

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

Von

Dr. Oscar Hertwig.

Dritter Theil.

Mit Tafel VI—VIII.

Seit zwei Jahren bin ich weiter bemüht gewesen in die Um-
bildung, welche das thierische Ei bei der Reife und bei der Be-
fruchtung erfährt, neue Einblicke zu gewinnen und Erscheinungen
sicher zu stellen, die zur Zeit noch der Controverse unterworfen
sind. So habe ich denn auch einen halbjährigen Aufenthalt in
Messina zum Theil benutzt, um eine grössere Anzahl von Thier-
arten, verschiedene Cölenteraten, Würmer, Echinodermen und Mollus-
ken in der angedeuteten Richtung zu untersuchen.

Von den zahlreichen Objecten, mit denen ich bei diesen fort-
gesetzten Studien bekannt geworden bin, hat sich mir als eines der
geeignetsten und am leichtesten zu handhabenden das Ei von *Astera-
canthion* erwiesen, auf welches durch v. BENEDEN und GREEFF die
Aufmerksamkeit gelenkt worden war. Ich konnte hier vom Schwund
des Keimbläschens bis zur Bildung des Furchungskerns Schritt für
Schritt alle Veränderungen am lebenden Ei verfolgen und durch
Behandlung mit verschiedenen Reagentien die einzelnen Stadien
fixiren und genauer untersuchen, wie es mir in der Weise in keinem
anderen Falle möglich war. Ich habe daher hier die vollständigste
Umwandlungsreihe erhalten und sehe mich deshalb veranlasst,
gleich an die Spitze dieser Darstellungen meine an *Asteraeacanthion*
gesammelten Beobachtungen zu stellen und denselben die an anderen
Objecten gewonnenen Resultate in einem zweiten Abschnitte nach-

folgen zu lassen. In letzterem werde ich hauptsächlich die Frage zu beantworten haben, in wie weit die bei *Asteracanthion* beobachteten Vorgänge im Thierreich verbreitet sind und in wie weit dieselben Abänderungen erfahren können.

I. Abschnitt.

An Seesternen angestellte Beobachtungen.

Im verflossenen Jahre veröffentlichten gleichzeitig v. BENEDEN und GREEFF die interessante Thatsache, dass bei *Asteracanthion rubens* die Eier, welche der Reife nahe stehen, wenn sie aus den Ovarien in das Meerwasser entleert werden, ihr Keimbläschen verlieren. Nach GREEFF¹⁾ bleibt bei der Auflösung desselben der Keimfleck erhalten, er durchwandert amöbenartig den Dotter und theilt sich bald darauf in die Kerne der beiden ersten Furchungskugeln. Nach v. BENEDEN²⁾ dagegen löst sich auch der Keimfleck auf, nachdem er eine Reihe von Veränderungen erlitten hat. Zunächst vereinigen sich die in ihm eingebetteten zahlreichen Vacuolen zu einer einzigen central gelegenen, dann erhält der Keimfleck eine höckerige Oberfläche und zerfällt alsbald in eine grosse Anzahl von Fragmenten, die sich im ganzen Inhalt des Keimbläschens ausbreiten. Von diesen Theilstücken ist eines, welches die centrale Vacuole einschliesst, grösser als die übrigen; auch bleibt es, während die kleinen Stücke quellen und sich endlich der Beobachtung entziehen, noch einige Zeit sichtbar und verschwindet erst später. Wenn durch vollständige Auflösung des Nucleolus das Keimbläschen ganz homogen geworden ist, zerreisst nach v. BENEDEN die Kernmembran an einer dem Eicentrum zugewandten Stelle und es tritt ein Theil des von ihr umschlossenen Inhalts in Form eines hellen Tropfens aus. Weiterhin löst sich die Membran im Kernsaft auf, es entsteht ein heller unregelmässig begrenzter Fleck, der kleiner und kleiner und bald unsichtbar wird. Dann treten nach einiger Zeit zwei Richtungskörper aus dem Eie aus. Um die bei *Asteracanthion* und die bei Säugethieren gewonnenen Beobachtungen in

¹⁾ GREEFF. Sitzungsberichte der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg. 1876. Nr. I. pag. 34—35.

²⁾ v. BENEDEN, Contributions à l'histoire de la vésicule germinative et du premier noyau embryonnaire. Bulletin de l'Académie royale de Belgique 2^{me} série T. LXI Nr. 1. 1876.

Einklang zu bringen, stellt v. BENEDEN die Hypothese auf, dass bei einigen Thieren zur Reifezeit des Eies gewisse Bestandtheile des Keimbläschens auf directem Wege ausgestossen würden, bei andern (Asteracanthion) aber erst nach einer vorausgegangenen Auflösung im Dotter. Zwischen Keimbläschen und Eikern besteht für v. BENEDEN kein Zusammenhang.

In einer zweiten Mittheilung bestätigt GREEFF¹⁾ die Angaben v. BENEDEN's, dass der »primitive Keimfleck dem Auge schliesslich vollständig entschwindet«, doch will er auf der andern Seite die Annahme nicht ausgeschlossen wissen, dass »der Keimfleck dennoch persistirt, aber so unendlich wird, dass er in der ihm rücksichtlich der Lichtbrechung fast gleichartigen homogenen Grundsubstanz des Dotters nicht mehr zu bemerken ist«.

In meiner zweiten Schrift²⁾ über die Ei-Entwicklung habe ich mich gegen die Deutungen, welche v. BENEDEN seinen Beobachtungen gegeben hat, erklärt und gestützt auf Befunde bei Nephelis die Vermuthung ausgesprochen, dass bei Asteracanthion der Zerfall des Keimflecks in Granula und sein späteres Verschwinden, nicht ein Zeichen der vollständigen Kernauflösung sei, sondern wie bei Nephelis mit der Umwandlung in eine Spindel in Zusammenhang stehe. Im Anschluss an diese Vermuthung habe ich eigene Untersuchungen an Asteracanthion im November und December 1876 angestellt und die hier erhaltenen Resultate in einer vorläufigen Mittheilung³⁾ in diesem Jahrbuch veröffentlicht.

Fast gleichzeitig (Januar 1877) hat FOL⁴⁾ dasselbe Object bearbeitet und in den Comptes rendus darüber vorläufig berichtet. Auf seine Angaben werde ich im Laufe meiner Darstellung näher eingehen.

A. Die Reifeerscheinungen am Ei der Seesterne.

Wie bei den Holothurien und Echiniden ist bei Asteracanthion

1) GREEFF, Sitzungsberichte der Gesellschaft zur Beförd. d. gesammten Naturw. zu Marburg. 1876 No. 5.

2) OSCAR HERTWIG, Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies. Theil II. Dieses Jahrbuch. Bd. III.

3) OSCAR HERTWIG, Weitere Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies. Dieses Jahrbuch. Bd. III pag. 271—279. (Datirt vom Ende Februar 1877.)

4) H. FOL. Sur le premier développement d'une Étoile de mer. Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences. 19 février 1877.

das Ei im Ovarium von einer 7,5 μ breiten durchsichtigen gallertartigen Schicht eingehüllt, welche ich mit v. BENEDEX der Zona pellucida der Säugethiereier vergleiche (Taf. VIII, Fig. 14). Die Schicht ist von radiär gestellten feinen Fädchen durchsetzt, in welche glänzende Körnchen eingebettet sind. Hierdurch erhält sie bei schwächerer Vergrösserung ein feinstreifiges Aussehen. Auf ihrer Oberfläche wird sie von glatten Zellen bedeckt, deren Kerne auf dem optischen Durchschnitt leicht wahrzunehmen sind. Am völlig reifen Ei schwindet diese Zone. Die Zellen auf ihrer Oberfläche lösen sich zuerst ab. Die Gallerte quillt und die radiären Streifen gehen verloren. Der Dotter wird jetzt auf seiner Oberfläche nur noch von einer zarten homogenen Membran überzogen, wohl der innersten Schicht der radiär gestreiften Zone.

