Die Maschenräume werden größer, was wohl damit zusammenhängt, dass einzelne von ihnen zusammenfließen. Außer den stark färbaren Maschenwänden treten dunkle Körnchen Anfangs in geringer, später in größerer Zahl auf (Fig. 160). Damit und im Verein mit dem Zerreißen oder sonstigen Schwinden der Maschenwände wird die ganze Struktur des Nucleolus gegenüber seiner früheren Beschaffenheit außerordentlich unregelmäßig. Von den beiden in Fig. 160 abgebildeten Vorkernen zeigt der eine bereits den Anfang dieses Processes, welcher bei dem anderen schon weiter vorgeschritten ist und in dem durch Fig. 161 dargestellten Spermakern einen noch höheren Grad erreicht hat. Der letztere Nucleolus weist nur noch wenige Reste des Maschenwerkes auf, dagegen ist in ihm eine große Zahl stark gefärbter Körner enthalten. Vielfach glaubt man ganz direkt verfolgen zu können, wie diese Körner durch Zerfall des Maschenwerkes entstehen. Ich will diese Vorgänge nicht ins Einzelne verfolgen. Sie spielen sich in ähnlicher Weise ab wie bei den Embryonalkernen, bei deren Schilderung sie genauer dargestellt wurden. Nochmals hervorheben möchte ich jedoch, dass mit der Abnahme der Färbbarkeit des Nucleolus und dessen Zerfall eine Zunahme des Färbungsvermögens des »Kernsaftes« Hand in Hand geht, welche Erscheinung darauf hinweist, dass eben die färbbare Substanz des Nucleolus an den Kern selbst übergeht. Dass vom Kerngerüst zu dieser Zeit nichts mehr zu erkennen ist, wurde bereits früher mitgeteilt.

Auf einer etwas späteren Ausbildungsstufe des männlichen und weiblichen Kernes ist vom Maschenwerk des Kernkörpers nichts mehr vorhanden. Die Färbung des Kernraums ist eine noch dunklere geworden und gegen ihn hebt sich jetzt der hellere Nucleolus ganz besonders deutlich ab (Fig. 162). Letzterer ist erfüllt von heller und dunkler gefärbten Körnern verschiedener Größe, von denen anzunehmen ist, dass sie durch Zerstückelung des Maschenwerkes entstanden. Man sieht die bedeutende Größe, welche die Nucleolen erlangen, die übrigens bei den in Fig. 163 abgebildeten Kernen noch zugenommen hat. Die Beschaffenheit der Kernkörper ist hier ungefähr dieselbe geblieben; eben so ihre Beziehungen zum übrigen Kern im Hinblick auf das Färbungsvermögen. Der Nucleolus erscheint hell, der Kernraum dunkel gefärbt; im letzteren ist noch immer nichts von einem Kerngerüst zu bemerken.

Für die beiden Geschlechtskerne möchte ich hier hervorheben, dass sie ihren Umfang noch bedeutend vergrößern, wenn sie sich ein-

ander schon stark genähert oder bereits berührt haben. Der Weg, welchen sie im Ei durchlaufen, ist im Hinblick auf dessen Umfang ein so kurzer, dass die immerhin recht bedeutenden Umwandlungen, welche beide Kerne erleiden, außerordentlich rasch verlaufen müssten, wenn sie schon vor ihrer Berührung beendigt sein sollten. Die Größenverhältnisse der bereits in ziemlicher Nähe gelegenen Kerne ergeben sich am besten aus einem Vergleich der Fig. 157, 160, 163, 169.

Nachdem der Nucleolus beider Kerne einen so beträchtlichen Umfang und die zuletzt geschilderten Strukturverhältnisse erreicht hat, beginnt seine thatsächliche Auflösung. Bisher war seine Begrenzung stets eine sehr scharfe gewesen. Er hob sich an seinem ganzen Umfang deutlich gegen den übrigen Kerninhalt ab, gegen den er im Anfang durch die stärkere, späterhin im Gegentheil durch die schwächere Färbung abstach (Fig. 157, 158, 160, 162). Nunmehr wird aber seine Begrenzung hier und da undeutlich, so dass sein Inhalt an einigen Stellen sich kaum mehr gegen die Umgebung abhebt. Es scheint fast, als ob in Folge der fehlenden Umgrenzung des Kernkörpers eine Mischung seines Inhalts mit dem Kernsaft einträte, so dass beide sich allmählich immer weniger in der Färbung von einander unterscheiden. Die Differenz zwischen Kernkörperinhalt und Kernraum schwindet auch in so fern immer mehr, als in dem letzteren jetzt erst vereinzelt, dann zahlreicher körnige oder strangförmige Chromatingebilde aufzutauchen beginnen. Die Figuren 164—166 wurden zur Erläuterung dieses Verhaltens angefertigt.

Fig. 164 lässt den Nucleolus zwar noch im Ganzen erkennen, aber seine Begrenzung ist im gesammten Umkreis undeutlich geworden, so dass er gewissermaßen gegen die Umgebung schwimmt. Auffällig ist es, dass man zu dieser Zeit im Nucleolus vielfach eine Zusammenlagerung einzelner oder mehrerer Körner zu einer reihenartigen Anordnung bemerkt. Dies trat schon in einem früheren Zustand hervor, so z. B. in dem Spermakern der Fig 162. Wenn man eine solche reihenweise Anordnung der Körner in noch früheren Stadien bemerkt, so könnte man leicht geneigt sein, dieselbe auf einzelne noch erhalten gebliebene und im körnigen Zerfall begriffene Stränge des Maschenwerkes zurückzuführen. Für die späteren Stadien ist jedoch eine derartige Annahme in keiner Weise mehr stichhaltig. Der Nucleolus hat sich stark vergrößert und in seinem ganzen Bau verändert. Das körnige Stadium mit wohl ausgebildeter Begrenzung sieht man jenem zuletzt geschilderten, bei welchem die deutliche Umgrenzung verloren geht, vorangehen. Es müssen daher die aus Körnern bestehenden

strangartigen Gebilde, die man jetzt auftauchen sieht, für eine Neubildung gehalten werden.

Die reihenweise Anordnung der Körner tritt immer schärfer hervor und wird dadurch noch deutlicher, dass zwischen den einzelnen Körnern eine Verbindung hergestellt wird. Die Körner scheinen mit einander zu verkleben; indem sie selbst weniger scharf sich hervorheben, fällt der Strang als solcher mehr in die Augen (Fig. 165). Er hat das Aussehen einzelner Strecken eines körnigen Kernfadens. Da ein solcher von ebenfalls körniger Struktur im Kernraum aufzutauchen beginnt, so ist das Verhalten des Kernkörperinhalts jedenfalls auffallend. Einzelne Partien der chromatischen Struktur des Kernraums erkennt man in den Fig. 164—166.

Die Verbindung der Körner zu einem kernfadenartigen Strang macht immer weitere Fortschritte, indem diese Strangstücke länger werden. Solche gewundene Partien erkennt man z. B. in dem Nucleolus Fig. 166 an verschiedenen Stellen. Es kann nicht gezeugnet werden, dass die Übereinstimmung mit einem Kernfaden hier eine auffällige ist. Da während dieses Zustandes des Nucleolus dessen Begrenzung immer unklarer wird und sein Inhalt sich mit dem übrigen Kerninhalt vermischt, so wird schließlich die Unterscheidung zwischen den im Kernkörper und den außerhalb d. h. im Kernraum liegenden geformten Gebilden schwierig und fast unmöglich. An einzelnen Stellen, wo die Grenze des Nucleolus völlig geschwunden ist, kann man jedenfalls von einem Übergang der chromatischen Substanz des Kernraums in diejenige des Kernkörpers sprechen. Man muss das Objekt selbst betrachten; Abbildungen vermögen dies nicht so deutlich und überzeugend zu machen, wesshalb ich von weiteren Figuren, die sich in großer Anzahl beibringen ließen, absehe.

Der Nucleolus, welcher bereits in einzelnen Partien kaum mehr zu erkennen war, wird späterhin völlig undeutlich, so dass sein Inhalt nunmehr thatsächlich in denjenigen des Kernes übergegangen ist. Wenn zu dieser Zeit noch strangförmige Gebilde im Kernkörper vorhanden waren, so werden sie von denen des Kernes selbst kaum zu unterscheiden sein. Dagegen kann man als deutlichen Rest des Kernkörpers im Kernraum noch eine Menge von Körnern auffinden, falls diese noch zu einer größeren Gruppe zusammen liegen, so wie dies z. B. in Fig. 167 der Fall ist. Auch sonst findet man einzelne Körner im Kernraum zerstreut, welche wohl des gleichen Ursprungs sein mögen.

Von vorn herein erscheint eine Verwendung der geformten Substanz des Kernkörpers zum Aufbau der chromatischen Theile des Kernes wenig wahrscheinlich und doch wird man bei derartigen Bil-

dern, wie ich sie hier von der Auflösung des Kernkörpers mittheilte, an eine solche denken müssen. Es liegt mir fern zu sagen, dass ich eine solche Verwendung der Nucleolensubstanz bewiesen hätte, aber als bemerkenswerth muss ich dieses Verhalten doch ansehen. Es kommt hinzu, dass ich auch bei den embryonalen Kernen ein sehr ähnliches Verhalten der Kernsubstanz bemerkte, nur dass dieses weniger in die Augen fallend als dasjenige des männlichen und weiblichen Kernes ist. Immerhin schienen auch dort die Umwandlungen des Nucleolus mit dem Schwinden und Wiederauftreten des Kernfadens in Verbindung zu stehen. Ich wies bereits bei jener Gelegenheit darauf hin, dass Färbungen mit dazu geeigneten Reagentien die hier gehegten Vermuthungen entweder zu größerer Gewissheit erheben könnten oder aber dazu führen müssten, sie zu verwerfen. Ich hoffe, dass es mir selbst noch möglich sein wird, an dem für derartige Untersuchungen offenbar recht günstigen Material besser geeignete Färbungsmethoden anzuwenden. Immerhin schienen mir die bisherigen Ergebnisse auch in der vorliegenden Form schon mittheilenswerth, da sie vielleicht zu weiteren Untersuchungen über die Bedeutung der Nucleolen Veranlassung geben. Beobachtungen, welche für eine Verwendung der Nucleolensubstanz zum Aufbau der Chromatingebilde des Kernes sprechen, sind überdies wiederholt gemacht worden und lassen es jedenfalls nicht als unmöglich erscheinen, dass Derartiges vorkommt. Auf einige der in Frage kommenden Angaben wies ich bereits weiter oben hin, als von den Kernen der Embryonalzellen die Rede war.

Ich bin auf die Strukturverhältnisse und besonders auf die Umwandlungen des Nucleolus deshalb etwas näher eingegangen, weil die Ähnlichkeit dieser Erscheinungen mit denen an den Nucleolen der Embryonalkerne eine so große ist. Man erkennt dies sofort bei einer Vergleichung der auf die Geschlechtskerne bezüglichen Figuren 157 bis 159, 160, 161, 163, 164—166 (Taf. XXXII und XXXIII) mit den auf die Embryonalkerne bezüglichen, ungefähr parallelen Figuren 49—51, 52—56, 50 B, 58—60 (Taf. XXIX). Der anfängliche wabige Bau, dessen Zerfall, das Auftreten der Körner, das Aufblähen und die allmähliche Auflösung des Kernkörpers in Verbindung mit der Zunahme der Färbbarkeit des Kernplasmas, dem Schwinden und Wiederauftauchen der chromatischen Elemente, alles dies sind Erscheinungen, die sich hier wie dort in gleicher Weise wiederholen und die nämliche Deutung herausfordern. Eine solche wurde in dem einen wie in dem anderen Falle versucht.

Das Verhalten der beiden Geschlechtskerne wurde zunächst bis zur Auflösung ihrer Kernkörper verfolgt (Fig. 167). Des Auftretens der

chromatischen Gebilde wurde bereits gedacht. Sie erscheinen zunächst als körnige Fäden von recht unregelmäßiger Bildung. Diese Fäden ziehen eine Strecke weit durch den Kern, dann sieht man sie sich gabelförmig theilen (Fig. 168). Sie erscheinen sehr plump; die sie zusammensetzenden Körner treten deutlich hervor. Die Färbung der Fäden ist Anfangs nur eine schwache, doch nimmt dieselbe bald zu. In einem späteren Stadium (Fig. 169) sieht man das Kerngerüst besser ausgebildet. Die Fäden erscheinen stärker gefärbt; ihre Zusammensetzung aus Körnern erkennt man noch immer, aber das ganze Gerüstwerk ist so zu sagen distinkter. Längere Fadenzüge durchsetzen jetzt den Kernraum, doch findet man außer diesen nicht getheilten Partien auch noch solche, die sich gabeln. Ein einziger zusammenhängender Kernfaden ist in diesem Stadium jedenfalls nicht vorhanden. Immerhin erinnert das ganze Aussehen des Kernes bereits stark an dasjenige eines solchen, der von einem kontinuierlichen Kernfaden durchzogen wird. Aus dem Kerngerüst, von welchem man füglich jetzt noch sprechen kann, geht in Folge des Schwindens der Verbindungsstücke der Kernfaden hervor. Derselbe ist Anfangs noch sehr lang und durchzieht den Kern in einer Anzahl von Windungen, so dass dieses Stadium von dem vorigen zunächst noch wenig verschieden ist. Allmählich ändert sich jedoch die Beschaffenheit des Kernfadens dadurch, dass seine Substanz eine Verdichtung erfährt, wobei die körnige Struktur schwindet und die Färbbarkeit zunimmt. Den Verlauf dieser Vorgänge fand ich ebenfalls in beiden Kernen übereinstimmend. Man sieht jetzt in ihnen einen mehrfach gewundenen Kernfaden (Fig. 170). Ob dies thatsächlich ein einziger, zusammenhängender Faden ist oder ob er aus zwei Stücken besteht, wie man vermuthen könnte, diese Frage zu entscheiden war weder in diesem Stadium noch in den jetzt folgenden Zuständen beider Kerne möglich, da der Faden wie gesagt verschiedene Windungen macht und man diesen nicht stetig zu folgen vermag.

Mit der Verdichtung des Chromatins im Kernfaden war auch eine Verkürzung desselben verbunden, die sich nunmehr noch weiter fortsetzt, wie man dies aus einem etwas vorgeschritteneren Stadium (Fig. 171) erkennt. Diese Verkürzung nimmt auch weiterhin noch ihren Fortgang und eben so die Zunahme der Färbbarkeit des Kernfadens. Übrigens bemerkt man jetzt eine Verminderung des Volumens beider Kerne, während dieselben bis vor Kurzem an Umfang stets zugenommen hatten. Bisher waren beide Kerne sehr scharf begrenzt (Fig. 170, 171), doch beginnt nunmehr ihre Umgrenzung undeutlich zu werden. Noch kann man zwar beide Kerne in ihrem ganzen Umfang erkennen (Fig. 172), aber hauptsächlich nur daran, dass der Kernraum heller erscheint als

die Umgebung. Die Membran der Kerne ist fast ganz geschwunden. Geltend macht sich auch die Volumabnahme beider Kerne, welche wohl von einer Vertheilung des Kernsaftes in die Umgebung herrührt. Jedenfalls schwindet die Abgrenzung beider Kerne nun bald völlig und man kann dann beide nur noch an den getrennten Chromatinpartien erkennen.

Schon zu einer Zeit, da man die Anlage der Spindel deutlich wahrnimmt (Fig. 171, 172), sind doch beide Kerne noch vollständig von einander getrennt und zum Theil in der völlig gleichen Ausbildung wie früher vorhanden (Fig. 171). Ihre Vereinigung erfolgt also erst sehr spät und auch in der schon gebildeten Furchungsspindel kann man die jedem Kern zugehörige Chromatinpartie noch wahrnehmen (Fig. 173). Die schon vorher bemerkte Verkürzung des Kernfadens hat sich unterdessen im verstärkten Maße fortgesetzt und endlich ließ sich auch eine Zweitheilung der Chromatinpartie jedes Kernes deutlich erkennen. Wenn die Kernmembran geschwunden ist und das Chromatin nunmehr direkt in der unterdessen zur Ausbildung gelangten Spindel liegt (Fig. 173), finden sich zwei Paare von Kernschleifen in derselben Lage, wie sie aus dem Ei- und Spermakern hervorgingen. Dass diese »bilaterale Symmetrie« auch fernerhin bei den embryonalen Kernen noch vorhanden wäre, wie dies RÜCKERT ganz neuerdings für den von ihm untersuchten *Cyclops* angiebt und für andere Formen wahrscheinlich machte, habe ich nicht beobachtet.

Die Schleifen sind noch immer ziemlich lang und mehrfach gewunden. Um in die endgültige Form der Chromosomen überzugehen, müssen sie sich noch bedeutend verkürzen. Auch ihre Lage hat sich noch entsprechend zu verändern. Die weiter ausgebildete Furchungsspindel ist in Fig. 174 bei schwächerer Vergrößerung dargestellt. Sie weist in der Äquatorialplatte vier gegen früher erheblich verkürzte, aber noch immerhin ziemlich lange Kernschleifen auf. Man sieht also auch bei *Ophryotrocha*, wie dies nach E. VAN BENEDEN'S Entdeckung an *Ascaris* auch bei einer Reihe von anderen Formen bekannt geworden ist, die Chromosomen des väterlichen und diejenigen des mütterlichen Kernes getrennt von einander in die Äquatorialplatte der Furchungsspindel eintreten und dem entsprechend auch bei der nunmehr erfolgenden Theilung zunächst getrennt bleiben. Dieses Folgestadium, die erste Furchungsspindel mit den beiden Tochterplatten bringe ich hier ebenfalls noch zur Darstellung, weil die Zahlenverhältnisse ihrer Chromosomen aus dem in einem früheren Kapitel besprochenen Grunde von Wichtigkeit sind. Jeder Tochterstern enthält vier hufeisenförmige Chromosomen. Die Chromatinverhältnisse der ersten Furchungsspindel

sind also dieselben, wie sie auch weiter oben von den ersten Furchungsstadien und anderen embryonalen Zellen beschrieben wurden (Fig. 19—21, Taf. XXVIII). Bezüglich ihrer sonstigen Gestaltung scheint die erste Furchungsspindel mit der in Bildung begriffenen ersten Richtungsspindel Ähnlichkeit zu haben, indem auch bei ihr Mantelfasern vorhanden sind, die von Pol zu Pol ziehen (Fig. 174, 175). Genauer habe ich allerdings die achromatischen Strukturen der ersten Furchungsspindel nicht untersucht. In ihrer Gestalt ist sie von der ausgebildeten ersten Richtungsspindel sehr different, was damit zusammenhängt, dass sich bei dieser die sehr verkürzten Chromosomen inmitten der Spindel dicht zusammendrängen, während hier vier noch recht umfangreiche und von einander ganz unabhängige Kernschleifen vorhanden sind (Fig. 92, 93, Taf. XXX, Fig. 174, 175, Taf. XXXII). Die Gestalt der ersten Richtungsspindel ist dem entsprechend eine sehr schlanke, die der ersten Furchungsspindel eine weit plumpere.

Bei der bisherigen Darstellung des Befruchtungsvorganges wurde absichtlich fast nur des Kernes selbst gedacht und die achromatische Struktur zumeist unberücksichtigt gelassen, doch muss dies nunmehr nachgeholt werden. Vom Eikern wurde schon erwähnt, dass seine Polstrahlung zwar zunächst noch erhalten sein kann (Fig. 114, Taf. XXXI), jedoch bald verloren geht. Der nach der Eimitte hin sich bewegende Eikern entbehrt jedenfalls der Strahlung gänzlich. Weder von ihr noch von einem Centrosoma ist an ihm etwas wahrzunehmen (Fig. 176). Das Gleiche ist auch in späteren Stadien der Fall (Fig. 177—179). Anders verhält es sich mit dem Spermakern. Von ihm wurde früher bereits angegeben, dass die Strahlung schon sehr bald auftritt und zwar hinter dem Spermatozoonkopf, so dass die Annahme seiner Entstehung aus einem Mittelstück gerechtfertigt erscheint (Fig. 101, 102, Taf. XXX). Die Anfangs schwache und wenig umfangreiche Strahlung des Spermakerns breitet sich bald immer weiter aus. Sie liegt jetzt vor dem Spermakern, wohin sie jedenfalls durch dessen Drehung gelangt ist. Allerdings ist dies nicht regelmäßig der Fall. Wie ich schon erwähnte kann die Polstrahlung auch bei tiefer eingedrungenen Kernen hinter denselben, d. h. also nach außen von ihnen liegen. Die Drehung des Spermatozoonkopfes scheint demnach nicht regelmäßig zur selben Zeit einzutreten. Ich fand sie zuweilen bereits vollzogen oder doch in Ausführung begriffen, wenn der Kern erst eine kurze Strecke vom Eirand entfernt war und bezüglich seiner Struktur noch völlig homogen erschien. Die Fig. 101 (Taf. XXX) stellt einen solchen Fall dar; bei etwas weiter fortgeschrittenen Spermakernen kann die Strahlung bereits nach innen zu oder vor deren Kern liegen. Dieses Verhalten dient

zur Erläuterung recht verschiedenartiger Bilder, wie man sie vom Ei- und Spermakern wie von der Lagerung der Centrosomen des letzteren erhält. Bei älteren Kernen sieht man nämlich die Polstrahlungen eine recht verschiedene Stellung zu den beiden Geschlechtskernen einnehmen. Hierbei muss jedenfalls auch die Eintrittsstelle des Spermatozoons berücksichtigt werden, die man jedoch am Ei von *Ophryotrocha* in späteren Stadien nicht mehr feststellen kann. Ich erwähnte bereits früher, dass dieselbe eine wechselnde ist. Dringt das Spermatozoon, wie es der Fall sein kann, in der Nähe der Richtungsspindel ein, so wird sich der Weg des Spermakerns jedenfalls etwas anders gestalten, als wenn das Spermatozoon an einer den Richtungsspindeln ungefähr entgegengesetzten Stelle in das Ei eintrat. Derartig möchte ich mir die Lageverschiedenheiten erklären, wie sie z. B. in den Fig. 176—180, Taf. XXXIII, Fig. 181—183, Taf. XXXIV hervortreten. Hier findet man übrigens zumeist nicht mehr eine einzelne sondern eine doppelte Strahlung vor, wesshalb ich zunächst auf deren Entstehung einzugehen habe.

