

Ueber die Bildung der Richtungskörper bei thierischen Eiern.

Von

A. Weismann und **C. Ischikawa.**

Mit Tafel I—IV.

Einleitung.

Schon im Sommer 1885 machte der Eine von uns die Entdeckung, dass bei einem parthenogenetischen Ei, nämlich bei dem Sommeri von *Polyphemus Oculus*, sich ein Richtungskörperchen bilde. Es gelang ihm, die Umwandlung des Keimbläschens zur Richtungsspindel, die zellige Natur des Richtungskörpers und seine spätere Theilung in zwei Zellen zu beobachten, sowie auch festzustellen, dass unmittelbar nach der Abschnürung des beobachteten Richtungskörpers die im Ei zurückbleibende Kernhälfte sich zum Furchungskern umwandelt. Damit war also einerseits erwiesen, dass von einem parthenogenetischen Ei ein Richtungskörper gebildet wird, und andererseits, dass mindestens in diesem einen Fall nur ein primärer Richtungskörper gebildet wird.

Da es theoretisch von Interesse erscheinen musste, dass parthenogenetische Eier Richtungskörper bilden können, so wurde dieser Theil der Beobachtung auch noch in demselben Sommer zu allgemeiner Kenntniss gebracht¹⁾, der andere Theil derselben aber

¹⁾ WEISMANN, Die Continuität des Keimplasmas als Grundlage einer Theorie der Vererbung. Jena 1885. pag. 122.

einstweilen noch nicht betont, da erst untersucht werden musste, ob die Bildung von nur einem Richtungskörper etwa eine allgemeine, allen parthenogenetischen Eiern zukommende Eigenthümlichkeit sei und nicht bloß eine mehr zufällige Erscheinung. Nun hatten ja allgemeine Ueberlegungen den Beobachter dieses ersten Falles schon längst zu der Ansicht geführt, dass die sog. „Richtungskörperchen“ der thierischen Eier keineswegs die bedeutungslosen Gebilde seien, für welche sie von vielen Forschern gehalten wurden, und wenn diese Ansicht richtig war, so konnte auch die Zahl derselben um so weniger bedeutungslos sein, als es sich ja dabei um eine ein- oder zweimalige Halbierung des in der Eizelle enthaltenen Kernmaterials handelte. Unsere heutigen Anschauungen aber sehen bekanntlich in der Kernsubstanz den wichtigsten Theil der ganzen Zelle, die Substanz, welche das Wesen der ganzen Zelle bestimmt, mag man sich das nun vorstellen, wie man will und kann. Es sollen am Schluss dieser Abhandlung die Ansichten zusammengestellt werden, welche die verschiedenen Forscher über die Bedeutung der Richtungskörper geäußert haben als Einleitung zu der Ansicht, welche sich uns selbst aus den neugewonnenen Thatsachen, zusammengehalten mit den schon bekannten, ergeben hat. Man wird dort mit Interesse sehen, wie ungemein verschieden die Deutungen sind, denen die „Richtungskörper“ im Laufe der Zeit unterworfen wurden, wie geringfügig und gänzlich bedeutungslos die Einen sie beurtheilten, während Andere sich bemühten, ihnen irgend eine hohe physiologische Bedeutung zuzuschreiben.

War man einmal der letzteren Ansicht und vermuthete man eine Bedeutung dieser sonderbaren Auswürflinge des Eies, dann musste nach der eben mitgetheilten Beobachtung die Aufgabe sich darstellen, durch eine möglichst ausgedehnte Reihe von Untersuchungen festzustellen, ob wirklich ein Unterschied in der Zahl der Richtungskörper bestehe in dem Sinne, dass von allen parthenogenetischen Eiern nur eines, von allen befruchtungsbedürftigen aber deren zwei gebildet würden. Es konnte dies nichts Geringeres bedeuten, als dass die Kernsubstanz des Eies bei ersteren nur halbirt wird, bei letzteren aber geviertheilt. Wenn aber die Kernsubstanz des Eies als gleichbedeutend mit „Vererbungssubstanz“ betrachtet werden muss, so standen, falls diese Vermuthung sich bestätigte, bedeutungsvolle Blicke in das Geheimniß der geschlechtlichen Fortpflanzung in Aussicht.

Das Erste, was zu geschehen hatte, war die kritische Durchsicht der bisherigen Beobachtungen über Richtungskörper; denn hätte

sich gezeigt, dass auch befruchtungsbedürftige Eier gelegentlich nur einen Richtungskörper bilden, so hätte die Zahl dieser Körper jedenfalls in diesem Sinne nicht Bedeutung haben können. Es zeigte sich indessen bei einer möglichst umfassenden Durchsicht der Litteratur, dass dem nicht so ist, dass vielmehr in allen genau beobachteten Fällen zwei Richtungskörper von befruchtungsbedürftigen Eiern gebildet werden.

So ergab sich denn die weitere Aufgabe, zu untersuchen, ob die Bildung nur eines Richtungskörpers eine allgemeine Eigenthümlichkeit der parthenogenetisch sich entwickelnden Eier sei. Eine möglichst grosse Zahl von parthenogenetischen Eiern musste auf die Bildung von Richtungskörpern untersucht werden, womöglich auch Arten aus verschiedenen Thiergruppen. Schon im Sommer 1886 konnte der Eine von uns in gedrängter Darstellung eine Anzahl von Fällen mittheilen¹⁾, in welchen sich der Vorgang in der angedeuteten Weise abspielte, und es durfte schon damals mindestens doch der Schluss gezogen werden, „dass bei den parthenogenetischen Eiern der Daphniden ein echtes Richtungskörperchen bei der Eireifung ausgestossen wird“. Seither ist es uns nun gelungen, auch für die Ostracoden und Rotatorien festzustellen, dass ihre parthenogenetischen Eier Richtungskörper bilden, und zwar immer nur einen einzigen, und es ist damit die Allgemeinheit der Erscheinung um Vieles sicherer geworden. Wir geben nun in der vorliegenden Abhandlung alle diese Fälle in ausführlicher Darstellung, ohne übrigens damit auf eine weitere Fortsetzung unserer Untersuchungen nach dieser Richtung hin zu verzichten. Wir hoffen im Gegentheil, die Zahl der Beobachtungen später noch vermehren und so den Inductionsbeweis für die Allgemeinheit und Gesetzmässigkeit des Vorgangs noch verstärken zu können.

Diesem ersten Abschnitt wird dann als zweiter eine Uebersicht der in der Litteratur enthaltenen Beobachtungen über Bildung von Richtungskörperchen folgen, durch welchen der Nachweis geführt werden soll, dass in der That bei allen befruchtungsbedürftigen Eiern, soweit die Untersuchungen reichen, zweimalige Theilung des Kernmaterials des Eies und also auch Bildung von zwei primären Richtungskörpern stattfindet.

Es ist nun aber bekannt, dass noch nicht bei allen Klassen

¹⁾ WEISMANN, Richtungskörper bei parthenogenetischen Eiern. Zool. Anzeiger 1886. pag. 570.

des zoologischen Systems Richtungskörper beobachtet wurden und dass in manchen Klassen diese Beobachtungen äusserst spärlich sind, woraus dann wiederum folgt, dass auch die Zahl der Richtungskörper für die befruchtungsbedürftigen Eier gar mancher Thiergruppe noch nicht festgestellt sein kann, ganz abgesehen davon, dass man gerade der Zahl derselben bisher überhaupt keine Aufmerksamkeit geschenkt hatte.

Wir haben uns deshalb bemüht, auch nach dieser Seite hin die vorliegenden Thatsachen zu vermehren, und werden die betreffenden Beobachtungen in einem später erscheinenden dritten Abschnitt folgen lassen. Dort werden dann auch diejenigen Fälle ihren Platz finden, in welchen es uns gelang, bei einer Art, deren parthenogenetische Eier wir im ersten Abschnitt behandelt haben, auch in ihren befruchtungsbedürftigen Eiern auf ihre Richtungskörperbildung zu untersuchen und so also den Gegensatz in Bezug auf die Reifung bei parthenogenetischen und befruchtungsbedürftigen Eiern an ein und derselben Art zur Anschauung zu bringen.

I.

Die Richtungskörperbildung bei parthenogenetischen Eiern.

Eigentliche Parthenogenese ist bisher nur bei Crustaceen, Insecten und Rotatorien beobachtet worden, wenn man absieht von den bei Protozoen beobachteten Fällen von ungeschlechtlicher Fortpflanzung, die zwar äusserlich der Parthenogenese gleichen, sehr wahrscheinlich aber einen anderen Ursprung haben als die Parthenogenese der Metazoen. Da für diese letzteren der Ausdruck erfunden ist, so sollte man ihn auch allein auf solche Fälle anwenden, welche mit der bei ihnen vorkommenden Art der Fortpflanzung übereinstimmen, und deshalb von Parthenogenese nur bei Metazoen sprechen. Denn die als Parthenogenese bezeichnete Fortpflanzung der Blattläuse, Wasserflöhe, Bienen u. s. w. hat sich zweifellos aus der geschlechtlichen Fortpflanzung erst secundär herausgebildet, wie der Eine von uns schon vor langen Jahren betont hat. Dafür spricht nicht nur die einzellige Beschaffenheit der Fortpflanzungskörper, der Eier und ihre in manchen Fällen mit den befruchtungsbedürftigen Eiern völlig identische Structur (Apus), sondern vor Allem auch

das Vorhandensein von Befruchtungs-Apparaten (Receptacula seminis) bei Arten oder bei gewissen Generationen von Arten, die sich gar nicht geschlechtlich fortpflanzen. Ob nun die ungeschlechtliche Fortpflanzung, welche man bei Volvocineen als Parthenogenese bezeichnet hat, ebenfalls aus geschlechtlicher Fortpflanzung durch Ausfall der Befruchtung entstanden ist, dürfte zum mindesten zweifelhaft sein, und solange dies nicht feststeht, wird man gut thun, sie auch nicht als Parthenogenese zu bezeichnen. Parthenogenese würde demnach einfach und bestimmt als Fortpflanzung durch unbefruchtete Eier zu bezeichnen sein, wie eine solche bis jetzt nur bei den oben genannten Gruppen der Metazoen festgestellt ist oder doch in dieser Abhandlung festgestellt werden wird, da dies für die Rotatorien bisher noch nicht unzweifelhaft geschehen war.

Es soll nun die Bildung der Richtungskörper zuerst bei den Daphniden, sodann bei den Ostracoden und zuletzt bei den Rotatorien geschildert werden.

Die Sommereier der Daphniden.

Es ist längst bekannt, dass sich die sog. „Sommereier“ der Daphniden parthenogenetisch entwickeln; häufig fehlen die Männchen zur Zeit ihrer Bildung; aber wenn sie auch vorhanden sind, so werden doch Weibchen, welche Sommereier tragen, nicht begattet, und der Versuch hat erwiesen, dass von Geburt auf isolirte Weibchen aus Sommereiern Nachkommen hervorbringen. Diese Thatsache wurde schon von J. C. SCHÄFFER¹⁾ im Jahre 1755 festgestellt, der sie freilich noch nicht ganz richtig würdigte, wenn er daraus schloss, dass „diese Thierchen sich im Fall der Noth auch ohne Befruchtung vermehren können“. SCHÄFFER sowohl als auch sein nächster Nachfolger auf diesem Gebiete, der vortreffliche RAMDOHR²⁾, hielt noch dazu diese ungeschlechtlich sich fortpflanzenden Individuen für Zwitter, und erst JURINE³⁾, der berühmte Genfer Naturforscher aus dem Anfang dieses Jahrhunderts, verschaffte der seither gültigen Meinung den Sieg, dass es sich hier nicht um Selbstbefruchtung, sondern um ungeschlechtliche Fortpflanzung handle.

¹⁾ J. C. SCHÄFFER, Der krebsartige Kiefenfluss u. s. w. Regensburg 1756.

²⁾ RAMDOHR, Mikrographische Beiträge z. Entomologie u. Helminthologie. 1. Beiträge zur Naturgeschichte einiger deutscher Monoculusarten. Halle 1805.

³⁾ JURINE, Histoire des Monocles, qui se trouvent aux environs de Genève. Genève et Paris 1820.

Gerade JURINE aber verwirrte die Sache dadurch, dass er die Existenz einer zweiten Art von Eiern, der „Wintereier“, bei den Daphniden gänzlich verkannte und, da er im Herbst Männchen bei seinen Daphniden beobachtete, daraus den irrigen Schluss zog, dieselbe Art von Eiern, die Sommereier, würden im Herbst von den Männchen befruchtet. Wohl hatte er die Wintereier gesehen und genau beschrieben, aber er erkannte nicht ihre Bedeutung, sondern hielt sie sammt ihrer eigenthümlichen Schutzhülle für eine pathologische Erscheinung: „la maladie de la selle“. Der Entdecker der Wintereier ist RAMDOHR, der schon fünfzehn Jahre vor den Arbeiten JURINE's das Ephippium ganz richtig als einen Schutzapparat für das überwinternde Ei erkannt hatte.

Dass dasselbe befruchtet werde, schloss derselbe Beobachter aus der oft beobachteten Begattung der Männchen mit solchen Weibchen, welche Wintereier im Ovarium trugen, dass aber Wintereier befruchtungsbedürftig sind, d. h. dass sie sich nicht zum Embryo entwickeln können, wenn sie unbefruchtet bleiben, das wurde erst vor etwa einem Jahrzehnt durch den Einen von uns ¹⁾ nachgewiesen. Die entgegengesetzte Frage, ob Sommereier befruchtet werden können, liess sich damals noch nicht entscheiden; sie wird aber jetzt durch die hier mitgetheilten Thatsachen entschieden werden, und zwar in verneinendem Sinn.

Bei den Untersuchungen, die nun hier folgen, handelte es sich für uns nicht nur darum, die Anwesenheit von Richtungskörpern bei den parthenogenetischen Eiern der Daphniden als allgemein zu erweisen, sondern vor Allem auch darum, festzustellen, ob die Bildung von nur einem Richtungskörper überall durchgehe. Dazu war es nöthig, die Möglichkeit, dass ein zweites Richtungskörperchen, welches vor oder nach dem allein beobachteten hätte gebildet und übersehen worden sein können, unzweifelhaft ausgeschlossen werde. Es musste somit einerseits gezeigt werden, dass die Umwandlung des Keimbläschens im reifen Ei direct zur Bildung des beobachteten Richtungskörpers führe, und andererseits, dass nach der Theilung der ersten Richtungsspindel dessen proximale Hälfte sich zum Furchungskern umwandle. Dies ist uns in mehreren Fällen mit aller Bestimmtheit gelungen. Wir beobachteten am lebenden Thier das Emporsteigen des Keimbläschens und dessen Verschwinden,

¹⁾ WEISMANN, Beiträge zur Naturgeschichte der Daphnoiden. Leipzig 1876—1879, und Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 27—30.

sahen unmittelbar darauf an dem befreiten Thier das Ei in den Brutraum übertreten und konnten nun an diesem die Richtungsspindel nachweisen. Andere Thiere, welche um einige Minuten später getödtet worden waren, zeigten dann das Richtungskörperchen an der Oberfläche des Eies und die proximale Hälfte der Richtungsspindel in ihrer Umwandlung zum Furchungskern. Noch etwas später getödtete Thiere liessen wieder denselben einen Richtungskörper erkennen und zugleich den in der ersten Embryonaltheilung begriffenen, in der Tiefe des Eies liegenden Furchungskern. Wenn dieser Nachweis auch nicht bei allen untersuchten Arten in der gleichen Vollständigkeit erbracht werden konnte, so kann doch an der Thatsache selbst, dass überall bei den parthenogenetischen Eiern der Daphniden nur ein primärer Richtungskörper gebildet wird, kein Zweifel sein. Nachdem man einmal weiss, dass dieser eine Richtungskörper, mag er erst nach dem Austritt des Eies in den Brutraum oder auch schon vorher gebildet werden, dennoch niemals verloren geht, sondern stets dem Ei innig anhaftet, eingesenkt in die Rindenschicht desselben, so ist der Nachweis genügend, dass zur Zeit der Bildung des ersten Furchungskerns nur ein Richtungskörper vorhanden ist.