Das central gelegene Keimbläschen von 50 μ Grösse zeigt ausser dem einfachen Keimfleck in seinem Inhalt ein feines protoplasmatisches Fadennetz, das von v. BENEDEX hier zuerst beobachtet worden ist. Vor der Reife rückt das Keimbläschen bis nahe an die Oberfläche des Eies, wo es noch von einer mehr oder minder dicken Dotterschicht bedeckt bleibt (Taf. VI, Fig. 1). Es verliert hier das Fadennetz und die frühere glatte Beschaffenheit seiner Oberfläche, indem hie und da seine Membran Einbuchtungen erhält.

Der 15 μ grosse Keimfleck enthält meist eine Anzahl kleiner Vacuolen und wird, worauf ich schon in der vorläufigen Mittheilung besonders aufmerksam gemacht habe, von zwei verschiedenen Substanzen zusammengesetzt. Schon im frischen Zustand lassen sich dieselben durch eine verschiedene Lichtbrechung unterscheiden (Taf. VI, Fig. 1), deutlicher treten sie indessen erst bei Anwendung von Reagentien hervor. Wenn man Eier mit 1 % Osmiumsäure 1—2 Minuten behandelt und mit verdünntem BEALE'schem Carmin schwach und vorsichtig färbt, so wird ein Theil des Keimflecks früher und stärker tingirt als der übrige. Die stärker gefärbte Substanz bildet den kleineren Theil (Taf. VIII, Fig. 2) und liegt entweder als Höcker oder Scheibe dem grösseren blasseren Theil auf oder wird rings von diesem umschlossen. Sehr deutlich tritt der Unterschied auch an Präparaten hervor, die in ammoniakhaltigem BEALE'schem Carmin in Folge der Ammoniakwirkung gequollen sind. Hier findet man den grossen schwach gefärbten Theil beträchtlicher vergrössert als den kleineren, der mehr Resistenz besitzt und daher jetzt durch seine dunklere Färbung sich doppelt scharf abgrenzen lässt. Ferner ist eine Verschiedenheit der beiden Substanzen bei

der Einwirkung von Säuren nachzuweisen. So quillt zum Beispiel in stärkeren Essigsäuren (2—4 %) der an Masse überwiegende Theil und wird ganz durchsichtig, der andere Theil dagegen gerinnt gleich stark glänzend.

Die am Keimbläschen zur Zeit der Reife eintretenden Veränderungen lassen sich hier, wie es bei wenigen Objecten möglich ist, leicht im Zusammenhang verfolgen. Schüttelt man aus einem prall gefüllten Ovarium die sich von selbst ablösenden Eier in Meerwasser aus, so tritt bei dem grössten Theil derselben die Reife fast zu gleicher Zeit ein. Meist innerhalb einer Stunde ist der völlige Schwund des Keimbläschens beendet. Den ganzen Vorgang kann man unter dem Mikroskop an ein und demselben Object, bei Anwendung starker Vergrösserung verfolgen und empfiehlt es sich hierbei, wenn man recht deutliche Bilder erhalten will, die Eier vorsichtig einem ganz geringen Druck auszusetzen.

Die ersten Veränderungen sind an dem das Keimbläschen einhüllenden Protoplasma zu bemerken (Taf. VI, Fig. 2). Dasselbe dringt als ein kleiner Höcker (*P*) in das Innere des Keimbläschens ein, und zwar an dem der Oberfläche des Eies zugewandten Pole, den ich in der Folge den oberen nennen werde. — Die Spitze des Höckers umschliesst eine lichte, von Dotterkörnchen freie Stelle und entsendet langgestreckte Protoplasmaerhebungen, die in der oberen Wand des Keimbläschens radienartig nach allen Seiten wie Gebirgskämme von einem centralen Gipfel ausstrahlen (Taf. VI, Fig. 3). Am besten erhält man dieses Bild, wenn man das Keimbläschen vom oberen Pol aus betrachtet.

Bald nachdem der Protoplasmahöcker entstanden und tiefer eingedrungen ist, etwa nach 15—20 Minuten (ich werde immer von dem Zeitpunkt an rechnen, wo das Ei aus dem Ovarium in das Meerwasser entleert wurde), beginnt auch der Nucleolus sich zu verändern. Durch den Schwund der in ihm enthaltenen zahlreichen kleinen Vacuolen nimmt er eine fast völlig homogene Beschaffenheit an. Nach kurzer Zeit taucht in seiner Mitte eine einzige grosse Vaeuole (*V*) auf. Dieselbe umschliesst einen soliden runden Körper (*a*) und wird von diesem soweit ausgefüllt, dass zwischen beiden Bildungen nur ein schmaler Zwischenraum übrig bleibt (Taf. VI, Fig. 2).

Aber auch dieses Bild ist nur von kurzem Bestand. Etwa eine halbe Stunde nach der Ablage der Eier verändert der Keimfleck sowohl seine Lage im Keimbläschen, als auch seine äusseren Um-

risse und ist daher bald mehr bald weniger deutlich sichtbar. Plötzlich verschwindet die in ihm gelegene Vacuole mit ihrem kugligen Körper unter dem Auge des Beobachters. In Folge dessen hat der Keimfleck an Volum bedeutend verloren. Seine geschrumpfte Oberfläche ist zuweilen noch an der Stelle, wo sich früher die Vacuole befand, trichterförmig vertieft (Taf. VI, Fig. 4).

Während dieser Veränderungen erscheint in dem oben erwähnten Protoplasmahöcker eine kleine Strahlenfigur und bald darauf neben derselben eine zweite (Taf. VI, Fig. 4). Es entsteht so das Bild eines Doppelsterns, welches wir bei der Zelltheilung schon kennen gelernt haben. Das Keimbläschen, der Rest des Keimflecks und der kleine Doppelstern verändern sich von hier ab gleichzeitig (Taf. VI, Fig. 5). Das Keimbläschen beginnt stärker und rascher zu schrumpfen, indem wahrscheinlich sein flüssiger Inhalt in das umgebende Protoplasma diffundirt. Dieses dringt von allen Seiten gegen das Innere des Keimbläschens vor und faltet dessen Membran an zahlreichen Stellen ein. Ebenso nimmt der Keimfleck an Volum beständig ab. Zum Beleg gebe ich die Zahlen, welche ich in einem Falle bei vorgenommener Messung erhalten habe. Nach 25 Minuten von der Eiablage an gerechnet maass der Keimfleck bei einem Ei $12,6 \mu$, nach 30 Minuten $10,8 \mu$, nach 35 Minuten $9,0 \mu$ und nach 40 Minuten nur noch $7,0 \mu$. Während der Keimfleck schrumpft, nimmt der Doppelstern an Grösse zu. Die körnchenfreien Centren der Strahlungen verbreitern sich und hängen durch ein bandförmiges Verbindungsstück unter einander zusammen. Die Strahlen selbst sind deutlicher geworden und dehnen sich auf ein grösseres Gebiet aus. Das Gebilde verändert zugleich auch seinen Ort, es entfernt sich von dem schrumpfenden Keimbläschen, steigt bis an die Oberfläche des Dotters empor, und kommt hier so zu liegen, dass seine Längsachse in die Richtung eines Eiradius fällt (Taf. VI, Fig. 7).

Etwa eine Stunde nach der Ablage der Eier erhält man daher meist folgendes Bild (Taf. VIII, Fig. 6): an der Oberfläche liegt in einem Radius des Eies ein Doppelstern und in einiger Entfernung unter ihm ein kleiner unregelmässig begrenzter Fleck, das geschrumpfte Keimbläschen, dessen Membran jetzt nicht mehr zu erkennen ist. In der lichten Stelle ist zuweilen noch ein homogenes Korn, ein Ueberbleibsel des Keimflecks, zu erblicken. Nach einer weiteren halben Stunde sind auch diese letzten Theile des Keimbläschens verschwunden, so dass jetzt das Ei eine gleichmässige

Dottermasse mit einem kleinen peripher gelegenen Doppelstern bildet (Taf. VI, Fig. 7. Taf. VIII, Fig. 7).