So lange die Richtungsspindeln im Ei andauern, pflegt der Spermakern in seiner Ausbildung nur wenig fortzuschreiten. Sein Umfang nimmt nur um ein Geringes zu und auch die Veränderung seiner Struktur ist nur unbedeutend. Dagegen kann er allerdings schon während der Richtungskörperbildung bis gegen die Mitte des Eies vordringen. Die Fig. 110 (Taf. XXXI) stellt z. B. einen solchen Fall dar. Die Aufquellung des Spermakerns hat schon begonnen und er besitzt eine höchst umfangreiche Strahlung. Das Ei befindet sich im Stadium der Bildung des zweiten Richtungskörpers mit schräg gestellten Spindeln. In den Eiern eines anderen Geleges, dessen zweite Richtungsspindeln zumeist auf einem etwas vorgeschritteneren Stadium (Fig. 111, Taf. XXXI) sich befanden, zeigte der Spermakern eine ähnliche Lage und Beschaffenheit. Das Gleiche gilt von der Strahlung in manchen Eiern; in anderen Eiern erschien dieselbe bereits doppelt. Es kann also schon zu dieser Zeit die Theilung des Centrosomas stattfinden; für gewöhnlich sah ich dieselbe jedoch erst später eintreten. Sie geht auf die bekannte Weise durch Einschnürung und Zertheilung des Centrosomas bzw. Archoplasmas vor sich (Fig. 177, 178). Ehe ich jedoch auf diese wie auf die Bildung des achromatischen Theils der Spindel eingehen kann, muss ich darauf zu sprechen kommen, was man beim Befruchtungsvorgang der *Ophryotrocha* unter dem Centrosoma zu verstehen hat. Ich hob bereits früher bei der Schilderung des Zustandekommens der Richtungsspindel hervor, dass ich leider durch Materialmangel genöthigt war, zunächst die für die Erhaltung der chromatischen Substanz geeigneten Konservierungsmittel anzuwenden und meine Aufmerksamkeit nicht in der gewünschten Weise

auch den achromatischen Strukturen zuwenden konnte. Dieser Mangel macht sich hier um so fühlbarer.

Bei den Richtungsspindeln boten sich folgende Befunde dar. An den Polen war entweder nur ein ziemlich homogener oder feinkörniger Plasmahof vorhanden (Fig. 94—100, Taf. XXX), den ich schlechthin als »Archoplasma« ansprach, oder ich konnte in einem solchen Plasmahof, von welchem wie dort die Radien der Strahlung ausgingen, noch ein helles rundes Gebilde beobachten, welches ich dann für das Centrosoma halten musste. Dieselbe Bildung war in manchen Fällen recht deutlich, in anderen Fällen undeutlich; im Ganzen ließ sich wenig Bestimmtes über sie aussagen (Fig. 92, 93, Taf. XXX, 103—106, Taf. XXXI und andere Figuren). Zuweilen sah ich dieses selbe Gebilde sich weniger durch die helle Färbung als durch scharfe Umgrenzung auszeichnen (Fig. 147, 148, Taf. XXXII). In seltneren Fällen konnte ich inmitten des Archoplasmas zwei kleinere rundliche Gebilde erkennen (Fig. 94 a, Taf. XXX). Bei so verschiedenen Befunden ist man in Verlegenheit, welche dieser Gebilde nun wirklich als Centrosomen anzusprechen sind. Es kann allerdings kein Zweifel sein, dass die Differenzen wohl zunächst durch die für die Darstellung dieser Gebilde wenig geeigneten Konservierungsmethoden veranlasst sind. Aus diesem Grunde schien es mir auch nicht lohnend, die Präparate noch nachträglich der Behandlung mit den HEIDENHAIN'schen Färbungsmitteln zu unterziehen, zumal es sich auch gewöhnlich um diejenigen Präparate handelte, welche gerade die für mich wichtigeren chromatischen Strukturen besonders klar erkennen ließen.

Wie die Befunde an den Richtungsspindeln schon unter sich nicht recht in Übereinstimmung zu bringen sind, so lassen sich mit ihnen auch diejenigen an den Befruchtungsstadien nicht ganz vereinigen. Allerdings findet sich unter Umständen am Spermakern ähnlich wie dort an den Polen der Spindel ein einfacher Plasmahof von homogener oder feinkörniger Beschaffenheit, von welchem die Strahlung ausgeht (Fig. 101, 102, Taf. XXX). Auch ein solcher Plasmahof mit eingelagertem hellen Gebilde kommt vor, ebenfalls ähnlich dem Verhalten der Polstrahlungen bei den Richtungsspindeln (Fig. 110, Taf. XXXI). Wenn ein solcher dunkler Hof in der Umgebung der hellen Kugel vorhanden ist, so sieht man jedoch meistens die Radien bis zu dieser letzteren vordringen oder besser gesagt direkt von ihr ausgehen. Dieses Verhalten ist das gewöhnliche: ein dem Kern noch ziemlich dicht anliegendes und dann halbmondförmiges oder, wie es meist der Fall ist, ein kugliges helles Gebilde, welches neben dem Kern liegt (Fig. 154—155, Taf. XXXII). Höchst wahrscheinlicher Weise ist dieses als das Centrosoma anzusehen, in ähnlicher Weise, wie dies auch für die Richtungsspindel angenommen

wurde, bei welcher eine Theilung verfolgt werden konnte (Fig. 104—106, Taf. XXXI). Wenn es nicht zu sehen, sondern nur eine dunkle körnige Plasmamasse am Spermakern zu bemerken ist, muss man annehmen, dass es in Folge ungenügender Konservirung nicht zum Ausdruck kam. Eben so wie bei den Richtungsspindeln kann dieses Gebilde, wie bereits erwähnt wurde, noch von einem dunklen, ziemlich homogenen Plasmahof umgeben sein, welcher dann zwar nicht immer, aber doch gewöhnlich die von der Mitte ausgehenden Strahlen erkennen lässt. Der Spermakern selbst wird übrigens sehr bald in diese Strahlung hineingezogen, so dass diese auch von ihm mit auszugehen scheint (Fig. 154—155, Taf. XXXII). Der dunkle Hof kann sich übrigens über einen großen Theil des Strahlensystems ausbreiten (Fig. 176—178 u. a. Fig.), doch treten die Radien stets über ihn hinaus in das Eiplasma von gewöhnlicher Färbung. Wie man aus den mitgetheilten Figuren erkennt, zeigen die centralen kugligen Gebilde einen sehr verschiedenen Umfang. Ich finde sie zuweilen nur klein (Fig. 176, 179, 180), in anderen Eiern dagegen bedeutend umfangreicher (Fig. 182). Man geht wohl nicht fehl, wenn man dieses Verhalten durch die differente Wirkung der Reagentien erklärt.

Es kann kaum ein Zweifel darüber obwalten, dass die hellen kugligen Gebilde dieselben sind, welche auch andere Autoren am Spermakern fanden. So stimmen sie z. B. mit den von BOVERI bei *Ascaris* beschriebenen Bildungen in so fern überein, als auch dort ein kugliges helleres centrales Gebilde von einem dunklen, von Strahlen durchsetzten Plasmahof umgeben ist. Von ihm aus setzen sich die Strahlen auf das übrige Eiplasma fort. Diese Bildungen sind Anfangs kleiner und wachsen dann später. Die Größendifferenzen sind also dort normaler Natur und durch die Entwicklung dieser Bildungen bedingt. Nach BOVERI's erst neuerdings wieder ausführlicher begründeter Auffassung entsprechen die hellen kugligen Gebilde den Centrosomen, welche man sich demnach nicht immer nur als sehr kleine Körperchen vorzustellen hätte, sondern die auch eine recht bedeutende Größe erlangen können. Ganz besonders umfangreich findet sie BOVERI auch nach seinen neueren Untersuchungen an Echinodermen. Im Seeigeelei können sie zu zwei mächtigen, von der Strahlensonne umgebenen Kugeln heranwachsen. BOVERI möchte diese Auffassung der Gebilde auch gegenüber den ebenfalls an Echinodermeneiern angestellten Untersuchungen von WILSON und MATHEWS aufrecht erhalten, welche dieselben Gebilde als Archoplasmen ansprechen. Kleinere Gebilde, welche gelegentlich in den »Centrosomen« gefunden wurden, und welche man wohl für diese selbst halten könnte, bezeichnet BOVERI als Centro-

someneinschlüsse. Auch bei *Ophryotrocha* findet man Ähnliches. So bemerkte ich zuweilen noch innerhalb des hellen kugligen Gebildes ein centrales, ein wenig dunkler gefärbtes Korn von ebenfalls kugelförmiger Gestalt (Fig. 456). Ob derartige Gebilde oder die großen hellen Kugeln selbst als die Centrosomen anzusehen sind, vermag ich an meinem Objekt nicht zu entscheiden. Darin muss ich BOVERI beipflichten, dass die von ihm als Centrosomen bezeichneten hellen Gebilde vielfach eine völlig scharfe Begrenzung aufweisen, was ich sowohl an den Richtungsspindeln wie an den Strahlungen der Spermakern beobachtet konnte. Dass diese an meinen Objekten nicht regelmäßig vorhanden ist, kann möglicherweise an der hierfür nicht genügenden Konservierung derselben liegen. Das Verhalten, welches diese Gebilde bei der Theilung zeigen, könnte BOVERI'S Auffassung nur bestätigen. Man sieht die regelmäßig gestalteten und scharf begrenzten Gebilde sich einschnüren und durchtheilen, wie dies von den Centrosomen bekannt ist. Zwischen beiden Theilstücken spannen sich dann die Fasern aus. Man kann dieses Verhalten sowohl bei den Richtungsspindeln als auch bei den Spermakernen beobachten.

Die Theilung des Centrosomas am Spermakern kann, wie schon erwähnt, bereits eintreten, wenn die zweite Richtungsspindel im Ei noch vorhanden ist, doch erfolgt sie zumeist erst später, wenn der Spermakern schon größer geworden ist. Sie geht in ganz ähnlicher Weise vor sich, wie dies in einem früheren Kapitel auch schon für die Richtungsspindeln beschrieben wurde (Fig. 405, 406, Taf. XXXI). Das Centrosoma, ich nenne es so, ohne mich damit für seine wirkliche Bedeutung als solches verbürgen zu wollen, schnürt sich ein, wodurch eine semmelförmige Figur zu Stande kommt (Fig. 478, Taf. XXXIII). Die beiden so entstandenen Centrosomen rücken bald aus einander (Fig. 479) und zwischen ihnen sieht man Fäden auftreten, die sich etwas stärker hervorheben als die Radien der Strahlung (Fig. 477, 476, 480 bis 482). Man erhält also ungefähr dieselben Bilder, wie sie auch bei der Bildung der Richtungsspindeln auftreten und es ist in Bezug auf sie dasselbe wie dort zu sagen. Darüber, dass eine Art von Centralspindel durch die zwischen den Centrosomen vorhandenen Fasern gebildet wird, kann kein Zweifel sein, aber ob diese Fasern bei der Theilung der Centrosomen selbst entstanden oder nicht als bloße Radien des Strahlensystems aufzufassen sind, diese Frage lasse ich hier eben so wie bei den Richtungsspindeln unentschieden. Thatsache ist es hier wie dort, dass die Centralspindel, auch wenn sie als solche angelegt wurde, nicht erhalten bleibt, da das Auseinanderweichen der Centro-

somen und die Lagerung der Kerne zwischen ihnen ihr Bestehenbleiben verhindert.

Aus den angeführten Figuren (176—182), welche die Theilung der Centrosomen illustriren, ergibt sich auch die bereits erwähnte Thatsache, dass die Theilung zu recht verschiedener Zeit erfolgt oder dass die Centrosomen lange in der Stellung verharren, welche sie kurz nach der Theilung aufweisen. Dass aber thatsächlich die Theilung auch recht spät erfolgen kann, darüber lassen Bilder wie das in Fig. 178 gegebene keinen Zweifel. Andererseits kann die Theilung bereits vor sich gehen, wenn der Spermakern die Beschaffenheit des in Fig. 110 (Taf. XXXI) abgebildeten besitzt. Die Figuren 176, 177, 179—182 zeigen dann die Centrosomen in einer Stellung, welche jedenfalls auf die erst kurz vorher vollzogene Theilung hinweist und doch sind diese Kerne in ihrer Ausbildung sehr verschieden, wie schon ihre Größe erkennen lässt.

Die Lage der Doppelstrahlung zum Kern ist ebenfalls eine recht verschiedene und hängt jedenfalls von den oben erwähnten Umständen, nämlich vom Eindringen und der Drehung des Spermakerns ab. In Fig. 177 und 180 liegt die Strahlung so, wie man sie zu finden erwartet, wenn das Spermatozoon in der Gegend des vegetativen Pols in das Ei eintrat und ähnlich liegen die Verhältnisse auch in den durch Fig. 176 und 178 dargestellten Eiern, obwohl in ihnen schon eine gewisse seitliche Verschiebung eingetreten ist. Die Kerne zeigen übrigens gerade in diesen Eiern eine sehr verschiedenartige Ausbildung. Während Ei- und Spermakern in Fig. 176 noch sehr klein sind und der eine von ihnen noch keinen Nucleolus besitzt, ist ihre Ausbildung in Fig. 177 weiter fortgeschritten. Beide Kerne haben sich thatsächlich vergrößert und beide sind mit Nucleolen versehen. Die Größe und innere Ausbildung hat in Fig. 178 noch weitere Fortschritte gemacht und doch tritt in diesem Ei erst jetzt die Theilung der Centrosomen ein, welche in den vorher erwähnten Eiern (Fig. 176 und 177) schon vollzogen war. Die dunkle Zone, welche die Centrosomen umgiebt, tritt an allen diesen Eiern deutlich hervor. Zu bemerken ist weiterhin das gänzliche Fehlen der Strahlung am Eikern in diesen wie auch in den weiterhin zu besprechenden Eiern.

Eine ganz abweichende Stellung zeigt die Doppelstrahlung in Fig. 181, 182 und besonders in Fig. 179. Die nahe liegende Erklärung für diese Lage der beiden Centrosomen scheint mir, dass die Spermatozoen in diesen Fällen mehr von der Seite her (Fig. 181) oder mehr gegen den animalen Pol zu eingedrungen sind (Fig. 182, 179). Mit Sicherheit ist dies natürlich nicht mehr zu sagen. Es kann viel-

leicht auch eine nachträgliche Drehung des Spermakernes eingetreten sein.

In den Fig. 179—181 ist übrigens die Struktur beider Geschlechtskerne in so fern bemerkenswerth, als kein Nucleolus vorhanden ist und der Kern bereits das Gerüstwerk aufweist, obwohl er in seiner Größe und der Anlagerung der achromatischen Theile von der endgültigen Ausbildung noch ziemlich weit entfernt ist. Zumal betrifft dies den Eikern. Denselben fand ich übrigens mehrfach in seiner Ausbildung weiter zurückstehend, was ja durch seine spätere Entstehung erklärt wird. Dass er längere Zeit einen geringeren Umfang besitzt als der Spermakern, wurde bereits weiter oben erwähnt und geht auch aus den hier beigegebenen Figuren hervor. Aus Fig. 176 erkennt man, dass der Spermakern bereits einen Nucleolus besitzt, der Eikern aber nicht. In Fig. 182 steht der Eikern in seiner Ausbildung dadurch hinter dem Spermakern zurück, dass bei ihm der Nucleolus noch vorhanden, bei diesem jedoch bereits zur Auflösung gekommen ist. In Fig. 183 zeigen die beiden noch nicht zur Berührung gelangten Kerne einen wohlausgebildeten Kernkörper.

An die letztgenannte Figur (183) möchte ich die weitere Ausbildung der achromatischen Struktur der Spindel anknüpfen. Wie erwähnt, rücken die beiden Centrosomen nach geschehener Theilung aus einander, wobei anstatt der anscheinend vorhandenen Centralspindel zwischen beiden Centrosomen Strahlen auftreten, gleich denen in ihrem sonstigen Umkreis. Die Centrosomen beginnen sich jetzt so zu lagern, wie dies ihrer endgültigen Stellung an der Spindel entspricht. Da sie nun vorher eine etwas verschiedenartige Stellung zu den Kernen einnehmen können, so muss auch diese Lageveränderung auf verschiedene Weise vor sich gehen. Wenn die Centrosomen die, wie es scheint, am häufigsten vorkommende Lage zwischen dem Ei- und Spermakern einnehmen (Fig. 177, 180), so rücken sie wohl einfach aus einander und indem die beiden Kerne sich an einander legen, ist die künftige Lage der Spindel schon bestimmt. Die Centrosomen haben ihre endgültige Lage eingenommen. Liegen die Centrosomen hingegen vom Eikern abgewendet (Fig. 179, 182), so muss eines von ihnen um den Spermakern herumrücken (Fig. 183) oder aber die Kerne treten, nachdem auch hier die Centrosomen aus einander gewichen sind, zwischen ihnen hindurch, wobei der Spermakern vom Eikern weiter gedrängt wird, um diese etwas rohe Ausdrucksweise zu gebrauchen. Die Lage der Kerne und Centrosomen, wie sie sich in Fig. 179 darstellt, lässt den Vorgang derartig auffassen, da die Kerne hier noch nicht die centrale Lage eingenommen haben, welche die Furchungsspindel zeigt.

Ähnliches ist aus Fig. 183 zu entnehmen. In wie weit bei diesen Lageveränderungen der Kerne aktive Bewegungen derselben beteiligt sind, worauf ihre an eine amöboide Beweglichkeit erinnernde Gestaltsveränderung (Fig. 156—158) hinweisen könnte oder in wie weit die Verschiebungen durch die Radian veranlasst werden oder ob sie schließlich nur die Folge von Umlagerungen in der Eisubstanz sind, kann hier nicht entschieden werden. Sollte die Strahlenbildung direkt oder indirekt auf die Bewegung der Kerne von Einfluss sein, was wohl ohne Weiteres angenommen werden darf, so müsste die treibende Kraft vom Spermakern ausgehen, da dem Eikern die Strahlung fehlt. Thatsächlich erstreckt sich die Strahlung schon sehr bald in das Gebiet des Eikerns hinein, wie die Fig. 176—183 erkennen lassen.

In den weiter ausgebildeten Kernen sieht man die Centrosomen derartig liegen, dass sie beide Kerne mit ihrer Strahlung zwischen sich fassen (Fig. 167—169). Ich kann hier keinen Unterschied zwischen denjenigen Strahlen sehen, welche nach außen hin, und denen, die gegen die beiden Kerne gerichtet sind und die späterhin wohl die Spindelfasern zu liefern haben, wie ich annehme. Allerdings muss ich nochmals betonen, dass meine Untersuchungen nicht besonders auf diesen Punkt gerichtet waren.

Man bemerkt vielfach in Stadien, in denen die Centrosomen schon längst ausgebildet sein und ihre definitive Lagerung eingenommen haben müssen, dass die beiden Geschlechtskerne nur von einem hellen Hof umgeben sind, um welchen sich wieder eine breite dunkle Zone herumzieht (Fig. 162, 163). Dasselbe kommt auch bei früheren Stadien vor (Fig. 157, 160) und ist offenbar nur auf den mangelhaften Erhaltungszustand der Centrosomen und Strahlungen zurückzuführen, welche nur in jenem hellen und dunklen Hof zum Ausdruck kommen. Es geht dies aus einem Vergleich jener Bilder mit anderen (Fig. 167 und 168) hervor, bei welchen jene Erscheinung auch zu bemerken ist, die Centrosomen aber gleichzeitig besser ausgebildet und deutlich erkennbar sind.

