

Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies.

Von

Dr. Oscar Hertwig.

Dritter Theil.

Mit Tafel IX—XI.

II. Abschnitt.

Im zweiten Abschnitt dieser Untersuchungen werde ich den Nachweis führen, dass ähnliche Vorgänge, wie wir sie soeben bei *Asteracanthion* kennen gelernt haben, auch in den übrigen Abtheilungen des Thierreichs wiederkehren und dass denselben somit eine fundamentale Bedeutung beigemessen werden muss. Es geschieht dies auf Grund eigener ausgedehnter Beobachtungen, die an Vertretern der verschiedenen Thierstämme angestellt wurden. Hierbei war es mir nur bei einem Theil der Objecte möglich, alle Stadien der ersten Entwicklungsprocesse vollständig zu verfolgen, bei einem andern Theil dagegen musste ich mich mit vereinzelt Beobachtungen begnügen, die gelegentlich gemacht wurden und durch Ungunst der Verhältnisse oder wegen besonderer Schwierigkeit in der Untersuchung nicht vervollständigt werden konnten.

1. Ueber die ersten Entwicklungsvorgänge im Ei der Coelenteraten.

In der Abtheilung der Coelenteraten sind unsere Kenntnisse über die Veränderungen des Keimbläschens bei der Eireife, über die Bildung der Richtungskörper und über die Befruchtungerscheinungen in hohem Grade lückenhafte. Zum Theil liegt dies daran, dass

nur sehr wenige Beobachter auf diese Punkte seither ihr Augenmerk gerichtet haben, zum Theil aber auch daran, dass hier die Untersuchung auf nicht unerhebliche Schwierigkeiten stösst.

Was zunächst die Hydroidpolypen betrifft, so hat meines Wissens nach einzig und allein KLEINENBERG¹⁾ bei Hydra eine Anzahl werthvoller Beobachtungen gemacht. Nach seinen Mittheilungen rückt das Keimbläschen bis dicht an die Oberfläche des Eies und bildet sich hier bis zum vollständigen Schwund zurück. Der Keimfleck erleidet eine Metamorphose, indem er unregelmässig eckig wird und in Stückchen zerfällt. Nach seinem Verschwinden zieht sich das Ei zusammen, indem es eine nicht unbeträchtliche Menge wasserklarer Flüssigkeit ausstösst, welche sich zwischen seiner Oberfläche und der Eihülle ausbreitet. Regelmässig werden dabei auch ein paar Theilchen der Eisubstanz selbst herausgepresst, kleine Plasmakügelchen, in welchen meist eine Pseudozelle (ein Dotterkorn) eingebettet ist; sie sind entweder in das Gewebe der Hülle eingedrückt oder liegen frei in dem mit Flüssigkeit erfüllten Zwischenraum. KLEINENBERG vergleicht diese Kügelchen den Richtungskörpern und lässt sie für die weitere Entwicklung des Eies ganz bedeutungslos langsam zu Grunde gehen.

BÜTSCHLI²⁾ will dieser Deutung nicht beipflichten und erhebt gegen die Vergleichung deswegen Bedenken, weil die Plasmakügelchen bei Hydra ein Dotterkorn einschliessen. Dieser Grund wird indessen hinfällig, da wir jetzt wissen, dass die Richtungskörper durch Knospung entstehen und daher als kleine Zellen recht wohl derartige Einschlüsse enthalten können.

Von Hydroidpolypen habe ich selbst keine Eier untersucht, doch halte ich es nach den Angaben KLEINENBERG's und nach den Befunden, die ich sogleich von andern Coelenteraten mittheilen werde, für ausgemacht, dass Richtungskörper auch hier nicht fehlen.

Ueber die ersten Stadien der Eientwicklung bei Medusen liegen nur wenige Angaben vor. GEGENBAUR³⁾ beschreibt bei Lizzia und Occania im reifen Ei ein homogenes Keimbläschen ohne Keimfleck und lässt dasselbe bei der Furchung sich theilen. — FOL⁴⁾, der an

¹⁾ KLEINENBERG. Hydra pag. 41—47.

²⁾ BÜTSCHLI. Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle etc. pag. 172.

³⁾ GEGENBAUR. Zur Lehre vom Generationswechsel und der Fortpflanzung bei Medusen und Polypen pag. 24 u. 28.

⁴⁾ FOL. Die erste Entwicklung des Geryonideneies. Jenaische Zeitschr. Bd. VII.

Geryonia die Verhältnisse am eingehendsten untersucht hat, macht darauf aufmerksam, dass das Keimbläschen des unbefruchteten und des reifen Eies nicht identificirt werden könne, und wirft hierbei die Frage auf, ob der Kern des befruchteten Eies vom Kerne oder vom Kernkörperchen des unbefruchteten abstammt, oder ob diese Gebilde bei der Befruchtung verschwinden, um einer Neubildung Platz zu machen. Ausserdem beschreibt er an einem Pol des Eies in der Hülle constant ein Korn oder Richtungskörperchen und erwähnt, dass er ähnliche Gebilde auch bei andern Coelenteraten beobachtet habe. Endlich hat FOL an diesem Object die bei der Kerntheilung entstehenden Doppelstrahlungen zuerst wahrgenommen. — In der neuesten Arbeit über Medusenentwicklung thut METSCHNIKOFF¹⁾ des Vorhandenseins von Richtungskörpern keine Erwähnung, und bestreitet er das Vorkommen eines Kerns in den frisch abgelegten Eiern von Geryonia und Polyxenia.

Bei dieser Sachlage waren auf die ersten Entwicklungsstadien der Medusen besonders gerichtete Untersuchungen dringend geboten und wurden dieselben von mir an verschiedenen Arten, an Aeginopsis mediterr. und Mitrocoma Annae, an Nausithoe albida und Pelagia noctiluca vorgenommen.

Bei den unreifen Eiern liegt das Keimbläschen central und enthält einen einzigen, ansehnlichen Keimfleck²⁾, an dem sich im frischen Zustande, wie bei Asteracanthion, zwei das Licht verschieden brechende Substanzen unterscheiden lassen. Bei der Reife rückt das Keimbläschen bis nahe an die Oberfläche des Dotters und bildet sich hier noch innerhalb des mütterlichen Organismus zurück. An seiner Stelle wird später in der Peripherie des Dotters ein kleiner homogener Kern sichtbar. Die reifen Eier werden bei einem Theil der Medusen ganz nackt abgelegt, bei andern sind sie von einer Gallertmasse umgeben. Es sind dies, wie wir gleich sehen werden, Ver-

¹⁾ METSCHNIKOFF. Studien über die Entwicklung der Medusen und Siphonophoren. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXIV.

²⁾ Eine Ausnahme macht Eucopa polystyla. Nur an jungen Thieren in sehr kleinen Eiern nahm ich einen einzigen Keimfleck wahr, in wenig grösseren war dagegen stets schon eine Mehrzahl vorhanden. Es liess sich hier feststellen, dass die zahlreichen Nucleoli durch Ablösung vom ursprünglichen einfachen Keimfleck entstehen, der uninucleoläre Zustand des Keimbläschens ist mithin bei den Medusen zwar der vorherrschende, aber nicht der ausschliessliche.

schiedenheiten, die für den Nachweis der Richtungskörper von grossem Einfluss sind.

Hüllenlos sind die Eier von *Aeginopsis* und *Mitrocoma*. Dieselben zeigen weder zur Zeit der Ablage noch später eine Bildung, die sich einem Richtungskörper vergleichen liesse, sie stimmen hierin wie in dem Besitz eines Eikerns vollständig mit den Eiern von *Toxopneustes lividus* überein.

Um über die Reifeerscheinungen etwas zu ermitteln, habe ich von zahlreichen Exemplaren von *Aeginopsis* und *Mitrocoma* die Ovarien zerzupft und ist es mir so geglückt wenigstens einige Stadien zu erhalten, aus denen hervorgeht, dass eine Bildung von Richtungskörpern stattfindet. Bei einem Exemplar von *Aeginopsis* isolirte ich aus dem Ovarium einige Eier, die ihr Keimbläschen verloren hatten. Bei zwei derselben sah ich ein Protoplasmakügelchen vom Dotter sich abschnüren, eine Zeitlang der Oberfläche des Eies anhaften und sich dann später ablösen. In seiner Mitte konnte ein kleines Kernchen wahrgenommen werden. Unmittelbar unter der Austrittsstelle dieses Kügelchens tauchte alsbald eine kleine Vacuole auf, die sich rasch vergrösserte und einen runden, deutlich umschriebenen Eikern bildete.

Bei *Mitrocoma* fand ich in den zerzupften Ovarien, obwohl die eingefangenen Thiere reife Eier ablegten, doch stets nur solche mit Keimbläschen vor. Als ich eines Tages in einem Uhrschälchen mit Meerwasser, das vor Verdunstung geschützt war, zerzupfte Ovarien längere Zeit stehen liess, machte ich die Beobachtung, dass auch hier die Eier wie bei *Asteracanthion* im Seewasser reifen. Nach etwa 12 Stunden hatte ein Theil das Keimbläschen verloren und besass dagegen einen oberflächlich gelegenen Eikern. Gleichwohl konnten auch bei diesem Verfahren die einzelnen Umbildungsstadien von mir nicht ermittelt werden. Zum Theil lag dies daran, dass ich über ein geringes Beobachtungsmaterial verfügte, zum Theil daran, dass die Umwandlung einen so beträchtlichen Zeitraum in Anspruch nahm und nicht gleichzeitig bei den einzelnen Eiern verlief. Vielleicht wird bei anderen Medusenarten dieses Verfahren in Zukunft bessere Resultate liefern.

Die von *Aeginopsis* und *Mitrocoma* mitgetheilten lückenhaften Beobachtungen finden eine Ergänzung durch die Thatsachen, die sich bei *Nausithoë* und *Pelagia* mit geringeren Schwierigkeiten ermitteln lassen. Bei beiden Arten werden die Eier bei ihrer Ablage in grösserer oder geringerer Anzahl in eine gemeinsame, mehr oder minder

dicke Gallerte eingehüllt¹. Zwischen der Gallerte und der Oberfläche des Dotters bemerkt man einen kleinen mit Flüssigkeit erfüllten Zwischenraum (Taf. IX Fig. 15, Fig. 1—3. In diesem liegen bei Nausithö sowohl als bei Pelagia zwei bis drei Protoplasma-kügelchen bei einander. Dieselben besitzen ein helleres Centrum und eine dunklere körnige Rinde. Mit aller Deutlichkeit kann man in ihnen Kerntheile nachweisen, wenn man die Eier mit Osmiumsäure härtet, in BEALE'schem Carmin färbt und dann mit Salzsäureglycerin den überschüssigen Farbstoff auszieht (Taf. IX Fig. 4). Bei diesem Verfahren bleiben die Kerntheile dunkelroth tingirt; die 2—3 Protoplasma-kügelchen sind daher kleine Zellehen und gleichen mithin den als Richtungskörper bekannten Gebilden. Bei Pelagia sah ich einen oder mehrere zarte Fäden von den Richtungskörpern zu der Dotteroberfläche gehen. Wenn man Eierklumpen in 2% Essigsäure einlegt, so wird alsbald die Gallerte gelöst. Von den isolirten Eiern sind dann auch die Richtungskörper abgefallen und wie bei Aeginopsis und Mitrocoma nicht mehr aufzufinden.

Besondere Beachtung verdient die Stelle der Dotteroberfläche, welcher die Richtungskörper anliegen. Denn hier wird man in der Rindenschicht den homogenen Eikern bemerken (Taf. IX Fig. 2e). Derselbe erreicht bei Nausithö einen Umfang von 19 μ . Er wird rings von den grossen stark glänzenden Dotterkörnern umgeben, welche das Ei so dicht anfüllen, dass das Protoplasma zwischen ihnen nur ein feines Netzwerk bildet. In Essigsäure quellen die Dotterkörner etwas und werden heller. Der Eikern tritt jetzt schärfer contourirt hervor.

¹ Bei Nausithö sind meist 2—10 Eier in ein Gallertklümpehen eingeschlossen (Taf. IX Fig. 15), bei dessen Untersuchung ich auf eine interessante Erscheinung aufmerksam wurde. In dem Gallertklümpehen befinden sich nämlich ausser den Eiern noch zahlreiche Nesselzellen (σ) in gleichmässiger Vertheilung vor. Sie besitzen eine Grösse von 15 μ und enthalten je eine Kapsel, in welcher ein Nesselfaden aufgerollt ist. Die isolirten Nesselzellen sind vollkommen lebenskräftig, auch wenn sie schon Tage lang im Wasser verweilt haben. Sowie ein Reiz das Gallertklümpehen trifft, schmelzen sofort nach allen Richtungen die langen Nesselfäden hervor. Stets beobachtete ich dies bei Zusatz von verdünnter Essigsäure. Es kann wohl kein Zweifel darüber bestehen, dass hier ein eigenthümlicher Schutzapparat vorliegt. Indem die Eier in den Ausführungswegen mit Gallerte und Nesselzellen umgeben werden, sind dieselben zu einer eklen Speise umgewandelt, die von den meisten Thieren wohl gemieden werden mag. Ein solcher Schutzapparat scheint bei Nausithö zur Erhaltung der Art erforderlich zu sein, da die Eier gross und undurchsichtig sind und nicht in so grossen Massen, wie zum Beispiel bei Pelagia, abgelegt werden.

Ueber die Bildung der Richtungskörper konnte ich bei Nausithoë Einiges beobachten, indem ich schon in Gallerte eingehüllte Eier einige Zeit vor ihrer Ablage aus weiblichen Thieren durch Zerzupfen isolirte. Bei einem Ei sah ich erst einen Richtungskörper gebildet und den zweiten eben in Bildung begriffen (Taf. IX Fig. 1). Eine Protoplasmapartie erhob sich zu einem Hügel empor und schnürte sich bald an ihrer Basis ab. Das so entstandene Kügelchen blieb durch einen Stiel noch längere Zeit mit dem Dotter verbunden (Taf. IX Fig. 3). Unter der Austrittsstelle war ein kleiner von Dotterkörnern freier Fleck bemerkbar und in diesem bildete sich bald eine kleine Vaenole, die nach und nach zur Grösse des Eikerns anwuchs (Taf. IX Fig. 2).

In den Fällen, wo drei Richtungskörper vorhanden sind (Taf. IX Fig. 2), ist der dritte durch Theilung des erstgebildeten wie bei Nephelis entstanden. Es geht dies aus der biscuitförmigen Beschaffenheit hervor, welche ich einige Male an dem zuerst gebildeten Richtungskörper constatiren konnte.