In die Vorgänge, die ich am lebenden Objecte oftmals verfolgt habe, erhielt ich weitere Aufschlüsse durch Anwendung von Reagentien, von denen Osmiumsäure und Essigsäure von mir besonders in Gebrauch gezogen wurden. Dies geschah in zweierlei Weise. Da die Eier in das Meerwasser gebracht, sich fast gleichzeitig entwickeln, so stellte ich mir einmal vollständige Entwicklungsreihen dadurch her, dass ich in Intervallen von 5 oder 10 Minuten eine Anzahl Eier im Uhrschälchen mit dem Reagens übergoss. Zweitens reagierte ich auf dem Objectträger, indem ich einen Tropfen der Säure an den Rand des Deckgläschens brachte und ihre Einwirkung auf das im lebenden Zustand vorher beobachtete Ei verfolgte. Die Osmiumsäure wandte ich in der Stärke von 1 % an, entfernte sie nach 2–3 Minuten und brachte darauf die Eier in eine BEALE'sche Carminlösung. Essigsäure benutzte ich in Concentrationen von $\frac{1}{2}$ –2%. Da die Eier hierbei dunkeln, ist eine Aufhellung von Vortheil. Ich erreichte sie durch Anwendung eines stark mit Wasser verdünnten Glycerin's (einige Tropfen Glycerin auf ein Uhrschälchen mit Wasser), schonender wirkt und ist daher mehr zu empfehlen ein Gemisch von Wasser, Alkohol und Glycerin. Je nach dem Object und dem Grad der beabsichtigten Aufhellung habe ich dies Gemisch in verschiedenen Verhältnissen angewandt und zwar für die Eier von Asteracanthion 2 Theile Alkohol, 1 Theil Glycerin und 1 Theil Wasser. Bei Anwendung dieses Gemisches blieben die Schrumpfungsercheinungen ganz aus, welche das schwer diffundirende Glycerin. auch wenn es mit Wasser verdünnt ist, hervorrufft.

Für die Veränderungen am Keimfleck liefert die besten Resultate die Osmiumbehandlung. Wenn man Eier auf dem Stadium, wo im Keimfleck die centrale Vacuole erscheint (Taf. VI, Fig. 2), abtödtet und mit BEALE'schem Carmin schwach färbt, so wird man auf das deutlichste wahrnehmen, wie ein solider Körper fast vollständig den Binnenraum der Vacuole ausfüllt. Der Körper (*a*) tingirt sich weit stärker als die ihn auf dem optischen Durchschnitt ringförmig umgebende Substanz (*b*) (Taf. VIII, Fig. 5). Er entspricht mithin dem kleineren der zwei Theile, die schon am Keimfleck des unreifen Eies unterschieden werden konnten.

Von hier ab gewinnt man durch Reagentienbehandlung eine Reihe von Bildern, die im frischen Zustand nicht beobachtet werden konnten. Sie gehören den schon weiter vorgeschrittenen Stadien

an, wo die centrale Vacuole zu verschwinden, der Keimfleck undeutlich zu werden und an Volum zu verlieren beginnt. Die von mir erhaltenen Befunde stelle ich hier so zusammen, wie sie sich naturgemäss auf einander folgen müssen.

Der in der Vacuole eingeschlossene Kerntheil verlängert sich in eine kleine Spitze und nimmt hierdurch eine birnförmige Gestalt an (Taf. VIII, Fig. 18 *a*). Dadurch, dass das Spitzchen wächst, geht der birnförmige Körper in einen mehr keulenförmig beschaffenen über (Taf. VIII, Fig. 13 *a*, Fig. 18 *b*, Fig. 1). Dieser endlich wandelt sich in ein langes, dünnes Stäbchen um, welches von Stelle zu Stelle perlschnurartig Anschwellungen trägt (Taf. VIII, Fig. 13 *b*). Die Lage des Stäbchens im Keimbläschen ist eine genau bestimmte, denn es ragt mit seinem einen Ende durch eine Oeffnung in der Vacuolenrinde über die Oberfläche des Keimflecks hervor, reicht in den früher beschriebenen Protoplasmahöcker hinein und bildet hier den Mittelpunkt der schon am lebenden Object beobachteten Strahlenfigur (Taf. VIII, Fig. 1 u. Fig. 13).

Auch die andere Substanz des Nucleolus — die Vacuolenrinde — erleidet in ihrer Form Veränderungen. Während der Keimfleck früher mehr kuglig beschaffen war, zeigt er jetzt an den mit Osmiumsäure behandelten Objecten, wie aus den auf Tafel VIII dargestellten Figuren 5 und 13 zu ersehen ist, eine unregelmässige, buechtige Oberfläche. Zuweilen wird durch die schwächer gefärbte Substanz das in den Protoplasmahöcker hineinragende Stäbchen eine Strecke weit scheidenartig bekleidet (Taf. VIII, Fig. 1, Fig. 13 *a. c*). An einem Asteracanthion, von dem ich mir eine Reihe von Entwicklungsstadien verschaffte, waren die Formveränderungen der quellbareren Substanz in ganz aussergewöhnlicher Weise eingetreten. Der Keimfleck hatte eine stark höckrige Oberfläche erhalten, so dass er in einen Haufen einzelner Granula zerfallen zu sein schien (Taf. VIII, Fig. 18 *a b*, Fig. 19 *a*). Bei einzelnen Präparaten entsprangen von den Höckern feine Fädchen, die nach dem Orte, wo der Protoplasmafortsatz in das Keimbläschen eingedrungen war, hingerichtet waren.

Die eben beschriebenen Veränderungen der beiden Substanztheile des Keimflecks vollziehen sich etwa im Zeitraum von 10 Minuten und führen dann weiterhin zu der am lebenden Ei beobachteten Schrumpfung des Keimflecks. Hierbei lässt sich durch Behandlung mit Reagentien Folgendes feststellen.

An dem freien Ende des Stäbchens, da wo es in den Protoplas-

mahöcker hineinragt und den Mittelpunkt einer Strahlung bildet, treten einzelne Körnchen auf und ordnen sich kreisförmig an (Taf. VIII, Fig. 13 *c*). Sie bestehen aus Kernsubstanz und haben sich daher offenbar von dem Stäbchen selbst abgelöst. Dieses schwindet durch Fortschreiten des Ablösungsprocesses endlich vollständig, und wird hierdurch eine örtliche Trennung der beiden Substanzen des Keimflecks herbeigeführt. Der kleinere und weniger quellbare Substanztheil ist in das Protoplasma übergewandert und bildet hier einen Körnchenkreis (Taf. VIII, Fig. 18 *c*), der andere Theil dagegen, der oft noch die Höhlung erkennen lässt, aus welcher das stabförmige Gebilde austrat (Taf. VIII, Fig. 19 *b c*), liegt im Keimbläschen, ob vollständig oder nicht, muss dahin gestellt bleiben, da manche Bilder für die Ansicht sprechen, dass von der quellbareren Substanz sich jetzt gleichfalls schon Partikelchen ablösen und nach dem homogenen Fleck im Protoplasmahöcker überwandern.

An die durch Reagentienbehandlung erhaltenen wichtigen Befunde schliessen sich unmittelbar die im frischen Zustand beobachteten Bilder an, wo neben der ersten Protoplasmastrahlung eine zweite erscheint und die so gebildete Doppelstrahlung sich vergrössert, während der Rest des Keimflecks an Volum abnimmt (Taf. VI, Fig. 4 und 5, Taf. VIII, Fig. 3, 4 und 6).