Anfangs liegen die Centrosomen den beiden Kernen ziemlich nahe an (Fig. 169), so dass die gegen die Kerne gerichteten Radian sehr kurz sind. So fand ich die Lage der Centrosomen auch noch in einem Stadium, in welchem der Kernfaden schon recht weit ausgebildet ist (Fig. 170). Eine wesentliche Differenz der nach außen und der gegen die Kerne hin verlaufenden Radian vermochte ich weder jetzt noch in etwas späteren Stadien an meinen Präparaten zu erkennen. Die Centrosomen beginnen nunmehr von den Kernen wegzurücken, so dass die gegen die letzteren gerichteten Radian dadurch länger werden (Fig. 171).

Die Centrosomen nehmen während dieser Vorgänge und auch in den folgenden Stadien ziemlich beträchtlich an Umfang zu (Fig. 167—175), was ich hier nicht auf die Rechnung einer verschiedenartigen Konservirung, sondern auf ein wirkliches Wachstum derselben setzen möchte, wie es auch BOVERI für die entsprechenden Gebilde an den Eiern verschiedener Thiere beobachtete.

Das Abrücken der Centrosomen von den Kernen nimmt seinen Fortgang, und die Gestalt der Spindel tritt nunmehr bereits erkennbar hervor (Fig. 172). Offenbar entstehen hier die Spindelfasern außerhalb des Kernes, ob und wie sie aus jenen Strahlen hervorgehen, habe ich jedoch nicht verfolgt. Es ist jedenfalls zunächst eine größere Anzahl von Strahlen vorhanden, als später Spindelfasern gebildet werden. Dies schien mir auch in einem späteren Stadium noch der Fall zu sein, in welchem die Spindel schon weit deutlicher ausgebildet und die Membran der Kerne geschwunden ist, so dass die Kernschleifen jetzt der Spindel selbst angehören (Fig. 173). Es ist nunmehr auch eine Verbindung der von dem einen und vom anderen Pol ausgehenden Fasern hergestellt, denn es giebt jetzt von Pol zu Pol durchgehende Fasern (Fig. 173, 174). Dass dieselben durch Ausziehen der Fasern der vermuthlichen Centralspindel entstünden, indem letztere doch während der geschilderten Vorgänge erhalten bliebe, kann ich nicht wohl annehmen, und wenn dies nicht der Fall ist, so müsste also eine Verbindung der von dem einen oder vom anderen Pol ausgehenden Fasern direkt oder durch Vermittelung der achromatischen Substanz der zwischenliegenden Kerne hergestellt werden. Beides ist möglich, kennt man doch auch bei dem gewöhnlichen Verlauf der Theilung Spindeln, deren Strahlensysteme Anfangs getrennt sind, indem der umfangreiche Kern zwischen ihnen liegt, und deren Spindelfasern zum Theil außerhalb des Kernes, zum Theil jedoch innerhalb desselben aus seiner achromatischen Substanz entstehen. Solche »gemischtfaserige Spindeln« beobachtete z. B. BRAUS in den Zellen der Blastula von *Triton*. Wenn auch nicht in vollkommener Übereinstimmung mit der Bildung dieser Spindeln, bei denen schon früh die im Kern liegenden Fasern dessen Membran durchsetzen und gegen die Pole hinziehen, wohl aber in ähnlicher Weise kann man sich die Entstehung der ersten Furchungsspindel bei *Ophryotrocha* vorstellen, indem die Anfangs außerhalb des Kernes gelegenen Spindelfasern sich in den Bereich der beiden Kerne hinein verlängern und hier ihre Vereinigung finden. Dass Spindelfasern zunächst aus der Kernsubstanz hervorgingen und in umgekehrter Erstreckung sich gegen die Pole hin fortsetzten, habe ich jedenfalls nicht beobachtet.

In ganz ähnlicher Weise wie bei *Ophryotrocha* kommt die Furchungsspindel auch bei anderen Formen zur Ausbildung. So giebt BOVERI von der Befruchtung von *Pterotrachea* und *Phyllirhoë* eine Darstellung, aus welcher hervorgeht, dass die sehr umfangreichen Kerne zwischen den beiden Strahlensystemen gelegen sind, ohne dass diese zunächst in Berührung stehen. Hier muss also die Spindel auf ganz ähnliche Weise wie bei *Ophryotrocha* zu Stande kommen. Diese Verhältnisse variiren übrigens sehr stark bei verschiedenen Formen. So bleiben z. B., wie ebenfalls aus BOVERI'S Darstellung zu entnehmen ist, auch bei *Ciona intestinalis* der männliche und weibliche Kern mit ihren Membranen lange erhalten, aber zwischen ihnen verläuft vom einen zum anderen Centrosoma eine Faserung, d. h. es ist eine Centralspindel vorhanden, welche bei der Theilung des Centrosomas zwischen den nicht zur Berührung gelangten Kernen zur Ausbildung kam. Diese gegenüber der Strahlung nur wenig umfangreichen Kerne verlieren ihre Membranen, ohne sich vorher berührt zu haben. Wieder andere Verhältnisse ergeben sich dann, wenn die Membran beider Kerne schon sehr früh zur Auflösung kommt, wie dies z. B. bei *Ascaris megalcephala* der Fall ist. Trotzdem entstehen nach BOVERI auch bei diesem Wurm die Fasern der ersten Furchungsspindel aus dem Zellplasma. *Ascaris megalcephala* verhält sich übrigens in dieser Hinsicht ganz eben so, wie ich dies für *Ophryotrocha* feststellen konnte. Während die achromatischen Bestandtheile der ersten Furchungsspindel aus dem Zellplasma hervorgehen, entstehen diejenigen der ersten Richtungsspindel aus dem Kerninhalt. Das Gleiche findet bei *Ophryotrocha* statt.

Fasse ich jetzt den ganzen Verlauf des Befruchtungsvorganges bei *Ophryotrocha* zusammen, so ergibt sich Folgendes: Das Spermatozoon dringt zur Zeit der Verkürzung und Theilung der ersten Richtungsspindel in das Ei ein; die Stelle des Eintrittes ist eine sehr wechselnde. Die Strahlung tritt sehr früh auf, und zwar an der Basis des Spermatozookopfes, also hinter diesem, gelangt jedoch bald durch seine Drehung vor ihn zu liegen. Während der Ausstoßung der Richtungkörper verändert sich der Spermakern noch wenig in seiner Struktur und zeigt noch einige Zeit die intensive dunkle und homogene Beschaffenheit des Spermatozookopfes, jedoch bewegt er sich bereits gegen die Mitte des Eies zu und kann hier schon angekommen sein, wenn die zweite Richtungsspindel noch vorhanden ist. Durch Auftreten von Vacuolen in der dunklen, homogenen Masse und durch Aufquellen der letzteren nimmt der Spermakern allmählich das Aussehen eines gewöhnlichen Zellkernes an. Ein Chromatingerüst tritt in ihm auf, und ein umfangreicher Nucleolus kommt zur Ausbildung. Eine ähnliche Struktur hat der Eikern

angenommen. Auch er bewegt sich gegen die Mitte des Eies. Unmittelbar nach der Ausstoßung des zweiten Richtungskörpers war an ihm die Polstrahlung noch vorhanden, doch geht dieselbe bald verloren. Der Eikern besitzt später keine Strahlung mehr und beteiligt sich dem entsprechend auch nicht an der Lieferung derselben für die Furchungsspindel. Die Polstrahlungen derselben kommen allein vom Spermatozoon her. Die schon früher erwähnte Strahlung des Spermakerns theilt sich bald, und indem beide Centrosomen an den unterdessen zur Berührung gelangten beiden Kernen die entsprechende Stellung einnehmen, liefern sie die Polstrahlungen der Furchungsspindel. Von einer Antheilnahme des weiblichen Elements bei diesem Vorgang und von Fol's Centrenquadrille ist also nicht die Rede.

Ehe beide Kerne sich einander näherten und zur Berührung gelangten, hatten sie ganz bedeutend an Umfang zugenommen. Besonders in die Augen fällt jetzt ihr sehr umfangreicher Nucleolus, der einen wabigen Bau zeigt. Derselbe gelangt wieder zur Auflösung, bei welchem Vorgang der Kernsaft eine dunkle Färbung annimmt und das Chromatingerüst des Kernes schwindet. Nach der Auflösung des Nucleolus tritt das Gerüst von Neuem wieder hervor. Bezüglich der Einzelheiten dieser eigenartigen Vorgänge sei auf die genauere Darstellung verwiesen. Aus dem Chromatingerüst bildet sich der lange, mehrfach gewundene Kernfaden hervor, bezw. die beiden langen schleifenförmigen Chromosomen. Durch deren Verkürzung ergiebt sich späterhin die definitive Gestalt der Chromosomen. Ehe diese aber erreicht wird, löst sich die Membran beider Kerne, die sehr lange erhalten blieb, auf. Die Furchungsspindel ist bereits durch die Radialen der beiden Strahlensysteme vorgebildet. Die Spindelfasern entstehen wohl größtentheils aus dem Zellplasma. In der Spindel liegen jetzt an derselben Stelle, wo kurz vorher beide Kerne noch deutlich erhalten waren, je zwei lange schleifenförmige Chromosomen. Durch völlige Ausbildung der Spindelfasern und durch die erwähnte Verkürzung der Chromosomen erreicht die Furchungsspindel ihre definitive Gestalt. Die bisher ihrer Entstehung entsprechend in zwei Paaren angeordneten Chromosomen lagern sich nunmehr zur Bildung des Monasters in die Mitte der Spindel. Es sind jetzt vier schlanke Kernschleifen vorhanden, durch deren Längsspaltung die vier hufeisenförmigen Chromosomen der Tochtersterne gebildet werden.

Es ist in letzter Zeit eine ganze Reihe von Arbeiten über die Befruchtung verschiedener Thiere veröffentlicht worden, die durchaus nicht in allen Punkten übereinstimmen. Einige derselben, welche zu

den von mir gewonnenen Ergebnissen in Beziehung stehen, sollen hier etwas näher ins Auge gefasst werden.

Die Drehung des Spermatozoonkopfes im Ei, welche ich aus der verschiedenen Stellung der Strahlung zum Spermakern erschloss, konnte bei anderen Objekten direkt beobachtet werden. Der im Ei liegende Spermatozoonkopf von *Ophryotrocha* ist von rundlicher Form, so dass man aus seiner Gestalt ein Vorderende und Hinterende nicht zu unterscheiden vermag. Bei anderen Formen hingegen, so bei den Seeigeln, hat der Kopf des Spermatozoons etwa die Gestalt einer Spitzkugel und behält diese auch nach seinem Eindringen in das Ei bei. In Folge dessen konnten an ihm WILSON und MATHEWS, sowie BOVERI die Drehung sehr gut beobachten. Der Kopf ist Anfangs mit der Spitze nach innen zu gerichtet. Unmittelbar nach dem Eintritt beginnt er sich jedoch zu drehen, so dass er bald mit seiner Längsachse parallel zur Eioberfläche und schließlich wieder senkrecht zu dieser steht, aber so, dass jetzt die Spitze nach außen und die stumpfe Basis nach innen gerichtet ist. Schon während der Drehung trat an der Basis die Strahlung hervor. Das kann übrigens auch schon vor der Rotation stattfinden, so dass in diesem Fall die Strahlung außen oder hinter dem Spermakern gefunden wird, während sie sonst neben oder vor dem Kern, d. h. nach innen liegt. Dieselbe Lagerung konnte auch bei *Ophryotrocha* festgestellt werden, so dass an der Übereinstimmung dieser Vorgänge nicht zu zweifeln ist. Übrigens scheint auch bei den Seeigeleiern die Rotation zu verschiedenen Zeiten einzutreten, denn man sieht sie bei dem noch nahe am Eirand liegenden Spermakern bereits neben oder vor ihm, während in anderen Fällen der schon ziemlich weit vom Eirand entfernte Spermakern die Strahlung noch hinter sich hat. Ähnliches wurde weiter oben für die Eier von *Ophryotrocha* festgestellt.

Aus den von BOVERI wie von WILSON und MATHEWS gegebenen Darstellungen, sowie aus meinen eigenen Befunden ergibt sich, dass jedenfalls das Centrosoma vom Mittelstück des Spermatozoons herrührt. Bekanntlich liegen auch Angaben vor, dass die Centrosomen zuerst an der Spitze, also vor dem Spermakern auftreten. Speciell ist auch für die Echinodermen von G. W. FIELD angegeben worden, dass in ihren Spermatozoen das Centrosoma nicht an der Basis, sondern vielmehr an der Spitze des Kopfes als ein sehr kleines Körperchen liege, welches er bei der letzten Theilung dorthin verfolgen und auch durch die Art und Weise seiner Färbbarkeit als Centrosoma erweisen konnte. Mit diesen bei der Spermatogenese gemachten Beobachtungen stimmen die bei der Befruchtung erhaltenen Ergebnisse nicht überein, und

indem man sich an die in übereinstimmender Weise von verschiedenen Forschern gewonnenen, sehr klaren Resultate hält, muss man diesen in Verbindung mit eigenen und den Untersuchungen noch anderer Autoren eine größere Gültigkeit zuschreiben. So hat FICK die Entstehung des Centrosomas aus dem Verbindungsstück an den Spermatozoen des Axolotls mit großer Sicherheit nachgewiesen. Auch bei diesem Thier macht das Spermatozoon eine Drehung durch, die aber complicirterer Natur ist als bei den bisher besprochenen Formen, und noch einer besseren Erklärung bedarf. Aus FICK's Darstellung ergibt sich, dass die Bahn des Spermatozoons zum Theil mit durch die Eintrittsstelle in das Ei bedingt ist, welches Moment auch bei *Ophryotrocha* in Betracht kam.

Vom Mittelstück vermochte auch KATH. FOOT bei *Allolobophora foetida* das Centrosoma herzuleiten. Die Sphäre tritt im befruchteten Ei dieses Wurmes hinter dem Spermatozoenkopf an der Stelle auf, wo das Mittelstück liegt. Derartig ist wohl auch BRAUER's Beobachtung bei *Branchipus* aufzufassen. Er findet die Strahlung bei dem noch in der Nähe des Eirandes gelegenen Spermakern nach außen zu gerichtet, d. h. an der Basis des Kopfes gelegen. Die Strahlung wird bei *Branchipus* sehr bald eine doppelte und liegt dann zu beiden Seiten des Spermakerns.

Angaben für andere Formen ließen sich in entsprechender Weise deuten. Von denen, welche das Centrosoma an die Spitze des Spermatozoenkopfes verlegen, darf vielleicht angenommen werden, dass Verwechslungen vorgekommen sein können, die mit der Drehung des Spermatozoenkopfes im Ei zusammenhängen. Im Ganzen muss man sagen, dass dieser Punkt noch einer genaueren Klarlegung bedarf, eben so wie diejenigen Angaben, welche das Centrosoma auf Grund von Untersuchungen über die Spermatogenese an die Spitze des Spermatozoenkopfes verlegen. Einer dieser Angaben, nämlich der von FIELD über die Spermatozoen, wurde bereits weiter oben gedacht. Sie hat sich in Folge des Verhaltens der Spermatozoen bei der Befruchtung als anfechtbar erwiesen. Besser scheint es auch nicht mit PLATNER's Darstellung vom Bau der Spermatozoen bei Insekten zu stehen. Hier fand PLATNER an der Spitze des Spermatozoenkopfes ein Kügelchen, welches er für das Centrosoma hielt. Nach HENKING's Untersuchung, welcher ganz dasselbe Kügelchen bei der Spermatogenese der Insekten beobachtete, wandelt sich dasselbe zu der scharfen Spitze des Samenfadens (Spitzenstück) um und stellt also wohl eine funktionell ähnliche Bildung dar wie das spitze Vorderstück der Spermatozoen bei den Amphibien. Ein Mittelstück ist bei den Spermatozoen der Insekten

außerdem vorhanden und es liegt nahe, dass ihm die gleiche Bedeutung zukommt wie bei den Spermatozoen anderer Thiere. Entsteht doch auch nach HENKING'S Angabe das »Arrhenoid«, welches man als die entstehende Strahlung (Archoplasma) ansehen darf, an der Grenze zwischen Kopf und Faden, so bei *Pieris brassicae*. Späterhin liegt dieses jedenfalls aus dem Mittelstück hervorgegangene Arrhenoid vor dem Kopf und schreitet also dem Spermakern bei seiner Wanderung voraus. Dieses Verhalten spricht für eine Drehung des Spermakerns, wie sie oben für andere Formen festgestellt wurde.

Recht verschiedenartig lauten die Angaben über den Ursprung der Polstrahlungen bzw. der Centrosomen der Furchungsspindeln. Hier stehen sich die beiden Auffassungen gegenüber, ob die Centrosomen nur vom Spermatozoon geliefert werden, oder ob sie sowohl von der männlichen wie von der weiblichen Zelle herkommen. Dazu kommt noch eine dritte Anschauung, welche unter Umständen die Centrosomen nur von der Eizelle herleitet.

Die erstere Auffassung fand ihren Hauptvertreter in BOVERI, welcher für *Ascaris megalcephala* die Abstammung der Centrosomen der Furchungsspindel vom Spermatozoon nachwies und sie für das Seeigelei wahrscheinlich machte. Durch Ausführungen allgemeinerer Natur suchte er dieser Auffassung weitere Geltung zu verschaffen. Nach BOVERI'S Darstellung besitzen die Richtungsspindeln von *Ascaris megalcephala* überhaupt keine Strahlung, wesshalb für diese Eier die Zurückführung der Polstrahlungen der Furchungsspindel auf diejenige der Samenzelle von selbst gegeben erscheint. Anders liegen die Verhältnisse bei den von VEJDOVSKÝ untersuchten *Oligochaeten*. Hier besitzt die Richtungsspindel eine wohl ausgebildete Strahlung, aber diese geht später verloren und auch nach VEJDOVSKÝ'S Auffassung stammen die Polstrahlungen der Furchungsspindel vom Spermatozoon her.

BOVERI'S Auffassung von der Entstehung der Polstrahlungen fand eine weitere Bestätigung an den von HENKING untersuchten Insekteneiern, bei denen sie ebenfalls von dem Spermatozoon herrühren. Das Gleiche stellte BRAUER für *Branchipus* fest, in dessen Ei von einer Strahlung des Eikerns nichts zu bemerken ist. Entsprechend lauten die Angaben von FICK für die Eier des *Axolotls* und von JULIN für diejenigen einer *Ascidie*, *Styelopsis grossularia*.

Diesen ziemlich gleich lautenden Angaben stand FOZ'S Centrenquadrille gegenüber, nach welcher sowohl dem Ei- wie dem Samenkern ein Centrosoma zukommt. Durch Theilung beider entstehen zwei Halbcentren, die an zwei einander gegenüberliegenden Stellen des vereinigten Ei- und Spermakerns mit einander verschmelzen. So

rühren die beiden Centrosomen der Furchungsspindel zur Hälfte von der männlichen, und zur anderen Hälfte von der weiblichen Zelle her. Dieser Vorgang fand Bestätigung in dem Verhalten der Centrosomen bei der Befruchtung der Pflanzen, wo er nach GUIGNARD'S Untersuchungen in ungefähr entsprechender Weise verlaufen sollte. Außerdem kam CONKLIN bei *Crepidula* zu demselben Ergebnis wie FOL. Weiterhin muss hier noch BLANC'S Angabe für das Forellenei erwähnt werden, wonach auch bei dieser Form sowohl der Sperma- wie der Eikern von einer Strahlung begleitet sein soll, die in einer nicht genau zu ersehenden Weise mit einander zur Vereinigung gelangen.

So ungefähr war der Stand der Kenntnisse über den Befruchtungsvorgang, als ich meine Untersuchungen an *Ophryotrocha* ausführte und zum Abschluss brachte. Auf Grund derselben musste ich mich durchaus der von BOVERI vertretenen Auffassung anschließen. Da ich bei *Ophryotrocha* an überfruchteten Eiern Bilder erhielt, welche mir eine Erklärung der FOL'schen Centrenquadrille zu geben schienen, so zweifelte ich an der Existenz dieses an und für sich nicht sehr wahrscheinlichen Vorganges und beabsichtigte gelegentlich eines Aufenthaltes an der See, FOL'S Befunde an den leichter in großer Zahl und in den rechten Stadien zu erhaltenden Echinodermeneiern nachzuuntersuchen. Da erschien jedoch zu derselben Zeit die Abhandlung von WILSON und MATHEWS, welche dies vollständig überflüssig machte und eine Reihe weiterer Arbeiten bestätigte bald die Ergebnisse dieser Forscher.