Ueber den Verlauf der Befruchtung und der Zelltheilung gaben Eier von *Mitrocoma Annae* den gewünschten Aufschluss. Die Eier dieser zierlichen Meduse sind klein, ziemlich durchsichtig, und durchaus homogen, da Dotterkörnchen fehlen. Zur Behandlung mit Reagentien erwiesen sie sich dagegen weniger geeignet.

In einem Glase, in welchem eine männliche und eine weibliche *Mitrocoma* zusammengehalten wurden, beobachtete ich durch einen glücklichen Zufall den Moment der Eiablage. Ich isolirte sofort die Eier und kam bei der Untersuchung derselben zu folgendem Ergebniss.

Kurze Zeit nach der Befruchtung ist neben dem oberflächlich gelegenen Eikern ein zweites kleineres Kernchen entstanden (Taf. IX Fig. 6 s). Obwohl um dasselbe keine Strahlenfigur wahrzunehmen war, glaube ich es doch als einen Spermakern deuten zu müssen, da in einem gleichmässig homogenen Protoplasma eine vorhandene radiäre Structur desselben meist nicht unterschieden werden kann. Im Verlaufe einer halben Stunde vergrössert sich der kleine Körper und erkennt man jetzt deutlicher die zwei an der Berührungsfläche sich abplattenden Kernvacuolen, von welchen die kleinere, der Spermakern, dem grösseren Eikern mützenförmig aufsitzt. Es entspricht dieses Stadium vollkommen dem Befunde, welchen ich bei *Toxopneustes* von der Copulation der 2 Kerne erhalten habe.

Plötzlich verschwinden unter dem Auge des Beobachters die

beiden vacuoligen Gebilde, so dass jetzt das Ei anscheinend kernlos ist. Setzt man indessen Essigsäure an dem Rande des Deckgläschens zu, so tritt mit aller nur wünschenswerthen Deutlichkeit eine fasrige Spindel hervor, um deren Spitzen der Dotter eine strahlige Anordnung besitzt (Taf. IX Fig. 7). Am klarsten ist das Bild in den ersten Stadien der Säureeinwirkung, später leidet es unter der successive zunehmenden dunklen Gerinnung des Dotters. Die Spindel liegt nie im Centrum, sondern ist der Oberfläche des Eies genähert.

Etwa zwei Stunden nach der Befruchtung beginnt die Theilung. Es bildet sich an der Oberfläche des Eies über der Stelle wo die Spindel liegt, eine seichte Furche, die sich allmählig vertieft (Taf. IX Fig. 9). Hierbei entstehen in der Rinde des Eies secundäre kleinere Falten senkrecht zur Theilungsfurche. Wenn diese bis zu halber Tiefe vorgedrungen ist, tauchen in der Nähe der Theilungsebene in jeder Eihälfte eine Anzahl kleiner Vacuolen auf, die sich umbildenden und dadurch im frischen Zustand wieder deutlich werdenden Hälften der Kernspindel. Am spätesten wird der Theil des Eies durchgeschnürt, welcher der zuerst entstehenden Furche gegenüberliegt. Hier hängen zuletzt die beiden Eihälften nur durch eine dünne Protoplasmabücke zusammen.

Am Schlusse dieser Beobachtungen will ich noch einer Veränderung Erwähnung thun, welche der Eikern erleidet, wenn die Eier längere Zeit unbefruchtet im Meerwasser verweilen. Derselbe nimmt dann an Volum wie bei *Asteracanthion* zu und rückt gleichzeitig ganz an die Eiperipherie hervor (Taf. IX Fig. 11 e). Es entsteht hier eine kleine Grube, in welche der Eikern mit einem Theil seiner Kugeloberfläche, die nur noch von einem feinen Protoplasmahäutchen überzogen ist, hineinragt.

Die Resultate, welche bei der Untersuchung der Eier von Medusen erhalten wurden, lassen sich jetzt in folgende Sätze zusammenfassen: Im reifenden Ei rückt das Keimbläschen bis dicht unter die Oberfläche vor und bildet sich hier noch im Ovarium zurück, indem wahrscheinlich aus Theilen seines Inhalts eine Richtungsspindel angelegt wird. Die Bildung der Richtungskörper geschieht noch vor der Ablage und Befruchtung innerhalb der Ausführwege. Bei einem Theil der Medusen, deren Eier keine Hülle besitzen, fallen die Richtungskörper vom Dotter nach ihrer Abschnürung ab und gerathen in die umgebende Flüssigkeit (*Aeginopsis*, *Mitrocoma* etc.), bei andern Medusen (*Pelagia*, *Nausithoë*) werden sie durch eine Gallertschicht, in welche die Eier eingehüllt sind, auf der Dotterober-

fläche festgehalten, so dass sie noch lange Zeit nach der Ablage aufzufinden sind. Alle Eier, welche reif und in das Meerwasser entleert sind, besitzen schon vor ihrer Befruchtung einen kleinen homogenen, an der Oberfläche des Dotters gelegenen Eikern. Mit diesem tritt unmittelbar nach der Befruchtung ein zweiter kleinerer Kern — der Spermakern — in Verbindung, verschmilzt mit ihm und geht mit ihm zusammen in die Spindel über. —

Ueber die ersten Entwicklungsvorgänge im Siphonophorenei ist so gut wie Nichts bekannt. HAECKEL¹⁾ lässt die reifen Eier noch mit einem Keimbläschen ausgerüstet sein und dasselbe bei der Furchung sich theilen, METSCHNIKOFF²⁾ dagegen fand bei den zahlreichen von ihm beobachteten Arten keine Spur desselben, die Ab- oder Anwesenheit des Keimbläschens war ihm stets ein Zeichen, ob er auf das Gelingen der künstlichen Befruchtung rechnen konnte oder nicht. Der dänische Naturforscher MÜLLER³⁾ endlich sah bei reifen Eiern von Hippopodius das Keimbläschen dicht an der Oberfläche liegen. Es löst sich hier nach seiner Ansicht auf; nur der Keimfleck bleibt erhalten und bildet den kleinen homogenen Kern des reifen Eies, der ganz an die Eiperipherie gerückt ist. Auch über die Befruchtung der Siphonophoreneier hat MÜLLER Angaben gemacht. Bei Hippopodius beschreibt er als Micropylhof eine eigenthümliche Bildung, die dem Ei an der Stelle, wo der Kern anzutreffen ist, aufliegt. Er lässt dieselbe bei der Befruchtung eine Rolle spielen. Häufig nämlich erkannte er in ihr 2—3 amöbenähnliche Körperchen, welche er als ungewandelte Spermatozoiden deutet. Meist sah er eins derselben mit einer Spitze den Kern berühren und wie er glaubte, in der Weise denselben befruchten. Eine Weiterentwicklung und Theilung der Eier blieb indessen in allen Fällen aus.

Die von mir angestellten Beobachtungen beschränken sich auf *Physophora hydrostatica* und *Hippopodius gleba*.

Einige gegen Ende Februar eingefangene Exemplare von *Physophora* setzten nach einiger Zeit reichlich ihre grossen aber sehr durchsichtigen Eier ab, welche vollkommen hüllenlos sind. Man kann an ihnen eine dünne Rinden- von einer Markschiicht unterscheiden (Taf. IX Fig. 10). Die erstere besteht aus feinkörnigem Pro-

¹⁾ HAECKEL. Zur Entwicklungsgeschichte der Siphonophoren 1869.

²⁾ METSCHNIKOFF. Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. XXIV.

³⁾ P. E. MÜLLER. Naturhistorisk Tidsskrift. Bd. 7. 1871.

toplasma, die letztere dagegen schliesst die grossen Dotterelemente ein, die sich gegenseitig abplatteten und von einander durch dünne Protoplasmascheidewände getrennt sind. In der Protoplasmarinde ist der $36\ \mu$ grosse, helle und durchaus homogene Eikern (*e*) anzutreffen. Dagegen fehlen am abgelegten Ei die Richtungskörper.

Ich schnitt jetzt vom Siphonophorenstock einige Geschlechtsgemmen ab und verschaffte mir so eine grosse Anzahl von unreifen und reifen Eiern. Bei ersteren liegt das relativ grosse Keimbläschen in der Mitte des Dotters und umschliesst stets einen einzigen grossen Nucleolus (Taf. IX Fig. 13). Derselbe besteht aus einer dünnen Rindenschicht (*r*), welche nach Innen scharf abgegrenzt ist, und aus einer helleren centralen Substanz (*p*). Es hat so den Anschein, als ob der Keimfleck eine grosse Vacuole in seiner Mitte enthielte. In der centralen Partie und in der Rindenschicht erkenne ich die beiden Substanzen wieder, aus welchen sich auch der Keimfleck von Asteracanthion zusammensetzt.

An solchen Eiern, die der Reife nahe stehen, ist das Keimbläschen ganz an die Oberfläche emporgestiegen. Wie es sich hier weiter umbildet, konnte ich nicht ermitteln, da es mir niemals gelang in den ausgeschnittenen Geschlechtsgemmen die wichtigen Umbildungsstadien aufzufinden. Dagegen traf ich reife Eier mit einem peripher gelegenen Eikern in grosser Anzahl. Bekanntlich kommt bei den Physophoriden in der medusoiden Geschlechtsglocke nur ein einziges Ei zur Entwicklung. Dasselbe wird von den dünnen Wandungen der Glocke wie von einer Membran dicht umhüllt, so dass nur ein kleiner Zwischenraum übrig bleibt (Taf. IX Fig. 10 *g*). Mit Constanz finden sich nun in diesem Zwischenraum bei allen Eiern, die einen Eikern besitzen, zwei $36\ \mu$ grosse Protoplasma-Kügelchen (*r*). Sie liegen auf der Dotteroberfläche stets an der Stelle, wo man den Eikern (*e*) wahrnimmt. In ihrer Mitte enthalten sie eine oder mehrere kleine Kernvacuolen, die bei Essigsäurezusatz schärfer umgrenzt werden und dadurch deutlicher hervortreten (Taf. IX Fig. 5). Oft ist das eine dieser Kügelchen durch einen dünnen lamellosen Stiel mit dem Ei noch in Verbindung. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass wir in diesen Gebilden die Richtungskörper des Siphonophoreneies vor uns haben. Dieselben werden bei der Ablage des Eies zugleich mit den Wandungen der medusoiden Glocke abgestreift und sind daher bis jetzt trotz ihrer ziemlich ansehnlichen Grösse noch von keinem Forscher beobachtet worden.

An den Eiern der zweiten Siphonophore, des Hippopodius gleba,

habe ich vor zwei Jahren in Villafranca im Mai einige Beobachtungen gemacht und benutze ich hier die damals von mir aufgezeichneten kurzen Notizen, da sie mir geeignet erscheinen die von P. E. MÜLLER beschriebenen, so eigenthümlichen Verhältnisse aufzuklären.

Eine Geschlechtsglocke von *Hippopodius* umschliesst zahlreiche Eier, die sich gegenseitig abplatteten. Auch hier findet man kurze Zeit vor der Eireife das Keimbläschen an der Peripherie vor und wenn dasselbe später geschwunden ist, gewahrt man an seiner Stelle den Eikern, einen kleinen hellen Körper, der ganz oberflächlich liegt und meist auf dem Durchschnittsbild an der Peripherie einen halbmondförmigen Ausschnitt bildet (Taf. IX Fig. 12 e). Aus einer Glocke isolirte ich derartige reife Eier durch vorsichtiges Zupfen mit der Nadel. Dieselben sind, wie schon METSCHNIKOFF erwähnt, von einer dünnen Membran überzogen. Im Umkreis des Eikerns ist die Membran vom Dotter abgehoben und umgrenzt hier einen linsenförmig gestalteten Raum, den Mikropylhof MÜLLER's (Taf. IX Fig. 12). In diesem beobachtete ich zwei bis drei protoplasmatische Körper (r), die eine sehr unregelmässige Form besaßen, bald mehr kuglig, bald langgestreckt waren. So war z. B. einer derselben 19 μ breit und 57 μ lang. MÜLLER hat diese Körper für umgewandelte Spermatozoen erklärt, eine Deutung, deren Richtigkeit ich bestreiten muss. Denn ich fand die Körper an Eiern, die aus der Glocke künstlich entleert mit Spermatozoen noch gar nicht in Berührung gekommen waren. Ferner sind die Spermatozoen, wie auch MÜLLER hervorhebt, viel kleiner und anders gestaltet. Eine Quellung derselben ausserhalb des Eies dürfen wir aber wohl nicht annehmen, da etwas derartiges noch in keinem Falle hat beobachtet werden können.

Vor zwei Jahren war mir die Bedeutung der fraglichen Gebilde unklar geblieben; jetzt glaube ich nicht zu irren, wenn ich sie für Richtungskörper erkläre. Dafür spricht ihre Anzahl, ihre Lage über dem Eikern und ihre Grösse. Abweichend von andern Siphonophoren bleiben sie auf der Oberfläche des Dotters nach der Ablage der Eier deswegen noch haften, weil sie durch eine zarte Membran hier festgehalten werden. Die feine Spitze, welche nach MÜLLER meist von einem der vermeintlichen Spermatozoen zum Eikern herantreten und diesen befruchten soll, ist das Protoplasmafädchen, durch welches der zuletzt gebildete Richtungskörper oft noch längere Zeit mit dem Dotter in Verbindung bleibt.

Die künstliche Befruchtung ist bis jetzt bei *Hippopodius* nur in seltenen Fällen gelungen. Auch mir schlugen alle damals vorgenommenen Versuche fehl. Nie erhielt ich zweigetheilte Eier.