Zum Studium dieser Veränderungen ist 2 % Essigsäure besonders zu empfehlen. Es lässt sich mit Hilfe derselben der Nachweis führen, dass zwischen den beiden Strahlungen ein fasriger Körper liegt. Die anfangs schwer erkennbaren Fasern desselben treten später, wenn der Keimfleckrest mehr geschwunden ist, deutlicher hervor und bilden dann die Richtungsspindel, wie sie von BÜTSCHLI zuerst erkannt worden ist. Die Figuren 3, 4 u. 6 auf Tafel VIII veranschaulichen uns diese Stadien. In Folge der Essigsäurewirkung hat sich in der Flüssigkeit des Keimbläschens ein dunkelkörniger Niederschlag gebildet. Die Kernmembran (Fig. 3 u. 4) ist zusammengefallen und tritt deutlicher als im frischen Zustand hervor. Nur an der Stelle, wo der Protoplasmafortsatz und der spindelförmige Körper liegt, ist die Membran aufgelöst. In Figur 6 ist ein weiter vorgeschrittenes Stadium dargestellt. Die Kernmembran ist ganz geschwunden, vom Nucleolus bemerkt man noch einen kleinen Rest und ebenso von der Grundsubstanz des Keimbläschens noch etwas dunkelkörnige Masse, die sich noch nicht mit dem umgebenden Protoplasma gemischt hat. In Fig. 7 endlich ist allein noch die peripher gelegene Spindel wahrzunehmen, deren Fasern breiter

geworden sind und sich daher von der Umgebung deutlicher abgrenzen lassen. Eine mittlere Körnchenzone konnte ich in ihr bei Essigsäurebehandlung meist nicht zur Anschauung bringen. Dagegen tritt eine solche an Osmiumcarminpräparaten deutlich hervor (Taf. VIII, Fig. 15). Gleichzeitig zeigt die Figur 7 noch einen interessanten Befund, den ich zufälliger Weise an mehreren Objecten erhielt. An Eiern, die in stark verdünntes Glycerin zur Aufhellung gebracht worden waren, hatte sich die Membran vom Dotter abgehoben. Nur an der Stelle, wo die Spindel an die Peripherie grenzte, wurde ihre vollständige Ablösung durch ein Bündel von Protoplasmafäden verhindert, die von der Spitze der Spindel entsprangen und radienartig divergirend mit ihrem peripheren Ende an die Innenseite der Membran festgeheftet waren. Durch das eingeschlagene Verfahren waren also die von der peripheren Spindelspitze ausstrahlenden Protoplasmafäden vollständig isolirt worden, indem die durch Diffusion vom Dotter entfernte Membran die an ihr festhaftenden Fädchen eine Strecke weit mit emporhob.

Auf die Bildung der Spindel folgt eine kleine Ruhepause. Dann beginnt 2—2½ Stunde nach der Eiablage die Hervorknospung der Richtungskörper, die ich am lebenden Objecte wieder in Zusammenhang habe verfolgen können (Taf. VI, Fig. 7, 6, 8, 9, 11, 12, 13).

Die Doppelstrahlung vergrössert sich durch Anhäufung von homogener Substanz. Dann wölbt sich über die Oberfläche des Dotters ein Protoplasmahügel hervor, welcher die periphere Hälfte der Strahlenfigur umschliesst (Fig. 6). Bald nimmt das Hügelehen eine mehr cylinderförmige Gestalt an und beginnt sich an seiner Basis vom Ei abzusechnüren. Hierbei entstehen auf der Oberfläche des Eies sowohl als auch des Richtungskörpers Furchen, die nach der Einschnürungsstelle zu convergiren (Fig. 8). Der abgeschnürte Richtungskörper bleibt auf der Oberfläche des Eies liegen und plattet sich zu einer kleinen Scheibe ab (Fig. 9). Unmittelbar unter ihm befindet sich die andere Hälfte der Strahlenfigur, die sich im Laufe einer viertel Stunde wieder zu einer Doppelstrahlung umgewandelt hat (Fig. 11). Es bildet sich jetzt in derselben Weise wie der erste, so auch der zweite Richtungskörper, und wieder bleibt von der Doppelstrahlung die centrale Hälfte in der Dotterrinde zurück (Fig. 12, 13).

Durch Behandlung der Eier mit Reagentien kann auch hier der Nachweis geführt werden, dass sich an den Knospungserscheinungen die Richtungsspindel in der für Nephelis von mir beschriebenen

characteristischen Weise betheiligt (Taf. VIII, Fig. 7—11). Eine abweichende Erscheinung von untergeordneter Bedeutung ist allein darin zu erblicken, dass die Spindel vor Beginn der Knospung an Länge abnimmt, dagegen an Breite gewinnt (vergleiche Taf. VIII. Fig. 6 mit Fig. 7 u. S). Sie erhält so eine tonnen- oder fassförmige Gestalt wie sie STRASBURGER von manchen Pflanzen beschrieben hat. Daher ist sie auch schwieriger zur Anschauung zu bringen als bei Nephelis und den Gastropoden, hinter deren Richtungsspindel sie überhaupt an Grösse zurückbleibt. Wie bei Nephelis entstehen auch hier während der hügel förmigen Hervorwölbung des Protoplasma in der Spindel zwei Verdichtungs zonen, die auseinander rücken und auf die beiden Theilproducte sich vertheilen. Man erhält daher zuletzt drei Körnchen zonen, je eine in den beiden Richtungskörpern und eine dritte in der Dotterrinde (Taf. VIII, Fig. 11). Diese letztere gibt die Grundlage ab, aus welcher der Eikern sich in folgender Weise entwickelt.

Eine viertel Stunde nach der Abschnürung des zweiten Richtungskörpers, 3 Stunden nach der Ablage, hat sich die in dem Ei befindliche homogene Stelle, die centrale Hälfte der zweiten Doppelstrahlung, vergrössert und von der Oberfläche etwas entfernt. Es lässt sich jetzt am lebenden Objecte leicht erkennen, wie eine Anzahl kleiner Vacuolen in der homogenen Substanz auftaucht (Taf. VIII, Fig. 12, Taf. VI, Fig. 14). In ihrer Umgebung hat das Protoplasma nach dem Centrum des Eies zu eine strahlige Beschaffenheit angenommen. Die vacuoligen Körper vergrössern sich, die Strahlung in ihrer Umgebung wird deutlicher und dehnt sich auf benachbarte Theile weiter aus. Der Mittelpunkt jeder Vacuole wird, wie durch Reagentien festzustellen ist, von einem aus Kernsubstanz bestehenden Korn gebildet. Die einzelnen Vacuolen bleiben nur kurze Zeit von einander getrennt; durch allmählig erfolgende Verschmelzung entsteht nach $3\frac{1}{2}$ Stunde eine einzige grössere Vacuole, deren gelappte Oberfläche noch ihren Ursprung aus mehreren andeutet (Taf. VI, Fig. 15). In ihrem Innern enthält sie — und dies ist schon am lebenden Objecte ersichtlich — eine Anzahl nucleolusartiger kleiner Körner. Der Eikern, unter welchem Namen ich von jetzt ab, die Vacuole benennen will, ist während seiner Bildung von der Oberfläche mehr nach dem Centrum zu gerückt, wobei die oben beschriebene Strahlung undeutlicher geworden und verschwunden ist. Es verschmelzen jetzt auch die im Innern des Eikerns gelegenen Körnchen zu einem einzigen kleinen Nucleolus, welcher mit Con-

stanz in allen Eiern wahrzunehmen ist (Taf. VIII, Fig 20 *a—d*, Taf. VI, Fig. 10). In diesem Zustand verharrt das Ei, wenn es nicht befruchtet wird, längere Zeit. Die zur Eireife führenden Vorgänge sind hiermit abgeschlossen.

Die von mir ermittelten Thatsachen weichen in vielfacher Hinsicht von den Angaben v. BENEDEN's ab. Einen Zerfall des Keimflecks in isolirte Stücke und eine Vertheilung und Quellung derselben im Kernsaft, ferner das Austreten eines Theiles vom Inhalt des Keimbläschens in Form eines Tropfens habe ich nicht beobachten können, dagegen haben v. BENEDEN wie GREEFF die Zusammensetzung des Keimflecks aus zwei Substanzen und die Veränderungen, welche dieselben bei der Umwandlung des Keimbläschens erfahren, ferner die Bildung des Protoplasmahöckers, das Auftreten der beiden Strahlungen, die Richtungsspindel, die Entstehungsweise der beiden Richtungskörper und des Eikerns nicht erkannt.