WILSON und MATHEWS stellten an den Eiern von zwei Seeigeln und einem Seestern fest, dass die hier vorhandene Strahlung der Richtungsspindel zu Grunde geht, während diejenige des Spermakerns sich theilt und die Polstrahlungen der Furchungsspindel liefert. Die von FOL beschriebene Theilung und Wiedervereinigung der Centrosomen findet nicht statt. Überfruchtete Eier liefern dagegen Bilder, welche denen der Centrenquadrille ähnlich sind. Dieser Darstellung kann ich mich nach meinen eigenen Befunden an *Ophryotrocha* vollständig anschließen. Mit ihnen stehen auch die von BOVERI an Seeigeleiern gewonnenen Ergebnisse in Übereinstimmung.

BOVERI unternahm FOL'S Befunde einer sehr eingehenden und sorgfältigen Nachuntersuchung und gelangte zu dem Resultat, dass die Centrenquadrille entschieden auf einem Irrthum beruhe, welcher auf ungenügende Konservierung der Präparate und auf unrichtige Schätzung zufälliger Strukturen zurückzuführen sein dürfte. BOVERI versucht die von FOL gegebene Darstellung bis ins Einzelne hinein zu erklären und man kann sich seinen Deutungen nur anschließen. Die von ihm

neu gewonnenen Befunde schließen sich den älteren vollständig an. Die Centrosomen der Furchungsspindel sind durch Theilung aus dem Centrosoma des Spermakerns hervorgegangen. Ein Eicentrosoma vermochte BOVERI nicht nachzuweisen. Bezüglich der Auffassung der Centrosomen steht BOVERI in einem gewissen Gegensatz zu WILSON und MATHEWS, welche das als Archoplasma bezeichnen, was BOVERI das Centrosoma selbst nennt. Davon war bereits weiter oben die Rede, da die Verhältnisse bei *Ophryotrocha* auf eine Vergleichung hinweisen.

Die Herkunft der Centrosomen von der männlichen Zelle wurde durch die Untersuchungen der neuesten Zeit auch für andere Objekte festgestellt, so von MEAD für *Chaetopterus pergamentaceus*, bei welchem Anneliden die Richtungsspindel zwar eine umfangreiche Strahlung besitzt, die jedoch, so wie es VEJDOVSKÝ für die Oligochäten beschreibt, und wie ich es bei *Ophryotrocha* sah, zu Grunde geht, während die Strahlung des Spermakerns sich theilt und die Polstrahlungen der Furchungsspindel liefert. Die letztere Thatsache stellt auch O. MEYER in Übereinstimmung mit BOVERI's früheren Befunden an Nematoden für *Strongylus tetracanthus* fest. Eine Polstrahlung besitzen die Eier dieses Nematoden eben so wenig, wie sie in ihm von BOVERI gefunden wurde, so dass die Abstammung der Centrosomen von der Samenzelle hier sehr klar liegt. Allerdings ist von anderer Seite auch für Nematodeneier ein Vorhandensein der Strahlung an den Richtungsspindeln angegeben worden, wie noch zu erwähnen sein wird.

Wie die genannten Autoren tritt auch SOBOTTA für die Herkunft der Centrosomen vom Spermatozoon beim Ei der Maus ein, obwohl bei dieser Form die Verhältnisse weniger klar liegen. Sehr entschieden spricht sich dagegen RÜCKERT auf Grund seiner Untersuchungen an *Cyclops strenuus* in einer soeben erschienenen Arbeit für die Abstammung der Centrosomen von der männlichen Zelle aus. An den Richtungsspindeln sind nach seiner Angabe weder Centrosomen noch Strahlungen nachzuweisen, dagegen ist eine solche deutlich am Spermakern ausgeprägt. Sie theilt sich, und ihre Hälften nehmen nach RÜCKERT's Darstellung an den beiden zur Berührung gelangten, sehr umfangreichen Kernen eine ganz ähnliche Stellung ein, wie ich dies von *Ophryotrocha* beschrieb und abbildete. Der Ursprung der Polstrahlungen ist also auch in diesem Falle sehr klar und auf das Spermatozoon zurückzuführen.

Gegenüber den übereinstimmenden Befunden der genannten Autoren muss es fast befremdlich erscheinen, dass ebenfalls in neuerer Zeit und gleichzeitig mit jenen Arbeiten eine andere erschien, welche auf Grund einer allem Anschein nach recht genauen Untersuchung, das Vorhandensein einer Strahlung am Spermakern in Abrede stellt und

die Centrosomen der ersten Furchungsspindel auf die dem Eikern zukommende Strahlung zurückführt. Dies ist die Abhandlung von WHEELER über die Befruchtung von *Myzostoma glabrum*. WHEELER beobachtete die Theilung der Centrosomen und Strahlungen des Eikerns und stellt es sehr glaubhaft dar, wie diese zu den Polstrahlungen der Furchungsspindel werden. Wenn sich dies wirklich so verhält, und nicht etwa eine Verwechslung mit der vielleicht erst spät auftretenden Strahlung des Spermakerns vorliegt, zu welcher Annahme man allerdings wohl kaum eine Berechtigung hat, so geht daraus hervor, dass die Centrosomen der Furchungsspindel thatsächlich sehr verschiedenen Ursprungs sein können und man würde weiter aus diesem Verhalten schließen können, dass die Centrosomen eben nur für den Theilungsvorgang von Bedeutung sind, und dass es gleichgültig ist, ob sie von der Ei- oder Samenzelle geliefert werden. Zunächst wird man allerdings noch im Urtheil vorsichtig sein müssen, ehe nicht weitere Fälle der Abstammung der Centrosomen aus der Eizelle bekannt und die bisher beschriebenen noch besser gestützt worden sind.

BOVERI's Angabe von der Abstammung der Centrosomen vom männlichen Element bei *Ascaris megalcephala* findet in HERLA einen Gegner, welcher angiebt, dass die neben dem Spermakern gelegene granulirte Masse, aus welcher BOVERI die Centrosomen herleitet, nicht diese Bedeutung habe, indem sie nach seiner eigenen Beobachtung schwinde, ehe noch die Centrosomen auftreten. Freilich wird man dieser Angabe keinen besonderen Werth beilegen können, da HERLA die Herkunft der Centrosomen selbst nicht festzustellen vermochte. Offenbar möchte er sie eher von der Eizelle herleiten.

Bezüglich des Fehlens der Centrosomen oder Strahlungen an den Richtungsspindeln, welches in den Angaben über die Herkunft der Centrosomen bei der Befruchtung vielfach eine Rolle spielt, wird man die Vermuthung nicht unterdrücken können, dass geeignetere Methoden diese Bildungen noch zur Darstellung zu bringen vermöchten. Es ist unwahrscheinlich, dass sich die karyokinetischen Theilungen ohne die allem Anschein nach so wesentlichen Gebilde abspielen sollen. So findet man die Richtungsspindeln parthenogenetisch sich entwickelnder Eier ohne Centrosomen und Polstrahlungen beschrieben, und doch treten schon in der ersten und in den folgenden Furchungsspindeln die Strahlungen deutlich hervor, obwohl ja ein Spermatozoon, von welchem die Strahlung herrührte, hier nicht in Frage kommt. Man wird hier geneigt sein, die Centrosomen der Furchungsspindel auf diejenigen der Richtungsspindeln zurückzuführen und annehmen, dass sie in jenem Stadium aus irgend einem Grund nun nicht so leicht zur Darstellung

gebracht werden können. Wenn man Bilder, wie die von BRAUER für *Artemia salina* gegebenen betrachtet, so wird eine solche Vermuthung um so wahrscheinlicher. Die erste Richtungsspindel dieser Form weist an beiden Polen kugelförmige Ansammlungen eines feinkörnigen Plasmas auf, die man entschieden als Archoplasmen, in denen wohl die Centrosomen gefunden werden könnten, ansehen möchte. BRAUER selbst weist übrigens diese Vermuthung nicht ganz von der Hand, obwohl er Centrosomen wie Strahlungen niemals auffinden konnte, während diese bei gleicher Konservirung an den Furchungsspindeln klar und deutlich hervortraten. Nach der Richtungskörperbildung konnte BRAUER am Eikern das Centrosoma nachweisen, dessen Theilung und Übergang in die Polstrahlungen der Furchungsspindel er verfolgte.

Hierzu muss weiter bemerkt werden, dass für die Eier von *Ascaris megalcephala*, deren Richtungsspindeln wie dem Anschein nach auch diejenigen anderer Nematoden keine Strahlungen besitzen sollten, eine solche doch nachweisbar ist. Angaben darüber liegen von verschiedenen Autoren vor. So vermochte sie LEBRUN, VOM RATH und SALA nachzuweisen, nachdem ähnliche Angaben auch schon früher von CARNOY und ZACHARIAS gemacht worden waren. Wenn auch die Nematodeneier, welche die Strahlung erkennen ließen, sich zum Theil in einer abnormen Ausbildung befanden, so ist das Hervortreten der Centrosomen auch in diesen Fällen doch nur durch ein Vorhandensein derselben auch bei normalen Eiern zu erklären. Ähnlich wie bei *Ascaris* liegen die Verhältnisse bei den Insekten, an deren Richtungsspindeln für gewöhnlich keine Strahlung bemerkbar ist, bei denen jedoch schon von HENKING eine Andeutung davon, ja an den durch Druck beeinflussten Eiern sogar eine recht deutliche Strahlung beobachtet wurde. So darf angenommen werden, dass auch in den Eiern anderer Thiere die Strahlungen bzw. die Centrosomen durch geeignete Behandlungsweise zur Ansicht gebracht werden können, so dass sich dadurch eine Übereinstimmung mit denjenigen Formen erzielen lässt, bei welchen diese Gebilde an den Richtungsspindeln in so klarer Weise ausgeprägt sind.

IV. Abnorme Befruchtungs- und Furchungsstadien.

Bei einer früheren Gelegenheit zeigte ich, dass *Ophryotrocha puerilis* hermaphroditisch sein und männliche wie weibliche Genitalprodukte in ein und demselben Segment zur Ausbildung bringen kann. In einzelnen Fällen kommt es vor, dass Eier mit der ausgebildeten ersten Richtungsspindel im gleichen Segment vorhanden sind, in welchem sich auch Spermatozoen befinden. Da die Ablage der Eier

normaler Weise im Stadium der ersten Richtungsspindel erfolgt, und das Eindringen der Spermatozoen sehr bald nachher, ebenfalls noch im Stadium der ersten, allerdings bereits verkürzten Richtungsspindel vor sich geht, so liegt die Vermuthung nahe, dass bei gleichzeitigem Vorkommen der gereiften oder doch der Reife sehr nahen Geschlechtszellen eine Kopulation derselben eintreten kann. Dies ist thatsächlich zuweilen der Fall, doch scheint dann die Entwicklung von Anfang an in abnormer Weise zu verlaufen.

Ich erwähnte bereits in der früheren Mittheilung eines Wurmes, der beiderlei Geschlechtsprodukte in gereiftem oder nahezu gereiftem Zustande enthielt. Dieser Wurm zeigte sich stark nach der weiblichen Seite entwickelt und die Segmenthöhlen waren von Eiern im Stadium der ersten Richtungsspindel erfüllt. Neben diesen Eiern fanden sich in den vorderen Segmenten auch Spermatozoen. Dieselben lagen einzeln oder gruppenweise dicht in der Umgebung der Eier. Die Richtungsspindel zeigte zwar noch die volle Länge, war aber bereits an die Peripherie gerückt, ähnlich wie dies Fig. 94 (Taf. XXX) von einem anderen Wurm darstellt. Die Eier befanden sich somit in einem Zustand, in welchem sie für gewöhnlich abgelegt und befruchtet werden. Dem Eindringen der Spermatozoen in die Eier schien somit nichts entgegen zu stehen, und doch fand dieses in dem betreffenden Falle nicht statt. Spermatozoenköpfe waren im Eidotter nicht zu erkennen, und die Richtungsspindeln besaßen in den Eiern der vorderen Segmente ganz die gleiche normale Beschaffenheit wie diejenigen in den Eiern der hinteren Körpersegmente, in welchen die Leibeshöhle Samenfäden überhaupt nicht enthielt. In dem betreffenden Falle war somit eine Befruchtung innerhalb des Mutterthieres nicht oder noch nicht eingetreten. Möglicherweise besaßen die Samenfäden nicht die völlige Reife, worauf allerdings weder ihr Aussehen, noch ihr vereinzelt Auftreten in der Leibeshöhle hindeutet. In anderen Fällen vermögen jedenfalls die Samenfäden noch innerhalb der Leibeshöhle in die Eier einzudringen. Einer dieser Fälle zeigte das folgende Verhalten.

Es handelte sich um einen Wurm mittlerer Größe, der in so fern zunächst das Aussehen eines Weibchens zeigte, als er eine große Zahl ausgebildeter Eier enthielt. Die Eier befanden sich im Allgemeinen auf dem Stadium der ersten Richtungsspindel (Fig. 93, Taf. XXX), abgesehen von den noch in Ausbildung begriffenen Eiern. Die reifenden Eier waren im größeren Theile des Wurmkörpers vorhanden. Gleichzeitig enthielten dieselben Segmente umfangreiche Keimdrüsen mit zumeist männlichen Zellen und bereits frei gewordene, in der Leibeshöhle

höhle zwischen den Eiern vertheilte Spermatozoen. In den hinteren Segmenten fanden sich nur noch männliche Organe vor.

Außer den Eiern mit der gewöhnlichen langgestreckten und central gelegenen ersten Richtungsspindel war noch eine große Anzahl anderer Eier vorhanden, die sich auf den ersten Blick als abnorm entwickelt zu erkennen gaben. Einige enthielten eine multipolare Kernspindel mit sehr unregelmäßig angeordneten Chromosomen; in anderen Eiern waren mehrere derartige karyokinetische Figuren vorhanden und gleichzeitig machte sich eine unvollständige Sonderung des Eikörpers in einzelne Theilstücke bemerkbar. So trat eine Art unvollkommener und ganz unregelmäßiger Furchung ein. Es konnten sich einzelne Partien abtrennen, während die große Masse des Eies zunächst ungetheilt blieb, oder diese zerfiel thatsächlich in einige wenige oder in eine größere Anzahl von Theilstücken. Die Art, wie dies geschieht, unterscheidet jedoch diese Theilungsvorgänge ohne Weiteres von den normalen. Die Grenzen verlaufen nicht nach den Gesetzen der normalen Furchung und dem entsprechend sind auch die entstehenden Theilstücke von unregelmäßiger Gestalt und sehr differenter Größe. Während bei der normalen Entwicklung bald eine Furchungshöhle auftritt, stellen die etwa zu vergleichenden Stadien des hier stattfindenden Eizerfalls eine solide Masse mehr oder weniger eng an einander gefügter Theilstücke dar (Fig. 184, Taf. XXXIV). In den Theilstücken sieht man ein oder mehrere karyokinetische Figuren von recht abnormer Gestaltung liegen. Diese können zunächst noch zu weiteren Zelltheilungen führen, aber die Eier scheinen dann bald zu Grunde zu gehen.

Da in dem betreffenden Wurm reife Eier und Spermatozoen neben einander vorhanden waren, so sind die polycentrischen Kerntheilungsfiguren wie auch die abnormen Furchungsstadien mit ziemlicher Sicherheit auf eine Überfruchtung der Eier zurückzuführen. Es sind dies offenbar ganz ähnliche Vorgänge, wie sie O. und R. HERTWIG an den durch verschiedenartige äußere Einwirkungen zur Überfruchtung gebrachten Echinodermeneiern beobachteten. Auch bei diesen kommt es zu einer jedoch sehr abnormen Furchung. Ein oder mehrere Spermakerne vereinigen sich mit dem weiblichen Kern, und mehr oder weniger complicirte Spindeln kommen auf diesem Wege oder durch vereinzelte Spermakerne zu Stande, welche ebenfalls die Fähigkeit haben, sich im Plasma des Eies zu Spindeln umzubilden und die sich mit ihren Polen nachträglich vereinigen. Diese Kerntheilungen, obwohl von recht unregelmäßigem Verlauf, vermögen doch eine ebenfalls sehr unregelmäßige, der Furchung immerhin ähnliche Zertheilung des

Eiplasmas herbeizuführen. Die von *Ophryotrocha* geschilderten Vorgänge sind diesen jedenfalls sehr ähnlich und verlaufen eher noch regelmäßiger. Die recht verschiedene Größe der Spindeln, wie sie auch aus der Fig. 184 zu entnehmen ist, deutet darauf hin, dass diese Kerne nicht durch Theilung des vereinigten männlichen und weiblichen Kernes entstanden sind, sondern ihren Ursprung wohl zum Theil auf Spermakerne zurückführen.

Bei *Ophryotrocha* scheint das im mütterlichen Körper liegende Ei, trotzdem es bereits in der Reifung begriffen ist, diese doch nicht zur Vollendung bringen zu können, obwohl auch die Besamung normalerweise (beim abgelegten Ei) in ungefähr demselben Stadium vor sich geht. Der Bildung der Richtungskörper scheint die Ablage des Eies vorangehen zu müssen, denn die im Inneren des Mutterthieres befruchteten Eier weisen keine Richtungskörper auf. Der bezw. die Spermakerne beeinflussen jedenfalls den in der Spindelbildung begriffenen weiblichen Kern und dadurch kommt es wahrscheinlich zur Ausbildung der oben erwähnten polycentrischen Figuren. Derartig muss jedenfalls auch die in Fig. 185 gegebene Abbildung von dem abnormen Ei eines anderen Wurmes erklärt werden, obwohl Spermatozoen in der Nähe dieses Eies nicht aufzufinden waren. Es ist hier eine dreipolige Spindel vorhanden, die drei Chromatinpartien enthält. Eine von diesen, nämlich die in der Figur links gelegene, erscheint viertheilig; sie zeigt Form und Umfang der Äquatorialplatte der normalen ersten Richtungsspindel. Außerdem sind aber noch zwei, weniger regelmäßig gebildete und anscheinend aus je zwei Körnern bestehende Chromatinpartien vorhanden, die in den beiden anderen Spindeln liegen. Dieser Reichthum an Chromatin dürfte dafür sprechen, dass es sich nicht um eine, allein aus dem Keimbläschen entstandene, abnorme Spindelbildung handelt, sondern es ist wahrscheinlich das Chromatin männlicher Zellen hinzugekommen. — Bemerkenswerth ist in dieser Figur das Verhalten der nach innen liegenden Fasern der drei Spindeln des Triasters. Dieselben rücken an jeder Spindel etwas von der Äquatorialplatte ab, so dass hier ein Zwischenraum entsteht und in der Mitte des Triasters lassen sich die Fasern der einzelnen Spindeln nicht mehr von einander unterscheiden.

In demselben Wurm, welcher die oben besprochenen, in einer abnormen Furchung begriffenen Eier enthielt, fanden sich auch solche, bei denen einzelne Partien des Eies von der Hauptmasse abgetrennt waren, die Kerne sich jedoch in die Mitte des Eies zurückgezogen hatten. Es sind ruhende Kerne, die sich dicht an einander drängen. An einigen kann man die Begrenzung noch deutlich wahrnehmen.

Die Fig. 186, Taf. XXXIV zeigt drei solcher Kerne, von denen zwei allerdings bereits im Begriff sind, mit einander zu verschmelzen. Es ist dies der zweite Schnitt des Eies in der Serie. Im fünften Schnitt bietet sich ein anderes Bild (Fig. 187). Man sieht hier einen im Centrum des Eies gelegenen sehr großen Kern, welcher einen Kernfaden enthält, der den Kern als im Vorstadium der Theilung befindlich kennzeichnet. Er ist offenbar durch Verschmelzung einzelner abnormer Furchungskerne entstanden und schickt sich zur Theilung an, ohne wohl in der Lage zu sein, dieselbe zur Ausführung zu bringen. Ich werde ein ähnliches Verhalten an abgelegten Eiern weiter unten noch zu erwähnen haben.

In dem hier vorliegenden Falle verhalten sich die Kerne innerhalb des Eies sehr verschieden. Man findet Eier, welche auf dem Stadium der ersten Richtungsspindel stehen; andere enthielten eine oder mehrere multipolare Kernspindeln, wieder andere waren in einer mehr oder weniger weit fortgeschrittenen abnormen Furchung begriffen und bei manchen Eiern war diese zum größeren Theil unterdrückt, die Kerne aber flossen in der Mitte des Eies zusammen. Alle diese Erscheinungen sind jedenfalls auf die abnormer Weise innerhalb des Mutterthieres erfolgte Befruchtung und Überfruchtung zurückzuführen. Diese Auffassung wird durch das Verhalten eines anderen Wurmes bestätigt, welcher neben reifen Spermatozoen ebenfalls Eier auf dem Stadium der ersten Richtungsspindel, sowie solche mit eingeleiteter Furchung und andere mit einer größeren Anzahl von Kernen enthielten. Die Kerne befanden sich fast alle im Ruhestadium. In den ungetheilten Eiern waren sie dicht zusammengedrängt oder bereits mit einander vereinigt.