Aehnliche Verhältnisse, wie bei den Medusen und Siphonophoren habe ich auch bei den Ctenophoren nachweisen können. In reifen Ctenophoreneiern fehlt nach den Angaben KOWALEVSKY'S¹⁾ jedwedes kernartige Gebilde, auch Richtungskörper werden von ihm nicht beschrieben. Desgleichen erwähnt FOL²⁾ in seiner Arbeit über Ctenophorenentwicklung weder des einen noch des anderen Gebildes. Den Nachweis, dass im frisch gelegten Ei ein kleiner Kern vorhanden ist, habe ich vor 2 Jahren bei Gelegenheit meiner Untersuchungen über *Toxopneustes* an einer *Beroe* geführt. Geeigneter zu derartigen Studien sind die viel kleineren Eier von *Gegenbauria cordata*, welche ich diesen Winter zu beobachten Gelegenheit hatte. Das vollkommen durchsichtige Ei ist von einer sehr breiten Gallertzone umgeben und zeigt in sehr deutlicher Weise ähnlich wie *Physophora* eine Sonderung in eine protoplasmatische schmale Rindenschicht und in eine aus Dotterkugeln bestehende Marksubstanz (Taf. IX Fig. 8). Die wasserhellen Dotterkugeln sind im Centrum am grössten, nach der Peripherie kleiner; sie werden nur durch dünne Protoplasmaschichten von einander getrennt; durch gegenseitigen Druck platten sie sich ab, so dass auf dem Durchschnitt hexagonale Figuren entstehen. Mit Constanz bemerkte ich auf der Oberfläche eines jeden Eies zwei nebeneinander liegende kleine Protoplasma-Kügelchen (*r*) von 7,2 μ Durchmesser. Ein jedes birgt in seinem Innern eine helle Vacuole. Bei Osmium- und Carminbehandlung gerinnt dieselbe und färbt sich intensiv roth. Es sind mithin die beiden Kügelchen kleine kernhaltige Zellen. Hierauf und auf ihr constantes Vorkommen in der Zweifzahl gründe ich ihre Deutung als Richtungskörper. In ihrer Nachbarschaft stiess ich zuweilen noch auf ein drittes Kügelchen, das gleichfalls ein Kernchen umschloss. Seine Bedeutung ist mir unklar geblieben! Vielleicht könnte es ein der Dotteroberfläche anhaftendes Spermatozoon sein. Den Eikern (*e*) habe ich im frischen Zustand nicht wahrgenommen, mit voller Deutlichkeit dagegen an jedem Ei nachgewiesen, das mit Osmium-Carmin behandelt worden war. Er liegt am Uebergang der Rinden- und Markschicht, besitzt

¹⁾ KOWALEVSKY. Entwicklungsgeschichte der Rippenquallen. Mémoires de l'Académie impériale de St. Pétersbourg. 1866.

²⁾ FOL. Ein Beitrag zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Rippenquallen. Inauguraldiss. Berlin 1869.

einen Durchmesser von 8μ und enthält einen kleinen Nucleolus. Bemerkenswerth ist, dass ich den Eikern selten unterhalb der Richtungskörper sondern in geringerer oder grösserer Entfernung von denselben unter der Eirinde antraf. Er muss also in diesem Fall eine Lageveränderung erlitten haben. Da eine solche bei Asteracanthion u. a. auch eintritt, so kann aus diesem Moment ein Bedenken gegen die Deutung der beiden kernhaltigen Protoplasmakügelchen als Richtungskörper wohl nicht erwachsen.

2. Ueber die ersten Entwicklungsvorgänge im Ei der Würmer.

Die Objecte, durch deren Studium in den letzten Jahren unsere Kenntniss von den ersten Entwicklungsvorgängen im Ei besonders gefördert worden ist, waren hauptsächlich aus dem Kreis der Würmer gewählt. Die Eier der Hirudineen, Nematoden und Ascidien gaben hier wichtige Aufschlüsse über die Umbildung des Keimbläschens, über die Bildungsweise der Richtungskörper, über die Copulation zweier Kerne.

An die genannten Arten kann ich als ein weiteres zur Untersuchung recht günstiges Object das Ei von *Sagitta* anreihen. Dasselbe ist schon vor längerer Zeit von GEGENBAUR¹⁾ und KOWALEVSKY²⁾ untersucht worden. Ersterer beschreibt im Centrum des frisch gelegten Eies als Keimbläschen ein isolirbares festes, gelbliches Bläschen, welches keine Keimflecke enthält. Während der Theilung sah er die Dottermolecüle um den Kern in radienförmigen, gegen die Peripherie sich verlierenden Streifen angeordnet. Richtungskörper sind weder von GEGENBAUR noch auch von KOWALEVSKY wahrgenommen worden. Auf die im Februar dieses Jahres erschienene vorläufige Mittheilung von FOL³⁾ werde ich in der Darstellung meiner Beobachtungen zu sprechen kommen.

Die Keimbläschen der unreifen Eier von *Sagitta* sind dadurch ausgezeichnet, dass sie an Stelle eines einfachen grossen Keimflecks eine Anzahl kleiner Nucleoli besitzen, die meist der Kernmembran anlie-

¹⁾ GEGENBAUR. Ueber die Entwicklung der *Sagitta*. Abh. der naturf. Gesellschaft in Halle. 1857.

²⁾ KOWALEVSKY. Embryol. Studien an Würmern und Arthropoden. Mémoires de l'Académie de St. Pétersbourg. T. XVI No. 12. 1871.

³⁾ FOL. Sur les phénomènes intimes de la fécondation. Comptes rendus 5. février 1877.

gen (Taf. X Fig. 13). Ausserdem lassen sie in ihrem Innern eine netzförmig ausgebreitete Substanz erkennen, in welche grössere und kleinere Körnchen eingestreut sind. Auch hier löst sich das Keimbläschen auf, nachdem es an die Oberfläche des Dotters emporgestiegen ist und zwar noch innerhalb des Ovarium.

Zur Untersuchung mit Reagentien verschaffte ich mir reife noch unbefruchtete Eier, indem ich Sagitten mit prall gefüllten Geschlechtsorganen zerschnitt und allmählig die Geschlechtsproducte aus der Schnittöffnung austreten liess. Die reifen Eier sind ziemlich gross aber vollkommen durchsichtig. Sie bestehen aus kleinen hellen Dotterkügelchen, die dicht aneinander grenzend in ein feines Protoplasmanetzwerk eingebettet sind. Die Oberfläche wird von einer doppelcontourirten, dicht aufliegenden Membran überzogen. Von einem kernartigen Gebilde ist im frischen Zustande auch keine Spur wahrzunehmen. Behandelt man dagegen die Eier mit 2% Essigsäure, so wird in der Dotterrinde ein Bündel glänzender Stäbchen sichtbar (Taf. X Fig. 10 a). Dieselben sind kurz aber verhältnissmässig breit und von einem zum andern Ende gleichmässig beschaffen. Ein Durchschnittsbild senkrecht zur Längsachse des Bündels ergibt einen Kreis von deutlich hervortretenden Körnchen. Wir haben hier eine modificirte Form der Kernspindel vor uns. In welcher Weise dieselbe aus dem Inhalt des Keimbläschens entsteht, konnte von mir nicht ermittelt werden.

An künstlich befreiten Eiern kann man die Bildung der Richtungskörper am lebenden Object leicht verfolgen, man sieht an einer Stelle der Dotteroberfläche einen kleinen Protoplasmahügel sich emporwölben und abschnüren und nach Ablauf von etwa einer viertel Stunde denselben Vorgang sich wiederholen. Noch vor der Abschnürung des ersten Richtungskörpers hat sich der Dotter von der Eihaut etwas zurückgezogen. Bei aufmerksamer Betrachtung wird man jetzt im Ei an dem Pol, welcher den Richtungskörpern entgegengesetzt ist, eine schwache Strahlung wahrnehmen. Dieselbe verharrt noch längere Zeit in diesem Zustand, erst von dem Augenblicke an, wo der zweite Richtungskörper hervorzuknospen beginnt, wird sie zusehends deutlicher und rückt nach der Eimitte (Taf. X Fig. 11). Bald dringen von hier aus die Radien bis zur Dotteroberfläche vor. So beobachten wir hier dasselbe Phänomen wie bei *Asteracanthion*. Es scheint als ob das Plasma, wenn es von den Theilungsvorgängen am Richtungskörperpol beherrscht wird, auf den vom Spermakern

ausgeübten Reiz noch nicht in so ausgiebiger Weise wie später reagieren kann.

Der Eikern wird am lebenden Objecte etwa eine viertel Stunde nach der Bildung des zweiten Richtungskörpers sichtbar (Taf. X Fig. 12 e). Er entsteht in einem körnchenfreien homogenen Fleck der Dotterrinde dicht unter der Abschnürungsstelle der Richtungskörper zunächst als eine kleine Vacuole, dann vergrössert er sich und umgibt sich, indem er centralwärts wandert, mit einem Strahlensystem (Taf. X Fig. 11). Gleichzeitig taucht auch in der anderen Strahlung eine kleine Vacuole, der Spermakern, auf. Indem sich beide Kerne gleichmässig vergrössern und sich mit ihren Strahlensystemen vorwärts bewegen, begegnen sie sich in der Eimitte. Sie erreichen jetzt ein jeder einen Durchmesser von 14μ (Taf. X Fig. 18). Mit zugespitzten Enden legen sie sich aneinander und nehmen an den Berührungsstellen eine dunklere Beschaffenheit an. Es schien mir als ob die festeren Kernbestandtheile sich hier ansammelten, während die flüssigeren nach den andern Seiten hinwichen. Dann verschwinden beide Kerne und es bildet sich eine Doppelstrahlung aus, in welcher Essigsäure eine Spindel zum Vorschein bringt.

Die hier referirten Beobachtungen stimmen mit den vorläufigen Mittheilungen FOL's überein. Nur wird von ihm die durch Essigsäure nachzuweisende Richtungsspindel und die modificirte Beschaffenheit derselben nicht erwähnt.

Den Resultaten, welche mir die Untersuchung der Sagitteneier geliefert hat, lasse ich eine Anzahl Beobachtungen nachfolgen, die an Eiern von *Alciope*, *Hæmopsis* und *Ascidia intestinalis* von mir angestellt worden sind, sich aber nur auf einzelne Stadien in den ersten Entwicklungsvorgängen beziehen.

Ein in einem Glas gehaltenes *Alciopew*eibchen hatte vor ihrem Absterben eine grössere Anzahl in Gallerte eingehüllte Eier abgesetzt. Dieselben enthielten in der protoplasmatischen Grundsubstanz grosse dicht gedrängt bei einander liegende Dotterkörner (Taf. X Fig. 15). Nur ein kleiner ovaler Ausschnitt in der Eirinde blieb frei von ihnen und liess das feinkörnige Protoplasma in grösserer Ansammlung zu Tage treten. Bei Zusatz von 2 % Essigsäure erkannte ich in dieser Stelle eine ansehnliche faserige Richtungsspindel, die in einem Eiradius gelegen mit ihrer einen Spitze an die Dotterperipherie anstiess. Um jede Spitze war eine Strahlung wahrzunehmen. Eine Weiterentwicklung trat an den Eiern nicht ein, auch bot sich später keine Gelegenheit die mitgetheilte Beobachtung weiter zu vervollständigen,

doch lässt sich schon aus ihr der Schluss ziehen, dass auch bei *Alciope* in der von anderen Objecten bekannten Weise Richtungskörper gebildet werden.

Die Eier von *Ascidia intestinalis* erwiesen sich mir als besonders geeignet, um an ihnen die feinere Zusammensetzung des Keimflecks zu untersuchen. Schon sehr junge Eier besitzen hier einen einzigen recht ansehnlichen Keimfleck, an dem sich im frischen Zustand zwei verschiedene Theile leicht unterscheiden lassen. Die Hauptmasse, welche ich Nuclein (*n*) nennen will, ist stärker lichtbrechend und fettig glänzend und umgibt auf dem Durchschnittsbild entweder ringförmig oder halbmondförmig den kleineren helleren kugligen Theil, das Parannuclein (*p*) (Taf. X Fig. 17 *b*). In Essigsäure gerinnt letzteres dunkelkörnig (Taf. X Fig. 17 *c*). Bei Behandlung mit Osmiumsäure und BEALE'schem Carmin in der früher angegebenen Weise färbt es sich rasch und dunkel, so dass es eine Zeit lang als dunkelrothes Kügelchen von der noch ungefärbten, es umschliessenden Hülle abgegrenzt werden kann (Taf. X Fig. 17 *a*).

Von einer Untersuchung der Bildungsweise der Richtungskörper nahm ich Abstand, da *Phallusia mammillaris*, deren Eier wohl am besten zu derartigen Beobachtungen geeignet sind, nur schwer zu beschaffen gewesen wäre. Ausserdem wurde das Vorhandensein von Richtungskörpern schon von FOL in einer vorläufigen Mittheilung gemeldet. Wie aus derselben hervorgeht, sind es nicht die sogenannten Testazellen, in welchen SEMPER die Richtungskörper des Asceidieneies erblickt hat. Während die Testazellen schon im Ovarium entstehen, werden die Richtungskörper erst in einer späteren Zeit gebildet.

Was das dritte der oben namhaft gemachten Objecte, *Haemopsis vorax*, anbetrifft, so veranlassen mich die bei *Asteracanthion* erhaltenen Resultate noch einmal auf einige Befunde zurückzukommen, welche ich bereits früher bei der Untersuchung der Eierstockseier von *Haemopsis* erhalten, aber in der darüber handelnden Schrift nur kurz beschrieben habe.

Wie dort schon hervorgehoben wurde, erhielt ich bei Durchmusterung der reifen Eierstockseier zuweilen auch Bilder von Kernspindeln, die noch nicht die regelmässige Beschaffenheit besaßen, und betrachtete ich dieselben als früheren Bildungsstadien angehörig. Auch machte ich auf eine mir damals auffällige Erscheinung aufmerksam, dass häufig an solchen Präparaten neben einem der beiden Spindelenden noch ein kleines rundes Kügelchen zu bemerken

sei, das sich in Carmin färbe und daher wohl auch als Kerntheil in Anspruch genommen werden müsse. Diese Befunde erhalten jetzt erst ihre wahre Bedeutung, nachdem es mir bei Asteracanthion möglich war, Schritt für Schritt die Umbildung des Keimbläschens zu beobachten. Da ich es damals unterlassen hatte, von diesen Stadien Abbildungen in meine Arbeit mit aufzunehmen, habe ich jetzt noch einige schon früher entworfene Zeichnungen auf Tafel X (Fig. 14 *a—c*) zusammengestellt.

Man sieht in Fig. 14 zwei Kerntheile nahe beisammen liegen, einen fasrig spindelförmigen und ein Kügelchen, das ich bald von grösserem bald von geringerem Umfang antraf. Beide Gebilde sind entweder von einem hellen Hof (Fig. 14 *b*) oder von Resten der Keimbläschenmembran (Fig. 14 *a*) umgeben oder sie liegen ganz im Eidotter (Fig. 14 *c*). In seltenen Fällen ist der kuglige Kerntheil von der Spindel durch einen grösseren Zwischenraum getrennt, stets fehlt er in Eiern, an denen die Bildung der Richtungskörper beginnt. Diese Bilder entsprechen vollkommen den von Asteracanthion auf Taf. VIII dargestellten Befunden, so dass wir hieraus auf eine weitere Verbreitung der dort an lebenden Objecten beobachteten Vorgänge schliessen können.