Wir bedienten uns verschiedener Methoden der Untersuchung. Theils wurden die Eier am lebenden Thier untersucht, theils auf Schnitten, theils auch wurden die Thiere mit einer starken alkoholischen Sublimatlösung getödtet, und dann die Eier aus dem Brutraum herauspräparirt und ganz untersucht. Die letztere Methode ist sehr bequem, wenn es sich um dotterarme Eier handelt oder überhaupt nur um die Auffindung des Richtungskörpers. Nachträgliche Auswaschung des Sublimats und Färbung mit Methylgrün liefert oft sehr lehrreiche und schöne Bilder. An lebenden Eiern ist der Richtungskörper nicht zu erkennen, und es bedarf immer erst eines Zusatzes von Sublimat oder auch Essigsäure mit oder ohne Methylgrün, um ihn sichtbar zu machen.

I. *Leptodora hyalina*.

Dass zur Zeit der Eireife das Keimbläschen an die Oberfläche des Eies emporsteigt und dort verschwindet, ist schon vor geraumer Zeit von dem Einen von uns ¹⁾ gezeigt worden, und zwar sowohl für

¹⁾ WEISMANN, Ueber Bau und Lebenserscheinungen von *Leptodora hyalina*. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 24. 1874.

die parthenogenetischen Sommereier als für die befruchtungsbedürftigen Wintereier. Ob aber nun das Keimbläschen sich zu einer Kernspindel umwandelt, nachdem es die Oberfläche erreicht hat oder wie sonst sein Verschwinden zu deuten ist, darüber konnte damals noch kein Aufschluss gegeben werden.

Es ist nun seither gelungen, die Umwandlung des peripherisch liegenden Keimbläschens zu einer Kernspindel zu beobachten, und zwar zuerst 1880. Die Eier von *Leptodora hyalina* bieten die Möglichkeit, das Verschwinden des Keimbläschens direct am lebenden Thier zu beobachten. Man sieht das grosse kuglige oder eiförmige Keimbläschen, nachdem es in die Rinde des Eies emporgestiegen ist, im Laufe von drei Stunden allmählich blasser werden. Es braucht dabei nicht im geringsten seine Gestalt zu ändern, thut dies aber, wenn der Druck des Deckgläschens ein allzu starker ist, so dass die umgebenden Dotterkugeln gegen das Keimbläschen andrängen und es hier und da etwas einbuchten. Unter normaleren Verhältnissen aber geschieht dies nicht, der Umriss des Bläschens bleibt vielmehr völlig glatt, wird nur immer matter, nimmt dann vollständig das Aussehen einer der grossen mattglänzenden und farblosen Dotterkugeln an (Fig. 24 Taf. II) und verschwindet schliesslich dem beobachtenden Auge vollständig. Sein Platz wird dann aber nicht etwa von Dotterkugeln eingenommen, sondern es bleibt nach wie vorher ein heller Fleck zwischen den Dotterelementen, der sich von der angrenzenden Protoplasmarine des Eies durchaus nicht unterscheiden lässt; es sieht ganz aus, als habe sich das gesammte Keimbläschen langsam in Zellkörpersubstanz umgewandelt. Setzt man aber dann 2% Essigsäure zu, so erscheint dasselbe mit scharfem Contour wieder, granulirt, wie das umgebende Protoplasma, und hat man einige Minuten vom Verschwinden an verstreichen lassen, so erkennt man eine grosse deutliche Spindelfigur im Innern der Kugel, welche schräg zur Oberfläche des Eies steht (Fig. 25 Taf. II). Schon zur Zeit des Emporstiegens enthält das Keimbläschen häufig keinen eigentlichen Nucleolus mehr, wohl aber feine Körner, die unregelmässig zerstreut theils der Membran anliegen, theils mehreren äusserst blassen Binnenkugeln aufsitzen, den Resten des zerfallenen Nucleolus (Fig. 23). Alle diese Gebilde verschwinden mit dem Keimbläschen selbst (Fig. 24) und treten auch durch Essigsäure nicht wieder in die Erscheinung.

Der Vorgang ist bei Wintereiern ganz derselbe, wie bei Sommereiern, lässt sich aber bei beiden nicht bis zur Abschnürung des Richtungskörperchens verfolgen, weil dieselbe erst nach dem

Austritt des Eies in den Brutraum erfolgt. Dieser Austritt aber kann künstlich nicht erzwungen werden und geht überhaupt in Gefangenschaft nur ganz ausnahmsweise vor sich.

Dagegen aber gelang es, an einem frisch gefangenen Thier mit zwei eben ausgetretenen Sommereiern das Richtungskörperchen zu beobachten. Es lag unmittelbar unter der dünnen Schale, eingedrückt in die Oberfläche des Eies, war rundlich und liess sehr gut einen Kern erkennen. Am lebenden Ei war es nicht zu sehen, trat vielmehr erst auf nach Zusatz von alkoholischer concentrirter Sublimatlösung. Leider verunglückte das Präparat, so dass es nicht in Schnitte zerlegt werden konnte, und trotz aller Mühe gelang es später nie wieder, so junge Eier zu erhalten. In beiden Eiern war nur ein Richtungskörperchen vorhanden, jedes von 0,03 mm Durchmesser bei einem Eidurchmesser von 0,23 mm. Fig. 26 Taf. II. stellt eines der Eier dar in Oberflächenansicht; D Dotterkugeln, die häufig polygonal abgeplattet sind, Rk Richtungskörper. Die dünne Dotterhaut war schon vorhanden, wenn sie auch hier nicht sichtbar ist. Die Richtungszelle schwindet hier sehr früh. Das zweizellige Furchungsstadium kam uns nicht zur Beobachtung, wohl aber der Uebergang von diesem zum vierzelligen; Fig. 27 zeigt ein solches Sommerei nach Behandlung mit Sublimatalkohol und Färbung mit Methylgrün. Man sieht in der Tiefe des farblosen Dotters vier grün gefärbte Zellen, deren Kerne noch durch Spindelfasern paarweise verbunden sind. Die Zellkörper senden sternförmig Ausläufer nach allen Richtungen aus, die sich zwischen den Dotterkugeln verlieren. Fig. 28 gibt das achtzellige Stadium, welches sich von dem vorhergehenden wesentlich dadurch unterscheidet, dass die sternförmigen Zellen nun auf der Oberfläche des Eies liegen. Das Richtungskörperchen ist in beiden zuletzt erwähnten Stadien nicht mehr vorhanden; es hätte uns bei der angewandten Färbungsmethode nicht entgehen können, da alle protoplasmatischen Gebilde durch ihr starkes Grün von dem durchsichtigen, farblosen Dotter auffallend abstechen, und man überdies das kugelige Ei nach allen Richtungen bequem drehen kann. Das Ei ist auch so durchsichtig, dass man die auf der abgewandten Kugelfläche liegenden Zellen deutlich durchschimmern sieht (Fig. 28). In Fig. 29 ist das nächstfolgende Stadium bei stärkerer Vergrößerung dargestellt, so dass man sieht, wie die feinen Ausläufer der Zellen zusammenstossen und ein Netzwerk bilden, welches die Dotterkugeln zwischen sich fasst. Fig. 30 gibt ein noch weiter vorgerücktes Stadium.

2. *Bythotrephes longimanus*.

Auch in den kleinen und dotterlosen Eiern von *Bythotrephes* steigt das Keimbläschen bei Eintritt der Eireife in die Höhe, erblasst allmählich und verschwindet dem Auge. Sublimatlösung macht es dann wieder sichtbar und zeigt zugleich an Eiern, die frisch in den Brutraum übergetreten sind, den Beginn der Spindelbildung innerhalb des dann noch scharf hervortretenden Umrisses des Keimbläschens. Wir sahen dies an solchen Eiern, deren unverändertes Keimbläschen kurze Zeit vorher, als das Ei noch im Ovarium lag, beobachtet worden war, so dass kein Zweifel darüber herrschen kann, dass im Ovarium noch kein Richtungskörperchen abgetrennt wird. Erst fünf Minuten nach dem Austritt aus dem Ovarium ist die Richtungsspindel fertig, zeigt die „Kernplatte“ und steht senkrecht zur Oberfläche des Eies, welches jetzt bereits anfängt, eine dünne Dotterhaut abzuschneiden. Während dies geschieht, erfolgt die Theilung der Spindel, die periphere Hälfte bildet sich zu einem im Verhältniss zum Ei sehr grossen Richtungskörper aus, die centrale Hälfte wird zum Eikern, der bei dem parthogenetischen Ei zugleich Furchungskern ist. Fig. 10 Taf. I zeigt die beiden Kerne schon gebildet, aber noch durch einige Spindelfasern verbunden. Um den Furchungskern bilden sich schon wieder zwei neue Sonnen, die Pole der ersten Furchungsspindel. Leider kann man den ganzen Vorgang nicht im Zusammenhang an ein und demselben Ei beobachten, weil am lebenden Ei nichts von den Kernen zu erkennen ist; man ist also auf die Combinirung einzelner Stadien angewiesen. Wir haben dieselben aber in hinreichender Menge vor uns gehabt, so dass über die Deutung kein Zweifel bestehen kann.

Bei der Theilung des Furchungskerns zeigten die Spindelfasern in ihrer Längsmittle spindelförmige Anschwellungen, die Chromatinstäbchen, die sich mit Methylgrün färbten, und der helle Raum an den Polen der Spindel liess fünf oder sechs helle Blasen erkennen, in deren Innern ebenfalls ein färbbares Korn lag. Je drei davon sind in der Zeichnung sichtbar. Die Sonnen, welche von diesen Polen ausstrahlten, liessen sich bis an die Oberfläche des Eies verfolgen. In anderen Eiern von nahezu demselben Stadium traten trotz der gleichen Behandlung diese Gebilde an den Polen der Spindel nicht hervor. Die Richtungszelle (Rk) mit Kern bleibt unverändert und liegt in der Nähe des späteren animalen Pols des Eies. Der Eikörper theilt sich nach der Bildung der beiden

ersten Furchungskerne (Fig. 12—15), dann wandelt sich jeder Furchungskern wieder zur Spindel um, und das Ei theilt sich abermals und zwar senkrecht auf die erste Theilungsebene. Nun streckt sich auch die Richtungszelle in die Länge (Fig. 16 und 17) und theilt sich sammt Kern in zwei secundäre Zellen, worauf dann die eine von ihnen sich nochmals theilt. Diese drei kleinen Zellen liegen nun am animalen Pol des Eies in einer Lücke zwischen den vier hier mit ihren Spitzen zusammenstossenden Furchungszellen. Kurze Zeit nach vollendeter Viertheilung des Eies (Fig. 18) zeigen die Richtungskörperchen schon Zeichen rückschreitender Umwandlung; ihr Körper wird auffallend körnig und lässt den Kern nicht mehr deutlich, sehr deutlich dagegen noch die Kernkörperchen erkennen.

Während nun das Ei rasch heranwächst im nährenden Fruchtwasser des Brutraumes, werden die Richtungskörper immer kleiner und rücken mehr in die Tiefe zwischen den Furchungskugeln. Man findet dann stets nur zwei Körperchen, aber oft noch feine Zerfallkörnchen daneben, als ob ein drittes sich aufgelöst, oder als ob Theile von den beiden Körperchen sich losgelöst hätten (Fig. 19 und 20).

Noch im Stadium von 32 Furchungszellen erkennt man in dem axialen Hohlraum zwischen diesen die zwei winzigen, jetzt länglichen Richtungskörperchen; später sind sie verschwunden.

3. *Polyphemus Oculus*.

Bei dieser Art verhält sich alles ganz ähnlich, wie bei *Bythotrephes*. Die Sommererier sind auch hier fast dotterlos und sehr klein. Während das Ei noch im Ovarium liegt, findet die Umwandlung des Keimbläschens zur Richtungsspindel statt, wie Fig. 1 beweist, die Abschnürung der Richtungszelle erfolgt aber erst, nachdem das Ei in den Brutraum übergetreten ist und seine Dotterhaut gebildet hat. Auf dieselbe Weise, wie bei *Bythotrephes*, gelang es uns auch hier festzustellen, dass nur ein Richtungskörper vom Ei ausgestossen wird. Wir beobachteten an ein und demselben Thier die Entwicklung der Eier im Ovarium, sahen das Keimbläschen an der Oberfläche des Eies verschwinden, kurze Zeit darauf das Thier sich häuten, dann die Eier in den Brutraum austreten und konnten dann an den mit Sublimat zwei Minuten später getödteten Eiern die Richtungsspindel nachweisen (Fig. 2). Es ist also vollkommen

sicher, dass nicht etwa schon im Ovarium ein erstes Richtungskörperchen ausgestossen wird, was dann beim Austritt des hüllenlosen Eies verloren ginge. Uebrigens gehen die dem Ei anliegenden Gebilde auch gar nicht so leicht verloren. Zu unserer Ueberraschung beobachteten wir einmal ein Ei im Brutraum, welches die drei Nährzellen noch an sich trug als kleine, sehr blasse und schwer sichtbare Gebilde, die dem Ei dicht auflagen und jedenfalls innerhalb der Dotterhaut sich befanden (Fig. 4); denn das Ei hatte diese Dotterhaut bereits abgeschieden, hatte die Richtungszelle, Rk, schon ausgestossen und war in das erste Furchungsstadium eingetreten; in der Tiefe, halb bedeckt von der Richtungszelle, erkennt man die erste Furchungsspindel.

Die Dotterhaut ist gebildet, noch bevor die Richtungszelle sich ganz abgeschnürt hat; dies beweist Fig. 3, welche ein Stadium unmittelbar vor dieser Abschnürung darstellt. Die Fasern der schräg nach oben gerichteten Spindel sind theilweise noch erkennbar, das Richtungskörperchen, Rk, aber ist im Begriff, sich zu bilden, und der Furchungskern, Fk, ist bereits mit einem mächtigen Strahlenhof umgeben. Die Dotterhaut, Dh, ist sehr zart, aber vollkommen deutlich.

Wenn die Richtungszelle sich ganz losgelöst hat, besitzt sie einen rundlichen, manchmal auch in Spitzen ausgezogenen, also wohl amöboiden Körper von 0,008—0,010 mm Durchmesser und einen klaren, hellen Kern (Fig. 4, 5 und 6). Der Furchungskern wandelt sich dann rasch zur Spindel mit zwei polaren Sonnen um, und die erste Theilung des Eies beginnt. Fig. 5 zeigt ein Ei, bei dem die Strahlen der Sonnen sich bis an die Oberfläche des Eies erstrecken, und bei welchem bereits die erste Furche einseitig einschneidet. Die Richtungszelle liegt hier von vornherein an der Stelle, welche dem animalen Pol des Eies entspricht, ungefähr wenigstens. Sie theilt sich später in zwei Zellen, aber erst nach vollendeter Vierteltheilung des Eies (Fig. 7). In der einen dieser so entstandenen secundären Richtungszellen liess sich auch die Spindelfigur des Kerns nachweisen (Fig. 7), und in manchen Eiern fand man dann am animalen Pol in der Vertiefung zwischen den Spitzen der Furchungszellen zwei ganz gleich grosse Richtungszellen. Oft aber lag noch ein Zerfallkörnchen daneben, oder die zweite Zelle war schon wieder in einige Stücke zerfallen, die zu klein und zu ungünstig gelagert waren, als dass sich über ihre Zellnatur Sicheres hätte ausmachen lassen (Fig. 8). Wahrscheinlich sind es nur Zerfallproducte, denn

in den folgenden Furchungsstadien ist nichts mehr von ihnen, oder überhaupt von Richtungskörperchen mehr zu sehen; sie werden vollkommen resorbirt.

4. Die Gattung *Moina*.

Zwei Arten dienten zur Untersuchung, *Moina rectirostris* und *paradoxa*; bei beiden verläuft der Vorgang in derselben Weise. Die Gattung ist für die Untersuchung am frischen Material wohl die günstigste unter allen Gattungen der *Daphninae* und *Lynceinae*, weil ihre Sommereier kaum mehr Dotter enthalten, als die von *Polyphemus* oder *Bythotrephes*.