In einem Wurm, welcher sehr dicht mit Eiern erfüllt war, in welchem ich jedoch männliche Zellen nicht bemerkte, fanden sich ähnliche Verhältnisse vor. Nur zeigten die einzelnen, zusammengedrängten oder bereits vereinigten Kerne eine andere Struktur als gewöhnlich. Sie waren sehr arm an Chromatin; in dem hellen Kern zogen sich einzelne Chromatinstränge vom Kernkörper nach dem Kernrand. In einzelnen Segmenten zeigte sich die auffallende Erscheinung, dass mehrere der ziemlich eng an einander liegenden Eier mit einander verschmolzen waren. Die Eimembran, welche sonst schon früher gebildet wird, fehlte manchen Eiern noch. An einigen dieser mehr oder weniger vollständig vereinigten Eier war gleichzeitig die abnorme Furchung eingetreten. Da die Grenzen der Furchungszellen sehr scharfe zu sein pflegen, und da zum Theil auch die Abgrenzung der Eier selbst noch vorhanden war, so kamen auf diese Weise höchst umfangreiche, in unregelmäßige Territorien zerlegte Eimassen zu Stande. Die Kerne befanden sich zumeist im Ruhezustand, eben so wie in den einzelnen

Eiern, welche isolirte oder vereinigte Kerne enthielten. Außerdem waren Eier im Stadium der ersten Richtungsspindel vorhanden.

Ein ähnliches Zusammenfließen mehrerer Eier, wie es hier beobachtet wurde, hat neuerdings SALA bei den Eiern des Pferdespulwurms aufgefunden. Zwei, drei, vier, ja in einigen Fällen sogar sechs und zehn Eier können in Folge der Einwirkung von Kälte mit einander verschmelzen. Dies kann auch dann noch geschehen, wenn die Membran schon gebildet ist. Die Hülle wird an der Berührungsstelle aufgelöst und die Eikörper vereinigen sich sodann. Das Gleiche scheint auch bei *Ophryotrocha* vorzukommen. Die Vereinigung der Eier ist übrigens in dem von mir beobachteten Fall eine weit innigere. Aus diesem Grunde und deshalb, weil die Kerne immer schon zu mehreren vorhanden waren, ließ sich die Zahl der vereinigten Eier nicht mit Sicherheit feststellen.

Da männliche Zellen in dem betreffenden Wurm nicht bemerkt wurden, ist es möglich, dass die geschilderte Erscheinung nicht die Folge der Überfruchtung und der dadurch veranlassten abnormen Entwicklung ist, sondern vielmehr durch irgend welche, in diesem Falle nicht festzustellende äußere Einflüsse hervorgerufen wurde.

An den abgelegten Eiern konnte ich das Eindringen mehrerer Spermatozoen wiederholt feststellen. Sind zwei Spermatozoen eingedrungen, so können sich beide in der früher geschilderten Weise zu Spermakernen umbilden. Die Fig. 188 (Taf. XXXIV) zeigt z. B. einen solchen Fall, in welchem zwei männliche Kerne mit großem Kernkörper vorhanden sind. Die beiden Richtungskörper wurden gebildet und durch die in normalen Eiern gegebene Orientirung zu ihnen dürfte der Eikern bestimmt sein. Eine mächtige Strahlung umgiebt die drei Kerne und erstreckt sich über den gesammten Eikörper. Die Kerne selbst sind außerdem von einem dunklen Hof umgeben, wie er bei der normalen Befruchtung ebenfalls auftritt.

Das Gelege, von welchem das in Fig. 188 abgebildete Ei herrührt, schien entweder krankhafte Eier zu enthalten oder irgendwie ungünstigen Einflüssen ausgesetzt gewesen zu sein. Es fand sich eine größere Anzahl überfruchteter Eier in ihm vor. So zeigt die Fig. 189 ein Ei mit fünf Vorkernen, die auf ein Eindringen von vier Samenfäden schließen lassen. Die Strahlungen schienen in diesem Falle von mehreren Punkten auszugehen. Letzteres tritt noch deutlicher in einem anderen Ei (Fig. 190) hervor. In diesem Ei scheinen fünf Spermakerne vorhanden zu sein, wie sich aus dem vorhergehenden und folgenden Schnitt durch die Zahl der Kernkörper feststellen lässt. Die Abgrenzung der Kerne selbst ist bereits geschwunden, denn sie sind im Begriff sich unter einander und mit dem jedenfalls vorhandenen weiblichen

Kern zu einem einzigen großen Kern zu vereinigen. Die verschiedenen Strahlungen weisen darauf hin, dass es zur Bildung einer multipolaren Kernspindel kommen wird. Solche sind übrigens in diesem Gelege ebenfalls vorhanden. Die Fig. 492 stellt den Schnitt eines Eies aus demselben Gelege dar. Sie zeigt eine dreipolige Figur, deren eine Seite von einer Spindel mit Tochterplatten gebildet wird. Auch den beiden anderen Spindeln kam eine solche Chromatinmasse zu, wie aus den folgenden Schnitten hervorgeht.

Richtungskörper, die in der Fig. 204 vorhanden sind, lassen sich nicht an allen diesen Eiern auffinden und es mag sein, dass sie bei den überfruchteten Eiern nicht immer zur Ausbildung gelangen.

Eine eigenthümliche Form der unterdrückten Furchung hatte ich Gelegenheit in einem Gelege zu beobachten, dessen normal entwickelte Eier sich bereits auf dem Stadium der Blastula befanden. Fig. 493 zeigt den Schnitt einer solchen normalen Blastula, die aus Furchungszellen verschiedener Größe zusammengesetzt ist und eine wenig umfangreiche Furchungshöhle besitzt. Ich erwähnte bereits früher, dass die Eier ein und desselben Geleges im Allgemeinen auf ungefähr derselben Entwicklungsstufe stehen. Dies ist nun bei den Eiern des betreffenden Geleges nicht der Fall. Die meisten von ihnen weisen weniger Zellen auf und diese sind größtentheils in Besitz von mehreren Kernen (Fig. 494—496). In Folge einer Unterdrückung der Theilung, die sich nur auf die Zellen, nicht aber auf die Kerne bezieht, wird die Zahl der letzteren stärker als die der Zellen vermehrt, so dass die meisten Zellen mehrere Kerne enthalten. Die Fig. 494 z. B. stellt einen Theil eines Schnittes durch ein späteres Furchungsstadium dar, welches von der normalen Ausbildung wenig abweicht. Hier besitzen viele Zellen noch einen Kern (*a*), in anderen jedoch sind bereits mehrere Kerne vorhanden. Dieselben drängen sich, wie wir schon früher sahen, eng an einander. Sie vermögen sich zu karyokinetischen Figuren umzuwandeln, aber diese sind abnormer Natur, wie sich aus der Zelle *c* derselben Figur ergibt. Eine von der normalen Beschaffenheit nicht sehr weit entfernte Spindel mit zwei allerdings schon unregelmäßig gebildeten Tochterplatten steht in Verbindung mit zwei anderen bezw. einer nur mehr angedeuteten Spindel, so dass ein von der gewöhnlichen Gestaltung allerdings etwas abweichender Triaster zu Stande kommt. Ob derartige karyokinetische Figuren wirklich eine Zelltheilung einzuleiten vermögen, ist mir sehr zweifelhaft, doch führen sie wohl zu einer, wenn auch unvollkommenen Theilung der Kerne.

Fig. 494 zeigt ein Ei, dessen Zellen noch recht regelmäßig angeordnet sind, welches jedoch in Folge der unterdrückten Zelltheilung

nur verhältnismäßig wenige Zellen und in diesen eine größere Zahl von Kernen aufweist. Diese vermehren sich noch in den aus einer geringeren Zahl von Zellen bestehenden Eiern der Fig. 195 und 196. Besonders in der letzteren erkennt man, dass in den groß gebliebenen Zellen viele Kerne sich zusammendrängen. Einzelne davon liegen noch auf dem vorhergehenden und folgenden Schnitt. Auch hier bereiten sich die Kerne noch zur Theilung vor, und wenn die Membranen schwinden, sieht man die Kernschleifen in einer höchst umfangreichen Anhäufung vereinigt (Fig. 196 c).

Die Unterdrückung der Zelltheilung geht so weit, dass schließlich in einem ungetheilten Ei eine Menge von Kernen in dichter Zusammenhäufung zu finden ist (Fig. 197). Ob die Zellgrenzen in diesem Falle wieder zurückgebildet, oder ob sie von Anfang an nicht angelegt wurden, lässt sich aus den einzelnen Eiern des betreffenden Geleges nicht erkennen, doch ist mir in Folge des Vorhandenseins einer so großen Zahl ruhender, von einander wohl gesonderter Kerne das Erstere fast wahrscheinlicher. Kennt man ja doch auch von der normalen Furchung verschiedener Thiere ein derartiges Auftreten und Wiederverschwinden der Zellgrenzen. Neuerdings hat es erst FERD. SCHMIDT wieder ausführlicher von den Eiern der *Stylommatophoren* beschrieben, wo der Vorgang sich bis in die späteren Stadien der Furchung wiederholt, ähnlich wie dies auch ISHIKAWA von *Atyephyra* darstellte.

Bei den vielen in einem Ei vereinigten Kernen sieht man eben sowohl, wie dies auch bei den Kernen einzelner Furchungszellen vorkommen kann, die Kernmembranen allmählich schwinden und dadurch die Kerne selbst zu einer gemeinsamen Masse zusammenfließen. In dem Ei der Fig. 198 ist dies schon größtentheils geschehen, doch lassen sich immer noch einzelne Kerne erkennen und verschiedene in der Kernmasse gelegene Kernkörper deuten auf die Entstehungsweise dieses Riesenkernes hin. Derselbe erstreckt sich durch verschiedene Schnitte hindurch. Auch ein solcher Kern vermag noch einen Anlauf zur Theilung zu nehmen, wie Fig. 199 zeigt. Das vorher unregelmäßig und mehr netzförmig im Kern vertheilte Chromatin bildet einen Kernfaden. Der Kern hat sich ausgeweitet und ist dadurch besonders umfangreich geworden. Einzelne Abtheilungen können sich auch jetzt noch an ihm geltend machen, wie man z. B. auf der linken Seite des Kernes (Fig. 199) erkennt.

Die Vorbereitung eines durch Zusammenfließen einer Anzahl kleinerer Kerne entstandenen Riesenkernes zur karyokinetischen Theilung kann noch erheblich weiter gehen. Fig. 200 zeigt einen solchen Kern, der zwar nicht der einzige eines Eies ist, sondern aus einem in

vier Abtheilungen zerlegten Ei stammt. In ihm sind größere und kleinere Schleifen enthalten, die zum Theil bereits eine Längsspaltung erkennen lassen. Besonders deutlich tritt diese letztere an den ebenfalls vorhandenen stäbchenförmigen Chromosomen hervor. Dieser Kern, der übrigens eine eigene Membran besitzt, steht also sehr nahe vor der Umbildung zur Spindelfigur. Sollte diese gebildet werden, was ich von diesen Riesenkernen jedoch nicht beobachtet habe, so würden wahrscheinlich ähnliche Figuren zu Stande kommen, wie sie von verschiedenen Autoren in den Riesenzellen des Knochenmarks und der Leber sowie in pathologisch veränderten Geweben beschrieben worden sind, vielpolige Spindeln mit einer ganzen Anzahl von Äquatorialplatten, die eben so wie die Strahlungen unter sich sehr abenteuerliche Figuren bilden. Die Kerne der Riesenzellen aus der Säugethierleber, welche K. v. KOSTANECKI beschreibt, zeigen nach den von ihm gegebenen Abbildungen in ihren Vorbereitungsstadien eine ganz besonders große Ähnlichkeit mit den hier beobachteten Kernen, und es möchte sein, dass auch die Folgestadien sich gleichen. Derartige Riesenkern, welche durch Verschmelzen einer Anzahl von Samenkernen im krankhaft veränderten, überfruchteten Seeigelei entstanden, beschreibt O. HERTWIG. Auch diese Kerne machen die Vorbereitungen zur Theilung durch und zeigen eine große Zahl verschiedenartig ausgebildeter Chromosomen.

In einem anderen Gelege, dessen Eier sich auf dem Viererstadium der Furchung, bezw. im Übergang zum Achterstadium befanden, kamen ebenfalls abnorm gefurchte Eier vor. Die ziemlich große Zahl von Eiern, welche auf dem Stadium der ersten Richtungsspindel verharrten, deutete bereits auf eine gewisse Unregelmäßigkeit hin. Es waren Eier auf dem Zweierstadium vorhanden, welche in ihren beiden Zellen zwei und drei Kerne enthielten (Fig. 204), die dicht an einander gedrängt, zum Theil bereits in Verschmelzung waren und eine zwei- oder mehrfache Strahlung aufwiesen. Dieses Verhalten kann eben sowohl auf irgend welche schädliche Einflüsse wie auch auf Überfruchtung der Eier bezw. auf beides zurückgeführt werden.

Die Einflüsse, welche die krankhaften Veränderungen der Eier und damit die geschilderten abnormen Entwicklungszustände hervorrufen, sind jedenfalls verschiedene und wirken entweder auf das Mutterthier oder auf die Eier direkt. Zum Theil möchten sie wohl ähnlicher Natur sein, wie O. HERTWIG sie für die in Folge von Temperatureinflüssen nicht rechtzeitig zur Ablage gelangten und daher überreifen Seeigeleier beschrieb.

Abnorme Furchungen sind auch sonst beschrieben worden. Große

Übereinstimmung zeigen die von mir beobachteten Vorgänge mit denjenigen, die A. BRAUER bei *Artemia salina* beobachtete. Da die Eier von *Artemia* sich unbefruchtet entwickeln, so sind diese Erscheinungen nicht auf Polyspermie, sondern wohl auf irgend welche krankhafte Zustände der betreffenden Eier zurückzuführen. BRAUER selbst möchte sie damit erklären, dass bei *Artemia* die Parthenogenese nur eine »exceptionelle Erscheinung« ist¹ und manche Eier daher in Folge des Ausbleibens der Befruchtung, nicht aber in Folge ungünstiger äußerer Einflüsse einer abnormen Entwicklung verfallen. Ein oder mehrere polycentrische Figuren, unregelmäßige Zelltheilungen und deren Reduktion bei gleichzeitigem Auftreten einer größeren Anzahl von Kernen, Riesenkerne, die durch das Zusammenfließen der letzteren entstehen, kommen auch bei *Artemia* vor, obwohl die Bedingungen, unter denen die Eier dieses Thieres zur Entwicklung gelangen, wesentlich andere sind als bei *Ophryotrocha*. Auch die Struktur des bei *Artemia* weit dotterreicheren Eies und das Größenverhältnis der Kerne zum Eikörper ist sehr verschieden.

Über die Wiedervereinigung vorher getrennter Furchungszellen hat A. GRAF interessante Beobachtungen an Seeigeleiern gemacht, welche er einem Druck aussetzte. Er erhielt die von DRIESCH'S Versuchen her bekannten Platten. Beim Nachlassen des Druckes bemerkte er, dass mehrere Zellen sich allmählich wieder vereinigten, und dass dadurch aus dem bereits zellenreicheren wieder ein zellenärmeres Furchungsstadium hervorging. Dies war jedoch nicht das Einzige, indem nicht nur die Zellen, sondern in ihnen auch die Kerne sich vereinigten. Nur zwei bis drei Kerne flossen wieder zu einem einzigen zusammen, so dass also bei diesen durch Druck veränderten Furchungsstadien der Echinodermeneier ganz ähnliche Vorgänge festgestellt wurden, wie ich sie an den krankhaften Eiern der *Ophryotrocha* bemerkte.

Ergebnisse der Untersuchung.

- 1) Die Theilung der Spermatogonien und Ovogonien erfolgt nicht, wie von BRAEM angegeben wurde, auf amitotischem, sondern auf mitotischem Wege.
- 2) Amitotische Kerntheilungen finden sich dagegen im Darmepithel, in welchem jedoch auch karyokinetische Figuren beobachtet wurden.

¹ An der Örtlichkeit, wo BRAUER die *Artemia* untersuchte, nämlich in Capodistria, kommen nur Weibchen vor, dagegen können anderwärts auch noch Männchen auftreten, wie dies in Cagliari und Odessa der Fall ist, ein Hinweis auf die auch durch BRAUER'S Untersuchung festgestellte Thatsache, dass bei *Artemia* die Parthenogenese noch nicht so weit befestigt ist wie bei anderen Formen.

3) Die Zahl der Chromosomen in den Theilungsstadien der Keimzellen, sowie in den Zellen der ektodermalen, mesodermalen und entodermalen Gewebe beträgt vier.

4) Das Gleiche gilt für die ersten Furchungszellen. Dagegen treten in späteren Furchungsstadien, bezw. in der Blastula, außer den Kernspindeln mit vier auch solche mit acht Chromosomen in jeder Tochterplatte auf.

5) Die Auflösung des Kernkörpers bei der Vorbereitung der Furchungskerne zur Theilung ist mit einem Schwinden des Kerngerüsts verbunden, welches nach vollzogener Auflösung des Nucleolus wieder hervortritt.

6) Die Kerne der Nährzellen und Ovogonien bezw. Ovocyten sind Anfangs gleichartig gebaut. Während aber die ersteren ein dichtes Kerngerüst, eine dunkle Färbung und unregelmäßige Gestalt annehmen, bildet sich bei den letzteren das spärlichere Kerngerüst zum Kernfaden aus.

7) Die Chromosomen treten im Keimbläschen in der Normalzahl vier auf. Sie sind Anfangs lang und schleifenförmig, verkürzen sich jedoch bald. Die Längsspaltung wird erst spät an den bereits stark verkürzten Chromosomen bemerkbar. Zuletzt erscheinen die Chromosomen als vier unregelmäßig im Keimbläschen vertheilte, längsgespaltene Stäbchen.

8) Im Keimbläschen ist außer der chromatischen noch eine wenig färbbare, körnig fädige Substanz vorhanden, die wohl theilweise zur Bildung der Spindelfasern verwendet wird.

9) Die Spindelfasern treten innerhalb des Keimbläschens auf. Die Membran desselben bleibt zunächst vollständig erhalten.

10) Das Centrosoma und seine Strahlung wird zuerst außerhalb des Keimbläschens, ihm dicht anliegend gefunden. Es theilt sich bald, wobei eine Art Centralspindel bemerkbar ist. Diese bleibt jedoch nicht erhalten.

11) Die erste Richtungsspindel entsteht dadurch, dass die Chromosomen in die Mitte des Keimbläschens verlagert, die Spindelfasern in diesem deutlicher werden und seine Membran schwindet. Die Strahlungen ordnen sich an beiden Polen an und so kommt zunächst eine plumpe, tonnenförmige Spindel zu Stande.

12) Die Anordnung der Chromosomen in der Spindel erfolgt nicht so, dass durch die Längsspaltung der vier Stäbchen bereits die beiden Tochterplatten angedeutet wären und jede von ihnen vier Spalthälften erhielte, sondern die vier Stäbchen legen sich zu zwei und zwei neben

und hinter einander, so dass nach ihrer weiteren Verkürzung die vierteilige Chromatinpartie entsteht, durch welche die ausgebildete erste Richtungsspindel gekennzeichnet ist (Fig. 87—92, Taf. XXX). Die vorher an den Chromosomen vorhandene Längsspaltung ist jetzt wieder geschwunden.

43) Die Anfangs breite und plumpe Spindel verschmälert sich und wird auffallend gestreckt und schlank. Die vier eng an einander gedrängten Chromosomen nehmen nur einen geringen Raum inmitten der Spindel ein. Eine Centralspindel ist nicht vorhanden; die Mantelfasern verlaufen von Pol zu Pol. Die Spindel liegt inmitten des Eies und ist gegenüber dessen Durchmesser sehr umfangreich (Fig. 93, Taf. XXX).

44) Zur Bildung des ersten Richtungskörpers rückt die Spindel an den Eirand, woselbst sie sich bedeutend verkürzt. Die vier Chromosomen treten zu zwei Paaren aus einander. Die bisher unterdrückt gewesene Längsspaltung kommt jetzt wieder zum Vorschein, und während erst jede »Tochterplatte« nur zwei körnerförmige Chromosomen aufwies, zeigt sie deren jetzt vier (Fig. 94—100, Taf. XXX). Vier Chromatinkörner werden bei der Abschnürung des ersten Richtungskörpers an diesen übergeben, die vier anderen (der inneren Tochterplatte) bleiben im Ei zurück.

45) Aus der inneren Tochterplatte bildet sich sofort die Äquatorialplatte der zweiten Richtungsspindel. Diese letztere zeigt zunächst eine paratangente Lage, entsprechend der Richtung, in welcher die Teilung des inneren Centrosoma der ersten Richtungsspindel erfolgte (Fig. 104—114, Taf. XXXI). Sie richtet sich dann auf, die Chromatinkörner weichen zu zwei und zwei aus einander, und der zweite Richtungskörper wird mit zwei von ihnen versehen. Die zwei anderen bleiben im Ei zurück. Aus ihnen geht der Eikern hervor.