3. Ueber die ersten Entwicklungsvorgänge im Ei der Echinodermen.

Die an Asteracanthion erhaltenen Resultate veranlassten mich mein erstes Untersuchungsobject, das Ei der Seeigel, noch einmal vorzunehmen. Denn vor zwei Jahren hatte ich hier keine Richtungskörper beobachten können und hatte auf eine Reihe von Befunden gestützt es wahrscheinlich zu machen gesucht, dass der Eikern direct aus dem Inhalt des sich auflösenden Keimbläschens und zwar vom Keimfleck desselben abstammt¹⁾. Gegen die Richtigkeit dieser Ansicht wurden von verschiedenen Seiten, von BÜTSCHLI²⁾, STRASBURGER³⁾ und namentlich von VAN BENEDEN⁴⁾ Bedenken laut, welche besonders darin gipfelten, dass ich die Richtungskörper bei *Toxopneustes* übersehen habe, dass

1) OSCAR HERTWIG. Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies. Erster Theil, Morph. Jahrb. Bd. I. pag. 347.

2) BÜTSCHLI. Abhandl. der SENCKENB. naturf. Gesellschaft. Bd. X.

3) STRASBURGER. Ueber Zellbildung und Zelltheilung. 2. Aufl. 1876.

4) VAN BENEDEN. Bulletins de l'Académie royale de Belgique. 2^me série t. LXI. 1876.

die Richtungskörper ausgestossene Kerntheile seien. Trotzdem hielt ich in meiner zweiten Schrift¹⁾ an meiner früheren Deutung fest. Denn erstens war es nichts weniger als erwiesen, dass Richtungskörper überall gebildet werden müssen, da an zahlreichen und günstigen Objecten von sorgfältigen Forschern deren keine beobachtet worden waren. Hierbei sprach in hohem Grade zu Gunsten meiner Ansicht der Umstand, dass gerade bei Eiern, in denen ein Eikern oder ein Fortbestand des Keimbläschens beschrieben worden war, auch Richtungskörper nicht bekannt waren.

Zweitens zeigte ich, dass bei Nephelis die Richtungskörper nicht ausgestossene Kerntheile, sondern durch einen echten Theilungsprocess gebildete Zellen sind. Meine älteren und meine neuangestellten Beobachtungen liessen sich daher recht gut vereinigen und standen nicht in Widerspruch zu einander, sowie man annahm, dass die in ihrer Bedeutung vollkommen räthselhafte Bildung der Richtungskörper ein Vorgang ist, der entweder in einzelnen Thier-Abtheilungen in die Eientwicklung eingeschoben oder wenn ursprünglich allgemein vorhanden, in einzelnen Abtheilungen späterhin sich rückgebildet hat.

Ich nahm daher zwei Fälle in der Entstehung des Eikerns an, einen Fall, in welchem der Eikern direct aus der Kernsubstanz des Keimbläschens hervorgeht, und einen zweiten, wo dieser Vorgang durch das Dazwischentreten der Bildung der Richtungskörper weiter complicirt ist.

Zu einem ganz ähnlichen Resultate ist FOL in einer am 5. Februar 1877 erschienenen vorläufigen Mittheilung gelangt²⁾. Auch ihm war es nicht geglückt bei der Untersuchung der Seeigeleier Richtungskörper aufzufinden. Ueber die Genese des Eikerns war er noch zu keinem Resultat gekommen. FOL unterscheidet daher im Thierreich gleichfalls zwei, wie er sagt, wohlbegrenzte Fälle. »Dans le premier cas, qui est celui de l'oursin, l'ovule, au moment de la ponte, est déjà dépourvu de sa vésicule germinative et ne possède qu'un pronucleus femelle; celui-ci se fusionne, par suite de la fécondation, à un pronucleus mâle renfermant la substance du spermatozoaire, et le développement a lieu sans expulsion préalable de corpuscules de rebut. Dans le second cas, qui est celui de la grande majorité des ani-

¹⁾ Morph. Jahrbuch. Bd. 3.

²⁾ FOL. Sur les phénomènes intimes de la fécondation. Comptes rendus. 1877.

maux, l'ovule pondu possède encore une vésicule et souvent une tâche germinative. Ces deux éléments disparaissent et la majeure partie de leur substance est expulsée du vitellus sous forme de corpuscules, le reste entrant dans la composition d'un pronucleus femelle.

Als ich im December des verflossenen Jahres die Untersuchung an den Seeigeln wieder aufnahm, glückte es mir auch diesmal nicht weder an abgelegten Eiern eine Spur von Richtungskörpern zu entdecken, noch bei Zerpulung des Ovarium und Durchmusterung zahlreicher Präparate zwischen unreifen und reifen Eiern Entwicklungszustände wie bei *Asteracanthion* aufzufinden. Ich stellte daher den Versuch an, ob nicht vielleicht auch bei den Seeigeln der Reife nahe stehende Eier sich weiter entwickeln, wenn sie in das Meerwasser gebracht werden. Ich legte Ovarienstücke in ein Uhrschälchen und durchmusterte bei schwacher Vergrößerung nach einiger Zeit von den ausgetretenen Eiern diejenigen, welche noch ein Keimbläschen besaßen. Der Versuch glückte. Bei einer Anzahl von Eiern trat in der That eine Weiterentwicklung ein. Indem ich nun solche Objecte isolirte, wurde es mir möglich, bei *Sphaerechinus brevispinosus* sowohl am lebenden Ei die Umwandlung auf dem Objectträger zu verfolgen, als auch einige Entwicklungszustände mit Reagentien zu fixiren, und ich kann den Nachweis führen, dass mir bei meinem früheren Untersuchungsverfahren wichtige Umbildungsstadien nicht zur Beobachtung gekommen sind und dass die von mir früher als wahrscheinlich hingestellte Deutung eine verfehlte ist.

Zunächst habe ich meine frühere Schilderung von der Beschaffenheit des stets in der Einzahl vorhandenen Keimflecks zu ergänzen. Derselbe wird wie bei *Asteracanthion* aus zwei Substanzen zusammengesetzt. Die eine derselben, das Paranuclein (p), ist an Volum geringer und liegt als Scheibe dem Nuclein (n) auf oder ist als Kügelchen in eine Aushöhlung des letzteren eingebettet (Taf. X Fig. 16 $a-c$).

Da ich Eier mit Keimbläschen immer nur in sehr geringer Anzahl antraf, so habe ich die ersten Umbildungsstadien bei *Sphaerechinus brevispinosus* nicht untersucht; meine Beobachtung setzt erst da wieder ein, wo das Keimbläschen bereits geschwunden ist. An solchen Eiern ist am lebenden Object in der Dotterperipherie eine Doppelstrahlung zu erkennen, welche weit grösser und deutlicher ist als bei *Asteracanthion*. Bei Zusatz von Essigsäure kann in der Doppelstrahlung eine langgestreckte Richtungsspindel und in dersel-

ben eine mittlere Verdichtungszone mit Leichtigkeit nachgewiesen werden.

Die Bildung der Richtungskörper wurde an lebenden, in Meerwasser auf dem Objectträger isolirten Eiern im Zusammenhang verfolgt. Sie verläuft in derselben Weise, wie bei *Asteracanthion*, mit dem einzigen Unterschied, dass bei den Seeigeln die erste und die zweite Richtungsspindel grösser und die Ansammlung homogener Substanz und die Dotterstrahlung beträchtlicher sind. Auch konnten hier ohne Anwendung von Reagentien die verdichteten Partien in der Spindel und die Kerntheile in den Richtungskörpern von der protoplasmatischen Grundsubstanz des Eies unterschieden werden.

Nach der Abschmürung des zweiten Richtungskörpers bleibt die Hälfte der Doppelstrahlung in der Dotterrinde zurück und es folgt jetzt das Stadium, wo der Eikern entsteht. Dasselbe habe ich nicht verfolgen können, da die isolirten Eier mir zu dieser Zeit unter dem Deckgläschen abstarben und da ich neue Untersuchungen nicht vornehmen wollte. Einem Zweifel kann es ja ohnehin nicht unterliegen, dass die Vorgänge hier ganz dieselben sind, wie ich sie bei *Nephelis*, *Asteracanthion* und zahlreichen andern Objecten beobachtet habe.

Die von VAN BENEDEN und STRASBURGER ausgesprochenen Vermuthungen habe ich somit bestätigen können. Die Bilder, welche vor zwei Jahren von mir beobachtet und als Umwandlungsstadien gedeutet wurden¹⁾, sind durch pathologische Veränderung der untersuchten Eier hervorgerufen worden, wie dies auch FOL bemerkt²⁾, sei es in Folge von Druck des Deckgläschens, sei es durch Eindunsten der in geringen Mengen vorhandenen Ovarialflüssigkeit, welche ich damals als indifferentes Medium glaubte anwenden zu müssen.

Es bleibt jetzt noch der Umstand zu erklären, warum bei den Seeigeln an reifen Eiern die Richtungskörper fehlen, während sie ja an anderen Objecten, wie den Hirudineen, Mollusken etc. noch bei weit vorgeschrittener Furchung nachzuweisen sind. Den Grund glaube ich darin zu finden, dass bei den Seeigeln die Bildung der Richtungskörper im Ovarium zu einer Zeit erfolgt, wo die Eier noch keine derbe Membran besitzen, sondern allein von der breiten radiär gestreiften *Zona pellucida* umhüllt sind. Die Richtungskörper blei-

¹⁾ Morph. Jahrb. Bd. I. Taf. X Fig. 3—5.

²⁾ FOL. Archives des sciences physiques et naturelles de Genève. 1877.

ben daher nach ihrer Hervorknospung mit dem Ei in keinem weiteren Zusammenhang, sondern gerathen in die umgebende Ovarialflüssigkeit. Hieraus erklärt es sich, dass dieselben bei den Seeigeln wie in so manchen andern Fällen bis jetzt vermisst worden sind.

Fast gleichzeitig und unabhängig von mir hat FOL¹⁾ auf Grund erneuter Untersuchungen, welche er an den Ovarialeiern von *Sphacerechinus* vorgenommen hatte, die Richtungskörper bei den Seeigeln entdeckt. Derselbe sah indessen nur einen einzigen Richtungskörper sich bilden, da ihm die Eier in der Untersuchungsflüssigkeit abstarben. Endlich sind noch in jüngster Zeit von *Psammechinus miliaris*²⁾ zwei Richtungskörper durch GIARD in einer vorläufigen Mittheilung beschrieben worden.

An den Eiern der Seeigel habe ich noch eine Reihe physiologischer Experimente angestellt, auf die ich hier kurz eingehen will. So habe ich erstens die Frage untersucht, wie lange die Eier, im Meerwasser aufbewahrt, noch befruchtungsfähig bleiben und wie in pathologischen Eiern die Befruchtungsercheinungen sich gestalten. Hierbei bin ich zu folgenden Ergebnissen gelangt.

Nach 6—8 Stunden entwickelten sich fast alle Eier mit wenigen Ausnahmen normal. Der Dotter zog sich von der Membran sofort bei der Befruchtung zurück und nach etwa 2 Stunden erfolgte regelrechte Zweitheilung. Nach 16 und selbst nach 24 Stunden trat bei einem Theil der Eier noch normale Weiterentwicklung ein. Indessen blieb hier die Eihant der Dotteroberfläche meist anhaften oder hob sich nur wenig von ihr ab. Erst im Laufe des zweiten Tages waren alle unbefruchteten Eier im Meerwasser abgestorben.

Die mitgetheilten Versuche zeigen, dass die Seeigeleier nach ihrer Ablage noch lange Zeit befruchtungsfähig sind. Sie unterscheiden sich hierdurch von den Eiern vieler anderer Thiere, so z. B. von den Eiern von *Asteracanthion*, mancher Mollusken wie *Mytilus*, die einige Stunden im Meerwasser liegend sich nicht mehr normal entwickeln.

Das Absterben der Eier erfolgt bei den Seeigeln allmählig und kann man bei *Toxopneustes* ähnliche Erscheinungen wie bei *Asteracanthion* beobachten, wenn die Spermatozoen mit pathologischen

¹⁾ FOL. Sur le commencement de l'hénogénie chez divers animaux. Archives des sciences physiques et naturelles. Genève 1877.

²⁾ GIARD. Sur les premiers phénomènes du développement de l'oursin Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences. 9. April 1877.

Eiern zusammentreffen. Statt eines tauchen jetzt 2, 4 und mehr Strahlensysteme im Dotter auf. Das in seinen Lebensenergieen geschädigte Protoplasma setzt dem Eindringen zahlreicher Spermatozoen keinen Widerstand mehr entgegen. Es entstehen anomale Kernfiguren verschiedener Art. Der Dotter zerklüftet in unregelmässiger Weise und zerfällt dann bald. Schon vor zwei Jahren habe ich auf solche anomalen Fälle aufmerksam gemacht und sie in gleicher Weise erklärt¹⁾. Dieselben sind jetzt auch von FOL beobachtet und auf das Eindringen zahlreicher Spermatozoen zurückgeführt worden.

Zweitens möchte ich noch auf den Einfluss, welchen verschiedene Temperaturgrade auf die ersten Entwicklungsvorgänge in der Eizelle ausüben, die Aufmerksamkeit hinlenken. Derselbe ist ein ziemlich beträchtlicher. Als ich in Villafranca im Mai Seeigeleier untersuchte, beobachtete ich schon nach Ablauf einer Stunde Zweitheilung. In Messina dagegen, wo im Januar und Februar die Temperatur im Zimmer auf 10 und 6 Grad sank, nahmen die Vorstadien zur Theilung 2 bis 3 Stunden in Anspruch. Die Entwicklung war daher hier um mehr als das Doppelte verlangsamt. Eine systematische Prüfung der Frage, in welcher Weise verschiedene Temperaturgrade auf die Zelltheilung und namentlich auf die einzelnen Stadien der Kernmetamorphose einwirken, dürfte gewiss werthvolle Beiträge zur Anbahnung eines tieferen Verständnisses der Theilungsprocesse liefern.

4. Ueber die ersten Entwicklungsvorgänge im Ei der Mollusken.

Die Mollusken sind auf ihre embryonale Entwicklung von sehr zahlreichen Forschern untersucht, das Vorhandensein und die Bildung der Richtungskörper, welche meist erst einige Zeit nach der Eiablage eintritt, ist hier besonders häufig beobachtet worden. Auch über die schwieriger zu beobachtenden Vorgänge im Innern des Eies haben wir durch die Untersuchungen BÜTSCHLI's über Gastropoden und durch die Schriften FOL's über Pteropoden und Heteropoden wichtige Aufschlüsse erhalten. Ich kann dieselben ergänzen durch Beobachtungen, die an einer grösseren Anzahl von Arten vorgenommen wurden. Die Vertreter verschiedener Abtheilungen, einige Arten von Lamellibranchiaten (*Tellina*, *Cardium* und *Mytilus*), Landgastropoden, eine

¹⁾ Morph. Jahrb. Bd. I. Separatabdruck. pag. 37—38.

Gymnbranchie (Phyllirhoë) Heteropoden und Pteropoden wurden nach einander in das Bereich meiner Untersuchungen gezogen.