Eine grössere Uebereinstimmung ergibt sich zwischen den vorläufigen Angaben FOL's und meinen Beobachtungen. FOL hat gleichfalls die während der Auflösung des Keimbläschens in seiner Nachbarschaft entstehende Doppelstrahlung wahrgenommen und ihr den Namen Amphiaster beigelegt. Auch sah er in einiger Entfernung von derselben noch einen Rest des Keimflecks. Dagegen hat er über die genaueren Veränderungen des Keimflecks und über die Entstehungsweise der Doppelstrahlung keine Mittheilung gemacht. Auch muss ich ihm entgegenreten, wenn er vermuthet, dass sein Amphiaster sich theile und dass nur eine Hälfte desselben den Richtungskörpern den Ursprung gibt. FOL ist hier offenbar durch seine früheren Mittheilungen über Pteropoden beeinflusst. Endlich ist FOL zu einem dem meinen entgegengesetzten Hauptergebniss gelangt, insofern zwischen Eikern und Keimfleck kein genetischer Zusammenhang bestehen soll. Dass ein solcher aber vorhanden ist, ergibt sich, wie ich glaube, aus dem von mir Schritt für Schritt beobachteten Verlauf der Erscheinungen und den hierdurch ermittelten Uebergangsstadien. Es ist dies ein Punct, auf den ich am Schluss dieser Arbeit zurückkommen werde.

Noch einer wichtigen Literaturangabe habe ich an dieser Stelle zu gedenken. In einer vorläufigen Mittheilung theilt GREEFF mit, dass die Eier der Seesterne, wenn sie in Meerwasser gebracht werden, auf parthenogenetischem Wege sich entwickeln, dass er aus unbefruchteten Eiern normale Gastrularlarven erhalten habe. Mir ist es trotz vielfach variirter Versuche nicht gelungen GREEFF's Angaben

bestätigt zu finden. Ich habe kleine Mengen von Eiern aus reifen Ovarien entleert, in grosse Gefässe mit frischem Meerwasser gebracht und sich selbst überlassen. Bei anderen Versuchen erneuerte ich das Wasser von Zeit zu Zeit halb oder brachte den KOCH'schen Durchlüftungsapparat in Anwendung. In allen Fällen war das Resultat das gleiche. Die Eier entwickelten sich bis zur Bildung des Eikerns. Dieser zeigte nach längerer Zeit Veränderungen, welche wohl als pathologische zu deuten sind. Er vergrösserte sich mehr und mehr und erreichte fast den Umfang des früheren Keimbläschens (Taf. VIII, Fig. 20 e), dann begannen nach 10—15 Stunden die Eier abzusterben und zu zerfallen. Nur hier und da habe ich zuweilen unter hunderten von Eiern ein zweigetheiltes angetroffen.

Zu demselben negativen Ergebniss ist FOL gelangt.

Trotzdem ist meiner Ansicht nach hierdurch die Frage nach der parthenogenetischen Entwicklung der Seesterne nicht als erledigt zu betrachten, denn die Angaben GREEFF's sind so bestimmt gefasst, dass man eine Fehlerquelle in seinen Beobachtungen wohl nicht annehmen darf. Namentlich ist von Bedeutung die Angabe GREEFF's, dass die erste Furchung bei befruchteten Eiern nach 1—2 Stunden, bei unbefruchteten aber erst nach 10—12 Stunden erfolgen soll. Zur Entscheidung dieser Frage sind daher weitere Untersuchungen unbedingt erforderlich.

Die Befruchtung der Seesterneier.

Die künstliche Befruchtung gelingt bei den Eiern der Seesterne leicht, so wie man zur geeigneten Zeit Sperma zu den im Meerwasser reifenden Eiern zusetzt. Als geeignet kann ich den Zeitraum vom Schwund des Keimbläschens bis zur Bildung des Eikerns, also die zweite bis fünfte Stunde nach der Ablage der Eier, bezeichnen. Indessen ergeben sich hier, je nachdem das Sperma nach einer oder nach vier Stunden oder noch später zugesetzt wird, im Verlauf der Befruchtungsercheinungen einige nicht uninteressante Verschiedenheiten. Indem ich mich zur Schilderung derselben wende, beschreibe ich zunächst den Verlauf der Befruchtung an Eiern, deren Richtungsspindel eben fertig gebildet ist und in der Dotterrinde liegt.

Unmittelbar nach dem Zusatz des Sperma zieht sich der Dotter von der Eihaut zurück. Es ist dies das erste und am leichtesten wahrzunehmende Zeichen der eingetretenen Befruchtung. Bald darauf erscheint in der Rinde des Eies an dem Pol, welcher der Spindel

gegenüberliegt, eine kleine homogene Stelle, die sich leicht der Beobachtung entzieht. Im Umkreise zeigt der Dotter eine schwache radiäre Structur (Taf. VII, Fig. 3). Oftmals sah ich in der Verlängerung dieser Strahlung an der Eioberfläche eine zarte Protoplasma-
brücke zur abgehobenen Dotterhaut sich hinüber spannen. Sie bezeichnet offenbar den Ort, an welchem das Spermatozoon in den Dotter eingedrungen ist. Die homogene Stelle wandert langsam nach der Eimitte vor, ohne indessen an Deutlichkeit viel zuzunehmen, sie verharrt in diesem Zustand. so lange als am oberen Eipol die Richtungskörper sich bilden.

Von dem Augenblicke indessen, wo der zweite Richtungskörper sich abgeschnürt hat, verändert sich das Bild (Taf. VII, Fig. 4). Die Strahlung um die homogene Stelle wird zusehends deutlicher. Bald dehnen sich die Radien fast über das ganze Ei aus. Im homogenen Centrum erscheint eine kleine helle Vacuole (Taf. VII, Fig. 1). Eine eben solche wird, von einer kleinen Strahlung umgeben, unter der Austrittsstelle der Richtungskörper bemerkbar. Beide Kernvacuolen vergrössern sich gleichmässig und rücken bis zur gegenseitigen Berührung langsam auf einander zu (Taf. VII, Fig. 2). Sowie sie sich begegnen, platten sie sich gegenseitig ab und verschmelzen alsbald miteinander zu einem etwas ovalen Furchungskern, der mehr in die Mitte des Eies rückt. Indem die zwei Pole des ovalen Kerns zum Mittelpunkt zweier Strahlungen werden, entsteht allmählig die Hantelfigur, wie ich sie von *Toxopneustes lividus* abgebildet habe. Die Theilungsfurche tritt etwa zwei und eine halbe Stunde nach Vornahme der Befruchtung auf und nimmt unterhalb der Richtungskörper ihren Anfang.

In anderen Fällen befruchtete ich die Eier vier Stunden nach ihrer Ablage, also zu einer Zeit, wo der Eikern sich bereits durch Verschmelzung der einzelnen Vacuolen gebildet hatte (Taf. VII, Fig. 5). Auch hier zieht sich der Dotter von der Eihaut zurück und es tritt an der Oberfläche eine kleine Strahlenfigur auf. Während dieselbe aber im zuerst beschriebenen Fall lange Zeit undentlich bleibt, vergrössert sie sich jetzt rasch und rückt nach der Eimitte vor. Gleichzeitig setzt sich auch der Eikern in Bewegung und wandert unter anöboider Veränderung seiner Contouren nach dem Centrum, wo er in die Strahlung aufgenommen wird (Taf. VII, Fig. 7). In der Strahlenfigur ist währenddem eine sehr kleine Vacuole deutlich geworden, welche sich dem Eikern anlegt und nach einiger Zeit mit

ihm verschmilzt (Taf. VII, Fig. 5). Die Zweitheilung erfolgt etwa drei Stunden nach der Befruchtung.

Eine Reihe pathologischer Erscheinungen lässt sich an Eiern beobachten, die vor oder nach dem geeigneten Zeitraum mit Spermia vermischt werden.

Wenn das Keimbläschen noch in Umwandlung begriffen ist, so zieht sich der Dotter von der Eihaut nicht zurück. Auf der Oberfläche erscheinen eine grössere Anzahl homogener Flecke, von denen jeder von einer sehr schwachen Radienstructur umgeben ist. Sie gleichen mithin dem bei normaler Befruchtung hervorgerufenen einfachen Fleck. Während die eben beschriebene Beschaffenheit sich in der Dotterrinde längere Zeit unverändert erhält, nimmt die Umbildung des Keimbläschens ruhig ihren weiteren Verlauf. Es bildet sich eine Richtungsspindel, darauf der erste und der zweite Richtungskörper, die normale Weiterentwicklung hört aber hiermit auf, denn es tritt an derart veränderten Eiern keine Zweitheilung ein, vielmehr wird der Dotter nach einigen Stunden unregelmässig zerklüftet, um dann weiterhin abzusterben und zu zerfallen.