46) Beide Richtungskörper stellen deutliche Zellen mit Kern und Protoplasma dar. Der erste ist stets umfangreicher als der zweite. Er kann sich weiter theilen, und zwar auf karyokinetischem Wege; vielfach unterbleibt jedoch die Teilung, und anstatt drei sind also bei manchen Eiern nur zwei Richtungskörper vorhanden.

47) Anstatt der körnerförmigen Chromosomen werden in den beiden Richtungsspindeln mancher Gelege hufeisenförmige Kernschleifen gefunden (Fig. 128—135, Taf. XXXI, Fig. 136—139, Taf. XXXII). Die Zahlenverhältnisse der Chromosomen sind dieselben, und die Bildung der Richtungskörper verläuft auf die gleiche Weise wie beim Vorhandensein der körnerförmigen Chromosomen. Bezüglich der Zurückführung der einen auf die anderen sei auf das betreffende Kapitel verwiesen.

18) Eine etwas abweichende, aber für die Auffassung der Richtungskörper bedeutungsvolle Bildungsweise derselben besteht darin, dass die Spaltung der beiden Chromosomen jeder »Tochterplatte« der ersten Richtungsspindel erst verspätet auftritt oder ganz unterbleibt (Fig. 101, Taf. XXX, Fig. 143—145, Taf. XXXII). Dem ersten Richtungskörper werden im letzteren Fall anstatt vier nur zwei Chromatinkörner mitgetheilt und es geht aus diesem Verhalten sehr klar hervor, dass es zwei ganze Chromosomen sein müssen, die er auch im anderen Falle erhält.

19) Abnormerweise kann die Spaltung der Chromosomen auch verfrüht auftreten, so dass die inmitten des Eies gelegene, noch nicht verkürzte erste Richtungsspindel bereits acht Chromatinkörner aufweist (Fig. 147—150, Taf. XXXII). In diesem Fall erscheint die Beziehung der acht Chromatinkörner zu den viergespaltenen Chromosomen des Keimbläschens oder der in der Ausbildung begriffenen ersten Richtungsspindel besonders klar (Fig. 86—90, Taf. XXX).

20) Die Bildung des ersten Richtungskörpers erfolgt nicht durch eine »Äquationstheilung«, sondern durch eine »Reduktionstheilung«. Bei der Bildung des zweiten Richtungskörpers lässt die Vertheilung der Chromatinkörner eine Entscheidung dieser Frage nicht zu.

Vierergruppen werden im Keimbläschen nicht gebildet. Die Zusammenlagerung zweier gespaltenen Chromosomen in der Längsrichtung, wie sie bei der Bildung der ersten Richtungsspindel stattfindet, könnte damit verglichen werden, da diese Gruppe von zwei Chromosomen durch einmalige Quer- und Längsspaltung entstanden ist, so wie die Vierergruppen anderer Formen. Während jedoch bei diesen in der ersten Theilung die durch Spaltung entstandenen Partien der Vierergruppe, also die Hälfte der Chromosomen, von einander entfernt werden (Äquationstheilung), werden hier die durch Quertheilung entstandenen Stücke, also ganze Chromosomen, getrennt (Reduktionstheilung). Der Vergleich mit den Vierergruppen ist dadurch erschwert. Wegen der weiteren Auffassung der Richtungskörperbildung von *Ophryotrocha* ist auf die Ausführungen im Text zu verweisen.

21) Die Befruchtung der Eier erfolgt außerhalb des mütterlichen Körpers bald nach der Ablage. Wenn die erste Richtungsspindel bereits verkürzt ist, dringt ein Spermatozoon an einer nicht vorbestimmten Stelle des Eies ein. Überfruchtung kommt vor, führt jedoch zu einer abnormen Entwicklung.

22) Bald nach dem Eindringen des Spermatozoons tritt an ihm eine Strahlung auf. Da sie hinter dem Spermatozoenkopf liegen kann, so ist anzunehmen, dass das Centrosoma aus dem Mittelstück hervor-

geht. Der Spermakern macht eine Drehung durch, wodurch die Strahlung vor ihn zu liegen kommt.

23) Während der Spermakern nach der Mitte des Eies rückt und unter beständigem Wachsthum das Kerngerüst und einen umfangreichen Kernkörper zur Ausbildung bringt, theilt sich sein Centrosoma, bezw. die Strahlung.

24) Die nach der Abschnürung der Richtungskörper zunächst noch am Eikern bemerkbare Strahlung verfällt der Rückbildung. Die Centrosomen der ersten Furchungsspindel werden somit nur vom Spermatozoon geliefert. Der Eikern bildet sich in ganz ähnlicher Weise aus wie der Spermakern, indem er sich ebenfalls gegen die Mitte des Eies auf diesen zu bewegt.

25) Ei- und Spermakern zeigen zunächst eine unregelmäßige Gestalt und runden sich später ab. In ihrer Struktur und den Umwandlungen, welche sie erfahren, stimmen sie durchaus überein. Der Eikern bleibt durch seine Lage unterhalb der Richtungskörper kenntlich.

26) Die Nucleolen beider Kerne sind sehr umfangreich, zeigen einen wabigen Bau und verhalten sich bei ihrer Auflösung so wie die Kernkörper der Furchungszellen, wenn diese sich zur Theilung vorbereiten (Fig. 157—161, Taf. XXXII, Fig. 162—166, Taf. XXXIII, Fig. 49 bis 61, Taf. XXIX). Die Nucleolen erfahren einen körnigen Zerfall, wobei die Färbbarkeit des Kernes zunimmt, sein Gerüstwerk jedoch schwindet, um erst später nach Auflösung des Kernkörpers wieder hervorzutreten.

27) Während die erwähnten Veränderungen ihres Baues erfolgten, haben sich beide Kerne eng an einander gelegt. Die Centrosomen und Strahlungen des Spermakernes sind aus einander gerückt und haben ihre definitive Lage an den beiden Kernen angenommen, welche sie schon jetzt als diejenigen der Furchungsspindel erkennen lässt (Fig. 169—172, Taf. XXXIII).

28) Die Ausbildung der Furchungsspindel erfolgt dadurch, dass sich das Gerüstwerk beider Kerne zum Kernfaden umbildet und die lange erhalten gebliebene Kernmembran schließlich schwindet, nachdem die Centrosomen von den Kernen abgerückt und die Spindelfasern (der Hauptsache nach außerhalb der Kerne) aufgetreten sind.

29) Nach dem Schwinden der Kernmembran sind in der Spindel entsprechend der früheren Lage beider Kerne zwei Paare langer Kernschleifen vorhanden (Fig. 173, Taf. XXXIII). Durch ihre Verkürzung und Anordnung in die Äquatorialplatte ist die endgültige Ausbildung der ersten Furchungsspindel vollendet (Fig. 174). Sie weist vier huf-

eisenförmige Chromosomen auf. Durch Längsspaltung derselben entstehen die vier Schleifen der Tochterplatten (Fig. 175, Taf. XXXIII).

30) Krankhaft veränderte Eier zeigen die Erscheinung der Überfruchtung. Mehrere Spermatozoen dringen in das Ei ein und bilden sich auf normale Weise zu Spermakernen um. Multipolare Kerntheilungsfiguren treten auf; auch die in größerer Zahl vorhandenen Kerne vereinigen sich und bereiten sich zur Theilung vor. Bei anderen krankhaft veränderten und bereits gefurchten Eiern ist ein Ausbleiben der Zelltheilung bei fortschreitender Kerntheilung zu beobachten. Karyokinetische Figuren von unregelmäßiger Ausbildung sind auch in diesen Fällen zu beobachten; mehrere Kerne treten in einer Zelle auf, bezw. das in der Furchung zurückgebliebene oder ganz ungefurchte Ei enthält eine große Zahl von Kernen, die zum Theil oder alle mit einander verschmelzen und sich ebenfalls noch zur mitotischen Theilung vorbereiten können. Dadurch kommen höchst umfangreiche Kerne mit einer Überzahl von Chromosomen zu Stande (Fig. 195—200, Taf. XXXIV).

Während die Reifung und Befruchtung der Eier von *Ophryotrocha* für gewöhnlich außerhalb des mütterlichen Körpers erfolgt, kann sie an den allem Anschein nach krankhaft veränderten Eiern auch bereits im Körper des Mutterthieres vor sich gehen. Der Befruchtung folgt dann eine abnorme Eifurchung. Hierbei können mehrere Eier zu einem größeren Komplex zusammenfließen.

Marburg i. H., September 1895.

Litteraturverzeichnis.

- É. VAN BENEDEN, Recherches sur la maturation de l'oeuf, la fécondation et la division cellulaire. Arch. de Biol. Vol. IV. 1883.
- H. BLANC, Étude sur la fécondation de l'oeuf de la Truite. Ber. Naturf. Gesellsch. Freiburg i. Br. (Festschrift für WEISMANN.) Bd. VIII. 1894.
- F. BLOCHMANN, Über die Entwicklung der *Neritina fluviatilis*. Diese Zeitschr. Bd. XXXVI. 1882.
- G. BORN, Die Struktur des Keimbläschens im Ovarialei von *Triton taeniatus*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLIII. 1894.
- TH. BOVERI, Über die Bedeutung der Richtungskörper. Sitz.-Ber. Gesellsch. f. Morph. u. Phys. München. Bd. II. 1886.
- Derselbe, Zellen-Studien. Heft 1—3. Jena 1887—1890.
- Derselbe, Artikel Befruchtung. Ergebnisse Anat. Entwicklungsgesch. Bd. I. Wiesbaden 1891.
- Derselbe, Über das Verhalten der Centrosomen bei der Befruchtung des Seeigel-eies etc. Verh. Physik. Med. Gesellsch. Würzburg. Bd. XXIX. 1895.

- F. BRAEM, Zur Entwicklungsgeschichte von *Ophryotrocha puerilis*. Diese Zeitschr. Bd. LVII. 1893.
- A. BRAUER, Über das Ei von *Branchipus Grubii* von der Bildung bis zur Ablage. Abh. Berliner Akad. 1892.
- Derselbe, Zur Kenntnis der Spermatogenese von *Ascaris megalcephala*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLII. 1893.
- Derselbe, Zur Kenntnis der Reifung des parthenogenetisch sich entwickelnden Eies von *Artemia salina*. Ebenda. Bd. XLIII. 1894.
- Derselbe, Über die Encystirung von *Actinosphaerium Eichhorni*. Diese Zeitschr. Bd. LVIII. 1894.
- H. BRAUS, Über Zelltheilung u. Wachstum des Tritoneies. Jen. Zeitschr. f. Naturw. Bd. XXIX. 1894.
- O. BÜTSCHLI, Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zelltheilung etc. Abh. d. SENCKENBERG'schen Gesellsch. Bd. X. 1876.
- Derselbe, Gedanken über die morphologische Bedeutung der sog. Richtungskörper. Biol. Centralbl. Bd. IV. 1885.
- J. B. CARNOY, La cytodierèse chez les Arthropodes. La Cellule. T. I. 1885.
- Derselbe, La vésicule germinative et les globules polaires de *l'Ascaris megalcephala*. La Cellule. T. II. 1886.
- E. G. CONKLIN, The fertilization of the ovum. Biol. Lectures Marine Biol. Lab. Woods. Holl. Boston 1894.
- L. DRÜNER, Studien über den Mechanismus der Zelltheilung. Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. XXIX. 1894.
- V. FAUSSEK, Beiträge zur Histologie des Darmkanals der Insekten. Diese Zeitschr. Bd. XLV. 1887.
- R. FICK, Über die Reifung u. Befruchtung des Axolotleies. Ebenda. Bd. LVI. 1893.
- G. W. FIELD, Echinoderm Spermatogenesis. Anat. Anzeiger. Bd. VIII. 1893.
- W. FLEMMING, Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung. Leipzig 1882.
- Derselbe, Über Theilung u. Kernformen bei Leukocyten u. über deren Attraktions-sphären. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXXVII. 1894.
- Derselbe, Neue Beiträge zur Kenntnis der Zelle. II. Theil. Ebenda. Bd. XXXVII. 1894.
- Derselbe, Artikel Zelle. Morphologie der Zelle und ihrer Theilungserscheinungen. Stand der Kenntnisse über die Amitose. Ergebnisse, Anatomie und Entwicklungsgeschichte. II. u. III. Bd. Wiesbaden 1893 u. 1894.
- H. FOL, Recherches sur la fécondation et le commencement de l'hénogénie chez divers animaux. Mém. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève. Bd. XXVI. 1879.
- KATH. FOOT, Preliminary note on the maturation and fertilization of the egg of *Allo-lobophora foetida*. Journ. of Morph. Vol. IX. 1894.
- J. FRENZEL, Die nucleoläre Kernhalbirung. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXXIX. 1892.
- A. GRAF, Eine rückgängig gemachte Furchung. Zool. Anzeiger. Bd. XVII. 1894.
- A. GRUBER, Eine Mittheilung über Kernvermehrung und Schwärmerbildung bei Süßwasser-Rhizopoden. Ber. Naturf. Gesellsch. Freiburg i. Br. Bd. VI.
- V. HÄCKER, Das Keimbläschen, seine Elemente und Lageveränderungen etc. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLI. 1893.
- Derselbe, Über generative und embryonale Mitosen sowie über pathologische Kerntheilungsbilder. Ebenda. Bd. XLIII. 1894.
- Derselbe, Über den heutigen Stand der Centrosomenfrage. Verhandl. Deutsch. Zool. Ges. 4. Vers. zu München 1894.

- V. HÄCKER, Die Vorstadien der Eireifung. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLV. 1895.
- O. HAMANN, Die Nematelminthen etc. I. Acanthocephalen. Jen. Zeitschr. f. Naturw. Bd. XXV. 1894.
- M. HEIDENHAIN, Über Kern und Protoplasma. Festschrift f. KÖLLIKER. Leipzig 1892.
- Derselbe, Neue Untersuchungen über die Centrankörper etc. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLIII. 1894.
- Derselbe, Cytomechanische Studien. Arch. f. Entwicklungsmechanik. Bd. I. 1894.
- H. HENKING, Untersuchungen über die ersten Entwicklungsvorgänge in den Eiern der Insekten. 1. bis 3. Theil. Diese Zeitschr. Bd. XLIX, LI u. LIV. 1890 bis 1892.
- V. HERLA, Étude des variations de la mitose chez l'Ascaride *Mégalocephale*. Arch. Biol. T. XIII. 1893.
- O. HERTWIG, Beiträge zur Kenntnis der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies. Morph. Jahrb. Bd. I, III u. IV. 1876—1878.
- Derselbe, Experimentelle Studien am thierischen Ei vor, während und nach der Befruchtung. Jena 1890.
- Derselbe, Vergleich der Ei- und Samenbildung bei Nematoden etc. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXXVI. 1890.
- Derselbe, Die Zelle und die Gewebe. Jena 1892.
- Derselbe u. R. HERTWIG, Über den Befruchtungs- und Theilungsvorgang des thierischen Eies unter dem Einfluss äußerer Agentien. Jena 1887.
- R. HERTWIG, Die Kerntheilung bei *Actinosphaerium Eichhorni*. Jena 1884.
- Derselbe, Über die Konjugation der Infusorien. Abh. Math.-Phys. Kl. Akad. Wiss. München. Bd. XVII. 1892.
- M. HOLL, Über die Reifung der Eizelle bei den Säugethieren. Sitz.-Ber. Math.-Nat. Kl. K. Akad. Wiss. Wien. Bd. CII. Abth. III. 1893.
- C. ISHIKAWA, Spermatogenesis, Ovogenesis and Fertilization in *Diaptomus*. Journ. Coll. of Science Imp. Univ. Japan. Vol. V. Tokyo 1892.
- Derselbe, Über die Kerntheilung der *Noctiluca miliaris*. Ber. Naturf. Gesellsch. Freiburg i. Br. (Festschr. für WEISMANN.) Bd. VIII. 1894.
- H. P. JOHNSON, Amitosis in the embryonal envelopes of the Scorpion. Bull. Museum Comp. Zool. Harvard Coll. Vol. XXII. 1892.
- CH. JULIN, Structure et développement des glandes sexuelles, ovogenèse, spermatogenèse et fécondation chez *Styelopsis grossularia*. Bull. Sc. France Belgique. T. XXV. 1893.
- E. KAISER, Die Acanthocephalen und ihre Entwicklung. Bibliotheca zool. Kassel. 1893.
- E. KORSCHULT, Über *Ophryotrocha puerilis* etc. Diese Zeitschr. Bd. LVII. 1893.
- Derselbe, Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Zellkerns. Zool. Jahrb. Abth. f. Anat. u. Ont. Bd. IV. 1889.
- K. v. KOSTANECKI, Über Kerntheilung in Riesenzellen. Anatomische Hefte. 1892.
- LEBRUN, Les centrosomes dans l'oeuf de *l'Ascaris megalcephala*. Anat. Anz. Bd. VII. 1892.
- E. L. MARK, Maturation, fecundation and segmentation of *Limax campestris*. Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard Coll. Vol. VI. 1884.
- A. D. MEAD, Some observations on maturation and fecundation in *Chaetopterus pergamentaceus*. Journ. of Morph. Vol. X. 1895.
- O. MEYER, Celluläre Untersuchungen an Nematodeneiern. Jen. Zeitschr. f. Naturw. Bd. XXIX. 1895.

- G. PLATNER, Über die Befruchtung von *Arion empiricorum*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXVII. 1886.
- Derselbe, Beiträge zur Kenntnis der Zelle u. ihrer Theilung. Ebenda. Bd. XXXIII. 1889.
- F. PREUSSE, Über die amitotische Kerntheilung in den Ovarien der Hemipteren. Diese Zeitschr. Bd. LIX. 1893.
- O. VOM RATH, Zur Kenntnis der Spermatogenese von *Gryllotalpa vulgaris*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XL. 1892.
- Derselbe, Beiträge zur Kenntnis der Spermatogenese von *Salamandra maculosa*. Diese Zeitschr. Bd. LVII. 1893.
- Derselbe, Über die Konstanz der Chromosomenzahl bei Thieren. Biol. Centralblatt. Bd. XIV. 1894.
- F. REINKE, Untersuchungen über das Verhältnis der von ARNOLD beschriebenen Kernformen zur Mitose und Amitose. Inaug.-Diss. Kiel 1891.
- Derselbe, Zellstudien. I. u. II. Theil. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLIII u. XLIV. 1894.
- L. RHUMBLER, Über Entstehung und Bedeutung der in den Kernen vieler Protozoen und im Keimbläschen von Metazoen vorkommenden Binnenkörper (Nucleolen). Diese Zeitschr. Bd. LVI. 1893.
- J. ROMPEL, Kentrochona Nebaliae etc. Diese Zeitschr. Bd. LVIII. 1894.
- J. RÜCKERT, Zur Entwicklungsgeschichte des Ovarialeies bei den Selachiern. Anat. Anzeiger. Bd. VII. 1892.
- Derselbe, Über die Verdoppelung der Chromosome im Keimbläschen des Selachier-eies. Ebenda. Bd. VIII. 1893.
- Derselbe, Zur Eireifung bei Copepoden. Anat. Hefte. Bd. IV. 1894.
- Derselbe, Die Chromatinreduktion bei der Reifung der Sexualzellen. Ergebn. Anatomie u. Entwicklungsgesch. Bd. III. 1894.
- Derselbe, Zur Befruchtung bei *Cyclops strenuus*. Anat. Anzeiger. Bd. X. 1895.
- Derselbe, Über das Selbständigbleiben der väterlichen und mütterlichen Kernsubstanz während der ersten Entwicklung des befruchteten Cyclopseies. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLV. 1895.
- L. SALA, Experimentelle Untersuchungen über Reifung und Befruchtung der Eier bei *Ascaris megalcephala*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLIV. 1895.
- F. SCHAUDINN, Über die Theilung von *Amoeba binucleata*. Sitz.-Ber. Ges. Naturf. Fr. Berlin 1895.
- W. SCHEWIAKOFF, Über die karyokinetische Kerntheilung der *Euglypha alveolata*. Morph. Jahrb. Bd. XIII. 1888.
- G. SCHLOTTER, Zur Morphologie der Zelle. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLIV. 1894.
- F. SCHMIDT, Die Furchung u. Keimblätterbildung d. Stylommatophoren. Zool. Jahrb. Abth. f. Anat. u. Ont. Bd. VII. 1894.
- O. SCHULTZE, Untersuchungen über die Reifung und Befruchtung des Amphibien-eies. Diese Zeitschr. Bd. XLV. 1887.
- J. SOBOTTA, Die Befruchtung und Furchung des Eies der Maus. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLV. 1895.
- O. VAN DER STRICHT, Contribution à l'étude de la sphère attractive. Bull. Acad. Roy. 62 Année. 3^e sér. T. XXIII. Bruxelles 1892.
- S. TRINCHESE, I primi momenti dell' evoluzione nei Molluschi. Atti R. Accad. Lincei. Ser. III. Vol. VII. 1880.
- F. VEJDOVSKÝ, Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen. Prag 1888—1892.