In erster Linie theile ich einige Beobachtungen mit, die ich über den feineren Bau des Keimflecks an einigen Lamellibranchiaten und Landgastropoden angestellt habe. Schon LEYDIG¹⁾ und FLEMMING²⁾ haben hier auf einige interessante Thatsachen aufmerksam gemacht. LEYDIG beschrieb bei *Cyclas cornea* eine Zusammensetzung des Keimflecks aus zwei Theilen, wodurch derselbe eine achtförmige Gestalt erhält. FLEMMING beobachtete das Gleiche bei den Najaden und machte zuerst über die chemisch-physikalischen Eigenschaften der beiden Theile Angaben, die ich vollkommen bestätigen kann.

Bei *Unio pictorum*, einem Object, das zu derartigen Untersuchungen sehr geeignet ist, enthält das Keimbläschen einen Nucleolus von ganz beträchtlichen Dimensionen. Die eigenthümliche Form desselben fällt jedem Beobachter sogleich in die Augen (Taf. IX Fig. 16 *b*). Einem kugligen Hauptkörper (*n*) von 15 μ Grösse sitzt ein kleinerer halbkugliger Theil (*p*) von 5—6 μ Durchmesser fest auf und unterscheidet sich von ihm durch ein grösseres Lichtbrechungsvermögen und eine grössere Durchsichtigkeit. Beide Körper sind deutlich von einander abgegrenzt. Ihre Verschiedenheit tritt noch deutlicher hervor, wenn man Reagentien, sei es Essigsäure sei es färbende Mittel in Anwendung bringt. In 2—5 % Essigsäure quillt der grössere kuglige Theil sehr stark um das doppelte und mehr und wird hierbei ganz durchsichtig, so dass seine Contouren kaum noch wahrzunehmen sind (Taf. IX Fig. 16 *a*); die ihm aufsitzende kleine Halbkugel dagegen quillt in etwas geringerem Maasse und ist als dunkler und scharf begrenzter Körper noch deutlich zu unterscheiden. Wenn man jetzt dem Präparat essigsäures Kali zusetzt, so schrumpfen die in Essigsäure gequollenen Kernmassen wieder und nehmen ihre frühere Form an (Taf. IX Fig. 16 *c*). Bei Anwendung von noch stärkeren Essigsäuren löst sich der grössere Theil des Keimflecks vollständig auf, während der kleinere noch erhalten bleibt. Will man auch diesen zum Verschwinden bringen, so muss man eine weitere Concentration der Säure eintreten lassen.

Der Keimfleck von *Unio* besitzt daher zwei chemisch verschie-

¹⁾ LEYDIG. Ueber *Cyclas cornea*. Archiv f. Anat. u. Physiol. 1855.

²⁾ FLEMMING. Studien in der Entwicklungsgeschichte der Najaden. Sitzungsber. der Kais. Akademie zu Wien. 71. Bd. 3. Abth. 1875.

dene Eiweisskörper. Von diesen besteht der in Essigsäure stärker quellende und leichter auflösbare, um mich der bei Asteracanthion angewandten Ausdrücke zu bedienen, aus Nuclein, der weniger quellbare und resistenter Körper dagegen aus Paranuclein. FLEMING bezeichnet den letzteren (*p*) als Haupttheil, den ersteren (*n*) dagegen als Nebentheil. Er verbindet mit dieser Benennung die Hypothese, dass der Nebentheil ein constantes Quellungsproduct des Haupttheils, des eigentlichen Nucleolus sei, eine Auffassung, auf deren Berechtigung ich hier nicht näher eingehe, da ich nach der Richtung keine eigenen Untersuchungen vorgenommen habe.

Wie bei Anwendung von Essigsäure, so unterscheiden sich die beiden Bestandtheile des Keimflecks auch in ihrem Verhalten gegen Färbungsmittel. Auch diesen Punct hat FLEMING bei den Najaden schon festgestellt. Wenn man Eier mit 1% Osmiumsäure behandelt und dann mit BEALE'schem Carmin tingirt, so zieht das Paranuclein den Farbstoff rascher und stärker an. Bei längerer Einwirkung des Carmins gleicht sich der Unterschied mehr aus, kann aber wieder hervorgerufen werden, wenn man mit schwach ammoniakalischem Wasser das Präparat auswäscht. Es gibt dann das Nuclein seinen Farbstoff eher als das Paranuclein ab.

Denselben Bau, wie bei Unio, zeigt der Keimfleck bei Tellina (Taf. X Fig. 1), mit dem Unterschied, dass der aus Paranuclein bestehende Theil kleiner ist. Das Gleiche ist bei den Eiern unserer Landpulmonaten der Fall (Taf. IX Fig. 14 *a—d*). Der Keimfleck erreicht hier eine ganz ausserordentliche Grösse und lässt für gewöhnlich keine Zusammensetzung aus zwei Theilen erkennen. Dies rührt daher, dass das Paranuclein (*p*) eine sehr kleine, flache Scheibe bildet, die an Volum dem grossen andern Theil (*n*) gegenüber fast verschwindet und oft auch in eine grubenförmige Vertiefung desselben eingebettet ist (Fig. 14 *c, d*). Der Keimfleck muss, um beide Theile erkennen zu lassen, günstig gelagert sein in der Weise, dass man den kleinen Körper seitlich dem grossen ansitzen sieht. Leichter wird die Unterscheidung, wenn bei Zusatz von Essigsäure das Nuclein gequollen ist und die resistenter aus Paranuclein bestehende Scheibe allein als dunkles kleines Körperchen aus dem Inhalt des Keimbläschens hervortritt. —

Nach diesen Bemerkungen über den Bau des Keimflecks bespreche ich die Bildungsweise der Richtungskörper, die bei Mytilus, bei Cymbulia und Tiedemannia, bei Phyllirhoë und Pterotrachea, Schritt für Schritt verfolgt wurde.

Die Untersuchung von *Mytilus* hielt ich für besonders geboten, weil gerade durch das Studium der Lamellibranchiaten die Ansicht gewonnen und begründet worden war, dass der Richtungskörper der ausgestossene Keimfleck ist. Es war dies zuerst durch LOVEN¹⁾ in seinem vielfach citirten Aufsatz über *Mollusca acephala* auf Grund ausgedehnter Untersuchungen an *Modiolaria*, *Cardium*, *Patella* und *Solen* geschehen. Nach diesem sorgfältigen Forscher soll das Keimbläschen eine verschwommene Gestalt annehmen, an die Oberfläche rücken und hier den Keimfleck als Richtungskörper austreten lassen. Diese Angaben LOVEN's würden wohl nicht eine so grosse Bedeutung gewonnen haben, wenn man bei der Verwerthung derselben einen späteren Zusatz auch berücksichtigt hätte. Hier erklärt LOVEN, dass er die Entstehung der Richtungskörper aus dem Keimfleck nicht beobachtet sondern nur erschlossen habe, weil das Ei keinen andern ihnen gleichenden Theil zu enthalten schiene, und fügt selbst hinzu, seine Deutung möge gelten, bis eine bessere gegeben werde.

Indem ich hinsichtlich der übrigen Literatur auf die ausführliche Zusammenstellung FOL's²⁾ verweise, hebe ich nur das eine noch hervor, dass alle Beobachter einstimmig ein kernloses Entwicklungsstadium im Ei der Lamellibranchiaten beschreiben.

Reife unbefruchtete Eier von *Mytilus* konnte ich mir in den Monaten October und November mit Leichtigkeit verschaffen. Wenn ich eine Anzahl vom Fischmarkt bezogener Thiere in Gläser mit Meerwasser isolirte, so konnte ich bei einigen derselben die Entleerung ihrer Geschlechtsdrüsen nach einiger Zeit beobachten. Es wurden hierbei die Eier in einem Strahl stossweise aus dem Oviduct durch die halb geöffneten Schalen in das umgebende Wasser ausgetrieben.

Die Eier sind ausserordentlich klein, trotzdem aber im lebenden Zustand zur Erkennung der Kerntheile im Dotter wenig geeignet, weil das Protoplasma durch kleine glänzende Körnchen in hohem Grade getrübt ist. — Das frisch gelegte Ei wird von einer festen doppelt contourirten und glatt aufliegenden Membran umschlossen. Da es sein Keimbläschen bereits verloren hat, scheint es, wenn man sich mit der Untersuchung im frischen Zustand schon begnügen wollte, kernlos zu sein. Man wird indessen bald sein Urtheil än-

¹⁾ LOVEN. Archiv f. Naturgeschichte 1849.

²⁾ FOL. Études sur le développement des Mollusques 1875.

dern, sowie man die Eier in geeigneter Weise mit Reagentien behandelt. Ich kann hier folgendes Verfahren empfehlen. Man übergiesse die Eier mit 1 oder 2 % Essigsäure und bringe sie nach einer viertel Stunde in absoluten Alkohol und nach einiger Zeit in ziemlich concentrirtes Glycerin. Hierdurch gewinnt der Dotter einen genügenden Grad von Durchsichtigkeit und die Kerntheile treten meist recht deutlich hervor.

An allen frisch gelegten Eiern kann in ihrer Peripherie oder nahe derselben eine kleine Richtungsspindel nachgewiesen werden, um deren beide Spitzen eine schwache Dotterstrahlung sich vorfindet (Taf. X Fig. 2a). Die feinen Spindelfasern sind in ihrer Mitte zu einem glänzenden Korn angeschwollen. Ausserdem liegt in der Nähe dieses Gebildes meist noch ein von der übrigen Dottersubstanz verschiedenes Kügelchen (*b*), das in der Grösse von 3μ zu 5μ variirt und zuweilen auch in zwei Hälften getheilt auftritt. Man kann schwanken, ob es ein besonders beschaffenes Dotterelement oder ein aus Kernsubstanz bestehender Theil ist. Da indessen das Kügelchen einige Zeit nach der Befruchtung verschwunden ist und die Befunde auffallend an die bei *Asteracanthion* und *Nephelis* erhaltenen erinnern, so glaube ich mich für das letztere entscheiden zu müssen. Wir würden mithin im frisch gelegten Ei von *Mytilus* auch noch zwei aus dem Inhalt des Keimbläschens stammende Kerntheile antreffen, eine Spindel und einen in beständiger Abnahme begriffenen kugelförmigen Rest des Keimflecks. In diesem Zustand verharrt das Ei, wenn es nicht befruchtet wird, und verliert schon nach wenigen Stunden seine Entwicklungsfähigkeit.

Die künstliche Befruchtung ist bei *Mytilus* leicht ausführbar. Eine unmittelbare Folge derselben ist die schon nach 15 Minuten beginnende und rasch ablaufende Bildung der Richtungskörper. Sie kann daher leicht im Zusammenhang verfolgt werden. An der Stelle, wo die Spindel liegt, ist am lebenden Objecte ein fast ganz körnchenfreier Fleck zu bemerken. Aus diesem bildet sich an der Peripherie des Eies ein Hügelchen (Taf. X Fig. 7) und durch Abschnürung der erste Richtungskörper, welcher die doppelt contourirte Eimembran bruchsackartig emporhebt (Taf. X Fig. 8). Ihm folgt bald 40 Minuten nach der Befruchtung der zweite Richtungskörper nach, der in gleicher Weise entsteht. Beide sind der Kleinheit des Eies entsprechend von sehr geringem Umfang und kann namentlich der an zweiter Stelle gebildete leicht übersehen werden, da er später oft plattgedrückt als linsenförmiger Körper in einem Grübchen

der Dotteroberfläche liegt (Taf. X Fig. 3). Beide sind fast ganz homogen und enthalten nur vereinzelte Dotterkörnchen.

Was die im Innern der Zelle sich abspielenden Vorgänge anbetrifft, so verkürzt sich am Beginn der Hügelbildung die Spindel, verbreitert sich dagegen und nimmt eine eiförmige Gestalt an (Taf. X Fig. 7). Mit ihrer peripheren Hälfte füllt sie das Protoplasma hügelchen fast vollständig aus. Hierbei spaltet sich die mittlere Verdichtungszone in zwei Hälften, die auseinanderrücken und nahe an die zwei Pole des eiförmigen Körpers zu liegen kommen.

Von den eben beschriebenen Stadien habe ich eine Reihe lehrreicher Präparate noch dadurch erhalten, dass ich mit Osmiumsäure behandelte und mit BEALE'Schem Carmin gefärbte Eier durch Salzsäureglycerin aufhellte. Während das Protoplasma sich fast vollkommen entfärbt, bleiben die Verdichtungszone dunkel gefärbt, so dass sie mit ausserordentlicher Deutlichkeit zu erkennen sind. So findet man nach der Abschnürung des ersten Richtungskörpers zwei Kreise von 5—7 aus Kernsubstanz bestehenden Kügelchen, den einen Kreis in der Mitte des Richtungskörpers, den zweiten unter ihm in der Eirinde (Taf. X Fig. 8). Nach der Abschnürung des zweiten Richtungskörpers ist die Kernsubstanz dann weiter in drei untereinanderliegende Theile gesondert (Taf. X Fig. 3). Zuweilen erkannte ich auch noch bei der erwähnten Behandlung in einiger Entfernung vom Richtungskörperpol im Dotter ein einziges dunkel gefärbtes Kügelchen (*s*), umgeben von einer matten Strahlung. Dasselbe ist, wie sich gleich zeigen wird, der Spermakern.

Von hier ab kann man wieder, wie in so vielen andern Fällen, die Erscheinung beobachten, dass die ursprünglich mehr dichten Kerntheile sich mit Kernsaft reichlich imbibiren und dadurch den Anblick von Vakuolen im Protoplasma gewinnen. Am lebenden Object bemerkt man bald nach der Hervorknospung des zweiten Richtungskörpers unter ihm einen hellen Fleck in der Dotterrinde und gleichzeitig einen zweiten gleichbeschaffenen Fleck im Centrum des Eies, man sieht dieselben sich vergrössern (Taf. X Fig. 4), auf einander zu rücken und verschmelzen, dann undeutlich werden und bald darauf eine Doppelstrahlung sich ausbilden.

Während dieser centralen Vorgänge ändert das Ei auch äusserlich seine Form in überaus charakteristischer und eigenartiger Weise. Zur Zeit wo die Doppelstrahlung entsteht, bildet sich am vegetativen Ei-

pol¹⁾ eine Hervorwölbung, so dass das Ei eine herzförmige Gestalt gewinnt. Man kann an ihm drei Höcker unterscheiden: zwei seitliche und einen mittleren am vegetativen Pol hervorspringenden. Dann beginnt die Theilung, indem unterhalb des Richtungskörpers eine Einschnürung sich bemerkbar macht (Taf. X Fig. 5): dieselbe verläuft aber nicht mitten durch das Ei hindurch, sondern schräg zu dem langgestreckten Kern; sie halbirt daher nicht das Ei sondern schneidet nur den einen seitlichen Lappen ab. So geht aus der ersten Furchung, welche als *inaequale* bezeichnet wird, eine kleine animale und eine grössere vegetative Zelle hervor. Letztere zeigt noch eine Zeit lang die Einschnürung, durch welche sie in einen grösseren und kleineren Lappen abgetheilt ist. Während die Einschnürung allmählig verschwindet, legen sich die kleine und grössere Zelle mit ihren Berührungsflächen glatt aneinander (Taf. X Fig. 6), und nehmen eine jede eine halbkugelförmige Gestalt an.