Die Abschnürung der Richtungszelle findet hier ein wenig früher statt, als bei den eben genannten Arten, nämlich schon im Ovarium, unmittelbar vor dem Austritt der Eier in den Brutraum. Dass dieses etwas frühere Eintreten des Vorgangs hier die Regel ist, dafür spricht die Beobachtung, dass Eier, die sofort getödtet wurden, nachdem sie eben in den Brutraum eingetreten waren, die Richtungszelle bereits aufwiesen, ja in einem Falle noch die Fasern der Kernspindel deutlich erkennen liessen, welche die Richtungszelle mit dem in der Tiefe gelegenen Furchungskern verbanden (Fig 21). Damit stimmt vollkommen die Beobachtung von GROBBEN¹⁾, der den von ihm schon gesehenen, und vermuthungsweise als Richtungskörper richtig gedeuteten Körper ebenfalls an dem frisch gelegten Ei schon vorfand. Er sagt darüber: „Zum sicheren Nachweis seiner Natur als Richtungskörper wäre nöthig, die Abstammung desselben vom Eikern aus zu beobachten. Dieser Process läuft aber schon im Ovarium ab, da das eben gelegte Ei den genannten Körper immer bereits an der Oberfläche trägt.“ Die Abschnürung der Richtungszelle im Ovarium lässt sich natürlich nur unter besonders günstigen Umständen wahrnehmen. Wir konnten aber in einem Fall ein unter dem Deckglas festgelegtes lebendes Thier mehrere Stunden hindurch beobachten, und sahen da, wie die Richtungsspindel, deren Bildung im Ovarialei wir an Präparaten bereits festgestellt hatten, in der Mitte des dem Rücken des Thieres zugewandten Eirands stark hervordrängte, und wie sich dann ein ziemlich grosser Protoplasmakörper von der Eizelle löste, in dessen Innern die Fasern der Kernspindel deutlich zu erkennen waren. Der Austritt erfolgte rasch und der grosse

¹⁾ C. GROBBEN, Die Embryonalentwicklung von *Moina rectirostris*. Arbeiten des Wien. zool. Instituts. Bd. 2. 1879.

Ballen des Richtungskörpers lag dann in einer ziemlich tiefen Nische des Eikörpers und ragte, von der feinen Tunica propria des Ovariums überzogen, in den Blutsinus der Rückengegend hinein, dicht anstossend an einen der schwingenden Fäden, an welchen das Herz aufgehängt ist. Durch heftige Bewegungen, die das Thier zu seiner Befreiung aus der Zwangslage anstellte, verschob sich dann die Richtungszelle und trat ganz aus der Nische, um bei einem abermaligen Ruck ganz dem Beobachter zu entschwinden. Normalerweise würde sie in der Nische geblieben sein und nach dem Ueberfließen des Eies in den Brutraum an der Ausscheidung der Dottermembran Theil genommen haben. Denn die Richtungszelle liegt auch hier immer unter der Eischale (Fig. 22), und da sie einen Theil der Oberfläche des Eies bildet, muss sie es sein, die an dieser Stelle die Schale ausscheidet.

Auch bei *Moina* ist die Zellnatur des Richtungskörpers nicht in Zweifel zu ziehen. Bei Sublimatbehandlung tritt der Kern vollkommen deutlich hervor, ja lässt zum öfteren noch Theile der Kernspindel erkennen. Ob die Richtungszelle auch hier sich später theilt und dann erst zerfällt, oder ob der Zerfall direct eintritt, haben wir nicht beobachtet.

5. Die Gattung *Daphnia*.

Alle bisher beobachteten Eier waren solche, die nur ein Minimum von Dotter enthielten. Es fragte sich weiter, ob die dotterreichen Sommereier, wie sie die grosse Mehrzahl der *Daphniden* besitzt, in Bezug auf die Richtungszelle sich ebenso verhalten wie diese. Konnte dies auch nur an einer Art gezeigt werden, so durfte dasselbe für die übrigen Arten mit dotterreichen Eiern mit grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden; jedenfalls war damit bewiesen, dass die Menge des Dotters keinen Einfluss auf die Richtungskörperbildung ausübt. Der Nachweis gelang indessen bei mehreren Arten und Gattungen.

Bei *Daphnia longispina*, deren Sommereier an den orangerothen Oeltropfen im grünen Dotter leicht von anderen Arten zu unterscheiden sind, lässt sich das Richtungskörperchen ganz wohl nach der oben angegebenen Methode nachweisen. Auf Eiern, die gerade eben in den Brutraum übergetreten sind, ist es allerdings noch nicht zu sehen, weil seine Abschnürung wie bei den meisten anderen *Daphniden* erst im Brutraum erfolgt; wartet man aber nur

eine geringe Zeit mit der Tödtung des Thieres, so findet man das Richtungskörperchen als eine grosse, fein granulirte, blasse, aber scharf begrenzte Zelle auf der Oberfläche des Eies, eingedrückt in den Eikörper und also dicht unter der Schale. Hat man unmittelbar nach der Abschnürung der Richtungszelle getödtet, so erkennt man nach Färbung mit Methylgrün sehr gut die Kernspindel im Innern der Zelle; später wandelt sie sich in den ruhenden Kern um (Fig. 37, Rk). Wurde das Thier unmittelbar nach dem Eintritt der Eier in den Brutraum getödtet, so findet man an der Stelle, an welcher später die Richtungszelle liegt, d. h. etwa in der Mitte zwischen dem Aequator des Eies und dem einen (vermuthlich dem animalen) Pol, einen grossen hellen Fleck im Dotter dicht unter der Oberfläche des Eies: die Richtungspindel. Wir bemühten uns, den Austritt der Richtungszelle selbst am lebenden Ei zu beobachten, allein vergeblich.

Um nun festzustellen, worauf es uns besonders ankam, dass nur ein primäres Richtungskörperchen sich ablöst vom Ei, legten wir zahlreiche Schnitte durch Thiere mit reifenden Eiern in den Ovarien. Niemals fanden wir in solchen Eiern eine Richtungsspindel, sondern entweder noch das Keimbläschen, peripherisch gelagert und im Beginn seiner Umwandlung, oder aber überhaupt nichts Deutliches. Es verhält sich also hier wie bei *Polyphemus* und *Bythotrephes*: es bildet sich nur eine Richtungsspindel, und diese entsteht unmittelbar vor dem Austritt des Eies oder vielleicht sogar erst nach demselben. Da nun im Brutraum nur eine Richtungszelle austritt, so wird also überhaupt nur eine von der Eizelle abgelöst.

Dagegen aber theilt sich diese eine primäre Richtungszelle später in zwei secundäre, ganz wie bei *Bythotrephes* und *Polyphemus*, und zwar geschieht dies auch hier nicht unmittelbar nach ihrer Abschnürung von der Eizelle, sondern erst, wenn bereits acht Furchungskerne vorhanden sind.

Da die ersten Stadien der Entwicklung bei den dotterreichen Daphnideneiern noch nie beschrieben wurden, so wollen wir hier eine kurze Darstellung derselben geben.

Kurz nach dem Austritt der Richtungszelle findet man bei einem in Sublimatlösung getödteten und mit Methylgrün gefärbten Ei gerade unter derselben in der Tiefe des Dotters die erste Furchungsspindel (Fig. 37); ihre Längsaxe ist nach den Polen des Eies gerichtet, die Spindel liegt aber nicht genau in der Längsaxe des Eies, sondern parallel neben derselben, verdrängt durch den orangerothern grossen

Oeltropfen (Fig. 37, Oel). Uebrigens wechselt diese Lage in verschiedenen Eiern, und nur die Richtung der Spindel ist immer dieselbe. Die beiden ersten Furchungskerne stellen sich dann in die Längsaxe des Eies und fassen den Oeltropfen zwischen sich. Darauf bildet sich jeder derselben abermals zur Spindel um, deren Längsaxe rechtwinklig zu der des Eies steht (Fig. 39). Die Sonnen an den Polen der Spindeln lassen sich oft schon am lebenden Ei erkennen, die folgenden Stadien aber sind auch mit Sublimatbehandlung nicht mehr deutlich sichtbar zu machen. In allen diesen Stadien liegen übrigens die Kerne nicht nackt im Dotter, sondern eingehüllt von einem Protoplasmakörper, der im Ganzen eiförmig gestaltet ist, aber wie bei den ersten Furchungszellen von *Leptodora* zahlreiche verzweigte Ausläufer zwischen die Dotterkugeln hineinschickt. Wir haben die Embryonalentwicklung nur bis zum vierzelligen Stadium genauer verfolgt und können deshalb nicht angeben, in welchem der folgenden Stadien die Furchungszellen an die Oberfläche des Eies steigen.

Die Richtungszelle theilt sich gegen Ende des vierzelligen Stadiums, vielleicht öfters auch erst später, und zwar, nachdem vorher ihr Kern die Spindelform angenommen hat (Fig. 39, Rk). Die beiden secundären Richtungszellen bleiben dicht neben- und halb übereinander liegen (Fig. 40, Rk); in späteren Stadien waren sie nicht mehr aufzufinden.

Gerade bei *Daphnia longispina* glaubte LEYDIG¹⁾ schon vor langen Jahren einmal Richtungskörperchen beobachtet zu haben. Er sah unmittelbar nach dem Uebertritt der Sommereier aus dem Ovarium in den Brutraum und nach deren Zusammenziehung zur Eiform „einige blasse Kügelchen an dem einen Pol ausserhalb der Eischale“ auftreten „ganz vom Character jener unter dem Namen ‚Richtungsbläschen‘ beschriebenen Gebilde“. Dass es sich indessen dabei um etwas Anderes handelte, wahrscheinlich um ausgetretene Dotterbestandtheile, geht schon daraus hervor, dass diese Kügelchen mehrere waren, ferner, dass sie ausserhalb der Eischale lagen, weiter, dass sie am Pol des Eies auftraten, und schliesslich, dass sie zu einer Zeit auftraten, wo die Richtungszelle sich noch nicht vom Ei ablöst. Wir würden diese Darlegung für überflüssig gehalten haben einer so unbestimmten und gelegentlichen Notiz gegenüber, wenn wir nicht

¹⁾ LEYDIG, Naturgeschichte der Daphniden. Tübingen 1860.

durch den Beobachter selbst darauf hingewiesen worden wären, der derselben besonderen Werth beizulegen scheint.

6. *Daphnella brachyura*.

Bei den dotterreichen Sommereiern dieser Sidine geht die Umwandlung des Keimbläschens zur Richtungsspindel ganz ähnlich vor sich, wie bei *Daphnia*; nur die Lage der Spindel ist eine etwas andere, wenigstens beobachteten wir dieselbe genau am Pol des Eies und dort findet man später auch die Richtungszelle (Fig. 32 und 34 Taf. II). Diese letztere schnürt sich vom Ei zur selben Zeit ab, wie bei *Daphnia*, d. h. einige Minuten nach dem Eintritt des Eies in den Brutraum und nach der Bildung der dünnen Eischale. Sowohl die Richtungsspindel als die Richtungszelle lassen sich am lebenden Ei durchaus nicht erkennen, ganz wohl aber nach Tödtung des Eies mit Sublimatlösung und Färbung mit Methylgrün. Auch der Kern der Richtungszelle tritt dann ganz deutlich hervor. Die Zelle liegt ganz auf der Oberfläche des Eies, eingedrückt in die spärliche protoplasmatische Rindenschicht, welche sich zu dieser Zeit am Pol des Eies angesammelt hat; es bleibt kein freier Raum zwischen ihr und der Schale.

Der Furchungsprocess verläuft zuerst in der Tiefe des Dotters. Fig. 35 Tafel III zeigt die erste Furchungsspindel, welche nicht genau in der Längsaxe des Eies liegt, sondern durch den „Oeltropfen“ wie bei *Daphnia* etwas von ihr abgedrängt wird. Die erste Theilungsebene steht also senkrecht auf der Längsaxe. Es bilden sich so die zwei ersten Furchungskerne, die von protoplasmatischen Zellkörpern umhüllt sind. Die zweite Theilung erfolgt ebenfalls noch in der Tiefe des Dotters, dann aber kommen die Furchungszellen an die Oberfläche. Fig. 33 zeigt ein Ei mit acht amöboiden Furchungszellen, die zahlreiche kurz verästelte Ausläufer nach allen Seiten aussenden, Anastomosen bildend und die Dotterkugeln umfassend und einschliessend. Das Richtungskörperchen, Rk, liegt noch an seiner ursprünglichen Stelle, zeigt sich aber trüb und körnig, vermuthlich also schon im Beginne des Zerfalles. Eine regelrechte Theilung desselben konnten wir hier nicht feststellen.

7. *Sida crystallina*.

Die grossen und dotterreichen Eier von *Sida* setzen der Beobachtung bedeutende Hindernisse entgegen. Doch gelang es uns,

festzustellen, dass an Eiern, die sich in den ersten Stadien der Furchung befinden, eine relativ grosse Richtungszelle in der Nähe des einen, vermuthlich des animalen Poles des Eies liegt. Die Zelle ist auch hier unmittelbar an die Eischale angepresst und eingedrückt in die Rindenschicht des Eies. Fig. 36, Taf. III zeigt die Richtungszelle, Rk, eines Eies, das bereits vier Furchungskerne enthält, die indessen durch die dicke Schicht des Dotters auch mit Reagentien nur unklar, wenn auch mit Sicherheit, zu erkennen waren. Die Dotterhaut, Dh, ist längst gebildet und die Lage des Richtungskörpers entspricht genau der von *Daphnia*, wie denn auch der ganze Bau des Eies vollkommen mit dem von *Daphnia* zusammentrifft.

Die parthenogenetischen Eier der Ostracoden.

Es ist zuerst durch den Einen von uns Parthenogenese bei den Ostracoden nachgewiesen worden ¹⁾ und zwar im Jahre 1880. Derselbe zeigte damals, dass Parthenogenese in ausgedehnter Weise bei den Süßwasser-Ostracoden vorkommt, dass es zahlreiche Arten gibt, welche sich ausschliesslich auf diesem Wege fortpflanzen, andere, bei welchen periodisch zweigeschlechtliche Fortpflanzung mit eingeschlechtlicher abwechselt und schliesslich auch ganz wenige Arten, welche sich stets nur zweigeschlechtlich fortpflanzen.

Kurze Zeit darauf wurden diese Angaben von WILHELM MÜLLER ²⁾ bestätigt, der ganz unabhängig ähnliche Züchtungsversuche angestellt hatte und zu den gleichen Resultaten gekommen war. Vorher war nichts von Parthenogenese bei den Ostracoden bekannt gewesen, in keinem der zoologischen Lehrbücher ist auch nur eine Andeutung davon enthalten. Der Einzige, der an die Möglichkeit derselben bei Ostracoden gedacht hatte, war GERSTÄCKER, der in seinem umfassenden und sorgfältig bearbeiteten Sammelwerk ³⁾ über unser heutiges Wissen von den Crustaceen, gestützt auf eine alte, längst vergessene Angabe JURINE'S, die Möglichkeit, dass Parthenogenese bei

¹⁾ WEISMANN, Parthenogenese bei den Ostracoden. Zoolog. Anzeiger 1880, pag. 82.

²⁾ W. MÜLLER, Beitrag zur Kenntniss der Fortpflanzung und der Geschlechtsverhältnisse der Ostracoden etc. Zeitschr. f. d. ges. Naturwissenschaft, Bd. 53. 1880.