Aehnliche Verhältnisse lassen sich an Eiern beobachten, die etwa 6 Stunden, nachdem sie aus dem Ovarium entleert wurden, befruchtet werden (Taf. VII, Fig. 6). Die Zurückziehung des Dotters von der Eihaut erfolgt entweder nur sehr langsam oder bleibt auch ganz aus. In der Eirinde erscheinen nach einander eine grosse Anzahl isolirter Strahlenfiguren. Die Sternchen rücken zum Theil sehr langsam nach der Mitte des Eies vor und zwei oder drei derselben legen sich dem Eikern an (Taf. VIII, Fig. 16 u. 17). Bei ihnen allen bleibt aber die radiäre Structur nur auf die nächst angrenzenden Dottertheile beschränkt. An einigen Eiern sah ich im Anschluss an diese Erscheinungen den Eikern Veränderungen eingehen, indem er eine ovale bis spindelförmige Gestalt annahm (Taf. VIII, Fig. 16, 17). An den beiden Polen des Ovals fanden sich dann meist zwei Sternchen vor. Auch an derart befruchteten und eigenthümlich veränderten Eiern tritt keine Zweitheilung ein. Dagegen sieht man, wie nach Verlauf einiger Stunden der Dotter in zahlreiche unregelmässige Lappen eingeschnürt und hierdurch in anormaler Weise in grössere und kleinere Stücke zerklüftet wird. Diesen Vorgängen folgt bald der Zerfall der Eier nach.

Die eben geschilderten Verhältnisse lassen sich bei einiger Aufmerksamkeit am lebenden Objecte erkennen. Eine weitere Ergänzung finden dieselben indessen durch Behandlung der Eier mit Rea-

gentien und zwar mit Osmiumsäure und BEALE'schem Carmin. Ich konnte dann wahrnehmen, dass ein kleiner rothgefärbter Körper, ein wirkliches Kernchen, in der Mitte einer jeden Strahlung liegt, umgeben von einem homogenen Protoplasmahof. Dies gilt sowohl für Eier, in denen normaler Weise nur eine Sternfigur in Folge der Befruchtung aufgetreten ist, als auch für jene pathologischen Fälle, in welchen der Dotter von zahlreichen Sternen durchsetzt ist (Taf. VII, Fig. 6).

Die mitgetheilten Befunde deute ich in derselben Weise, wie die vor zwei Jahren von mir am *Toxopneustes lividus* beobachteten Erscheinungen. Bei normalem Verlauf der Befruchtung dringt nur ein Spermatozoon in das Ei ein. Seine nächste Wirkung ist das Zurückziehen des Dotters von der Eihaut. Hierbei spannt sich zwischen der letzteren und dem Ei eine Protoplasmabrücke aus, welche die Stelle anzeigt, wo der Samenfaden durch die Eihülle in das Protoplasma eingedrungen ist. Dann wandelt sich der im Spermakopf enthaltene Kerntheil in ein rundes Kernchen um, welches eine Anziehung auf das umgebende Protoplasma ausübt und sich mit einem homogenen Hof und einem Strahlenkranz umgibt.

Von besonderem Interesse scheint mir nun die bei *Asteracanthion* gemachte Wahrnehmung, dass der Spermakern sich in verschiedener Weise modifizirt je nach dem Zeitpunkt, in welchem die Befruchtung vorgenommen wurde. Wenn das Spermatozoon in den Dotter eindringt, ehe der Eikern gebildet ist, so imbibiren sich beide Kerne vor der Verschmelzung gleichmässig mit dem im Plasma vertheilten Kernsaft und bilden zwei Vaeuolen von gleicher Grösse (Taf. VII, Fig. 3, 4, 1, 2). Dagegen bleibt der Spermakern ein sehr kleines Körperchen, wenn der Eikern schon vor der Befruchtung sich entwickelt und sich gleichsam des gesammten disponiblen Kernsaftes bemächtigt hat (Taf. VII, Fig. 5 u. 7). Diese beiden Fälle entsprechen Unterschieden, wie sie normaler Weise im Befruchtungsverlauf bei verschiedenen Thieren beobachtet werden. Wie im ersten Falle, vollzieht sich der Vorgang bei den Hirudineen, Mollusken, Nematoden etc., wo die Eier schon zur Zeit der Hervorkospung der Richtungskörper befruchtet werden. Der zweite Fall schliesst sich an die Verhältnisse bei *Toxopneustes lividus* an, wo zwischen der Bildung der Richtungskörper und des Eikerns einerseits und der Befruchtung andererseits ein grösseres Zeitintervall liegt. Das abweichende Verhalten, welches die copulirenden Kerne bei verschiedenen Thieren zeigen, wird somit bedingt durch die

Verschiedenheit des Zeitpuncts, in welchem die Befruchtung eintritt, wie sich dies bei *Asteracanthion* experimentell feststellen lässt.

Das Auftreten zahlreicher Strahlenfiguren in Folge der Befruchtung führe ich auf das Eindringen einer entsprechend grossen Zahl von Spermatozoen zurück und erblicke hierin eine anormale Erscheinung, wie das aus dem gestörten Weiterverlauf der Entwicklung hervorgeht.

Es lässt sich hier die Frage aufwerfen, wodurch es kommt, dass unter normalen Verhältnissen nur ein einziges Spermatozoon vom Ei zur Befruchtung zugelassen wird. Man könnte daran denken, dass in der bei der Befruchtung erfolgenden Abhebung der Eimembran ein Mechanismus gegeben sei, durch welchen das Eindringen nachfolgender Spermatozoen verhindert werde. Dagegen lässt sich aber geltend machen, dass es ganz membranlose Eier gibt, bei denen ein derartiger Mechanismus nicht in Frage kommen kann. Es scheint mir daher einzig und allein das Eiplasma selbst zu sein, welches so lange es lebenskräftig ist, den Eintritt von mehr als einem Spermatozoon abweist. Auf jeden Fall findet diese Erscheinung ihr Analogon in den Copulationsvorgängen niederster einzelliger Pflanzen und Protisten, wo man auch stets nur zwei Zellen sich zum geschlechtlichen Act vereinigen sieht.

Ueber die Befruchtung von *Asteracanthion* hat FOL in der eirtirten vorläufigen Mittheilung werthvolle Beobachtungen veröffentlicht. Ihm ist es gelungen auch in die ersten Stadien des Befruchtungsactes sich einen Einblick zu verschaffen. Schon zur Zeit wo ein Spermatozoon nur halbwegs die das Ei einhüllende Gallertschicht durchwandert hat, sah er den Dotter wichtige Modificationen darbieten, die ich mit seinen eigenen Worten schildere.

»Bevor irgend eine Berührung zwischen dem Spermatozoon und dem Dotter stattgefunden hat, sammelt sich das Protoplasma des letzteren an einem Punct an, der dem am meisten genäherten Spermatozoon gegenüber liegt und bildet dort eine zarte hyaline Lage, welche den körnigen Dotter bedeckt; dann erhebt sich diese durchscheinende Schicht in ihrer Mitte zu einem Höcker, welcher dem männlichen Element sich nähert. Der Höcker verwandelt sich in einen Kegel, und bald sieht man einen zarten Protoplasmafaden die Verbindung zwischen der Spitze des Kegels und dem Körper des Spermatozoon bilden. Dieser letztere verlängert sich und fliesst so zu sagen in den Dotter. Der Geisselfaden allein bleibt ausserhalb, wo man ihn (wie ich dies schon bei *Toxopneustes* beschrieben und abgebildet habe) noch während einiger Minuten erkennen kann«.

»Die Eintrittsstelle wird zum Mittelpunct einer Strahlung *aster mâle*) in deren Mitte ein männlicher Pronucleus sich bildet, der bald mit dem weiblichen Pronucleus verschmilzt«.

Der Höcker, den Fol sich bilden sah, entspricht offenbar der Protoplasmabrücke, die ich auf etwas späteren Stadien zwischen Eihaut und Dotter vorfand und als Eintrittsstelle des Spermatozoon bezeichnet habe (Taf. VII, Fig. 3).