Eine zweite Abtheilung der Mollusken, in welcher ich die ersten Entwicklungsvorgänge in der Eizelle verfolgt habe, sind die Pteropoden. Hier fand ich in den Eiern von *Tiedemannia Neapolitana* und *Cymbulia Peronii* Objecte, welche zur Beobachtung im lebenden Zustand recht geeignet sind. Ueber dieselben hat FOL²⁾ vor zwei Jahren schon eingehendere Studien angestellt. Seine Resultate lassen sich indessen in manchen Puncten nicht unter das Schema bringen, das wir uns jetzt auf Grund ausgedehnterer Untersuchungen zu entwerfen berechtigt sind.

Nach FOL lässt sich im abgelegten Ei der Pteropoden beim Zusatz von Essigsäure eine einfache Strahlung inmitten einer am animalen Eipol befindlichen Ansammlung von homogenem Protoplasma nachweisen. Dieselbe theilt sich später in 2 Sterne, von denen einer auch ferner das Centrum des Protoplasma einnimmt, während der andere die Oberfläche erreicht und einen Richtungskörper bildet. Ein vom peripheren Stern im Ei zurückbleibender Theil mischt sich nach und nach mit dem Rest des Protoplasma. Der zweite grössere Stern dagegen lässt in seiner Mitte eine Vacuole entstehen; neben dieser tauchen zwei bis drei weitere auf: die Vacuolen verschmelzen und bilden den Kern des befruchteten Eies. Nie sah FOL zwei Körper

¹⁾ Im Anschluss an andere Forscher bezeichne ich den Pol des Eies, an welchem die Richtungskörper gebildet werden, als animalen und den entgegengesetzten als vegetativen. FOL gebraucht hierfür die Ausdrücke, *pol formatif* und *pol nutritif*.

²⁾ H. FOL. *Études sur le développement des Mollusques* 1875.

hintereinander aus dem Dotter austreten, sondern immer einen einzigen, der sich bald darauf theilt.

Diese Angaben, nach welchen die Entstehung der Richtungskörper und des Furchungskerns bei den Pteropoden in etwas abweichender Weise verlaufen würde, kann ich nur zum Theil bestätigen.

Die in einer Gallertschnur abgelegten Eier von *Cymbulia* und *Tiedemannia* stehen gewöhnlich alle auf derselben Entwicklungsstufe und werden in dem Stadium abgelegt, wo das Keimbläschen geschwunden ist, die Bildung der Richtungskörper aber noch nicht begonnen hat.

Der hauptsächlichliche Inhalt des Eies sind dicht gedrängt bei einander liegende, in ein Protoplasmanetzwerk eingebettete Dotterkörper (Taf. XI Fig. 5, 9, 15, 16). Dieselben fehlen nur in einem kleinen Ausschnitt der Eiperipherie, wo sich eine Ansammlung von homogenem Protoplasma in Form einer biconvexen Linse vorfindet (Taf. XI Fig. 15). Das Protoplasma umschliesst eine Kernspindel, die mit ihrem einen Ende an die Oberfläche angrenzt. Von Strahlungen sind im frischen Zustand nur geringe Spuren zu sehen, wie dies überall bei körnchenfreiem Protoplasma der Fall ist.

Die Bildung der Richtungskörper beginnt einige Zeit nach der Eiablage und vollzieht sich in der bekannten Weise (Taf. XI Fig. 15). Wenn der erste Richtungskörper hervorgeknospt ist, bleibt er noch durch einen dünnen Strang mit der Mutterzelle in Verbindung. Nach kurzer Ruhepause folgt ihm der zweite Richtungskörper nach. Derselbe entsteht aber nicht, wie FOL angibt, durch Theilung des ersten, sondern genau ebenso, wie ich es bei *Nephelis*, *Asteracanthion*, *Mytilus* etc. beobachtet habe. Es ergänzt sich wieder die Spindelhälfte, welche nach der ersten Knospung im Ei geblieben ist, wie sich durch Reagentien feststellen lässt, zu einer vollständigen Spindel. Dann entsteht unterhalb des ersten Richtungskörpers ein homogener Protoplasmahügel. Dieser wird cylinderförmig (Taf. XI Fig. 16) und schnürt sich darauf als Kügelchen vom Ei ab. — An unserem Object muss hierbei noch besonders hervorgehoben werden, dass die Verdichtungszone der Spindel in dem sehr klaren Protoplasma auch ohne Behandlung mit Reagentien als eine Reihe dunkelglänzender Körnchen oder kurzer Stäbchen unterschieden werden können.

Bald nach der Entstehung der Richtungskörper erscheint unter ihrer Austrittsstelle ein Häufchen kleiner Vacuolen, die mehr und mehr anwachsen, untereinander verschmelzen und so den

Eikern *e*) bilden (Taf. XI Fig. 9, 17 *b*, *a*). Gleichzeitig wird in einiger Entfernung eine isolirte vacuolenartige Stelle, der Spermakern (Taf. XI Fig. 9 *s*) sichtbar. Von demselben konnte ich einen Faden *f*) ausgehen sehen und durch das homogene Protoplasma bis zur Dottergrenze verfolgen, wo er zwischen den nicht durchsichtigen Körnern verschwand. Auch der Spermakern vergrössert sich rasch und tritt an den Eikern heran, wobei ihm der feine Faden nachfolgt. Beide Kerne erreichen an der Oberfläche des Eies den ganz beträchtlichen Durchmesser von 28 μ (Taf. XI Fig. 5 u. 17 *a*).

Von dem Sichtbarwerden der beiden Kerne an hat an dem animalen Eipol die Ansammlung von dotterfreiem Protoplasma beträchtlich zugenommen. Die Dotterkörner werden immer mehr nach der entgegengesetzten Eihälfte zusammengedrängt (Taf. XI Fig. 5). Der Einhalt scheidet sich in der Weise noch mehr in einen grösseren dotterhaltigen Theil und eine diesem aufliegende durchsichtige Protoplasmaseibe, welche die beiden conjugirten Kerne enthält. Im Innern der letzteren haben sich jetzt kleine Nucleoli in grösserer Anzahl ausgeschieden (Taf. XI Fig. 17 *a*, *b*). Ferner ist der feine Faden, den ich früher zwischen den Dotterkörnern verschwinden sah, in grosser Ausdehnung sichtbar geworden (Taf. XI Fig. 5 *f*). Von den beiden Kernen aus kann man ihn durch Heben und Senken des Tubus verfolgen und in mehrfach geschlängeltem Verlauf den homogenen Kugelabschnitt durchsetzen sehen.

Von der Abschnürung des zweiten Richtungskörpers bis zum Beginn der Eitheilung verläuft ein Zeitraum von fast zwei Stunden. So kommt es, dass die beiden Kerne längere Zeit unverändert dicht unter der Oberfläche beobachtet werden.

Das erste Anzeichen der weiter eintretenden Veränderungen geben uns die Nucleoli des Ei- und Spermakerns. Dieselben zerfallen in Häufchen kleiner Körner, die sich beiderseits von der Conjugationsfläche ansammeln (Taf. XI Fig. 5). Dann sieht man an zwei gegenüberliegenden Puncten dieser Fläche zwei matte Strahlensysteme auftauchen, die schon von Fol. beschrieben worden sind. Plötzlich werden die Contouren der beiden Kerne undeutlich und es verschwinden rasch die beiden hellen vacuolenartigen Räume, indem sich offenbar das umgebende Protoplasma mit dem Kernsaft mischt. Der animale Pol des Eies besteht jetzt aus einer gleichartigen Protoplasmamasse, in welcher man in einiger Entfernung von einander zwei Strahlensysteme noch eben erkennen kann. Ausserdem ist auch der oben beschriebene vielfach geschlängelte Faden noch vorhanden.

Nach einer halben Stunde etwa nach der Umbildung der conjugirten Kerne macht sich unterhalb der zwei Richtungskörper die Theilungsfurche bemerkbar. Dieselbe durchschneidet allmählig zuerst die homogene Protoplasmascheibe und dringt von hier langsam in den aus Dotterkörnern bestehenden Theil vor. Die Theilung verläuft hier genau ebenso, wie es vom Ei einer Meduse, wo die Kernspindel gleichfalls nicht die Eimitte einnahm, beschrieben wurde. Es entstehen zwei Hälften, an denen man wie an der Mutterzelle einen protoplasmatischen und einen dotterhaltigen Theil unterscheidet. In ersterem treten gleich nach oder noch während der Theilung die Tochterkerne hervor, die rasch anschwellen und wiederum einen sehr beträchtlichen Umfang erreichen.

Wenn wir auf die mitgetheilten Beobachtungen einen Rückblick werfen, so finden wir in der Bildung der Richtungskörper und der zwei verschmelzenden Kerne keine Abweichung von dem an andern Objecten beobachteten Verlauf der Vorgänge. Dagegen sind wir auf eine interessante Erscheinung aufmerksam geworden, die nur im Ei von *Cymbulia* und *Tiedemannia* von mir gesehen wurde. Ich meine den feinen dünnen Faden, der von dem Spermakern ausgeht. Es scheint mir für denselben keine andere Erklärung möglich zu sein, als dass er der Geisselfaden des in das Ei eingedrungenen Spermatozoon ist. Hierfür spricht auch die Untersuchung reifer Spermatozoen aus der Samenblase. Dieselben sind von ganz ausserordentlicher Länge, so dass sie bei starker Vergrößerung zahlreiche Gesichtsfelder einnehmen. Sie gleichen hierin dem vielfach geschlängelten Faden im Ei. Der Befruchtungsvorgang bei *Tiedemannia* und *Cymbulia* wird sich daher in der Weise vollziehen, dass vor oder während der Ablage des Eies das befruchtende Spermatozoon am vegetativen Eipol eindringt, zwischen den Dotterkörnern eine Zeit lang verborgen bleibt und darauf während der Abschnürung der Richtungskörper nach dem entgegengesetzten Eipol vordringt. Hier wird der Spermakern durch Aufnahme von Kernsaft als eine kleine Vacuole deutlich. Der von ihm ausgehende Faden kömmt in immer grösserer Ausdehnung in den dotterfreien Eitheil zu liegen, an dem sich immer mehr homogenes Protoplasma anhäuft. Später wird der Geisselfaden während und noch nach der Zweitheilung aufgelöst.

In dieser Beobachtung finde ich einen weiteren Beweis für meine Ansicht, dass der Kerntheil des befruchtenden Spermatozoon die morphologische Grundlage für den Spermakern der Eizelle liefert.

Die ersten Entwicklungsvorgänge in den Eiern von *Pterotra-*

chea, einer Heteropode, und von Phyllirhoë, einer Gymno-branchie, stimmen so vollständig überein, dass ich sie gemeinsam behandeln werde.

Bei den genannten Arten werden die Eier in grösserer Anzahl in einer Gallertschnur abgelegt, in welcher sie in einer Reihe in ganz regelmässiger Weise angeordnet sind. In jeder Schnur sind die einzelnen Eier nicht gleichalterig, sondern stehen, da sie successive abgelegt werden, auf verschiedenen Entwicklungsstufen. An dem zuerst ausgeschiedenen Ende der Gallertschnur liegen die ältesten und am entgegengesetzten Ende die jüngsten Eier. Die letzteren besitzen, wenn man eine Schnur von der Genitalöffnung des eierlegenden Weibchens ablöst, wie schon GEGENBAUR¹ hervorgehoben hat, noch ihr Keimbläschen.

Im frischen Zustande eignen sich die Eier von Pterotrachea und Phyllirhoë zur Untersuchung sehr wenig. Denn ihr Protoplasma ist mit grossen fettglänzenden Dotterkörnern dicht gefüllt und daher ziemlich undurchsichtig. Dagegen werden die Eier, wenn man sie in 2 % Essigsäure einlegt, recht brauchbare Objecte. Es quellen bei dieser Behandlung die Dotterkörner ein wenig und werden vollkommen durchsichtig. Infolge dessen treten zwischen ihnen die geronnenen feinen Protoplasmafäden in netzförmiger Anordnung zu Tage (Taf. XI Fig. 1 u. 2). Meine folgenden Mittheilungen beziehen sich allein auf derartig behandelte Objecte.

Wenn man das Keimbläschen, welches das Centrum des frisch gelegten Eies noch einnimmt, genauer untersucht, so vermisst man in demselben nucleolusartige Bildungen (Taf. XI Fig. 1 u. 2). Dagegen lässt sich in seinem Inhalt, der in Folge der Essigsäureeinwirkung dunkelkörnig geronnen ist, ein faseriger Körper von Spindelgestalt unterscheiden. Zuweilen nimmt derselbe gerade die Mitte des Keimbläschens ein (Taf. XI Fig. 2), meist aber liegt er etwas excentrisch (Taf. XI Fig. 1). Er besitzt gerade denselben Durchmesser wie das Keimbläschen und berührt daher mit seinen beiden Spitzen zwei Pole desselben. An den Berührungspuncten ist die Kernmembran aufgelöst und das Protoplasma ringsum in Radien angeordnet. Mit andern Worten: An Stelle der Nucleoli liegt im Keimbläschen des frisch abgelegten Eies von Phyllirhoë und Ptero-

¹ GEGENBAUR. Untersuchungen über Pteropoden und Heteropoden. 1855. pag. 180.

trachea eine Kernspindel mit zwei Strahlensystemen um ihre beiden Spitzen.

An wenig älteren Eiern wird die Membran des Keimbläschens ganz aufgelöst (Taf. XI Fig. 3). Die Spindel ist hierdurch frei geworden und liegt noch von einem Theil des geronnenen Kernsaftes umgeben im Centrum des Dotters. Von hier rückt sie allmählig nach dem animalen Eipol empor und lagert sich in der Richtung eines Eiradius. Da wo sie mit ihrem peripheren Ende an die Oberfläche des Dotters anstösst, ist die Rindenschicht desselben nabelförmig eingezogen (Taf. XI Fig. 8). Während die Spindel ihre Lage verändert, haben die Reste des Kernsaftes, welche sie noch einhüllten, mit dem umgebenden Protoplasma sich gemischt. An Essigsäurepräparaten ist daher die dunkelkörnige Substanz in der Umgebung der Spindel geschwunden.