³⁾ JURINE, Histoire des Monocles. Genève 1820.

den Ostracoden vorkommen könne, wenn auch nur gelegentlich, erwogen hatte. Die betreffende Stelle bei JURINE lautet folgendermassen: „Nachdem ich die Eierpackete unmittelbar nach ihrem Austritt aus dem weiblichen Körper gesammelt und isolirt“ (das heisst also wohl: vor der Befruchtung durch Männchen geschützt) „aufbewahrt hatte, sah ich die Jungen aus den Eiern hervorgehen; von diesen gleichfalls abgesonderten Jungen erhielt ich ohne Intervention männlicher Individuen eine zweite Nachkommenschaft.“ Das ist Alles, was bei JURINE darüber vorkommt. Mit Recht findet GERSTÄCKER in dieser Angabe eine Aufforderung, die Fortpflanzung der Ostracoden auf Vorhandensein von Parthenogenese zu prüfen, mit Recht aber auch betont er, „dass diese Angabe in ihrer Kürze natürlich die parthenogenetische Fortpflanzung der Cypriden nicht zur Evidenz nachweise und ausser Zweifel stelle“. Dies geht schon daraus hervor, dass die Angabe nicht klar erkennen lässt, ob die Jungen einzeln aufbewahrt wurden, oder nur gegen andere Individuen abgesondert, wie ja auch schon vorher das Wort „isolirt“ offenbar in dem letzteren Sinne gemeint ist. JURINE vermochte noch nicht, männliche und weibliche Individuen bei den Cypriden zu unterscheiden; er sagt dies ausdrücklich und beschreibt ziemlich deutlich die sogenannte „Schleimdrüse“ der Männchen als einen Theil des weiblichen Thieres. Ebenso wenig kannte er das Receptaculum seminis der Weibchen, noch wusste er, dass ein isolirtes Weibchen sehr wohl befruchtete Eier ablegen kann, wenn sein Receptaculum mit Samen gefüllt ist. In seinem Versuch hätte also sehr wohl die erste Generation aus befruchteten Eiern hervorgegangen sein können, die zweite aber aus Männchen und Weibchen bestanden haben, von denen die Männchen nur nicht als solche erkannt worden wären. Nach unserer heutigen Kenntniss von der Fortpflanzung der Ostracoden werden wir es allerdings für wahrscheinlicher halten, dass dem nicht so war, dass vielmehr JURINE wirklich Parthenogenese vor sich hatte, und zwar schon aus dem Grunde, weil JURINE nicht angibt, mit welcher Art er experimentirte, weil aber die parthenogenetischen Arten ungleich zahlreicher sind als diejenigen mit sexueller Fortpflanzung. Einen Beweis aber für das Vorkommen von Parthenogenese bei den Ostracoden hat JURINE nicht erbracht, und es ist deshalb nicht gerechtfertigt, wenn W. MÜLLER sich das Verdienst der Mitentdeckung der Parthenogenese bei den Ostracoden abspricht, indem er dieselbe JURINE zuschreibt.

Als später, 24 Jahre nach JURINE, ZENKER¹⁾ die Geschlechtsorgane der Ostracoden genau kennen lernte, und bei den Weibchen überall ein Receptaculum seminis, und in vielen Fällen darin auch den Samen der Männchen auffand, da war seine Folgerung nur sehr natürlich, bei diesen Thieren eine ausschliesslich sexuelle Fortpflanzung anzunehmen und geradezu den Satz aufzustellen, dass „ein Cyprisweibchen ohne vorherige männliche Begattung niemals reife Eier ablege“. Wohl war es diesem ausgezeichneten Beobachter aufgefallen, dass bei vielen Arten die Männchen nicht auffinden lassen wollten, so z. B. bei der grössten einheimischen Art, *Cypris pubera*, allein er half sich mit der Annahme, „dass die Männchen verhältnissmässig sehr selten seien und zur Befruchtung einer grossen Zahl von Weibchen ausreichten“. Die Anschauungen ZENKER'S blieben dann massgebend für die ganze folgende Zeit.

In Wahrheit verhält sich nun die Sache so, dass bei zahlreichen Arten überhaupt keine Männchen mehr vorkommen, wenigstens nicht auf dem bisher untersuchten Wohngebiet, dass die Weibchen dieser Arten ihr Receptaculum seminis zwar noch unverändert und in voller Ausbildung besitzen, dass es aber zeitlebens leer bleibt, und die Fortpflanzung auf rein parthenogenetischem Wege vor sich geht.

Von diesen rein parthenogenetischen Kolonien haben wir nun mehrere auf die Reifeerscheinungen des Eies geprüft und sind bei allen zu demselben Resultat gelangt. Kurz gefasst lautet es: es wird auch hier eine einzige Richtungszelle abgelöst, dann aber beginnt die Furchung.

Um Wiederholungen zu vermeiden, schildern wir die Vorgänge nur von einer der untersuchten Arten, von der etwa 3—4 mm langen *Cypris reptans*.

Diese Art klebt die Eier an Pflanzen oder Steinen fest, und im ersteren Fall ist es möglich, dieselben mit den betreffenden Pflanzentheilen zu härten und in Schnitte zu zerlegen. Die Eier wurden in heissem Alkohol getödtet, dann gehärtet, der Kalk der Eischale mit Säure ausgezogen, und schliesslich die erhaltenen Schnitte gefärbt, meist mit Pikrokarmine und Hämatoxylin.

Es ist unerlässlich, die bereits abgelegten Eier zu untersuchen, nicht bloss die in dem Eileiter enthaltenen, weil die Ausstossung

¹⁾ ZENKER, Ueber die Geschlechtsverhältnisse der Gattung *Cypris*. Arch. f. Anat. u. Phys. 1850. pag. 193, und: Monographie der Ostracoden. Arch. f. Naturg. Bd. 20. pag. 1. 1850.

des Richtungskörpers niemals schon im mütterlichen Thier erfolgt. Im Eileiter beginnt zwar das Keimbläschen schon seine Umwandlung, aber es vollendet sie nicht. Fig. 51—53 zeigen die Veränderungen vor der Ablage des Eies. In dem Schnitt Fig. 51 ist das Keimbläschen noch unverändert, in Fig. 52 ist seine Membran geschwunden, es liegt aber noch central und macht oft den Eindruck einer amöboiden Zelle, indem kurze, zackige Fortsätze es höckerig erscheinen lassen. Bei etwas älteren Eiern (Fig. 53) findet man es dann nahe der Oberfläche des Eies und von unregelmässiger Gestalt, die wohl auch auf activen Formenwechsel hindeutet. Niemals fanden wir ein Eileiterei weiter vorgeschritten; in diesem Stadium also werden sie abgelegt.

Fig. 54—59 geben dann die weitere Entwicklung. In dem Ei von Fig. 55 erkennt man an Stelle des Keimbläschenrestes eine wohlausgebildete Richtungsspindel, Rsp, in der die Chromatinstäbchen bereits an die Pole gerückt sind. In Fig. 56 hat sich eine Richtungszelle, Rk, abgeschnürt, und liegt, wie bei den meisten Daphniden und Räderthieren der Eischale dicht an, eingesenkt in den Eikörper. Im Mittelpunkt des Eies sieht man einen zweiten, grossen kugligen Kern, den Furchungskern, der auch hier als sicheres Zeichen gelten darf, dass eine zweite Richtungsspindel und ein zweites primäres Richtungskörperchen nicht gebildet wird. Die Furchung beginnt nun, der Furchungskern wandelt sich zur ersten Spindel um (Fig. 47, Fk) und es erfolgt die Theilung des gesammten, dotterreichen Eies in die zwei ersten Furchungszellen (Fig. 58). Die Richtungszelle liegt noch ungetheilt am einen Pol in der Theilungsebene. Im Stadium von 16 Zellen (Fig. 59) fanden wir die Richtungszelle in zwei secundäre Richtungskörper, Rk, getheilt; weiter haben wir die Entwicklung für jetzt nicht verfolgt.

Die parthenogenetischen Eier der Räderthiere.

LEYDIG¹⁾ glaubte seiner Zeit bei den Eiern von Räderthieren den directen Uebergang des Keimbläschens in die beiden Kerne der ersten Furchungskugeln gesehen zu haben, aber HUXLEY²⁾ hatte schon 1852 das Verschwinden des Keimbläschens beobachtet und

¹⁾ Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool. Bd. 3. 1851.

²⁾ Transact. mikrosk. Soc. N. S. I. 1853.

FLEMMING¹⁾ stellte die Richtigkeit dieser Beobachtung allen Zweifeln gegenüber fest. Somit wusste man so viel, dass das Keimbläschen hier, wie bei so vielen anderen Eiern eine Umwandlung erleidet, ob aber dieselbe analog der sonst allgemeinen erfolgt oder anders, das konnten auch die darauf folgenden Untersuchungen BÜTSCHLI'S²⁾ noch nicht entscheiden, der zwar nach dem Verschwinden des Keimbläschens das Auftreten eines neuen „excentrisch gelegenen Kerns“ beobachtete, aber weder den genetischen Zusammenhang dieses Furchungskerns mit dem Keimbläschen, noch die Bildung eines Richtungkörpers feststellen konnte.

Es war der neuesten Zeit vorbehalten, die Richtungkörper der Räderthiere zu entdecken, und zwar wurden kurze Zeit nacheinander mehrere dahin zielende Beobachtungen bekannt. So beschrieb 1883 ein französischer Beobachter, BILLET³⁾, ein Richtungkörperchen am Ei von *Philodina roseola*, dann — ohne von dieser Beobachtung zu wissen — beobachtete TESSIN⁴⁾ eine Kernspindel nahe der Oberfläche eines reifen Eies von *Eosphora digitata*, die er als Richtungsspindel mit Recht ansprach; es gelang ihm indessen nicht, auch den Richtungkörper selbst zu sehen. Schliesslich fand PLATE⁵⁾, dass das Ei eines neuen parasitischen Räderthiers, *Paraseison asplanchnus*, aus dem Golf von Neapel nach seiner Ablage 1—2 Richtungkörper enthält. „Meist war nur ein Richtungkörper mit deutlichem Kern vorhanden; war ein zweiter gebildet worden, so zeigte er stets geringere Grösse.“

Aus diesen Beobachtungen geht so viel mit Sicherheit hervor, dass auch bei Eiern von Räderthieren Richtungkörper gebildet werden. Dagegen blieb es ungewiss, ob die Ausstossung von Richtungkörpern etwa nur bei befruchtungsbedürftigen Eiern stattfindet, oder auch bei parthenogenetischen, und natürlich noch ungewisser, ob etwa ein Unterschied in der Zahl der ausgestossenen primären Richtungkörper bei parthenogenetischen und bei befruchtungsbedürftigen Eiern vorkommt. Die Parthenogenese stand eben selbst

¹⁾ Studien in der Entwicklungsgeschichte der Najaden. Wien. Sitzungsberichte. Bd. 71.

²⁾ Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zelltheilung und Conjugation der Infusorien. Senckenberg. naturf. Gesellschaft. Abhandl. Bd. 10. 1876. pag. 35.

³⁾ Bull. Sc. Dép. Nord, 6. Année. 1883. pag. 1—10 u. 69—84.

⁴⁾ Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 44. pag. 273. 1886.

⁵⁾ Mittheil. d. zoolog. Station Neapel. Bd. 7. pag. 234. 1887.

noch nicht fest, wenn sie auch recht wahrscheinlich war. Das Fehlen der Männchen während der Sommerzeit deutete auf parthenogenetische Entwicklung der Sommereier hin, allein Sicherheit gab es nicht, da die zwerghaften Männchen möglicherweise übersehen sein konnten. Gibt doch noch 1883 JOLIET¹⁾ bestimmt an, dass die von ihm entdeckten Männchen von *Melicerta* ringens keineswegs so selten seien, als man bisher für die Räderthiermännchen im Allgemeinen angenommen hatte. Er bestreitet die alte Angabe COHN's²⁾, dass die Sommereier sich parthenogenetisch entwickeln, und dass nur die Wintereier befruchtet werden. „Zwischen der Entwicklung der unbefruchteten und der befruchteten Eier existirt höchstens der Unterschied, dass bei den letzteren vielleicht Richtungskörper ausgestossen werden.“ „Alle drei Arten von Weibchen“ — nämlich diejenigen, welche männliche Sommereier, weibliche Sommereier, oder welche Wintereier hervorbringen — „sind fähig, befruchtet zu werden, allein bei allen drei Arten gibt es eine grosse Anzahl von Individuen, die nicht befruchtet werden, die aber doch entwicklungs-fähige Eier legen.“

Nach JOLIET's Ansicht würde man also keinem Räderthierei ansehen können, ob es sich parthenogenetisch entwickelt oder geschlechtlich, weil alle Eiarten befruchtet werden, alle sich auch parthenogenetisch entwickeln können.

Die umgekehrte Ansicht hat PLATE³⁾ in seiner ersten Arbeit über Räderthiere vertreten. Auch er stimmte nicht der bis dahin noch allgemein verbreiteten, auf COHN's Beobachtungen sich stützenden Anschauung bei, nach welcher es sich bei den Rotatorien ebenso verhalten würde, wie bei Daphniden und Aphiden, d. h. nach welcher die Sommereier sich parthenogenetisch, die Wintereier nur nach Befruchtung entwickeln würden. PLATE bestreitet, dass überhaupt irgend welche Eier der Rotatorien heute noch befruchtet würden, deutet die in ihrem Körperbau bekanntlich stark reducirten Männchen als in phyletischem Verschwinden begriffen, und meint, dass der Samen, der nach seiner Beobachtung in die Leibeshöhle der Weibchen ergossen werde, dennoch nicht zur Befruchtung der

1) JOLIET, Monographie des *Mélicertes*. Arch. Zool. expér. et génér. 2. T. I. pag. 131. 1883.

2) COHN, Die Fortpflanzung der Räderthiere. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 7. 1856. pag. 431.

3) PLATE, Beiträge zur Naturgeschichte der Rotatorien. Jen. Zeitschrift. Bd. 12. 1885.

Eier verwendet werde. Er nimmt also parthenogenetische Entwicklung für alle Eier der Räderthiere an. Damit stimmt es aber nicht wohl, wenn er neuerdings bei *Paraseison*, einem auf *Nebalia* schmarotzenden Räderthier, Männchen nachweist, die mit Mund und Darm versehen, also nicht „rudimentär“ sind, ja deren Anzahl nicht allzuweit hinter der der Weibchen zurückbleibt, indem auf je sechs Weibchen ein Männchen kommt. Die Männchen scheinen sogar eigenthümliche Spermatophoren hervorzubringen. Dem gegenüber kann es nicht hoch angeschlagen werden, wenn es nicht gelingen wollte, Samen oder Spermatophoren im Inneren der Weibchen nachzuweisen, wie denn auch in Bezug auf jene Fälle, in welchen bei gewissen Arten Samenfäden in der Leibeshöhle der Weibchen beobachtet wurden, doch selbst einem so scharfsichtigen Beobachter wie PLATE nicht ohne Weiteres zugegeben werden kann, dass diese Spermatozoen gänzlich ausser Stand gewesen wären, zu den im Ovarium reifenden Eiern hinzugelangen. Durchbohren doch Samenfäden gelegentlich viel dickere und resistenter Hüllen als die zarte Haut, welche die Wand des Räderthierovariums bildet.

Man sieht: unsere Kenntnisse über die Fortpflanzungsverhältnisse der Räderthiere sind noch weit von einer vollständigen Klärung entfernt. Wollte man also den in vorliegender Abhandlung zu beweisenden Satz, dass parthenogenetische Eier ebenfalls Richtungskörper abschnüren auch durch Beobachtungen an Räderthieren erhärten, so musste man zunächst zeigen, dass bei ihnen überhaupt Parthenogenese vorkommt, und dann feststellen, wie diejenigen Eier sich in Bezug auf Richtungskörperbildung verhalten, deren parthenogenetische Entwicklung nachgewiesen war.

Dies ist uns nun auf folgendem Wege gelungen.

Von *Callidina bidens*, einem Räderthier aus der Familie der Philodineen, wurde ein Weibchen auf dem Objectträger isolirt, welches zwei Embryonen im Uterus trug; so z. B. am 9. November 1886. Am 10. November wurde ein Junges geboren, welches in seinem Uterus bereits ein in Segmentirung begriffenes Ei enthielt. Am 12. November war dieses Ei zum Embryo entwickelt und im Uterus befand sich zugleich noch ein zweites Ei in Furchung. Auch das zweite Ei der Mutter hatte sich am 10. November zu einem Embryo entwickelt, der bei seiner Geburt bereits ein in Furchung befindliches Ei enthielt.