- V. WASIELEWSKY, Die Keimzone in den Genitalschläuchen von *Ascaris megalocephala*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLI. 1893.
- A. WEISMANN, Amphimixis. Aufsätze über Vererbung etc. Jena 1892.
- Derselbe, Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung. Jena 1892.
- Derselbe u. ISHIKAWA, Weitere Untersuchungen zum Zahlengesetz der Richtungskörper. Zool. Jahrb. Abth. für Anat. u. Ont. Bd. III. 1889.
- W. M. WHEELER, The behavior of the centrosomes in the fertilized egg of *Myzostoma glabrum*. Journ. of Morph. Vol. X. 1895.
- E. B. WILSON u. A. P. MATHEWS, Maturation, fertilization and polarity of the Echinoderm egg. Ebenda. 1895.
- H. E. ZIEGLER, Die biologische Bedeutung der amitotischen Kerntheilung im Thierreich. Biol. Centralbl. Bd. XI. 1891.
- Derselbe u. O. VOM RATH, Die amitotische Kerntheilung bei den Arthropoden. Ebenda. 1891.

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Figuren wurden mit dem ABBÉ'schen Zeichenapparat von ZEISS in der Höhe des Objektisches bei einer Tubuslänge von 160 mm entworfen. Alle Figuren sind nach Schnitten gezeichnet zumeist unter Anwendung von ZEISS hom. Imm. 2,00, Ap. 1,30.

Tafel XXVIII.

Fig. 1 A—D. Spermatogonien in verschiedenen Stadien der Theilung. Die Spermatogonien liegen noch in den Hoden. A u. B, Knäuelstadium; C, die vier Kernschleifen sind bereits ausgebildet; D, die beiden Tochtersterne.

Fig. 2 A—F. Spermatogonien späterer Generationen in Theilung, aus dem Hoden. B, Monaster in Polansicht; A, Tochtersterne bereits ausgebildet; außer den vier Schleifen des einen sieht man in der Polansicht noch zwei Schleifen des anderen Tochterkerns; C, seitliche Ansicht der Spindel mit den vier längsgespaltenen Schleifen; D, nur zwei Schleifen eingezeichnet; E und F, Spindeln mit den Tochterplatten.

Fig. 3 A—C. Spermatogonien in Theilung, frei in der Leibeshöhle. A, Knäuelstadium; B, Mutterstern in Polansicht; C, Spindel mit den Tochtersternen.

Fig. 4. Spermatocyten in verschiedenen Stadien; frei in der Leibeshöhle.

Fig. 5. Ovogonien in Theilung, aus den Ovarien. Spindeln mit den Tochtersternen in seitlicher (A und B) und in Polansicht (C und D). E, die acht Schleifen zweier Tochtersterne ziemlich in einer Ebene gelegen.

Fig. 6. Stück eines Schnittes durch Körperepithel (*ke*) und mesodermales Gewebe (*mes*) eines jungen Wurmes aus der hinteren Körperpartie. Im Epithel ein Monaster in der Polansicht.

Fig. 7. Schnitt durch mesodermales Gewebe eines jungen Wurmes; einige Zellen in Theilung.

Fig. 8 u. 9. Zellen des Darmepithels eines ausgewachsenen Wurmes.

Fig. 1—9 entworfen bei ZEISS, Komp. Oc. 8, hom. Imm. 2,00, Ap. 1,30.

Fig. 10—18. Zellen des Darmepithels eines ausgewachsenen Wurms mit amitotisch sich theilenden Kernen.

Fig. 10—15, 17 und 18 entworfen bei ZEISS, Komp. Oc. 4, hom. Imm. 2,00 etc.
Fig. 16 Komp. Oc. 6, hom. Imm. Ap.

Fig. 19 u. 20. Spindeln aus einem auf den Übergang zum Achterstadium befindlichen Viererstadium der Furchung.

Fig. 24. Die beiden Tochtersterne in der Polansicht; eine Zelle desselben Stadiums.

Fig. 22—29. Zellen des Blastulastadiums in Theilung.

Fig. 19—29 Komp. Oc. 8, hom. Imm. Ap.

Fig. 30. Zelle eines auf die Blastula folgenden Stadiums in Theilung. Die gleiche Vergrößerung.

Fig. 34. Drei Zellen eines Blastulastadiums, um die verschiedene Größe der Kerne zu zeigen. Oc. 2, hom. Imm. Ap.

Fig. 32—40. Zellen der Blastula bezw. eines etwas späteren Entwicklungsstadiums (Fig. 37) in verschiedenen Stadien der Theilung. Komp. Oc. 8, hom. Imm. Ap.

Tafel XXIX.

Fig. 44—44. Zellen bezw. Kerne der Blastula in Theilung.

Fig. 45—46. Zwei Kerne eines etwas späteren Entwicklungsstadiums.

Fig. 47—64. Kerne des Viererstadiums der Furchung in verschiedenen Zuständen der Ausbildung. Fig. 47—49, 50 A, Kernfaden und Nucleolus in zunehmender Ausbildung begriffen, Fig. 51, Nucleolus mit Theilen des Kernfadens, Fig. 52 u. 53, beginnende Rückbildung des Nucleolus, der Kernfaden noch gut ausgebildet, Fig. 54—64, 50 B, Rückbildung des Nucleolus, Verschwinden und Wiederauftauchen des Kernfadens. Komp. Oc. 8, hom. Imm. 2,00, Ap. 4,30.

Fig. 62—63. Junge Ei- und Nährzellen aus dem Ovarium. Komp. Oc. 6, hom. Imm. Ap.

Fig. 64—66. Frei in der Leibeshöhle flottirende Ei- und Nährzellenpaare in verschiedenen Stadien der Ausbildung. In Fig. 64 ist die Eizelle (*eiz*) noch kleiner als die Nährzelle (*nz*), während sie später bedeutend an Umfang zunimmt und die Nährzelle im Wachsthum zurückbleibt. Fig. 64 Komp. Oc. 6, Fig. 65 Komp. Oc. 4, hom. Imm. Ap., Fig. 66 Oc. 2, Obj. E. ZEISS.

Fig. 67. Keimbläschen einer ziemlich ausgebildeten Ovogonie. Komp. Oc. 6, hom. Imm. Ap.

Fig. 68. Dasselbe auf etwas späterem Stadium. Komp. Oc. 4, hom. Imm. Ap.

Fig. 69—70. Spätere Stadien des Keimbläschens. Der Kernfaden bildet sich aus. Komp. Oc. 4, hom. Imm. Ap.

Fig. 74. Keimbläschen mit dem Kernfaden, aus fünf Schnitten kombinirt. Vergr. wie vorher.

Fig. 72. Keimbläschen mit dem weiter ausgebildeten Kernfaden und dem Nucleolus. Vergr. wie vorher.

Fig. 73. Keimbläschen mit dem weiter ausgebildeten Kernfaden aus einem etwas gedrückten Ei. Komp. Oc. 6, hom. Imm. Ap.

Fig. 74—75. Keimbläschen mit dem zum Theil gespaltenen Kernfaden, Nucleolus und Strahlung. Komp. Oc. 4, hom. Imm. Ap.

Fig. 76. Keimbläschen mit vier schleifenförmigen Chromosomen. Vergr. wie vorher.

Fig. 77. Eben so. Strahlung getheilt. Vergr. wie vorher.

Fig. 78. Die vier schleifenförmigen Chromosomen verkürzt. Vergr. wie vorher.

Tafel XXX.

Fig. 79. Keimbläschen mit den vier verkürzten schleifenförmigen Chromosomen, dem Nucleolus und den an die beiden Pole gerückten Strahlungen. Komp. Oc. 4, hom. Imm. Ap.

Fig. 80—86. Keimbläschen mit den immer mehr sich verkürzenden Chromosomen, deren Längsspaltung sichtbar wird. Vergr. wie Fig. 79.

Fig. 87 u. 88. Im Keimbläschen treten die Spindelfasern auf; es beginnt die Form der Spindel anzunehmen. Vergr. wie vorher.

Fig. 89—94. Die in Ausbildung begriffene erste Richtungsspindel. Die Chromosomen nehmen ihre endgültige Stellung ein. Vergr. wie vorher.

Fig. 94 a. Die achromatischen Theile der ersten Richtungsspindel, von welchen die chromatischen Theile abgeschnitten sind. Vergr. wie vorher.

Fig. 94 b. Polansicht der ersten Richtungsspindel. Der Schnitt traf das Ei quer zur Längsachse der Spindel. ZEISS, Oc. 2, Obj. F.

Fig. 92. Die ausgebildete erste Richtungsspindel. ZEISS, Oc. 2, Obj. F.

Fig. 93. Ei mit der central gelagerten ersten Richtungsspindel. Oc. 2, Obj. E.

Fig. 94. Ei mit der randständigen ersten Richtungsspindel. Vergr. wie vorher.

Fig. 95 u. 96. Die erste Richtungsspindel ist verkürzt und die Äquatorialplatte ist getheilt. Oc. 2, Obj. F.

Fig. 97—100. Die erste Richtungsspindel im Beginn und nach geschehener Spaltung der Chromosomen. Vergr. wie vorher.

Fig. 101 u. 102. Eier mit der ersten Richtungsspindel vor und nach der Längsspaltung der Chromosomen, kurz nach dem Eindringen des Spermatozoons (*sp*). Oc. 2, Obj. E.

Tafel XXXI.

Fig. 103—104. Abschnürung des ersten Richtungskörpers. Oc. 2, Obj. F.

Fig. 104 a. Die erste Richtungsspindel aus einem Ei desselben Geleges, aus dem Fig. 103 entnommen ist. Vergr. wie vorher.

Fig. 105—106. Vorbereitung zur Bildung der zweiten Richtungsspindel, Theilung des Centrosoma. Vergr. wie vorher.

Fig. 107 u. 108. Die Polansicht der ersten Richtungsspindel nach der völligen Ausbildung der Tochterplatten. Die Schnitte sind quer zur Längsachse der Spindel geführt. Vergr. wie vorher.

Fig. 109. Die zweite Richtungsspindel in paratangentialer Lage. Vergr. wie vorher.

Fig. 110. Ei mit der zweiten Richtungsspindel und dem Spermakern mit Strahlung. Oc. 2, Obj. E.

Fig. 111—113. Abschnürung des zweiten Richtungskörpers. Oc. 2, Obj. F.

Fig. 114. Ei nach der Abschnürung der Richtungskörper, Eikern mit Strahlung. Vergr. wie vorher.

Fig. 115—127. Die weiteren Veränderungen der Richtungskörper; Theilung des ersten Richtungskörpers. Fig. 115 u. 116 Komp. Oc. 8, hom. Imm. Ap. Fig. 117 Oc. 6 eben so, Fig. 118—124 Komp. Oc. 8 eben so, Fig. 125—127 Oc. 6 eben so.

Fig. 128—131. Richtungsspindeln mit hufeisenförmigen Chromosomen.

Fig. 128. Ei mit der ersten Richtungsspindel von Spermatozoen umlagert, eines von ihnen in das Ei eingedrungen (*sp*). Oc. 2, Obj. E.

Fig. 129. Die erste Richtungsspindel mit den beiden Tochterplatten. Komp. Oc. 8, hom. Imm. Ap.

- Fig. 130—133. Bildung des ersten Richtungskörpers. Komp. Oc. 4, hom. Imm. Ap.
 Fig. 134. Erste Richtungsspindel in der Polansicht. Komp. Oc. 8, hom. Imm. Ap.
 Fig. 134. Die zweite Richtungsspindel in paratangentialer Lage. Komp. Oc. 4, hom. Imm. Ap.
 Fig. 135. Die zweite Richtungsspindel in schräger Stellung. Vergr. wie vorher.

Tafel XXXII.

- Fig. 136—138. Die zweite Richtungsspindel in radialer Stellung. Komp. Oc. 4, hom. Imm. Ap.
 Fig. 139. Äquatorialplatte der zweiten Richtungsspindel in der Polansicht. Komp. Oc. 8, hom. Imm. Ap.
 Fig. 140 u. 141. Abschnürung des ersten Richtungskörpers. Chromosomen von gedrungener hufeisenförmiger Gestalt, bezw. von Körnerform. Oc. 2, Obj. F.
 Fig. 142. Erste Richtungsspindeln von abnormer Ausbildung (B, C, D). A zeigt das Chromatin in normaler Beschaffenheit. Vergr. wie vorher.
 Fig. 143—145. Erste Richtungsspindeln in abweichender Ausbildung der Chromosomen, deren Längsspaltung verspätet eintritt. Oc. 2, Obj. F.
 Fig. 146. Erste Richtungsspindel verkürzt und in randständiger Lage. Abnorme Reifung, da die Längsspaltung der Chromosomen verfrüht eingetreten ist. Vergr. wie vorher.
 Fig. 147—150. Abnorm ausgebildete erste Richtungsspindeln. Die Spaltung der Chromosomen ist verfrüht eingetreten. Vergr. wie vorher.
 Fig. 151. Theil eines Schnittes durch ein im Stadium der ersten Richtungsspindel befindliches Ei mit umgebenden Spermatozoen und einem bereits tiefer in das Ei eingedrungenen Spermatozoonkopf mit der Strahlung. Komp. Oc. 8, hom. Imm. Ap.
 Fig. 152—156. In Ausbildung begriffene Spermakerne mit Strahlung. In dem homogenen Spermakern treten Vacuolen auf, Kerngerüst und Nucleolus kommen zur Ausbildung. Vergr. wie vorher.
 Fig. 157. Ei und Spermakern in der Annäherung. Vergr. wie vorher.
 Fig. 158 u. 159. Zwei Spermakerne in etwas weiterer Ausbildung. Vergr. wie vorher.
 Fig. 160. Ei und Spermakern beinahe in Berührung. Nucleolus in beginnender Auflösung, das Kerngerüst nicht sichtbar, Vergr. wie vorher.
 Fig. 161. Weiter ausgebildeter Spermakern. Der Zerfall des Maschenwerkes im Nucleolus schreitet vor. Das Kerngerüst ist geschwunden. Vergr. wie vorher.

Tafel XXXIII.

- Fig. 162 u. 163. Ei und Spermakern in weiterer Ausbildung. Die maschige Struktur des Nucleolus ist ganz geschwunden, vom Kerngerüst nichts sichtbar. Komp. Oc. 8, hom. Imm. Ap.
 Fig. 164. Eikern. Vergr. wie vorher.
 Fig. 165. Spermakern. Vergr. wie vorher.
 Fig. 166—168. Eikerne in weiterer Ausbildung. Der Nucleolus schwindet, das Kerngerüst tritt wieder auf. Vergr. wie vorher.
 Fig. 169. Eikern und Spermakern nach Auflösung des Nucleolus. Das Kerngerüst ist wieder deutlich vorhanden. Die Centrosomen haben, wie schon in Fig. 167 u. 168, ihre endgültige Lagerung eingenommen. Vergr. wie vorher.

Fig. 170. Ei- und Spermakern mit dem bereits ausgebildeten Kernfaden. Komp. Oc. 6, hom. Imm. Ap.

Fig. 171. Die Centrosomen rücken vom Ei- und Spermakern weiter ab, wodurch die Gestalt der Spindel bereits angedeutet wird. Vergr. wie Fig. 170.

Fig. 172. Das Abrücken der Centrosomen ist noch weiter fortgeschritten; die Membranen der beiden Kerne schwinden, doch sind diese noch deutlich zu erkennen; die Gestalt der Spindel tritt schon mehr hervor. Vergr. wie vorhin.

Fig. 173. Erste Furchungsspindel mit den durch Auflösung der beiden Kerne sich ergebenden vier Kernschleifen. Vergr. wie vorher.

Fig. 174 u. 175. Die erste Furchungsspindel mit der Äquatorialplatte und mit den Tochterplatten. Oc. 4, Obj. F.

Fig. 176. Ei mit dem unter den beiden Richtungskörpern gelegenen Eikern. Der schon etwas weiter ausgebildete männliche Kern weist bereits den Nucleolus auf. Seine Strahlung hat sich getheilt. Oc. 2, Obj. E.

Fig. 177—180. Eier mit dem männlichen und weiblichen Kern in verschiedenen Zuständen der Ausbildung. Oc. 4, Obj. E.

Tafel XXXIV.

Fig. 181—183. Eier mit dem männlichen und weiblichen Kern in verschiedenen Ausbildungsstufen. Oc. 4, Obj. E.

Fig. 184. Abnorm gefurchtes Ei mit abnorm ausgebildeten Kernspindeln. Oc. 4, Obj. E.

Fig. 185. Ei mit einer dreipoligen Spindel.

Fig. 186—187. Zwei Schnitte durch ein Ei mit einer Anzahl theilweise vereinigter Kerne. Einzelne Partien sind von dem übrigen Ei abgegrenzt.

Fig. 188 u. 189. Überfruchtete Eier mit mehreren Geschlechtskernen.

Fig. 190. Ei mit mehreren Geschlechtskernen, die in der Vereinigung begriffen sind. Die Nucleolen sind noch vorhanden; Ausbildung von Kernfäden.

Fig. 184—190 entworfen bei ZEISS, Oc. 4, Obj. E.

Fig. 191. Abnorm gefurchtes Ei mit mehreren ruhenden oder in Theilung begriffenen Kernen in den einzelnen Zellen. Die karyokinetischen Figuren sind unregelmäßig ausgebildet. Oc. 4, Obj. E.

Fig. 192. Ei mit dreipoliger Kerntheilungsfigur.

Fig. 193. Blastula von normaler Ausbildung.

Fig. 194—196. Abnorm ausgebildete Furchungsstadien. Während die Theilung der Kerne fortschritt, wurde diejenige der Zellen theilweise unterdrückt, so dass in einzelnen Furchungszellen mehrere Kerne vorhanden sind (*b, b*). Manche Eier bestehen nur aus wenigen Zellen, die dann eine um so größere Anzahl von Kernen enthalten (*b, b*). In Folge des Zusammenfließens der Kerne treten unregelmäßige Kerntheilungsfiguren auf (Fig. 196 *c*).

Fig. 197. Ungefurchtes Ei mit einer großen Anzahl zusammengehäufte Kerne.

Fig. 198. Die Kerne sind größtentheils mit einander verschmolzen.

Fig. 199. Ein ebenfalls abnormes Ei. Die verschmolzenen Kerne nehmen durch Ausbildung der Kernfäden einen Anlauf zur Theilung.

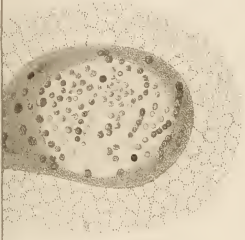
Fig. 192—199 entworfen bei ZEISS, Oc. 4, Obj. E.

Fig. 200. Theil einer Zelle eines aus vier Furchungszellen bestehenden, abnorm entwickelten Eies. Der scheinbar einheitliche, aber durch Zusammenfließen mehrerer Furchungskerne entstandene Kern zeigt eine große Zahl verschiedentlich ausgebildeter Chromosomen. Oc. 2, Obj. F.

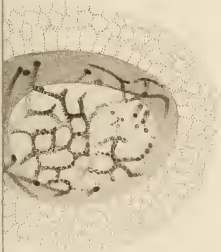
Fig. 201. Ein in zwei Zellen zertheiltes abnorm entwickeltes Ei mit mehreren Kernen in jeder Zelle. Oc. 4, Obj. E.

Z

59.



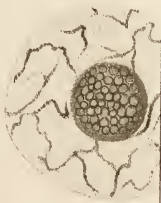
61.



62.



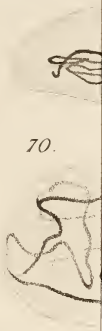
67.



66.



70.