In einem weiteren Punkte dagegen kann ich den Angaben Fol's nicht zustimmen. Er beschreibt, dass während der Bildung des Höckers die oberflächliche hyaline Lage des Eies sich mehr und mehr ausbreitet bis sie den ganzen Dotter einhüllt. Im Augenblick, wo der Zusammenhang mit dem Spermatozoon hergestellt ist, differenzirt sich nach seinen Angaben diese Lage sehr scharf und fängt an sich von der Oberfläche des Eies abzulösen, um eine Dotterhaut zu bilden. Die Differenzirung dieser Membran umgreift bald den ganzen Dotter vom Befruchtungspunct aus, wo eine Art kleiner Krater (die von mir beschriebene Protoplasmabrücke) bleibt. Bei einem sehr reifen und frischen Ei folgen sich alle diese Phänomene mit einer solchen Schnelligkeit, dass der Zutritt zum Dotter jedem Spermatozoon versperrt ist, welches wenige Secunden nach dem ersten anlangt.

Diese Ansicht Fol's kann ich deswegen nicht theilen, weil schon am unbefruchteten Ei eine ganz deutlich wahrzunehmende Membran vorhanden ist. Bei geeigneter Behandlung hebt sich dieselbe in ganzer Ausdehnung vom Dotter ab. Die bei der Befruchtung augenblicklich eintretende Ablösung der Membran hat meiner Ansicht nach ihren Grund in Contractionen des Protoplasma, durch welche Flüssigkeit (*Liquor perivitellinus*) aus dem Dotter ausgepresst wird, wie dies schon zahlreiche ältere Beobachter ausgesprochen haben. —

Ausser *Asteracanthion* habe ich von Seesternen noch die Eier von *Astropecten* und *Luidia* untersucht. Auch hier verlieren die Eier, wenn sie vor der völligen Reife in das Meerwasser gebracht werden, ihr Keimbläschen, und es entstehen nach einiger Zeit zwei Richtungskörper und der Eikern. Genauer wurden indessen von mir die einzelnen Vorgänge nicht verfolgt, da hierzu die Eier weniger geeignet sind als diejenigen von *Asteracanthion*.

Jena, 19. Mai 1877¹⁾.

¹⁾ Nachdem der vorliegende Aufsatz an die Redaction abgesandt war, sind weitere Mittheilungen von H. Fol, *sur le commencement de l'hénogénie chez divers animaux*, erschienen, durch welche eine noch grössere Uebereinstimmung zwischen seiner und meinen Beobachtungen über das Verhalten des *Amphiaster's* (pag. 167) sich ergeben hat.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel VI—VIII. Eientwicklung von Asteracanthion.
Gezeichnet bei Immersion II. Oc. II. (ZEISS).

Tafel VI.

Umbildung des Keimbläschens und Entstehung der Richtungskörper. Alle Figuren nach lebenden Objecten gezeichnet.

- Fig. 1. Der Reife nahestehendes Ei mit peripherem Keimbläschen.
a weniger quellbarer kleiner Theil des Keimflecks.
b leicht quellbarer grösserer Theil des Keimflecks.
- Fig. 2. Ei 20 Minuten nach der Entleerung aus dem Ovarium. Bildung des Protoplasmahöckers (*P*) und der Vacuole (*V*) im Centrum des Keimflecks.
- Fig. 3. Keimbläschen desselben Eies bei Betrachtung vom oberen Eipol.
- Fig. 4. Ei nach 30 Minuten. Bildung des Doppelsterns (*D*). Verkleinerung des Keimflecks.
- Fig. 5. Ei nach 45 Minuten. Weitere Schrumpfung des Keimbläschens und Verkleinerung des Keimflecks. Wachstum des Doppelsterns (*D*).
- Fig. 6. Ei $2\frac{1}{4}$ Stunde nach Ablage. Bildung des ersten Richtungskörpers.
- Fig. 7. Ei 2 Stunden nach Ablage mit peripherer Richtungsspindel.
- Fig. 8. Ei von der Oberfläche betrachtet. Abschnürung des ersten Richtungskörpers.
- Fig. 9. Ei $2\frac{1}{2}$ Stunde nach Ablage. Der erste Richtungskörper ist gebildet.
- Fig. 10. Ei nach 4 Stunden. Die beiden Richtungskörper und der Eikern sind gebildet. *E* Eikern. *N* Nucleolus.
- Fig. 11. Ei nach $2\frac{1}{2}$ Stunde. Die zweite Richtungsspindel ist wieder vollständig gebildet.
- Fig. 12 u. 13. Ei nach $2\frac{3}{4}$ Stunde. Bildung des zweiten Richtungskörpers.
- Fig. 14. Ei nach 3 Stunden. Entstehung des Eikerns.
- Fig. 15. Ei nach $3\frac{1}{2}$ Stunde. Die einzelnen Vacuolen sind zu einer verschmolzen (Eikern).

Tafel VII.

Die Befruchtungserscheinungen am Ei des Seesterns. Alle Figuren bis auf Fig. 6 nach lebenden Objecten gezeichnet.

- Fig. 1—4. Eier bald nach Bildung der Richtungsspindel befruchtet. Fig. 1 Eikern und Spermakern erscheinen als 2 kleine von Strahlung umgebene Vacuolen.

- Fig. 2. Eikern und Spermakern haben sich gleichmässig vergrössert und sind bis zur Berührung einander genähert.
- Fig. 3. Auftreten der durch den Spermakern verursachten Strahlung in der Dotterrinde kurze Zeit nach der Befruchtung.
- Fig. 4. Die durch den Spermakern verursachte Strahlung ist bis in die Mitte des Eies gerückt.
- Fig. 5. Ei $4\frac{1}{4}$ Stunde nach der Ablage befruchtet. Die durch den Spermakern verursachte Strahlung hat schon eine weite Ausdehnung erreicht.
- Fig. 6. Ei 6 Stunden nach der Ablage befruchtet. Zahlreiche Strahlungen in der Dotterrinde sichtbar, hervorgerufen durch das Eindringen vieler Spermatozoen. Osmium-Carminpräparat.
- Fig. 7. Ei $4\frac{1}{4}$ Stunde nach der Ablage befruchtet. Der kleine Spermakern und der grössere Eikern sind dicht zusammengedrückt.
- Fig. 8. Aus Verschmelzung des Sperma- und Eikerns ist der Furchungskern entstanden.

Tafel VIII.

Die Figuren sind nach Eiern gezeichnet, die mit Reagentien behandelt wurden.

Den Figuren 1, 2, 5, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20 liegen Osmium-Carminpräparate, den Figuren 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12 Essigsäurepräparate [1—2% Essigs.] zu Grunde. Figur 14 stellt ein unreifes Ei im frischen Zustande dar, bei mittelstarker Vergrösserung gezeichnet

- Fig. 1. Ei 30 Minuten nach Ablage.
- Fig. 2. Keimfleck, welche die Zusammensetzung aus 2 Substanzen deutlich zeigen.
- Fig. 3 u. 4. Ei nach 45 Minuten.
- Fig. 5. Keimfleck von Eiern, die seit 25 Minuten in Meerwasser sich befanden.
- Fig. 6. Ei nach 1 Stunde.
- Fig. 7. Ei mit Richtungsspindel. 2 Stunden nach Ablage.
- Fig. 8—11. Bildung des ersten und zweiten Richtungskörpers.
- Fig. 12. Bildung des Eikerns.
- Fig. 13. Veränderte Keimfleck von Eiern, die seit 35 Minuten in Meerwasser sich befanden.
- Fig. 14. Unreifes Eierstocksei.
- Fig. 15. Richtungsspindel nach Behandlung mit Osmium-Carmin.
- Fig. 16 u. 17. Eikern von Spermakernen umgeben aus pathologisch veränderten Eiern.
- Fig. 18 u. 19. Veränderte Keimfleck von Eiern, die 30—40 Minuten in Meerwasser sich befanden.
- Fig. 20. Eikern.
- a, b, c, d* zeigt die Verschmelzung zahlreicher kleiner nucleolusartiger Körnchen zu einem einfachen Korn.
- e* Vergrösserter Eikern eines Eies, das 12 Stunden unbefruchtet im Meerwasser lag.