Ausser dieser wurden noch drei andere ähnliche Beobachtungen mit demselben Resultat angestellt. Wenn noch hinzugefügt wird,

dass von Samenelementen in der Leibeshöhle der Mutterthiere nichts zu sehen war, so dürfte wohl der Beweis damit erbracht sein, dass diese Sommereier sich parthenogenetisch entwickelten. Auch der allgemeinere Satz dürfte gestattet sein, dass Sommereier von Rädertieren sich auf parthenogenetischem Wege zu weiblichen Individuen entwickeln können. Ob aber alle Sommereier sich unbefruchtet entwickeln, das muss einstweilen noch dahingestellt bleiben.

Gerade deshalb ist es besonders angenehm, dass uns der Nachweis von der Bildung von Richtungskörpern auch gerade bei der Art gelang, bei der die parthenogenetische Entwicklung der Sommereier festgestellt worden war.

Fig. 49 auf Tafel IV gibt die Abbildung eines noch im Uterus enthaltenen Sommereies einer *Callidina bidens*, nach dem Leben gezeichnet. Auf der Oberfläche des Eies liegt eine Richtungszelle, Rk, in der Tiefe, scheinbar nur dicht daneben, der Furchungskern, Fk. Fig. 50 stellt dasselbe Ei dar, nachdem es durch Druck des Deckgläschens etwas abgeplattet worden war, ebenfalls nach dem lebenden Thier gezeichnet. Man erkennt jetzt deutlich, dass die Richtungszelle, ganz wie beim Daphnidenei, dicht unter der Dotterhaut liegt, eingesenkt in den Eikörper, und bemerkt in dem Furchungskern zwei parallele Reihen von zusammen neun Chromatinballen, welche andeuten, dass der Kern sich in Karyokinese befand. Die Spindel liess sich indessen nicht erkennen, und der Versuch, das Ei nach Tödtung des Thieres zu färben, verunglückte.

Fig. 41—48 zeigen dann die Reifungs- und ersten Entwicklungserscheinungen auf Schnitten und zwar vom Sommerei von *Conochilus volvox*. Fig. 41 zeigt das reife Ei mit den ihm aufsitzenden Nährzellen, Nz; das Keimbläschen ist im Beginn der Karyokinese und zwar im Knäuelstadium. Fig. 42 zeigt dann das zur Richtungsspindel umgewandelte Keimbläschen mit der bereits gegen die Pole hin auseinandergerückten Aequatorialplatte. In Fig. 43 hat sich die Richtungszelle bereits abgeschnürt, und der einzige im Ei befindliche Kern liegt central, ein Beweis, dass er als Furchungskern anzusehen ist und dass eine zweite Richtungsspindel sich nicht bildet. In Fig. 44 hat der Furchungskern Bläschenform angenommen und man sieht nur feinste Körnchen in seinem Innern. In Fig. 45 ist der Kern bedeutend gewachsen und in seinem Innern liegt eine wenig verschlungene Schleife des Kernfadens mit einer Reihe von Chromatinballen. Das Richtungskörperchen ist schon im Schwinden begriffen, Rk. Fig. 46 zeigt dann das Ei während der ersten Kern-

theilung; der eine Kern, Fk', befindet sich wieder im Knäuelstadium, der andere, Fk'', noch nicht. Vom Richtungskörper ist jetzt schon nichts mehr vorhanden, im Gegensatz zu der Beobachtung PLATE'S, der bei Paraseison den oder die Richtungskörper noch zu einer Zeit vorfand, als der Embryo schon gebildet war. Dieser Unterschied wird wohl nicht auf einem Uebersehen desselben unsererseits beruhen, sondern vielleicht auf der Verschiedenheit der Eiform. Bei Paraseison ist das Ei länglich und der Richtungskörper liegt in dem verjüngten Ende desselben, der vom Embryo selbst nicht erfüllt ist; bei *Conochilus* hingegen füllt der Embryo die Schale aus und es bleibt kein freier Raum, in dem der Richtungskörper längere Zeit unbehelligt ausharren könnte.

Nach diesen Beobachtungen wird also der Satz als gesichert anzusehen sein, dass bei den parthenogenetischen Eiern der Räderthiere ein einziges primäres Richtungskörperchen gebildet wird.

Zusammenfassung der Beobachtungen an parthenogenetischen Eiern.

Bevor wir eine Uebersicht der hier mitgetheilten Beobachtungen geben, muss noch angeführt werden, dass inzwischen auch bei Insekten ein Fall bekannt geworden ist, in welchem von dem parthenogenetischen Ei ein Richtungskörper gebildet wird, ein Fall, der um so werthvoller ist, als zugleich von derselben Thiergruppe zwei primäre Richtungskörper für die befruchtungsbedürftigen Eier nachgewiesen werden konnten. Wir sprechen von den vor Kurzem veröffentlichten Beobachtungen BLOCHMANN'S¹⁾ an den Winter- und Sommeriern von Blattläusen.

Allerdings muss gesagt werden, dass, wenn keine andere Beobachtungen über die Einzahl des Richtungskörpers bei parthenogenetischen Eiern vorlägen, als diese Beobachtungen an den Sommeriern von Aphiden, der Beweis für diese Einzahl kaum als mit Sicherheit erbracht angesehen werden könnte, so wenig etwa, als wenn wir nur die Eier von *Sida crystallina* untersucht hätten. Bei *Sida* konnte nur festgestellt werden, dass ein einziger Richtungskörper in den frühesten Stadien der Furchung vorhanden ist. Dies

¹⁾ Ueber die Richtungskörper bei Insekteneiern. Morph. Jahrb. Bd. 12. pag. 544. 1887.

würde die Möglichkeit, dass später noch ein zweiter solcher Körper gebildet werden könnte, allerdings ausschliessen, nicht aber die, dass nicht vorher schon ein erster Richtungskörper gebildet worden war und dann verloren ging, wie dies ja z. B. von GROBBEN für die befruchtungsbedürftigen Eier von *Cetochilus septentrionalis* angegeben wird. Da indessen die Richtungszelle bei *Sida* ganz mit der der übrigen Daphniden übereinstimmt in Grösse, Gestalt, Lage und Zeit des Auftretens, und da bei allen übrigen festgestellt werden konnte, dass dieser eine Richtungskörper der einzige ist, und dass selbst dann, wenn derselbe sich schon im Ovarium bildet, wie bei *Moina*, er dennoch niemals verloren geht, so ist ein Zweifel daran, dass auch bei *Sida* nur der eine beobachtete primäre Richtungskörper gebildet wird, nicht mehr zulässig.

Bei den beiden von BLOCHMANN untersuchten Aphiden könnte man ebenfalls Bedenken erheben, da darin, dass ein zweiter Richtungskörper nicht gefunden wird, noch kein Beweis liegt, dass er nicht dennoch vorhanden war. Die auf Schnitte angewiesene Untersuchung schloss eine continuirliche Beobachtung desselben Eies aus, ja da die ganzen Thiere geschnitten werden mussten, so war es nicht einmal möglich, das Stadium, in welchem ein Ei sich befand, im Voraus zu kennen. Man könnte also einwerfen, dass sich einem Ei, welches einen Richtungskörper aufweist, nicht ansehen lasse, ob nicht vorher schon ein anderer dagewesen und wieder zu Grunde gegangen sei, ganz abgesehen davon, dass Ungleichheiten der Schnitte einen so kleinen Körper sehr wohl auch verdecken oder entfernen können. Haben doch ausgezeichnete Beobachter, wie BÜTSCHLI, der freilich vor längerer Zeit und mit den damals noch unvollkommenen Methoden darüber arbeitete, und auch neuere Beobachter, wie WILL und WITLACZIL, auch das eine Richtungskörperchen BLOCHMANN'S nicht entdecken können.

Dem ist indessen entgegenzuhalten, dass ein Entweichen eines Körpers hier nicht möglich ist, und dass eine so frühe Auflösung eines ersten Richtungskörpers noch nirgends beobachtet wurde. Dennoch würde man allein auf diese Beobachtung hin wohl mit Recht Bedenken tragen, das Vorkommen von nur einem Richtungskörper beim parthenogenetischen Ei der Aphiden für unzweifelhaft sicher zu halten, und BLOCHMANN hat sich deshalb auch ganz richtig darauf beschränkt, hervorzuheben, dass er „stets nur einen Richtungskörper gefunden habe im Gegensatz zu den befruchteten Eiern der drei anderen Insektenarten, wo sich mit derselben Constanz zwei resp.

drei Richtungskörper“ finden. Da wir indessen durch die vorher angeführten Beobachtungen an Daphniden, Ostracoden und Rädertieren wissen, dass alle parthenogenetischen Eier, die bis jetzt darauf geprüft wurden, nur ein Richtungskörperchen ausstossen, so wird angenommen werden dürfen, dass auch bei den Aphiden das Fehlen eines zweiten Richtungskörpers nicht auf einem Beobachtungsfehler oder auf der Ungunst des Untersuchungsobjectes beruht, sondern darauf, dass ein zweiter Körper auch hier nicht gebildet wird.

Wenn wir nun alle Beobachtungen über die Bildung von Richtungskörpern bei parthenogenetischen Eiern zusammenstellen, welche bis jetzt vorliegen, so erhalten wir folgende kleine Liste.

Nur ein primärer Richtungskörper wurde festgestellt für die parthenogenetischen Eier von:

1. *Polyphemus Oculus* durch WEISMANN (1883).
2. *Leptodora hyalina* durch WEISMANN und ISCHIKAWA (1886).
3. *Bythotrephes longimanus* durch dieselben.
4. *Moina rectirostris* " "
5. " *paradoxa* " "
6. *Daphnia longispina* " "
7. *Daphnella brachyura* " "
8. *Sida crystallina* " "
9. *Cypris reptans* " "
10. " *fuscata* " "
11. *Callidina bidens* " "
12. *Conochilus Volvox* " "
13. Einer nicht bestimmten Aphide durch BLOCHMANN (1887).
14. *Forda formicaria* (Aphide) " "

II.

Die Richtungskörperbildung bei befruchtungsbedürftigen Eiern nach den in der Literatur enthaltenen Beobachtungen.

Eine Durchstöberung der Literatur nach sicheren Angaben über die Zahl der primären Richtungskörper bei befruchtungsbedürftigen Eiern hat das Material zu der folgenden Zusammenstellung geliefert. Sie soll keineswegs etwa alle Angaben über Richtungskörperchen enthalten, welche seit deren Entdeckung gemacht worden sind, son-

dem nur diejenigen, welche für die Frage nach der Zahl der primären Richtungskörper von Belang sind. Es kann sein, dass einige solche Angaben übersehen worden sind, da sie zuweilen in weniger zugänglichen Zeitschriften versteckt sind, oder auch so gelegentlich und kurz gemacht, dass sie in dem betreffenden Aufsatz schwer aufgefunden werden können. Immerhin werden die meisten brauchbaren Beobachtungen hier zusammengetragen sein.

Alle bisher gemachten Angaben über Richtungskörper beziehen sich auf befruchtungsbedürftige Eier, wenn dies auch nicht immer ausdrücklich gesagt wird.

Unter den sechs Thierkreisen, in welchen heute die Metazoen meist untergebracht werden, ist keiner, bei dem nicht wenigstens an einigen Arten die Abschnürung zweier primärer Richtungskörper festgestellt worden wäre. Bei Wirbelthieren und Arthropoden sind diese Fälle am spärlichsten, bei Würmern, Mollusken und Echinodermen am zahlreichsten, wie denn bei den grossen und meist dotterreichen Eiern der beiden ersten Kreise auch die Schwierigkeiten der Untersuchung am grössten, bei den drei anderen Kreisen dieselben geringer sind. Das folgende Verzeichniss enthält nur die Namen von solchen Arten, bei deren Eiern entweder der Beobachter selbst die successive Abschnürung zweier Richtungskörper vom Ei angibt, oder bei welchen sich doch unzweifelhaft aus den Abbildungen oder der Beschreibung des Vorgangs dieser Thatbestand ergibt.

Verzeichniss der Arten, bei welchen zwei primäre Richtungskörper festgestellt sind.

Solche wurden beobachtet bei:

I. Coelenteraten.

1. Hydromedusen.

Bei *Aeginopsis* durch O. HERTWIG ¹⁾.

„ *Nausithoe* „ „ „

„ *Pelagia* „ „ „

„ *Lucernaria* durch KOWALEWSKY ²⁾.

¹⁾ Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies. Theil III. Morphol. Jahrbuch 1877.

²⁾ Zoolog. Anzeiger 1884. pag. 712.

2. Siphonophoren.

Bei Hippopodius durch P. E. MÜLLER ¹⁾.

3. Ctenophoren.

Bei Gegenbauria cordata durch O. HERTWIG ²⁾.

II. Würmer.

1. Platyelminthen.

Bei Leptoplana durch SELENKA ³⁾.

„ Euryleptus „ „

„ Thysanozoon „ „

„ Stylochopsis durch GÖTTE ⁴⁾.„ Malacobdella und anderen Nemertinen durch HOFMANN ⁵⁾.

2. Nemathelminthes.

Bei Ascaris megaloccephala durch NUSSBAUM ⁶⁾, E. VAN
BENEDEN ⁷⁾ und CARNOY ⁸⁾.„ Ascaris lumbricoides durch CARNOY ⁸⁾.

„ Coronilla robusta „ „

„ Ophiostomum nuccromatum durch CARNOY ⁸⁾.„ Filaroides mustellarum „ „ ⁹⁾.

„ Spiroptera strumosa „ „

„ Sagitta durch HERTWIG ¹⁰⁾ und FOL ¹¹⁾.

¹⁾ Der Beobachter hielt zwar die drei gesehenen Körperchen innerhalb der Eischale für Spermatozoen, die in eigenthümlicher Weise verändert seien, es kann aber kein Zweifel sein, dass sie Richtungskörper waren, und bei der bekannten Genauigkeit MÜLLER'S in seinen Beobachtungen darf aus der Dreizahl dieser Körper mit Sicherheit darauf geschlossen werden, dass zwei primäre Richtungskörper gebildet werden. Vergl. P. E. MÜLLER, Nogle Siphonophoren. pag. 80. Kopenhagen 1871.

²⁾ A. a. O.

³⁾ Zoologische Studien. II. „Zur Entwicklungsgeschichte der Seeplarianen.“ Leipzig 1881.

⁴⁾ Abhandlungen zur Entwicklungsgeschichte der Thiere. 1.

⁵⁾ Zur Anatomie und Ontogenie von Malacobdella. Amsterdam 1877.

⁶⁾ Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. 23. 1884. pag. 155.

⁷⁾ Recherches sur la maturation de l'oeuf, la fécondation et la division cellulaire. Gand u. Leipzig 1883.

⁸⁾ La cytodièrese de l'oeuf, la vésicule germinative et les globules polaires de l'Ascaris megaloccephala. Louvain, Gand, Lierre 1886.

⁹⁾ La segmentation chez les Nématoides, in „La Cellule“. T. III. Louvain 1886.

¹⁰⁾ A. a. O. pag. 277.

¹¹⁾ Recherches sur la Fécondation et le Commencement de l'Hénogénie. Genève-Bâle-Lyon 1879.

3. Gephyreen.

Bei *Thalassema* durch CONN ¹⁾.

4. Annulaten.

Bei *Eupomatus uncinatus* durch HATSCHEK ²⁾.

„ *Hermella alveolata* durch HORST ³⁾.

„ *Chaetopterus pergamentaceus* durch WILSON ⁴⁾.

„ *Potamoceros* (*Serpula*) durch VON DRASCHE ⁵⁾.

„ *Nephelis* durch BÜTSCHLI ⁶⁾ und O. HERTWIG ⁷⁾.

„ *Haemopsis* durch O. HERTWIG ⁸⁾.

„ *Myzostoma* durch BEARD ⁹⁾.

„ *Clepsine* durch HOFMANN ¹⁰⁾ und WHITMAN ¹¹⁾.

„ *Dinophilus* durch KORSCHOLT ¹²⁾.

III. Echinodermen.

Bei *Echinus lividus* durch HERTWIG ¹³⁾ und FOL ¹⁴⁾.