Bei der Bildung der Richtungskörper, welche sich an dieses Stadium anschliesst, treten uns genau die gleichen Erscheinungen wie an anderen Objecten entgegen. Ich übergehe sie daher und verweise nur auf die in Taf. XI dargestellten Figuren 10—12. Bemerkenswerth ist, dass die zweite Richtungsspindel an Grösse hinter der ersten weit zurückbleibt (vergl. Figur 8 mit Fig. 11).

Wenn die Richtungskörper hervorgeknospt sind, treten in der Eizelle bei Pterotrachea und bei Phyllirhoë zwei Kerne in der Form zweier kleiner Vacuolen auf — der Eikern und der Spermakern (Taf. XI Fig. 7). Der erstere wird in der Eirinde sichtbar und entwickelt sich aus der centralen Hälfte der zweiten Richtungsspindel. Der Spermakern wird gleichzeitig in einiger Entfernung von ihm beobachtet. Beide Kernchen sind gemeinsam von strahlenartig angeordnetem Protoplasma umgeben. Sie vergrössern sich, während die Strahlung ablasst und erreichen etwa denselben beträchtlichen Umfang wie im Ei der Pteropoden (Taf. XI Fig. 4 und 13). Darauf scheidet sich im Inhalt des conjugirten Ei- und Spermakerns bei Pterotrachea je ein grösserer Nucleolus (Taf. XI Fig. 4), bei Phyllirhoë deren zahlreichere aus (Taf. XI Fig. 13). Die Existenz dieser Nucleoli ist aber nur von kurzer Dauer. Denn sie verschwinden wieder, wie bei Cymbulia, einige Zeit vor Beginn der Eifurchung.

Nach dem Verschwinden der Nucleoli entwickelt sich an der Berührungsfäche der conjugirten Kerne an zwei entgegengesetzten Polen je eine Strahlung im angrenzenden Protoplasma (Taf. XI Fig. 14 *a*, *b*). Dann schwindet die Scheidewand der beiden Kerne

und man sieht in dem so entstandenen gemeinsamen Raum eine Anzahl feiner Fasern sich zwischen den beiden Strahlungen ausspannen (Taf. XI Fig. 14 a). Auf einem weiteren Stadium mischt sich der Inhalt der grossen Kernvacuole, welcher die Spindel umhüllt und meiner Ansicht nach nur noch den Kernsaft enthält, mit dem umliegenden Protoplasma. Hierdurch kommt die relativ kleine Spindel mit ihren beiden Strahlungen frei in den Dotter zu liegen.

Während der zuletzt beschriebenen Vorgänge hat das Ei seine Form verändert. An seinem vegetativen Pole hat sich eine Schicht von dotterfreiem Protoplasma angesammelt (Taf. XI Fig. 4). Dieselbe erhebt sich alsbald zu einem lappenförmigen Vorsprung (*v*), der bis zur beginnenden Theilung etwas an Grösse zunimmt. Es erinnert dies an die Formveränderungen, welche bereits vom *Mytilusei* beobachtet wurden.

Von den mitgetheilten Befunden verdienen wohl diejenigen am meisten Beachtung, welche über die Entstehung der Richtungsspindel handeln. Indem sie uns zeigen, dass dieses Gebilde im Keimbläschen selbst seinen Ursprung nimmt, ist der Nachweis geführt, dass zwischen den einzelnen Kerngenerationen ein ununterbrochener Zusammenhang herrscht.

Zur Zeit wo ich mit den vorliegenden Untersuchungen beschäftigt war, hat FOL eine Schrift: *sur le développement des Hétéropodes*¹ veröffentlicht und in derselben auch Beobachtungen über die Bildung der Richtungskörper und des Furchungskerns mitgetheilt.

FOL beschreibt, dass bei *Firoloides* der Kern schon bei den im Uterus befindlichen Eiern schwindet, aber noch vor der Ausstossung der Richtungskörper vorübergehend wieder erscheint. Es geschieht dies in der Weise, dass der Inhalt des Eies sich in zwei Sphären sondert, in eine äussere dotterhaltige und in eine innere protoplasmatische. Dadurch dass sich die letztere ihrer Hauptmasse nach mit einer Membran umgibt, entsteht wieder ein centraler Kern. An diesem beschreibt FOL ähnliche Veränderungen, wie ich sie vom Keimbläschen von *Pterotrachea* geschildert habe: Bildung von zwei Strahlensystemen und von BÜTSCHLI'schen Fasern und darauf erfolgende Auflösung des alten Kerns. Aus der so freigewordenen Doppelstrahlung lässt er durch Theilung den ersten Richtungskörper

¹ FOL. *Sur le développement embryonnaire et larvaire des Hétéropodes.* Arch. de Zool. exp. et gén. Vol. V.

entstehen: die im Ei verbliebene einfache Strahlung lässt er dann weiterhin sich wieder zu einer Doppelstrahlung ergänzen und aus ihr den zweiten Richtungskörper in derselben Weise wie den ersten hervorgehen. Hierauf hat er gleichfalls die Bildung zweier getrennter Kernvacuolen und ihre Verschmelzung beobachtet.

Durch seine Untersuchungen kommt FOL zu dem Ergebniss, dass der Kern des Eies vor der ersten Theilung zweimal mit dem umgebenden Protoplasma verschmilzt und zweimal sich wieder individualisirt. Er erklärt es für einen vollständigen Irrthum zu glauben, dass der Kern persistirt und durch Theilung in die Kerne der Furchungskugeln übergeht.

Wie aus dem gegebenen Referate ersichtlich ist, liegen zwischen FOL's und meinen Beobachtungen und Deutungen bei vielfältiger Uebereinstimmung auch tiefgreifende Differenzpuncte vor. Eine weitere Besprechung glaube ich indessen noch unterlassen zu müssen, da FOL auf eine ausführlichere Arbeit verwiesen und daher Vieles in der besprochenen Schrift nur angedeutet hat.

Jena, den 12. Juni 1877.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel IX.

Alle Figuren mit Ausnahme von 12 und 15 bei Imm. II. Oc. 1 gezeichnet.

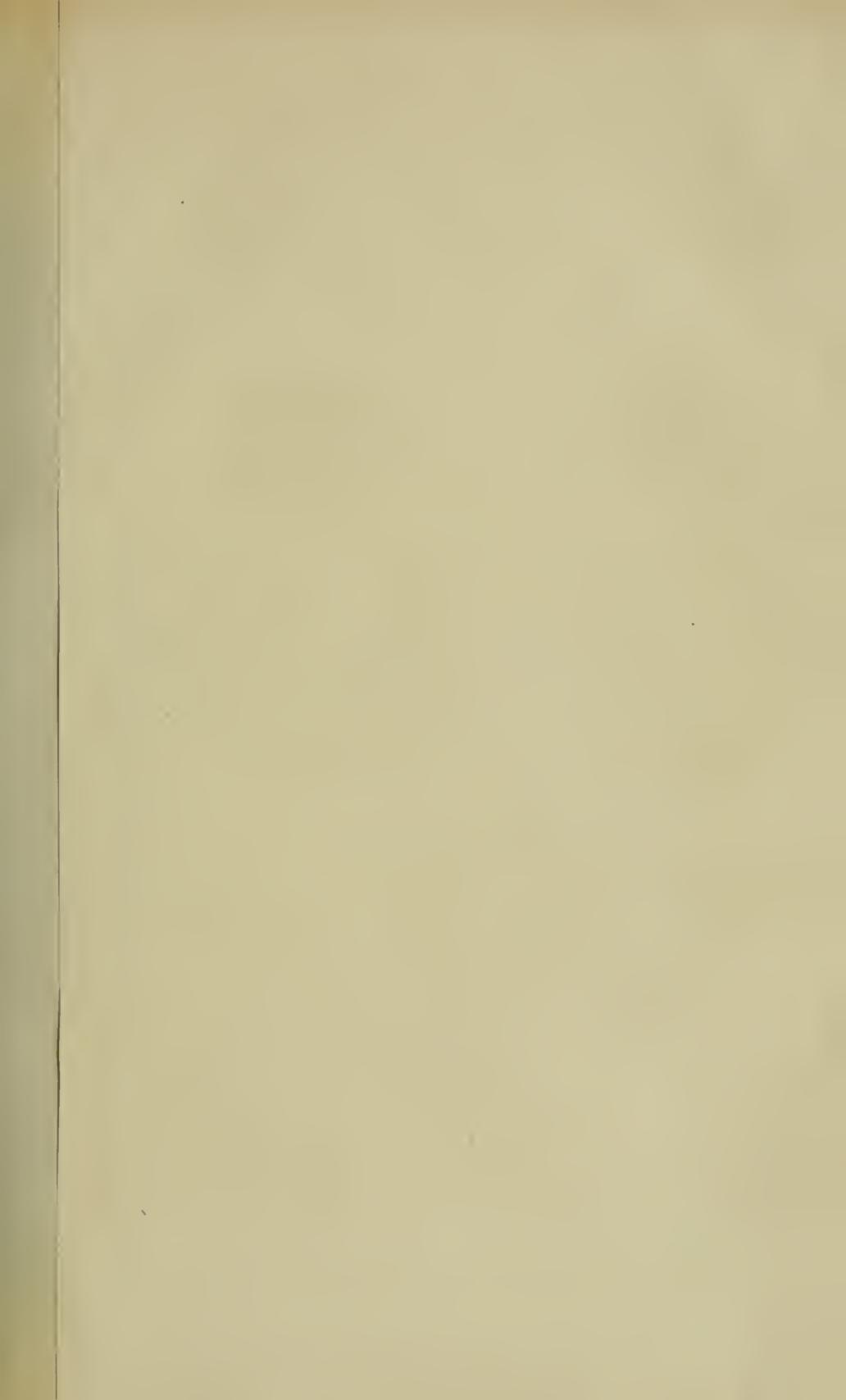
- Fig. 1—3. Eitheile von Nausithoë. Verschiedene Entwicklungsstadien der Richtungskörper. Nach dem lebenden Object gezeichnet.
- Fig. 4. Richtungskörper von Nausithoë mit Osmiumsäure, BEALE'schem Carmin und Salzsäureglycerin behandelt.
- Fig. 5. Richtungskörper von Physophora hydrostatica nach Behandlung mit Essigsäure.
- Fig. 6. Eihälfte von Mitrocoma Annae mit copulirendem Ei- und Spermakern (*e* u. *s*). Nach dem lebenden Object gezeichnet.
- Fig. 7. Eihälfte von Mitrocoma Annae mit Kernspindel. Essigsäurepräparat.
- Fig. 8. Ei von Gegenbauria cordata mit Eikern (*e*), zwei Richtungskörpern (*r*) und einem dritten Kügelchen (*x*) von unbekannter Bedeutung. Osmiums.-Carminpräparat.
- Fig. 9. Ei von Mitrocoma Annae bei Beginn der Theilung. Die Tochterkerne werden am lebenden Object wieder sichtbar.
- Fig. 10. Theil eines Eies von Physophora hydrost. mit Eikern (*e*) und zwei Richtungskörpern (*r*). Das Ei wird fast unmittelbar von der Glockenwandung (*g*) umhüllt. Nach dem lebenden Object gez.
- Fig. 11. Theil eines Eies von Mitrocoma Annae, welches längere Zeit unbefruchtet im Meerwasser gelegen hat. Auf der Oberfläche ist eine Grube entstanden, in welche der vergrößerte Eikern (*e*) zur Hälfte hineinragt. Nach dem lebenden Object gez.
- Fig. 12. Theil eines Eies von Hippopodius bei schwächerer Vergrößerung gezeichnet. Man sieht den Eikern (*e*) und zwei Richtungskörper (*r*).
- Fig. 13. Keimfleck aus dem an die Oberfläche gerückten Keimbläschen von Physophora hydrostatica. Besteht aus Nuclein (*n*) und Paranuclein (*p*).
- Fig. 14 *a—d*. Keimflecke aus Keimbläschen von Helix pomatia. Sie bestehen aus zwei auch äusserlich getrennten Substanzen, aus Nuclein (*n*) und Paranuclein (*p*).§
- Fig. 15. Gallertklumpen mit zwei Eiern von Nausithoë albida und mit zahlreichen Nesselzellen (*z*). Schwache Vergrößerung.
- Fig. 16 *a—c*. Keimflecke aus dem Keimbläschen von Unio pictorum.
- a*. nach Behandlung mit 5% Essigsäure. Das Nuclein (*n*) ist stark gequollen.
- b*. in Jodserum. Dem Nuclein (*n*) sitzt ein halbkugliger Körper aus Paranuclein (*p*) auf.

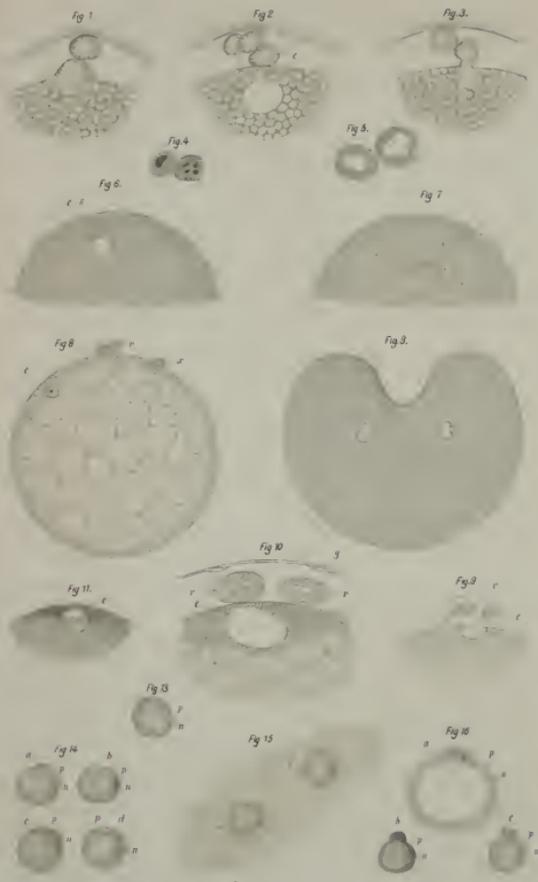
c. der durch 5% Essigsäure gequollene Keimfleck (*a*) ist durch Zusatz von Kali aceticum wieder geschrumpft.

Tafel X.

Alle Figuren bei ZEISS Imm. II. Oc. 1 gezeichnet. In Fig. 11 ist der Eiumfang bedeutend verkleinert.