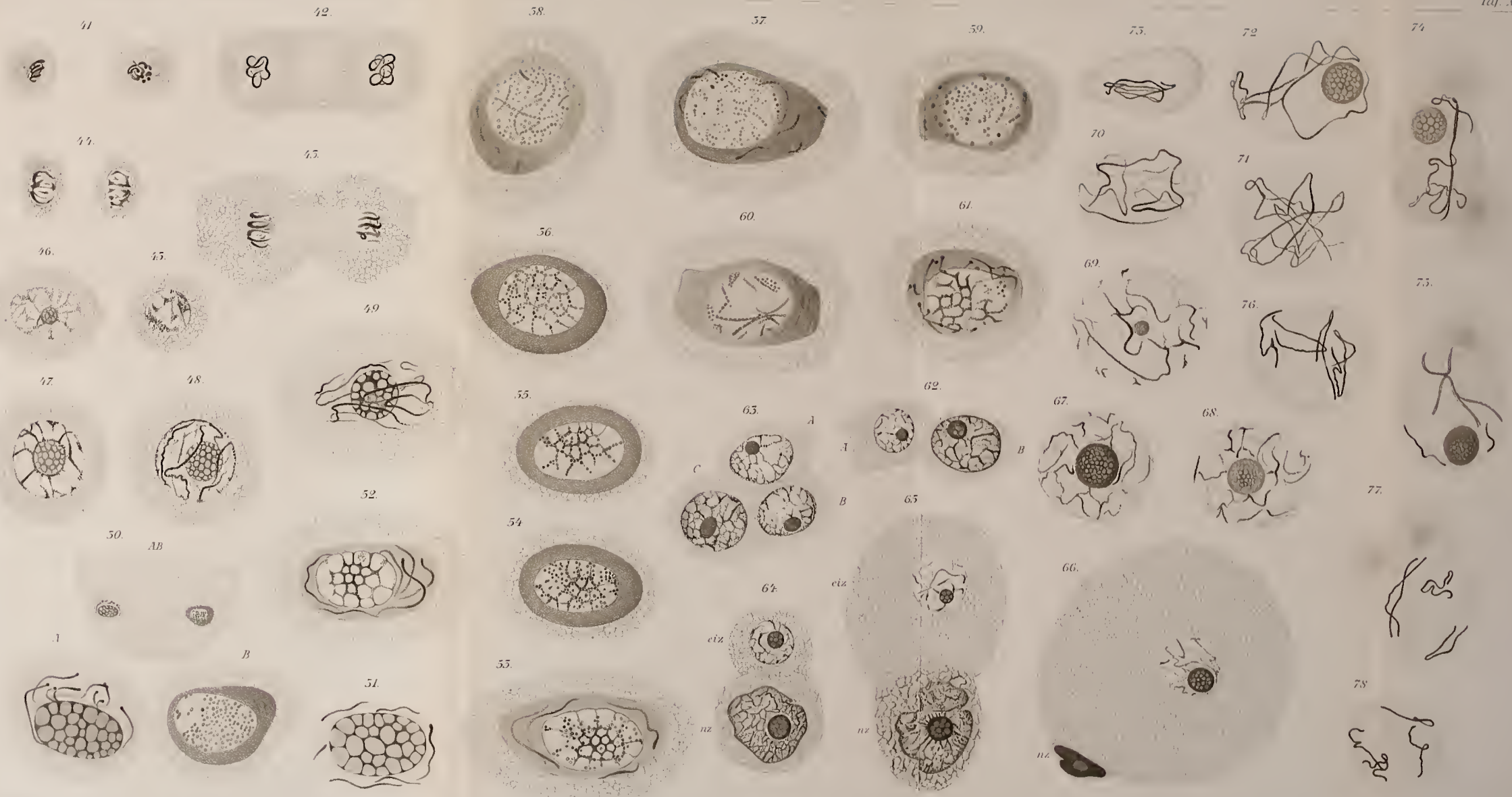


69.

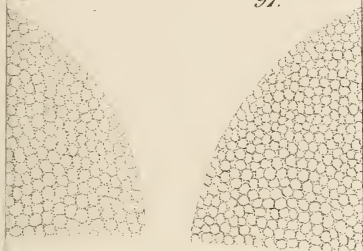


7

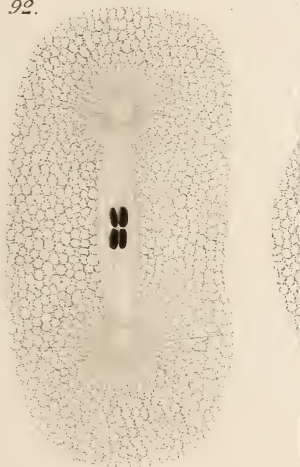
nz



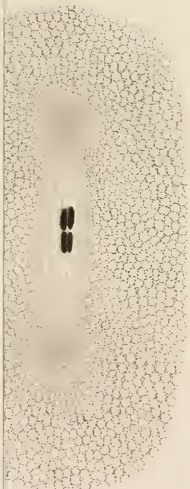
97.



92.

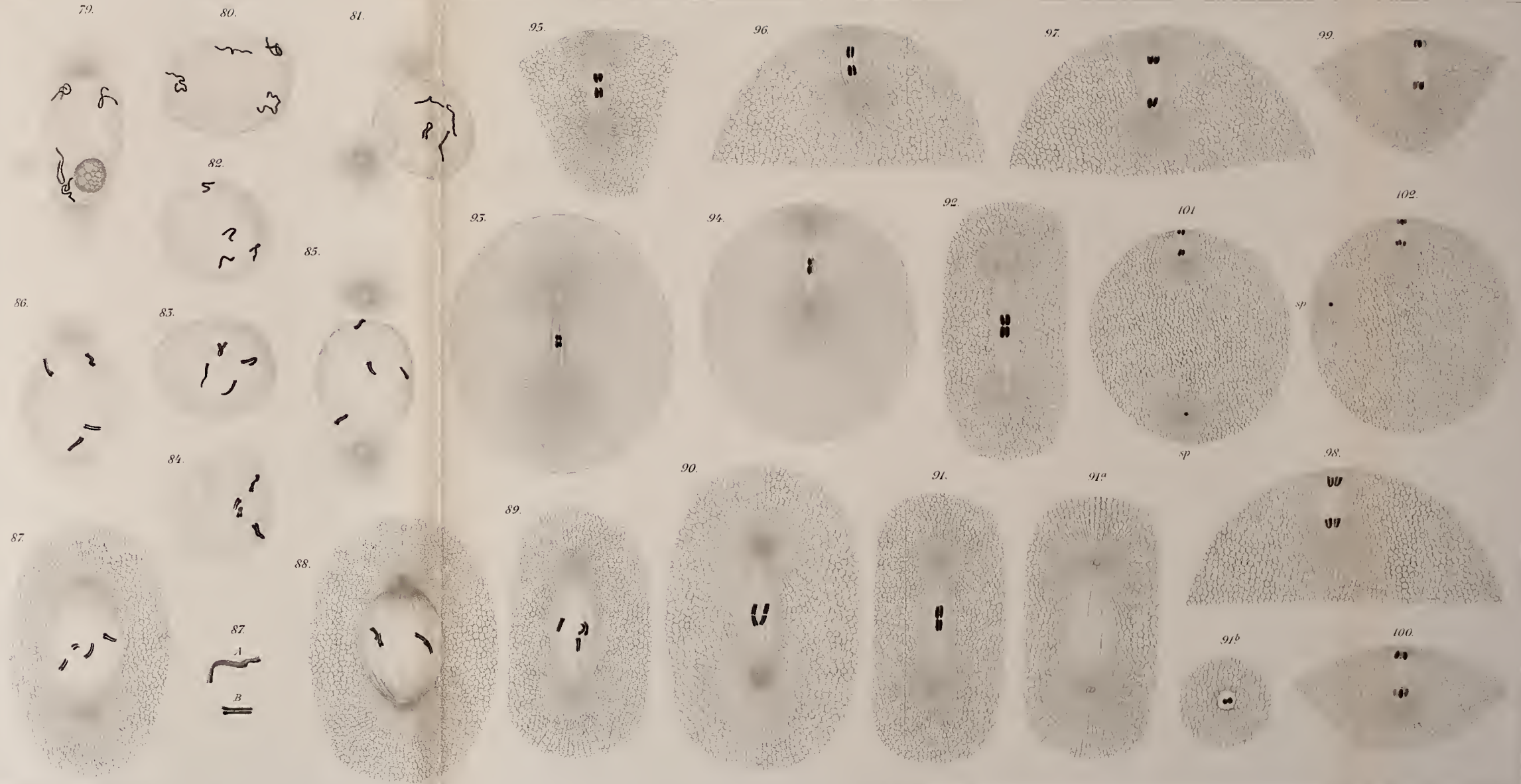


91.



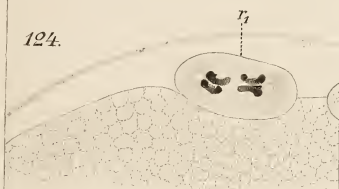
91^a



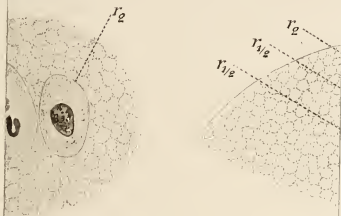


Zo

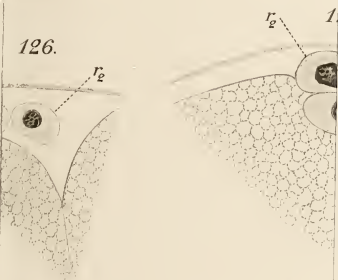
124.



123.



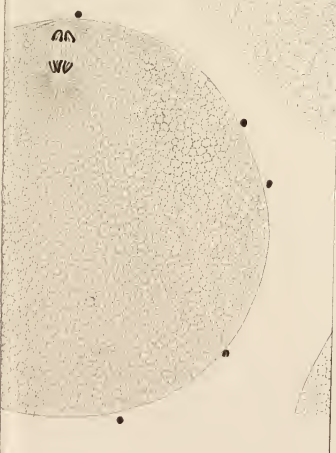
126.

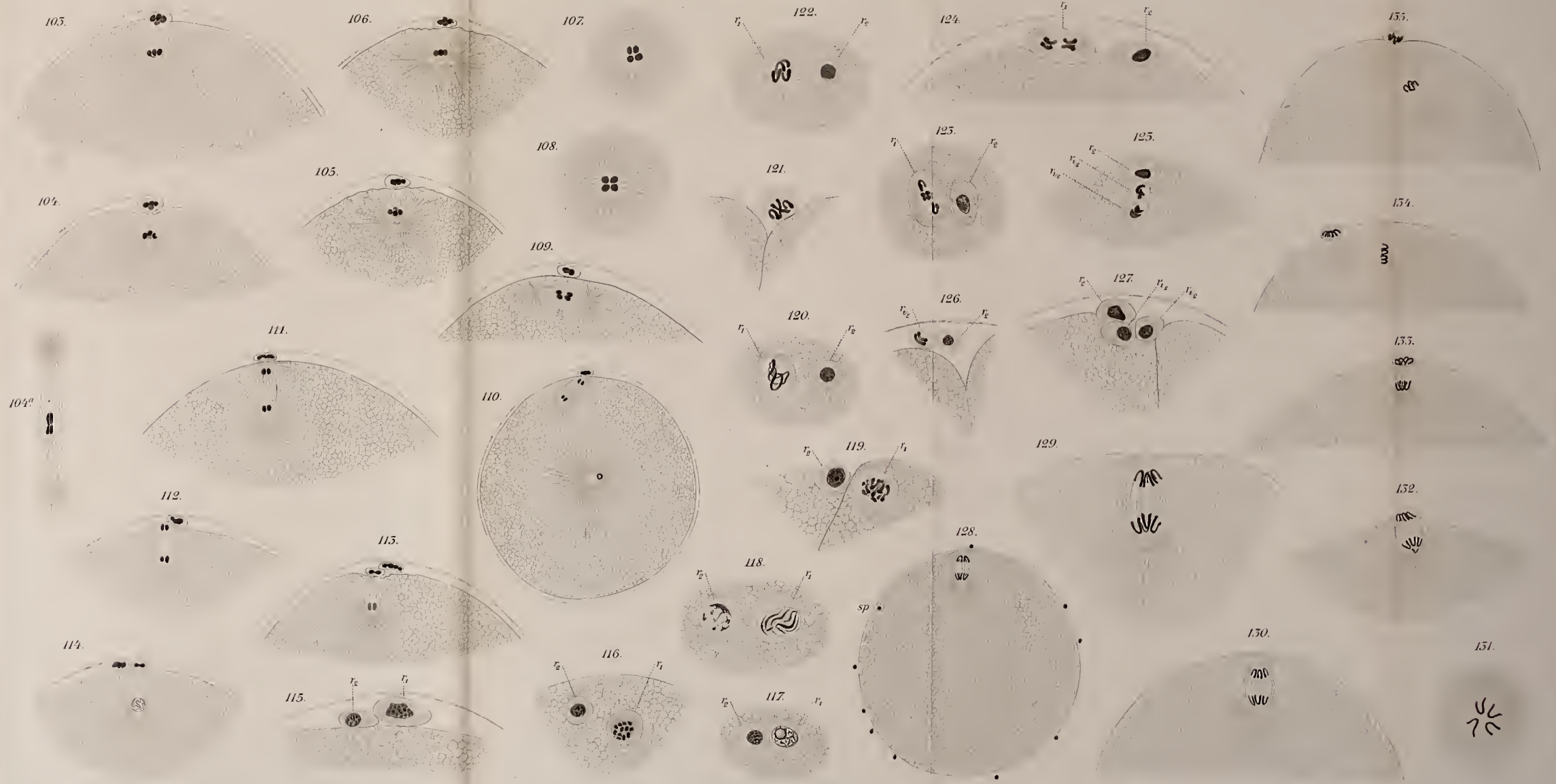


129.

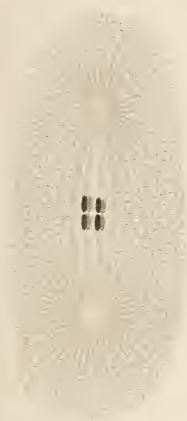


128.

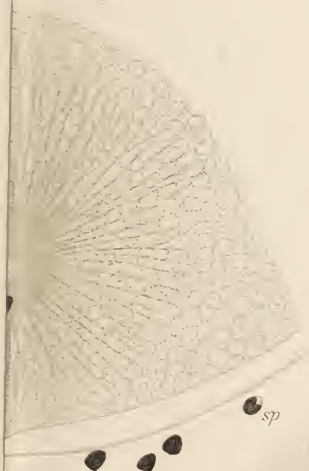




150.

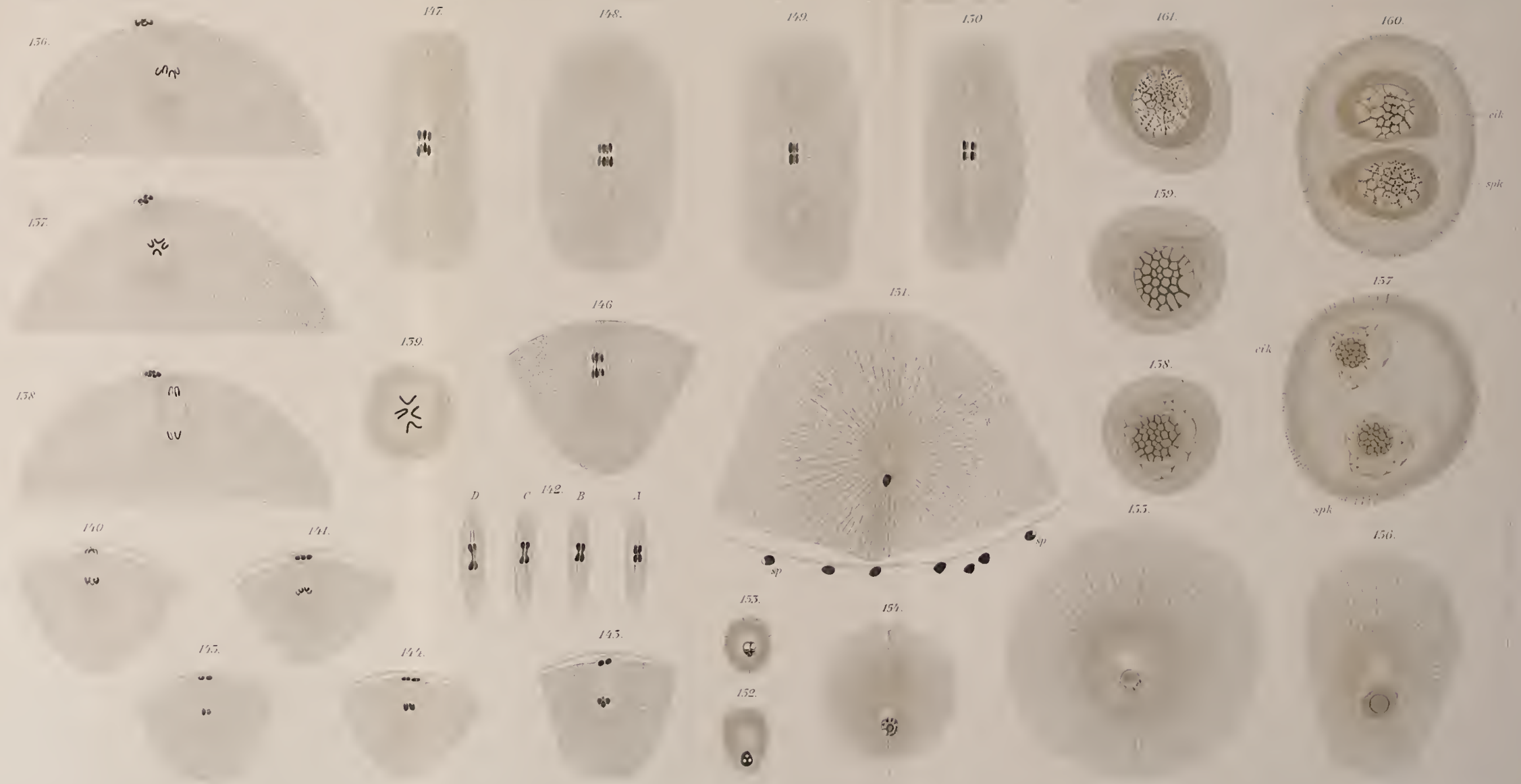


151.



154.



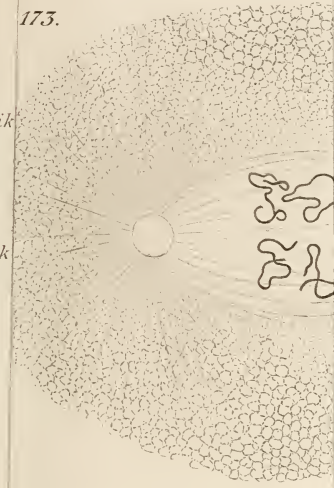


Zc

173.

eik

spk

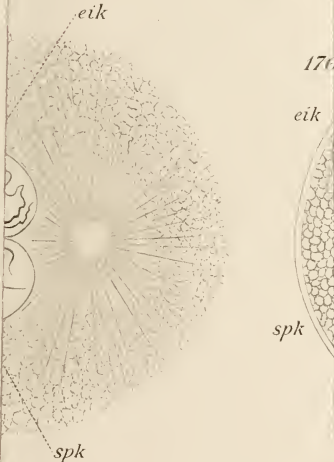


eik

174.

eik

spk

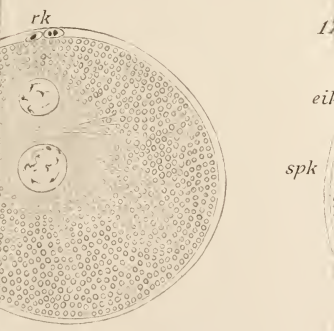


spk

175.

eik

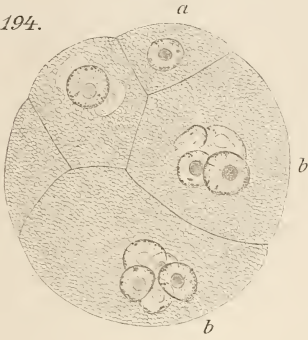
spk



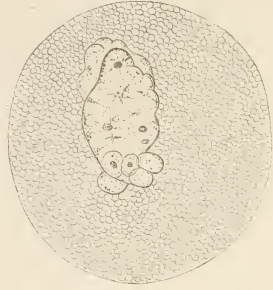
rk



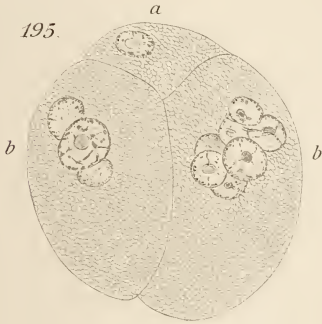
194.



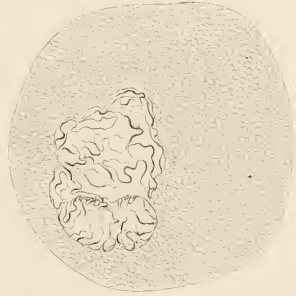
198.



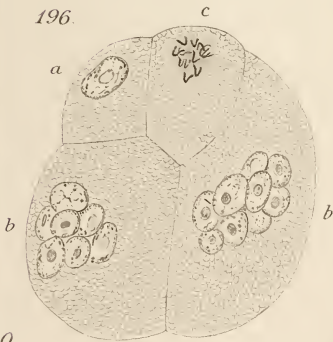
195.



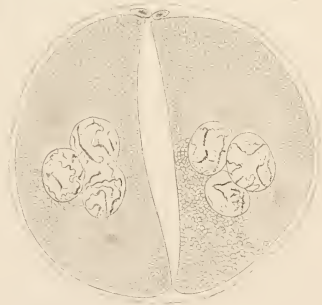
199.



196.



201.



200.