„ „ *brevispinosus* durch HERTWIG ¹³⁾ und FOL ¹⁴⁾.

„ *Toxopneustes variegatus* durch SELENKA ¹⁵⁾.

„ *Asteracanthion* durch HERTWIG ¹³⁾.

„ *Asterias glacialis* durch FOL ¹⁴⁾.

IV. Mollusca.

1. Lamellibranchiata, Muscheln.

Bei *Ostrea* durch BROOKS ¹⁶⁾.

¹⁾ Life-History of *Thalassema*. Stud. Biol. Lab. John Hopkins Univ. Bd. 3. 1884. p. 31.

²⁾ Arbeiten aus d. Wien. Zool. Institut. Bd. 6. 1885.

³⁾ Bull. scientifique du Dép. du Nord 1881.

⁴⁾ Stud. Biol. Lab. John Hopk. Un. Baltimore.

⁵⁾ Beiträge zur Entwicklung der Blychaeten. Wien 1884.

⁶⁾ A. a. O.

⁷⁾ A. a. O. Theil II. 1877.

⁸⁾ Mittheil. d. zool. Station Neapel. Bd. 5. pag. 552.

⁹⁾ On the Life-History and Development of *Myzostoma*. Leipzig 1884, und in Mittheil. zool. Stat. Neapel. Bd. 5.

¹⁰⁾ Zur Entwicklungsgeschichte der Clepsinen. Nederl. Archiv 1877.

¹¹⁾ The Embryology of *Clepsine* in „Quart. Journ. mikrosk. Science“. Bd. 18. 1878.

¹²⁾ Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 37. pag. 339. 1882.

¹³⁾ A. a. O. Theil I.

¹⁴⁾ A. a. O.

¹⁵⁾ Zool. Studien. I. Leipzig 1878.

¹⁶⁾ Developm. of the Oyster 1880.

Bei *Tellina* durch O. HERTWIG ¹⁾.

„ *Unio pictorum* durch RABL ²⁾.

2. Schnecken.

Bei *Amphorina coerulea* durch TRINCHESE ³⁾.

„ „ *Siottii* „ „

„ *Neritina fluviatilis* durch BLOCHMAN ⁴⁾.

„ *Helix pomatia* und *nemoralis* durch JHERING ⁵⁾.

„ „ *aspersa* durch PEREZ ⁶⁾.

„ *Aplysia* durch MANFREDI ⁷⁾.

„ *Chromodoris* durch FILIPPO RHO ⁸⁾.

„ *Limax* durch MARK ⁹⁾.

„ *Arion* durch PLATNER ¹⁰⁾.

„ *Limnaeus* durch RABL ¹¹⁾, BÜTSCHLI ¹²⁾ und WOLFSOHN ¹³⁾.

„ *Pterotrachea* durch FOL ¹⁴⁾ und HERTWIG ¹⁵⁾.

„ *Phyllirhoe* durch HERTWIG ¹⁵⁾.

„ *Berghia coerulescens* durch TRINCHESE ¹⁶⁾.

„ *Succinea Pfeifferi* durch BÜTSCHLI ¹⁷⁾.

3. Pteropoden.

Bei *Cymbalia Peronii* durch HERTWIG ¹⁸⁾.

„ *Cavolinia tridentata* „ „

4. Cephalopoden.

Bei *Loligo* durch USSOW ¹⁹⁾.

„ *Argonauta* durch USSOW ¹⁹⁾.

¹⁾ A. a. O.

²⁾ Jenaische Zeitschr. Bd. 10. pag. 317. 1876.

³⁾ I primi momenti dell' evoluzione nei Molluschi. Roma 1880.

⁴⁾ Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 36. pag. 125. 1881.

⁵⁾ Jenaische Zeitschr. Bd. 9.

⁶⁾ Recherches sur les phénomènes qui précèdent la segmentation de l'oeuf. Journ. de l'Anat. et de la Physiol. 1879. pag. 329.

⁷⁾ Le prime fasi dello sviluppo dell' *Aplysia*. Napoli 1883.

⁸⁾ Sullo sviluppo della *Chromodoris elegans*. Napoli 1884.

⁹⁾ Bull. Mus. Comp. Zool. of Harvard College. Vol. VI. pag. 173. 1881.

¹⁰⁾ Arch. f. mikr. Anat. Bd. 27. pag. 65. 1886.

¹¹⁾ Jenaische Zeitschr. Bd. 9. 1875.

¹²⁾ A. a. O. 1876.

¹³⁾ Mém. Ac. Imp. Scienc. Petersbourg. Bd. 10. 1881.

¹⁴⁾ Archiv. Zool. expér. et générale. Vol. V.

¹⁵⁾ A. a. O.

¹⁶⁾ Rendiconto dell' Academia d. Sc. di Bologna 1878—79.

¹⁷⁾ A. a. O.

¹⁸⁾ A. a. O.

¹⁹⁾ Russisch geschriebene Monographie über Entwicklung von Cephalo-

5. Tunicaten.

Bei *Salpa* durch SALENSKY ¹⁾ und TODARO ²⁾.

V. Arthropoden.

1. Kruster.

Bei *Cetochilus septentrionalis* durch GROBBEN ³⁾.

2. Insecten.

Bei *Musca vomitoria* durch BLOCHMANN ⁴⁾.

„ *Blatta germanica* „ „

„ *Aphis aceris* „ „

VI. Wirbelthiere.

1. Fische.

Bei *Petromyzon* durch SCOTT ⁵⁾ und durch KUPFFER und BENEKE ⁶⁾.

2. Amphibien.

Bei *Rana fusca* durch O. SCHULZE ⁷⁾.

„ *Siredon pisciformis* durch O. SCHULZE ⁷⁾.

3. Säuger.

Bei Fledermäusen durch E. VAN BENEDEN und JULIN ⁸⁾.

Beim Kaninchen durch E. VAN BENEDEN ⁹⁾ und REIN ¹⁰⁾.

„ Meerschweinchen durch REIN ¹¹⁾ und BELLONCI ¹²⁾.

Bei *Talpa europaea* durch BELLONCI ¹²⁾.

Die vorstehende Liste von Fällen, in welchen zwei primäre Richtungskörper abgeschnürt werden, wäre nicht unerheblich grösser ausgefallen, wenn auch solche Fälle hätten aufgenommen werden dürfen, bei welchen die Beobachter zwei Richtungskörper angeben,

poden. Moskau. 1879. Den Text verstehen wir leider nicht; die Abbildungen zeigen drei Richtungskörper, welche also auf zwei primäre schliessen lassen.

¹⁾ Zool. Anzeiger. 4. Jahrg. 1881. pag. 597.

²⁾ Archiv Italian. Biolog. T. II. 1882.

³⁾ Arbeit. Wien. Zool. Institut. Bd. 3. 1881.

⁴⁾ Morphol. Jahrbuch. Bd. 12. 1887.

⁵⁾ Morphol. Jahrbuch. Bd. 7. 1881.

⁶⁾ Der Vorgang der Befruchtung am Ei der Neunaugen. Königsberg 1878.

⁷⁾ Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 45. 1887.

⁸⁾ Archives de Biologie. T. I. pag. 551. 1880.

⁹⁾ Ebendasselbst T. IV.

¹⁰⁾ Arch. f. mikr. Anat. Bd. 22.

¹¹⁾ Archiv f. mikr. Anat. Bd. 22.

¹²⁾ Mem. Accad. Bologna. T. VI. pag. 363 und Atti Accad. Lincei Rend.

ohne aber bestimmt ihre successive Abschnürung vom Kern des Eies zu erwähnen. So fand E. ZIEGLER¹⁾ zwei Richtungskörper im Ei von *Cyclas cornea*, und da das betreffende Ei sich im ersten Stadium der Furchung (zwei Furchungszellen) befand, und nach unseren Erfahrungen an parthenogenetischen Eiern ein einziger Richtungskörper niemals sogleich wieder in zwei secundäre zerfällt, muss es sehr wahrscheinlich erscheinen, dass die zwei beobachteten Körper primäre Richtungszellen waren. Aehnliche Beobachtungen gibt es noch mehrere; SEDGWICK²⁾ fand bei *Peripatus* zwei Richtungskörper, BENEDEN und JULIN³⁾ bei *Clavellina*, SCHAUMSLAND⁴⁾ bei *Bothriocephalus*, BÜTSCHLI⁵⁾ bei *Cucullanus elegans*, GÖTTE⁶⁾ bei *Rhabditis nigrovenosa* und *Nereis Dumerilii*, VEJDOVSKY⁷⁾ bei *Sternaspis*, HOFFMANN⁸⁾ bei *Malacobdella*, KORSCHULT⁹⁾ bei *Dinophilus*, und in den meisten dieser Fälle lassen sich Wahrscheinlichkeitsgründe dafür geltend machen, dass die Richtungskörper primäre waren. In anderen Fällen ist dies sogar gewiss, wenn z. B. HOFFMANN für *Clepsine* nur einfach von zwei Richtungskörpern spricht, BLOCHMANN desgleichen bei *Aplysia*, während WHITMAN später für *Clepsine*, MANFREDI für *Aplysia* bestimmt die successive Abschnürung derselben vom Ei beobachtet haben. Wahrscheinlichkeiten dürfen indessen in einer solchen Frage nicht mitsprechen, und wir führen diese Fälle nur an, um zu erklären, warum wir in der obigen Liste nicht noch eine grössere Zahl von Arten aufführen konnten.

Es gibt nun aber auch verschiedene Angaben, nach welchen bei Arten mit geschlechtlicher Fortpflanzung nur ein Richtungskörper gesehen wurde. Solche liegen vor für *Gonothyrea Lovenii* von BERGH¹⁰⁾, für *Branchiobdella* von SALENSKY¹¹⁾, für *Teredo navalis* von HATSCHEK¹²⁾, für *Phascalosoma* von SELENKA¹³⁾, für *Bithynia ten-*

¹⁾ Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 41. 1885.

²⁾ Quart. Journ. Microscop. Sc. Vol. 25.

³⁾ La segmentation chez les Ascidiens. Brux. 1884.

⁴⁾ Die embryonale Entwicklung der Bothriocephalen. Jena 1885.

⁵⁾ A. a. O.

⁶⁾ A. a. O.

⁷⁾ Untersuch. über *Sternaspis*. Wien 1881.

⁸⁾ Zur Anat. u. Ontog. v. *Malacobdella*. Amsterd. 1877.

⁹⁾ Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 37. 1882.

¹⁰⁾ Morphol. Jahrbuch. Bd. V. 1880.

¹¹⁾ Biolog. Centrabl. Bd. 2. 1883.

¹²⁾ Arbeit. zool. Insituts zu Wien. Bd. 3. 1880.

¹³⁾ Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 25. pag. 444. 1875.

taculata von SARASIN ¹⁾, für Amphioxus von HATSCHEK ²⁾, für Scorpaena und Julis von HOFFMANN ³⁾. Es mögen einige von diesen Fällen kurz beleuchtet werden.

Bei *Teredo navalis* spricht HATSCHEK nur von „einem Richtungskörperchen“, sagt aber ausdrücklich, dass er die Schicksale des Keimbläschens nicht specieller berücksichtigt habe.

Bei *Bithynia tentaculata* beobachtete SARASIN nur ein Richtungskörperchen, welches sehr klein und schwer zu erkennen war; offenbar kam es aber auch ihm auf ganz andere Dinge an, und er legte keinen Werth darauf, gerade die Bildung der Richtungskörper ins Einzelne zu erforschen.

Bei *Phascolosoma* beobachtete SELENKA 1875 ein Richtungskörperchen, ohne indessen irgend Werth darauf zu legen, die An- oder Abwesenheit eines zweiten festzustellen. Alles, was über Richtungskörper gesagt wird, ist: „Sodann“ — nämlich nach dem Verschwinden des Keimbläschens — „wird ein Protoplasmatröpfchen (Rest des Zellkerns?) ausgepresst — vielleicht der Koth des Eies“ (a. a. O. p. 444).

Bei *Balanus* fand HOEK „einen Körper innerhalb der Dotterhaut von befruchteten Eiern, den man der Abbildung nach für einen Richtungskörper halten muss, wenn auch weder ein Kern in demselben angegeben ist, noch seine Herkunft festgestellt wurde. Bei der geringen Bedeutung, welche HOEK den Richtungskörpern beilegte, die er ebenfalls für den ‚Koth des Eies‘ hielt, kann es nicht Wunder nehmen, wenn er nicht nach einem zweiten forschte. Dabei kommt noch in Betracht, dass gerade bei Entomostraken zwar zwei primäre Richtungskörper von GROBBEN beobachtet, aber zugleich festgestellt wurde, dass der erste davon vor Bildung der Dotterhaut sich ablöst und deshalb ‚sehr leicht weggeschwemmt‘ wird, dass man daher an den Eiern (von *Cetochilus septentrionalis*) in der Regel nur ein einziges Richtungskörperchen vorfindet, nur sehr selten zwei.“

In der ganzen Litteratur ist mir nur eine neuere Angabe begegnet, in welcher in Bezug auf ein vermuthlich doch befruchtungsbedürftiges Ei bestimmt angegeben wird: „Es bildet sich nur ein Richtungskörperchen, niemals mehr.“ Dies sagt BERGH, und zwar in Bezug auf das Ei von *Gonothyraea Lovenii*, dem bekannten Hy-

¹⁾ Morphol. Jahrb. Bd. 8.

²⁾ Arbeiten Wien. zool. Instituts. Bd. 4. 1881.

³⁾ Die Ontogenie der Knochenfische. Amsterdam 1881.

droidpolypen mit festsitzenden Medusen. Dass hier Parthenogenese vorkommen sollte, ist sehr unwahrscheinlich, da gewöhnlich männliche und weibliche Stöcke in grosser Zahl nebeneinander wachsen, und der ins Wasser massenhaft entleerte Samen wohl jedes weibliche Medusoid erreicht. Es muss also wohl an eine Unvollkommenheit der Beobachtung gedacht werden, und diese darf bei einem so subtilen und schwierigen Object auch sicherlich angenommen werden, unbeschadet der Genauigkeit und Geschicklichkeit des Beobachters. Derselbe sagt selbst, dass „die Eier schwierig zu isoliren sind und die feineren Vorgänge nur sehr schwer durch die Wände der Gonozooide hindurch beobachtet werden können.“ Weiter bemerkt BERGH, dass „die zu derselben Zeit wie die Ausstossung des Richtungskörperchens eintretende Bildung des Eikerns der Punkt der ganzen Entwicklung des unbefruchteten Eies“ sei, den er „am seltensten und am wenigsten sicher habe beobachten können“.

Das ist nun aber gerade derjenige Punkt auf den es ankommt, wenn es sich um die Zahl der primären Richtungskörper handelt; es müsste gezeigt werden, dass die im Ei zurückbleibende Kernhälfte wirklich sich zum Eikern konstituiert und nicht etwa noch eine Richtungsspindel bildet. Das BERGH diesen Punkt nicht entscheiden konnte, lag an der im Jahre 1879 noch unvollkommenen Methode der Untersuchung solchen Objecten gegenüber; begrifflicherweise konnte aber auch er — trotz der so bestimmten Aeusserung — keinen sonderlichen Werth auf die Ein- oder Zweizahl der Richtungskörper legen. Wenn man ferner in Betracht zieht, dass die Eier ganz nackt in der Glockenhöhle des Medusoids liegen und zwar zu dreien gewöhnlich beisammen, so muss man es für sehr wahrscheinlich halten, dass das erste Richtungskörperchen verloren geht, wenn das zweite hervortritt, wie denn auch BERGH selbst beobachtete, dass in Furchung begriffene Eier zuweilen „den“ Richtungskörper noch an sich tragen, zuweilen auch nicht. Immerhin würde eine erneute Untersuchung an Schnitten erwünscht sein.