- Fig. 1. Eierstocksei von *Tellina* mit centralem Keimbläschen. Der Keimfleck setzt sich aus zwei Theilen (*n* u. *p*), Nuclein und Paranuclein, zusammen. Osmium-Carminpräparat.
- Fig. 2. Ei von *Mytilus* unmittelbar nach der Ablage mit zwei Kerntheilen, einem spindelförmigen (*a*) und einem Kernkugelchen (*b*). Essigsäurepräparat.
- Fig. 3. Ei von *Mytilus* nach der Abschnürung des zweiten Richtungskörpers. Osmium-Carminpräparat mit Salzsäureglycerin behandelt. Man sieht die Kerntheile der Richtungskörper, die Kernsubstanztheile (*e*), welche den Eikern bilden und den Spermakern (*s*).
- Fig. 4. Ei von *Mytilus* mit Ei und Spermakern. Essigsäurepräparat.
- Fig. 5. Ei von *Mytilus* bei Beginn der Zweitheilung mit dem Vorsprung (*v*) am vegetativen Pol. Nach dem lebenden Object gez.
- Fig. 6. Zweigetheiltes Ei von *Mytilus*.
- Fig. 7. Ei von *Mytilus*. Beginnende Bildung des ersten Richtungskörpers. Essigsäurepräparat.
- Fig. 8. Ei von *Mytilus* mit einem Richtungskörper. Osmium-Carminpräparat mit Salzsäureglycerin behandelt.
- Fig. 9. Ei von *Mytilus* mit einem Richtungskörper und der zweiten Richtungsspindel. Essigsäurepräparat.
- Fig. 10. Theil eines reifen Eies von *Sagitta* aus dem Ovarium. In der Peripherie liegt die Richtungsspindel (*a*). Essigsäurepräparat.
- Fig. 11. Befruchtetes Ei von *Sagitta* mit zwei Richtungskörpern (*r*) und dem Ei- und Spermakern. Nach dem lebenden Object gez.
- Fig. 12. Theil eines Eies von *Sagitta* nach der Abschnürung des zweiten Richtungskörpers. Der Eikern (*e*) wird sichtbar. Nach dem lebenden Object gez.
- Fig. 13. Keimbläschen eines *Sagitteneies*.
- Fig. 14 *a*—*c*. Uebergangsstadien bei der Bildung der Richtungsspindel von *Haemopsis*. Man sieht neben einander einen fasrigen, spindelförmigen (*a*) und einen kleinen kugligen Kerntheil (*b*).
- 14 *a*. Essigsäurepräparat mit Resten der Membran des Keimbläschens.
- 14 *b* u. *c*. Osmium-Carminpräparat. In *b* bilden Reste des Keimbläschens noch einen Hof um die Spindel.
- Fig. 15. Ei von *Alciope* mit der Richtungsspindel. Essigsäurepräparat.
- Fig. 16 *a*—*c*. Keimflecke aus dem Keimbläschen von *Sphaerechinus brevisp*. Osmium-Carminpräparate. Man sieht die Zusammensetzung aus Nuclein und Paranuclein.
- Fig. 17 *a*—*c*. Keimflecke aus jungen Eiern von *Ascidia intestinalis*. *p* Paranuclein. *n* Nuclein.





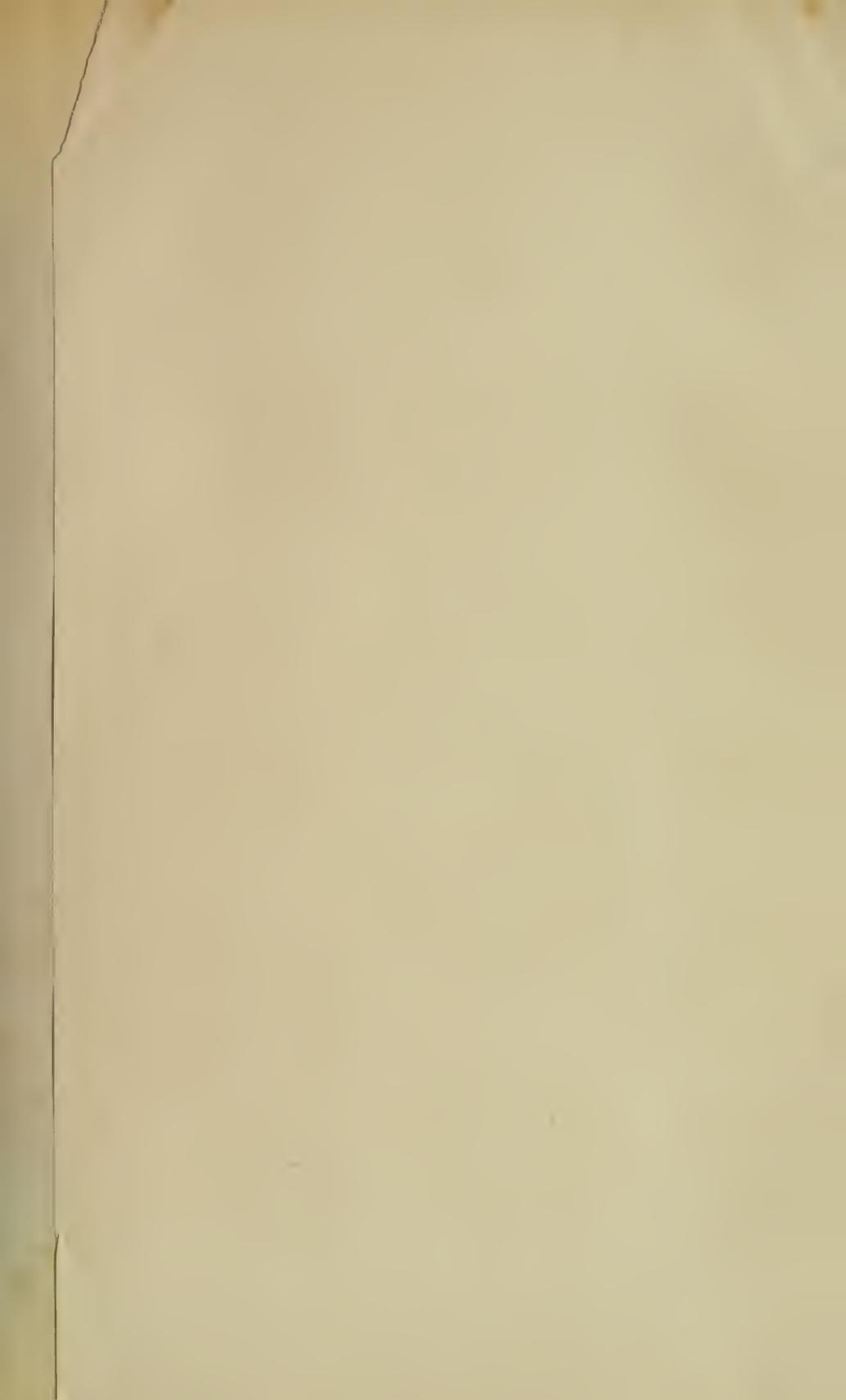


Fig 1



Fig 2



Fig 3



Fig 4



Fig 5



Fig 6



Fig 7

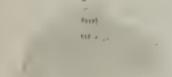


Fig 8



Fig 9



Fig 10



Fig 11



Fig 12



Fig 13



Fig 14



Fig 15



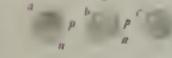
Fig 16



Fig 17



Fig 18



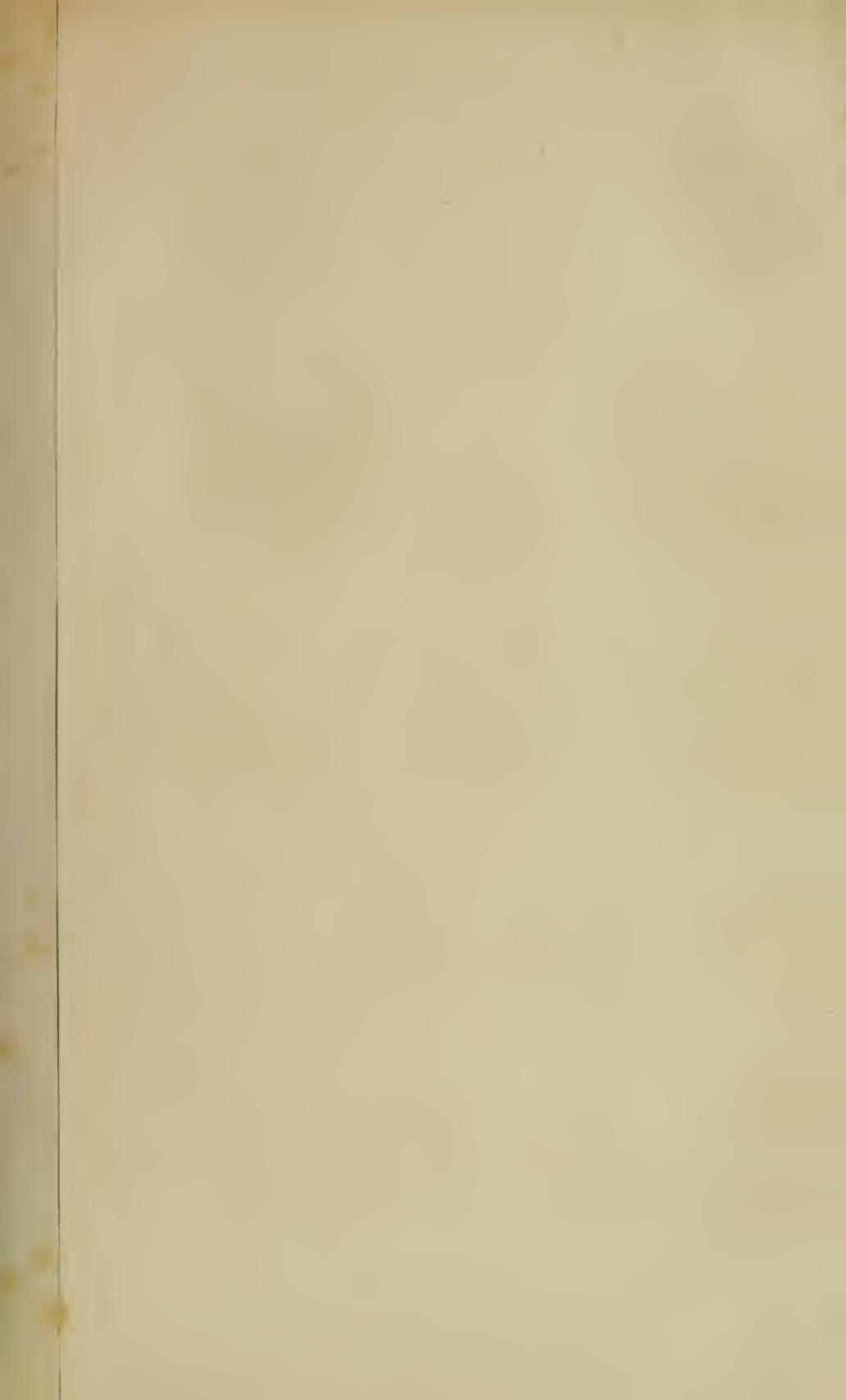


Fig 1



Fig 2



Fig 3



Fig 4



Fig 5



Fig 6.



Fig 7.



Fig 8



Fig 9



Fig 10.



Fig 11



Fig 12



Fig 13.



Fig 14



Fig 15



Fig 16



Fig 17.



17 a. Osmium-Carminpräparat.

17 b. Frischer Zustand.

17 c. Osmium-Essigsäurepräparat.

Fig. 18. Copulirender Ei- und Spermakern vom Sagittenei. Nach dem lebenden Object gez.

Tafel XI.

Alle Figuren sind bei ZEISS Imm. II. Oc. 1 gezeichnet.

- Fig. 1. Keimbläschen aus dem frisch abgelegten Ei von *Pterotrachea*. Essigsäurepräparat. Im Keimbläschen liegt ein faseriger, spindelförmiger Körper, um dessen Enden das angrenzende Protoplasma strahlig angeordnet ist.
- Fig. 2. Frisch abgelegtes Ei von *Phyllirhoë*. Essigsäurepräparat. Befund wie in Fig. 1.
- Fig. 3. Ein auf Fig. 1 folgendes Stadium vom Ei von *Pterotrachea*. Durch Auflösung der Membran des Keimbläschens ist die Richtungsspindel frei geworden. Essigsäurepräparat.
- Fig. 4. Ei von *Pterotrachea* mit conjugirtem Ei- und Spermakern und einem Protoplasmahöcker (*v*) am vegetativen Zellpol. Essigsäurepräparat.
- Fig. 5. Ei von *Tiedemannia neapolitana* mit conjugirtem Ei- und Spermakern kurz vor dem Uebergang derselben in die Spindelbildung. Von den Kernen geht ein vielfach gewundener feiner Faden (*f*) aus. Nach dem lebenden Object gez.
- Fig. 6. Keimbläschen aus dem frisch abgelegten Ei von *Phyllirhoë*. Der spindelförmige Körper (*a*) auf dem Durchschnitt gesehen. Essigsäurepräparat.
- Fig. 7. Theil von einem Ei von *Phyllirhoë*, bald nach der Bildung des zweiten Richtungskörpers. Ei- und Spermakern als zwei kleine Vaeuolen sichtbar. Essigsäurepräparat.
- Fig. 8. Theil von einem Ei von *Pterotrachea* mit peripher liegender Richtungsspindel. Essigsäurepräparat.
- Fig. 9. Theil eines Eies von *Tiedemannia*, in welchem Ei- und Spermakern (*e* u. *s*) als kleine Vacuolen bemerkt werden. Vom Spermakern geht ein feiner Faden (*f*) aus. Nach dem lebenden Object gezeichnet.
- Fig. 10—12. Drei Stadien von der Bildung der Richtungskörper im Ei von *Pterotrachea*. Essigsäurepräparat.
- Fig. 13. Conjugirter Ei- und Spermakern mit zahlreichen Nucleoli im Ei von *Pterotrachea*. Essigsäurepräparat.
- Fig. 14 a, b. Uebergangsstadien des conjugirten Ei- und Spermakerns in die Kernspindel im Ei von *Pterotrachea*. Essigsäurepräparat.
- Fig. 15. Bildung des ersten Richtungskörpers im Ei von *Tiedemannia*. Nach dem lebenden Object gezeichnet.
- Fig. 16. Bildung des zweiten Richtungskörpers im Ei von *Tiedemannia*. Nach dem lebenden Object gezeichnet.
- Fig. 17 a, b. Ei- und Spermakern mit zahlreichen Nucleoli aus dem Ei von *Tiedemannia*. Nach dem lebenden Object gezeichnet.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch - Eine Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte](#)

Jahr/Year: 1878

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Hertwig Oscar [Wilhelm Aug.]

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies. 177-213](#)