Um nun zu zeigen, wie leicht eines der beiden Richtungskörperchen auch von guten Beobachtern übersehen wird, solange sie nicht ihre Aufmerksamkeit besonders auf diesen Punkt richten, soll noch ein Beispiel vorgeführt werden, welches dies ganz besonders klar macht. In seinen „Contributions à l'histoire naturelle des Turbellariés“ beschreibt HALLÉZ auch die Eireifung von *Leptoplana tremellaris*. Er sah „den“ Polkörper austreten und meint, derselbe müsse sich später theilen, da man später „pendant tout le cours du développement“

zwei Polkörper unter der Schale finde. Auch für *Eurylepta auriculata* gibt er nur einen primären Richtungskörper an, und hier hat er die Theilung in zwei secundäre Polzellen gesehen. Wenn man die dazu gehörigen Abbildungen betrachtet, sollte man denken, es sei an der Richtigkeit dieser Angaben nicht zu zweifeln, da nicht nur das Stadium der Ausstossung des Polkörpers, sondern auch das unmittelbar vorhergehende, in dem das Keimbläschen noch vorhanden ist, und das nachher folgende mit dem centralen Furchungskern nebeneinander abgebildet sind.

Dennoch sind diese Angaben irrig, denn SELENKA ¹⁾ hat später an dem Ei von *Leptoplana Alcinói* aufs genaueste nach directer Beobachtung am lebenden Ei das successive Austreten zweier primärer Richtungskörper aus dem Ei beschrieben und abgebildet. Ein Zweifel darüber kann nicht mehr sein. Ganz ebenso verhält es sich beim Ei von *Thysanozoon Diesingii*, und wenn auch bei *Eurylepta cristata* die jüngsten Stadien nicht zur Beobachtung kamen, so wurden doch die zwei Richtungskörper selbst gesehen und festgestellt, dass sie sich ganz so, wie bei den beiden anderen Planariengattungen verhalten.

Zum Schluss dieses kritischen Abschnittes sei noch der Knochenfische gedacht, bei welchen HOFFMANN ²⁾ zuerst Richtungskörper auffand, aber nur einen einzigen. Er beobachtete seine Abschnürung nach dem Eindringen des befruchtenden Samenfadens durch die Mikropyle, sah das Körperchen in den Mikropylkanal hineintreten und glaubte dies als ein Verstopfen des Kanals, als eine Schutzvorrichtung gegen das Eindringen weiterer Spermatozoen auffassen zu sollen. — Nun kann allerdings nicht erwartet werden, dass nachher noch ein zweites Körperchen vom Ei sich abschnüre, allein es spricht alles dafür, dass dies vorher schon geschehen ist, und dass das beobachtete Körperchen das zweite war. Dafür spricht vor allem die Beobachtung von KUPFFER und BENECKE ³⁾, welche bei *Petromyzon* den ersten Richtungskörper vor der Besamung austreten sahen, den zweiten nach derselben, Beobachtungen, die später von W. B. SCOTT ⁴⁾ vollkommen bestätigt worden sind. Auch die Reifungsvorgänge am Ei von Amphibien, wie sie von O. SCHULZE kürzlich

¹⁾ Zool. Studien, II. 188.

²⁾ Zur Ontogenie der Knochenfische. Amsterdam 1881.

³⁾ A. a. O.

⁴⁾ Morphol. Jahrbuch, Bd. 7. pag. 107.

entdeckt wurden, verlaufen genau ebenso und schliesslich dürfen auch die Angaben von AGASSIZ und WHITMAN nicht vergessen werden, welche bei pelagischen Eiern von verschiedenen Knochenfischen „mehrere“ Richtungskörper beobachteten. Leider waren ihre Untersuchungen über die Entstehung derselben noch nicht beendet und sie erwähnen deshalb nur „that these bodies do not escape through the mikropyle in the case of *Ctenolabius*“ (a. a. O. pag. 44 ¹). Es waren also deren mindestens doch zwei vorhanden. Das stimmt auch mit den Beobachtungen von KINGSLEY und CONN ²) vom Jahre 1883, welche im Ei von *Merluccius* zwei Körperchen beobachteten, über deren Deutung als Polkörper sie indessen zweifelhaft blieben.

Wir gelangen so zu dem Resultat, dass unter allen den Beobachtungen, welche nur einen Richtungskörper für ein vermuthlich befruchtungsbedürftiges Ei angeben, nicht ein einziger unzweifelhafter Fall ist. In keinem Fall ist festgestellt, dass nicht entweder vor dem allein beobachteten Richtungskörper schon ein solcher vom Ei ausgestossen wurde, oder dass sich nicht nachher noch ein zweiter bildete. Keine dieser Beobachtungen kann Anspruch auf Beweisfähigkeit machen.

Wenn man nun die sicheren Beobachtungen zusammenfasst, so ergibt sich, dass bei 66 Arten von Thieren die Eier zwei primäre Richtungskörperchen ausstossen, und dass dies alles Eier sind, deren Befruchtungsbedürftigkeit feststeht, meist auch solche, bei welchen die Befruchtung direct beobachtet ist. Andererseits sind 14 Arten bekannt, welche bestimmt nur ein Richtungskörperchen ausstossen und diese sind ausnahmslos parthenogenetische Eier. Der Schluss wird somit nicht beanstandet werden können, dass befruchtungsbedürftige Eier zwei Richtungskörper bilden, parthenogenetische aber deren nur einen.

Die Bedeutung dieser Thatsachen ist von dem einen von uns ³) bereits an einem anderen Ort dargelegt worden. Wir werden am Schlusse unserer Abhandlung noch einmal darauf zurückkommen, nachdem zuvor die bisher versuchten Deutungen der Richtungskörper in historischer Reihenfolge vorübergeführt sein werden.

¹) On the Development of some pelagic fish eggs, preliminary notice in „Proceed. Americ. Acad. of Arts and Sciences“. Vol. XX. 1884.

²) Some Observations on the Embryology of the Teleosts. Memoirs of the Boston Soc. Nat. Hist. Vol. III. 1883.

³) WEISMANN, Ueber die Zahl der Richtungskörper und über ihre Bedeutung für die Vererbung. Jena 1887.

Tafelerklärung.

Tafel I.

- Fig. 1. Polyphemus oculus. Ein nahezu reifes Sommerei aus dem Eierstock, aus dem mit Sublimataalkohol getödteten Thier herauspräparirt und mit Methylgrün gefärbt. Nz die drei Nährzellen, Rsp Richtungsspindel. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{VIII} = 390$.
2. Polyphemus. Frisch in den Brutraum übergetretenes Sommerei, zwei Minuten nachher mit Sublimataalkohol getödtet. Rsp Richtungsspindel. Vergrößerung: Seibert $\frac{3}{\text{homog. Immers.}} = 900$.
3. Polyphemus. Ein Sommerei aus dem Brutraum, 20 Minuten nach dem Legen getödtet. Die Dotterhaut, Dh, ist gebildet; die Richtungsspindel liegt schräg zur Ebene des Papiers. Vergrößerung: Seibert $\frac{3}{\text{homog. Immers.}} = 900$.
4. Polyphemus. Sommerei aus dem Brutraum nach Ausstossung des Richtungskörpers, Rk, und dicht vor dem Beginn der ersten Furchung. Fsp Furchungsspindel in der Tiefe. Ausnahmsweise sind hier die drei Nährzellen, Nz, mit in den Brutraum übergetreten und hängen dem Ei fest an. Vergrößerung: Seibert $\frac{1}{V} = 330$.
5. Polyphemus. Ein Sommerei etwas weiter vorgeschritten; die erste Furche scheidet ein. Der Richtungskörper, Rk, liegt auf der unteren Fläche des Eies. Vergrößerung: Seibert $\frac{1}{V} = 330$.
6. Polyphemus. Sommerei in die vier ersten Furchungszellen zerklüftet. Rk Richtungskörper; die Dotterhaut ist fortgelassen. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{VIII} = 390$.
7. Polyphemus. Sommerei in demselben Stadium der Furchung, aber mit getheiltem Richtungskörper, dessen eine Hälfte eine Spindelfigur enthält, während die andere in zwei Stücke zerfallen ist. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{VIII} = 390$.

- Fig. 8. *Polyphemus*. Dasselbe Stadium von einem anderen Ei des gleichen Thieres. Das eine der beiden secundären Richtungskörperchen in drei Körner zerfallen. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VIII}} = 390$.
- „ 9. *Bythotrephes longimanus*. Ein frisch in den Brutraum übergetretenes Sommerei: Thier mit Sublimatalkohol getödtet und Ei herauspräparirt und mit Methylgrün gefärbt. Das Keimbläschen liegt oberflächlich, ist in seinem Umriss noch erkennbar, enthält aber bereits Elemente der Richtungsspindel. A und B zwei verschiedene Ansichten derselben Richtungsspindel. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VIII}} = 390$.
- „ 10. *Bythotrephes*. Ein vor Kurzem in den Brutraum übergetretenes Sommerei. Das Richtungskörperchen, Rk, hat sich abgeschnürt und liegt dicht unter der Dotterhaut, mit dem Furchungskern, Fk, noch durch Spindelfasern verbunden. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VIII}} = 390$.
- „ 11. *Bythotrephes*. Sommerei in Vorbereitung zur ersten Furchung. Der Richtungskörper liegt eingebettet im Protoplasma des Eikörpers; dass er sich von der Dotterhaut zurückgezogen hat, beruht auf Einwirkung des Sublimats. Die Furchungsspindel ist gebildet (Fsp) und lässt an ihren Polen je drei helle Körperchen erkennen. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{homog. Immers.}} = 560$.
- „ 12. *Bythotrephes*. Sommerei in nahezu dem gleichen Stadium; doch liegt an Stelle der drei bläschenförmigen Gebilde je ein grösserer ovaler Körper an den Polen der Furchungsspindel, das „Attractionscentrum“ bezeichnend; Richtungskörper, Rk, an der unteren Fläche des Eies gelegen. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VIII}} = 390$.
- „ 13. *Bythotrephes*. Sommerei desselben Stadiums. Richtungskörper oberflächlich gelegen, so dass sein Kern besonders deutlich hervortritt; vom Richtungskörper fast ganz verdeckt liegt in der Tiefe der eine Pol der Furchungsspindel, Fsp. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VIII}} = 390$.
- „ 14. *Bythotrephes*. Sommerei mit zwei Furchungskernen und bereits einschneidender erster Furche; nur eine Richtungszelle, Rk. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VIII}} = 390$.
- „ 15. *Bythotrephes*. Sommerei nach erfolgter Theilung in zwei Furchungshälften. Nur eine, oberflächlich gelegene Richtungszelle, Rk. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VII}} = 280$.
- „ 16. *Bythotrephes*. Sommerei etwas weiter vorgeschritten. Die beiden ersten Furchungskerne in Theilung begriffen. Richtungskörper langgestreckt. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VIII}} = 390$.

- Fig. 17. *Bythotrephes*. Sommerei mit vier Furchungskugeln. Richtungskörper noch immer einfach. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VIII}} = 390$
- „ 18. Sommerei desselben Stadiums, aber mit drei sekundären Richtungskörpern, Rk. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VIII}} = 390$.
- „ 19. *Bythotrephes*. Sommerei mit acht Furchungszellen; die Richtungskörper nur noch zwei kleine Körner, Rk. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VIII}} = 390$.
- „ 20. *Bythotrephes*. Sommerei unmittelbar vor dem 32zelligem Furchungsstadium; am animalen Pol waren die Zellen aber noch nicht alle mit der Theilung fertig. Ansicht des vegetativen Pols, an den die zwei letzten Reste der Richtungskörper gerückt sind. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VIII}} = 390$.
- „ 21. *Moina paradoxa*. Frisch in den Brutraum übergetretenes Sommerei, unmittelbar darauf mit Sublimatalkohol getödtet. Rk der Richtungskörper und von diesem schräg gegen das Centrum hinabsteigend ein deutlicher Rest der Richtungsspindel, Rsp, und der Furchungskern, Fk. Die Dotterhaut ist schon gebildet, aber hier nicht sichtbar gemacht. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VIII}} = 390$.
- „ 22. *Moina paradoxa*. Sommerei von demselben Stadium mit Richtungskörper, Rk, und weit abgehobener Dotterhaut, Dh. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VIII}} = 390$.
- „ 23. *Leptodora hyalina*. Das an die Oberfläche getretene Keimbläschen eines reifen Sommeriees, nach dem lebenden Thier gezeichnet. Kbl Keimbläschen mit deutlicher, aber bereits sehr blasser Membran und einem Körnerinhalt, der theilweise Vacuolen aufzusitzen scheint. P Protoplasma der Rinde des Eies, D Dotterkugeln. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VII}} = 280$.

Tafel II.

- Fig. 24. *Leptodora hyalina*. Stück der Oberflächenschicht eines Sommeriees mit dem schon stark abgeblassten und dem Aussehen nach nicht von den Dotterkugeln, D, zu unterscheidenden Keimbläschen, Kbl. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VII}} = 280$.
- „ 25. *Leptodora*. Das zur Richtungsspindel, Rsp, umgewandelte Keimbläschen aus einem Sommerei, in der protoplasmatischen Rindenschicht, P, des Eies gelegen und nach dem am lebenden Thier beobachteten Schwinden des Keimbläschens durch Töden mit 2%iger Essigsäure sichtbar gemacht. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{\text{VII}} = 280$.

- Fig. 26. *Leptodora*. Ein frisch in den Brutraum übergetretenes Sommerei mit Sublimatalkohol getötet; Oberflächenansicht. Rk Richtungszelle. D die Dotterkugeln. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{IV} = 95$.
- „ 27. *Leptodora*. Sommerei aus dem Brutraum im zweiten Stadium der Furchung. Die zwei ersten, in der Tiefe des Dotters gelegenen Zellen sind in Theilung begriffen, kein Richtungskörper mehr sichtbar. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{IV} = 95$.
- „ 28. *Leptodora*. Sommerei, achtzelliges Stadium; die mit strahligen Ausläufern versehenen Zellen liegen jetzt auf der Oberfläche des Eies. Tödtung mit Sublimatalkohol und Färbung mit Methylgrün; kein Richtungskörper mehr zu sehen. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{IV} = 95$.
- „ 29. *Leptodora*. Sommerei, achtzelliges Stadium, alle Zellen in Theilung begriffen. Die Zellausläufer bilden ein Netz, welches die Dotterelemente grossentheils umschliesst. Vergrößerung: Seibert $\frac{3}{III} = 225$.
- „ 30. *Leptodora*. Sommerei, Stadium von etwa 64 Zellen; wie die vorhergehenden behandelt. Vergrößerung: Seibert $\frac{3}{III} = 225$.
- „ 31. *Daphnia longispina*. Das Richtungskörperchen eines Sommeriees, das mit Sublimatalkohol getötet und mit Methylgrün gefärbt war. Aus dem Brutraum, kurze Zeit nach der Ablage des Eies; Dh Dotterhaut. Vergrößerung: Seibert $\frac{1}{V} = 330$.
- „ 32. *Daphnella brachyura*. Kürzlich in den Brutraum übergetretenes, aber schon mit Dotterhaut versehenes Sommerei, mit Sublimatalkohol getötet. Am einen Eipol liegt die Richtungsspindel. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{VII} = 280$.
- „ 33. *Daphnella brachyura*. Junges Sommerei aus dem Brutraum im Achtzellenstadium; die verästelten Zellen liegen auf der Oberfläche des Dotters; Rk die Richtungszelle am Pol des Eies. Oel Oeltropfen im Centrum. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{VII} = 280$.
- „ 34. *Daphnella brachyura*. Sommerei aus dem Brutraum kurz nach Ablage. Rk die Richtungszelle, hier mit deutlichem Kern. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{VII} = 280$.

Tafel III.

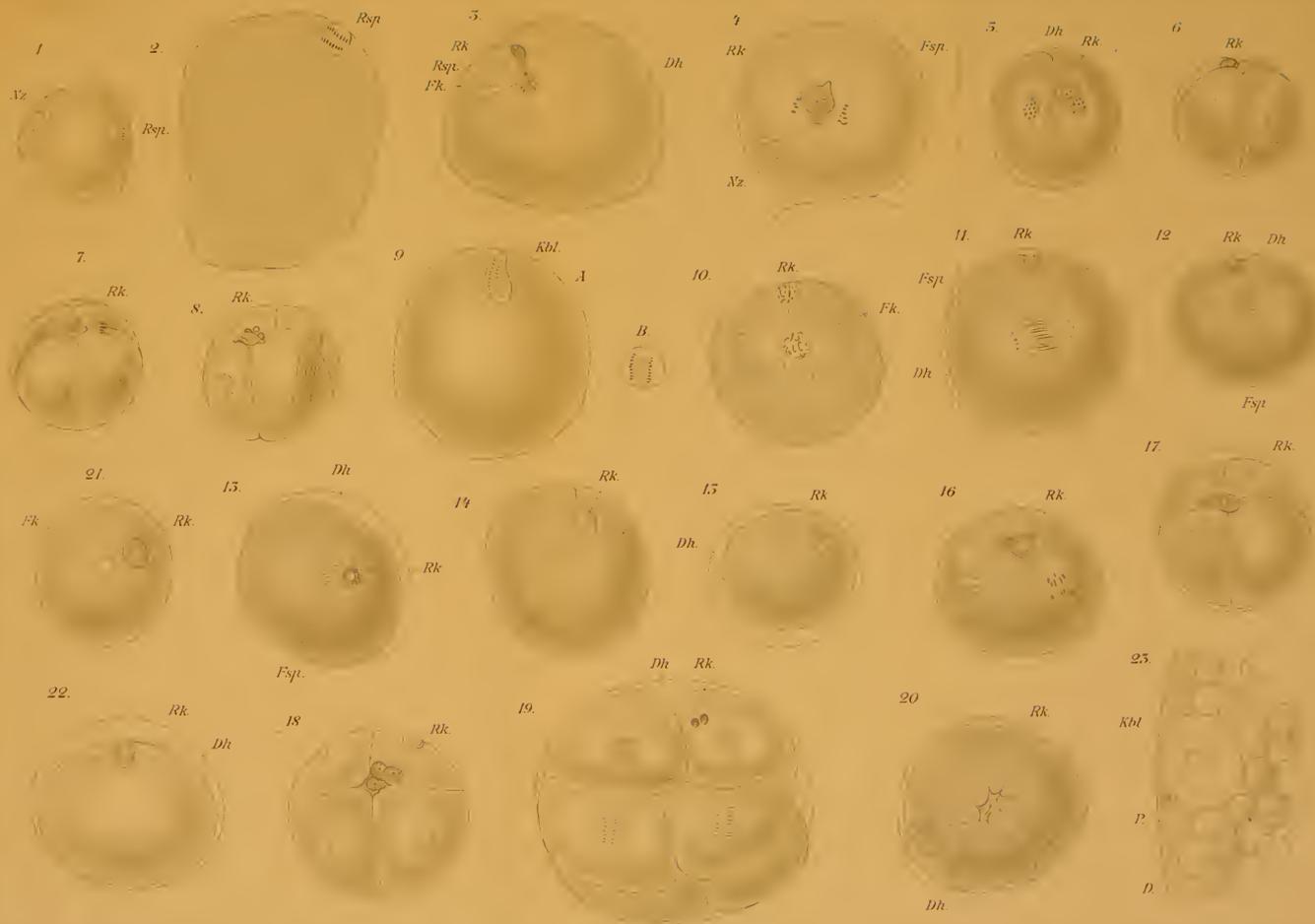
- Fig. 35. *Daphnella brachyura*. Sommerei aus dem Brutraum mit Richtungszelle, Rk, und der ersten Furchungsspindel, Fsp, die hier nicht ganz central liegt, wohl wegen dem an sie anstossenden grossen Oeltropfen, Oel. Behandlung mit Sublimatalkohol und Methylgrün. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{VII} = 280$.

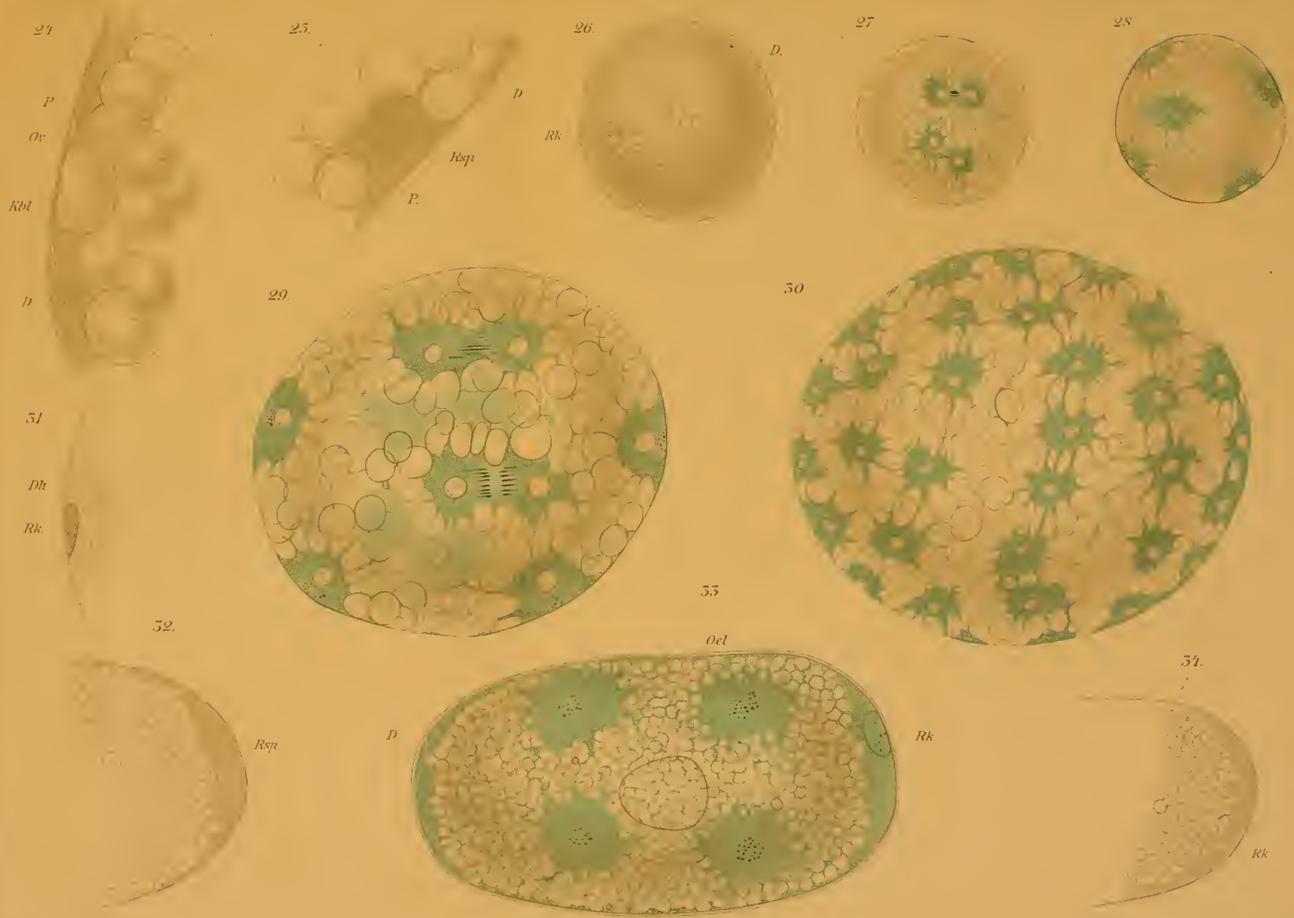
- Fig. 36. *Sida crystallina*. Sommerei aus dem Brutraum im Vierzellenstadium. Doch waren die vier Furchungskerne, Fk, nur undeutlich als dunkle Flecke sichtbar. Die Richtungszelle, Rk, liegt hier nicht ganz am Pol des Eies. Oel Oelkugel. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{VII} = 280$.
- „ 37. *Daphnia longispina*. Sommerei aus dem Brutraum im Beginn der Furchung. Das Richtungskörperchen, Rk, an dem der Kern nicht deutlich zu erkennen war, liegt an der Langseite des Eies, darunter in der Tiefe des Dotters, aber nicht genau im Centrum des Eies die erste Furchungsspindel, Fsp. Vergrößerung: Seibert $\frac{1}{V} = 330$.
- „ 38. *Daphnia longispina*. Sommerei aus dem Brutraum im Vierzellenstadium. Rk das Richtungskörperchen, dessen Kern deutlich. Vergrößerung: Seibert $\frac{1}{V} = 330$.
- „ 39. *Daphnia longispina*. Sommerei aus dem Brutraum im Vierzellenstadium. Rk der Richtungskörper, in dem eine deutliche Kernspindel. Vergrößerung: Seibert $\frac{1}{V} = 330$.
- „ 40. *Daphnia longispina*. Sommerei mit zwei Furchungszellen, deren Kerne, Fk, als helle Körper erscheinen. Der Richtungskörper hat sich in zwei Zellen getheilt, jede mit deutlichem Kern. Vergrößerung: Seibert $\frac{1}{V} = 330$.

Tafel IV.

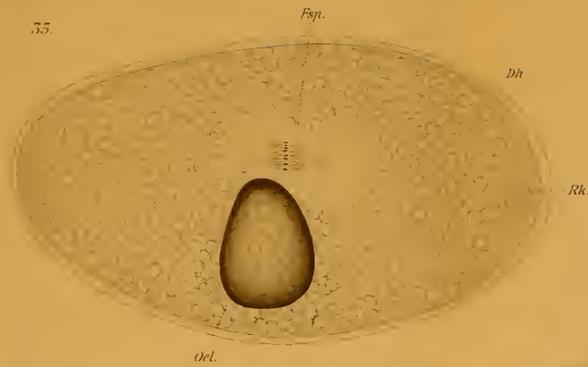
- Fig. 41. *Conochilus volvox*, EHRENBURG. Ein Sommerei im Ovarium mit den drei anstossenden Nährzellen. Kbl Keimbläschen in der Umbildung zur Richtungsspindel begriffen; Knäuelstadium der Karyokinese. Vergrößerung: Seibert $\frac{1}{VII} 900$.
- „ 42. *Conochilus volvox*. Sommerei mit der Richtungsspindel, Rsp. Vergrößerung: Seibert $\frac{1}{VII} = 900$.
- „ 43. *Conochilus volvox*. Sommerei mit Richtungskörper, Rk, und Furchungskern im Ruhestand, Fk. Vergrößerung 900.
- „ 44. *Conochilus volvox*. Sommerei mit Richtungskörper, Rk, und erstem Furchungskern, Fk.
- „ 45. *Conochilus volvox*. Sommerei mit dem bereits im Schwinden begriffenen Richtungskörper, Rk, und dem Furchungskern, der sich zur Theilung anschiekt. Diese Figur ist aus zwei aufeinander folgenden Schnitten combinirt, da Richtungskörper und Furchungskern nur auf je einem Schnitt zu sehen waren.
- „ 46. *Conochilus volvox*. Sommerei, etwas weiter entwickelt. Das Richtungskörperchen ist verschwunden und die erste Theilung des Furchungskerns vollendet. Der eine der beiden Kerne, Fk', ist bereits wieder bläschenförmig und mit Fadenknäuel im Inneren, der andere, Fk'', liegt tiefer und ist noch von Strahlensonne umgeben.

- Fig. 47. *Conochilus volvox*. Sommerei nach der ersten Furchung in zwei ungleiche Zellen, Fz' und Fz'' getheilt. In letzterer eine Kernspindel. Aus zwei Schnitten combinirt.
- „ 48. *Conochilus volvox*. Sommerei nach der zweiten Theilung.
(Alle Figuren von 41—48 sind nach Schnittpräparaten gezeichnet, alle bei derselben Vergrößerung, Seibert $\frac{1}{VII}$ [homogene Immersion = 900] mit der Camera gezeichnet.)
- „ 49. *Callidina bidens*, EHRENBURG. Sommerei nach Ausstossung des Richtungskörpers, Rk, dessen Zellnatur hier deutlich; Ei vor Beginn der Furchung. Fk Furchungskern. Nach dem lebenden Thier gezeichnet. Vergrößerung: Seibert $\frac{1}{VII} = 900$.
- „ 50. *Callidina bidens*. Dasselbe Ei, etwas gedrückt; man erkennt im Furchungskern zwei Reihen von Chromatinbällen. Vergrößerung dieselbe.
- „ 51. *Cypris reptans*. Ei aus dem Eileiter. Die Schale, Dh, ist noch nicht von Maschenräumen durchsetzt; Kbl Keimbläschen. Schnittpräparat mit Pikrokarmün und Hämatoxylin gefärbt. Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{VII} = 280$.
- „ 52. *Cypris reptans*. Ei aus dem Eileiter; das Keimbläschen in Umwandlung begriffen, aber noch central gelegen. Schnittpräparat.
- „ 53. Das umgewandelte Keimbläschen liegt nahe der Oberfläche des Eies; Vergrößerung: Hartnack $\frac{3}{VII} = 280$.
- „ 54. *Cypris reptans*. Frisch abgelegtes Ei; die Dotterhaut enthält Maschenräume. Rsp der zur Richtungsspindel sich umwandelnde Kern. Schnittpräparat. Vergrößerung: Seibert $\frac{1}{V} = 330$.
- „ 55. *Cypris reptans*. Eben solches Ei, ein wenig weiter entwickelt. Rsp Richtungsspindel. Schnittpräparat.
- „ 56. *Cypris reptans*. Eben solches Ei, der Richtungskörper, Rk, hat sich abgeschnürt; Fk Furchungskern. Schnittpräparat. Vergrößerung: Seibert $\frac{1}{V} = 330$.
- „ 57. *Cypris reptans*. Eben solches Ei; der Furchungskern in der Umbildung zur Furchungsspindel. Schnittpräparat, an einer Seite zerissen vom Messer.
- „ 58. *Cypris reptans*. Ei im Stadium der Zweitheilung; Richtungskörper am einen Pol gelegen. Schnittpräparat.
- „ 59. *Cypris reptans*. Späteres Furchungsstadium des parthenogenetischen Eies. Der Richtungskörper, Rk, hat sich in zwei secundäre Zellen getheilt. Schnittpräparat. Vergrößerung wie bei den vorhergehenden Figuren: Seibert $\frac{1}{V} = 330$.

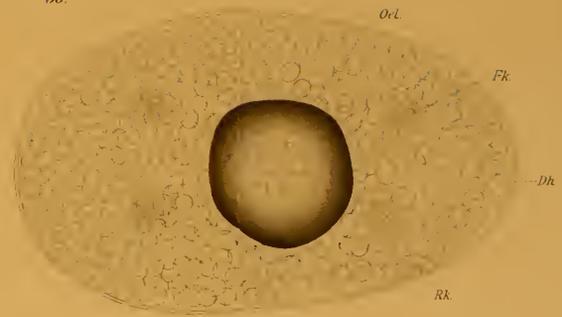




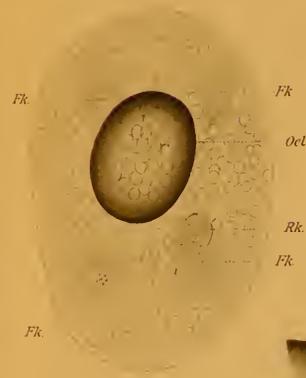
35.



36.



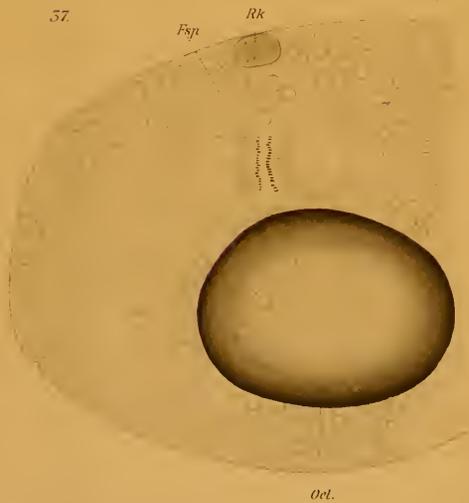
38.



39.



37.



40.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1888

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Weismann August, Ischikawa C

Artikel/Article: [Über die Bildung der Richtungskörper bei thierischen Eiern. 1-44](#)