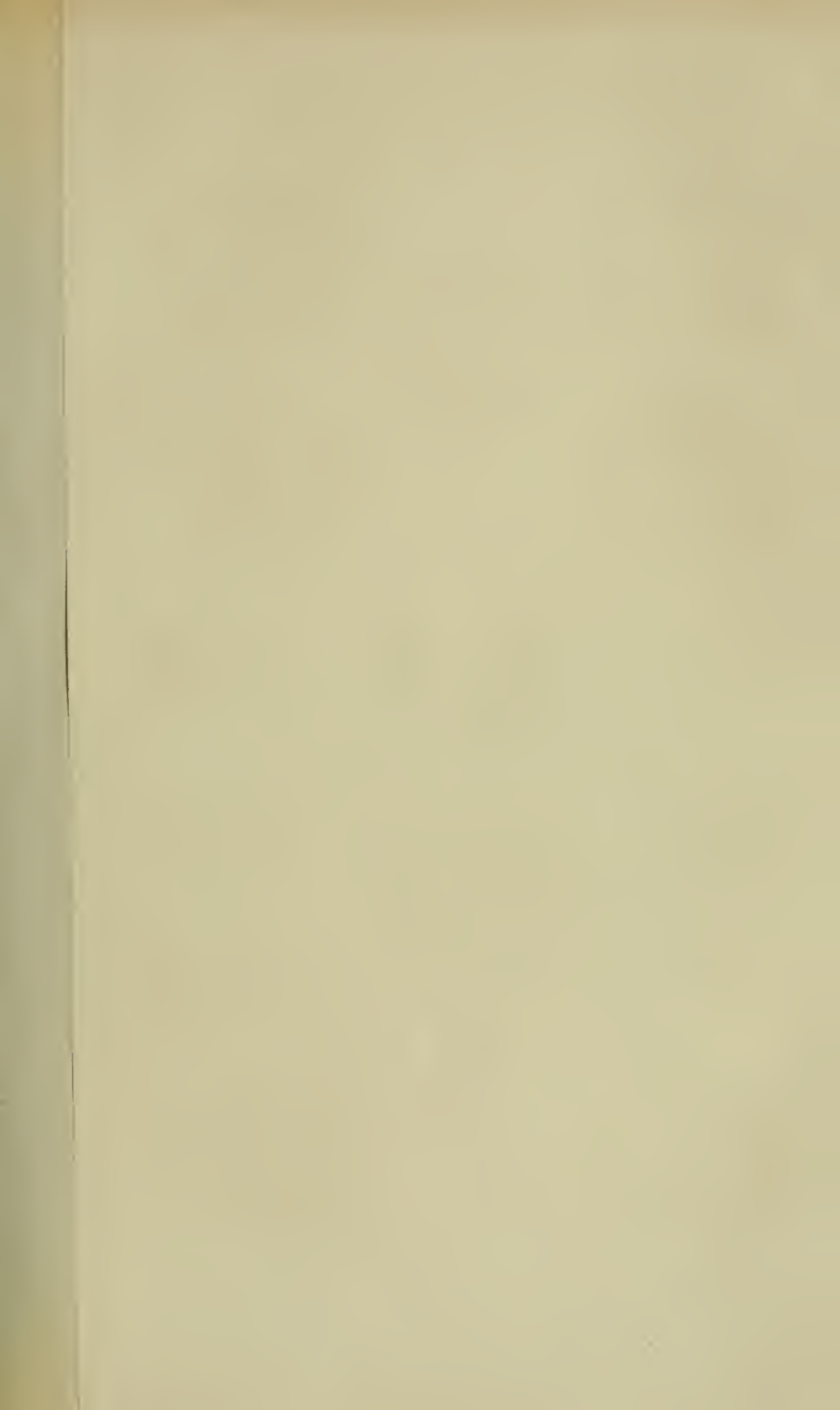


Fig 1



Fig 2

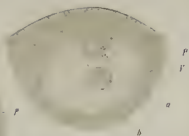


Fig 3

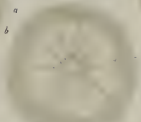


Fig 4



Fig 5



Fig 6



Fig 7



Fig 8



Fig 9



Fig 10

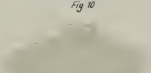


Fig 11



Fig 12



Fig 13



Fig 14



Fig 15



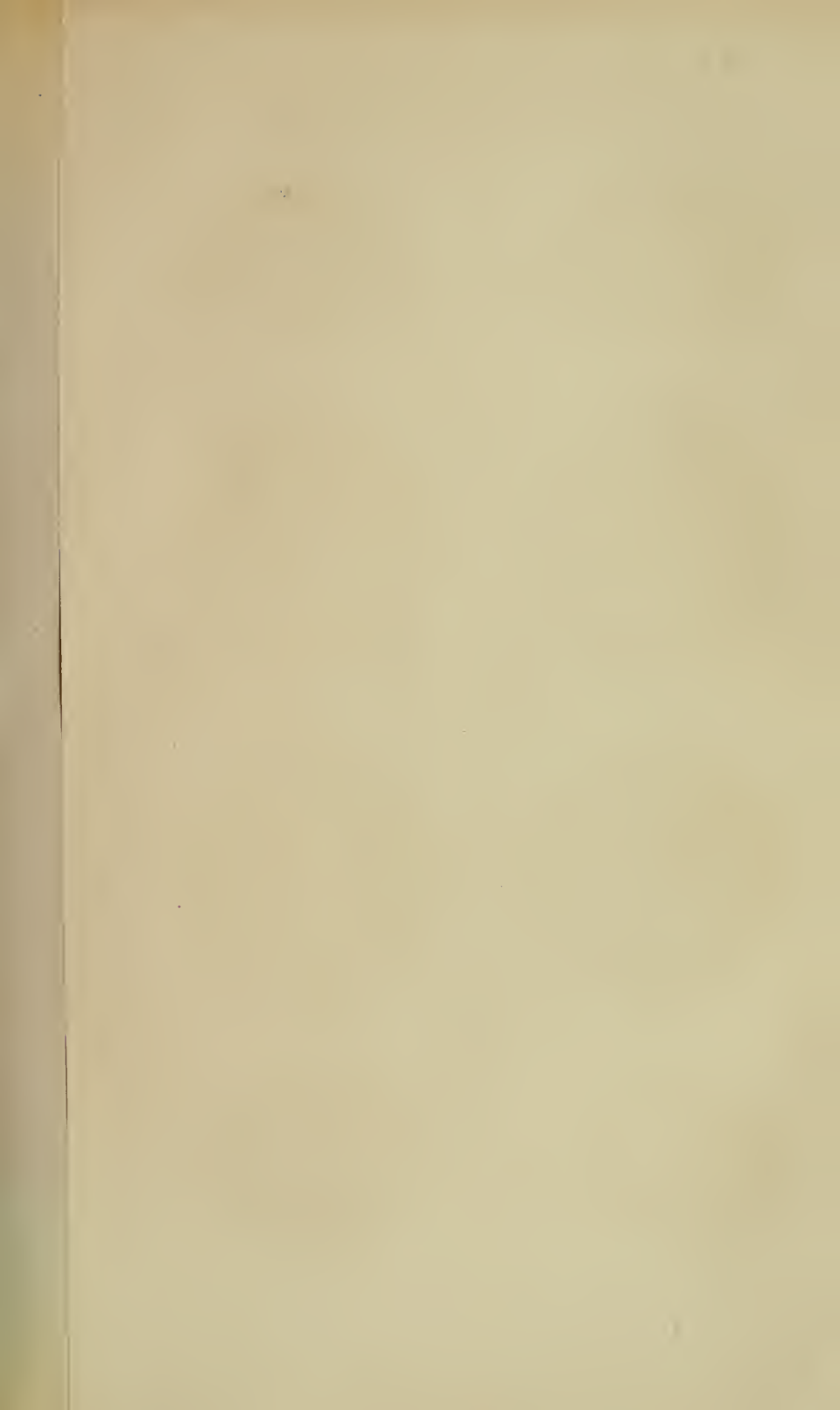


Fig 1.



Fig 2.



Fig 3.



Fig 4.



Fig 5.



Fig 6.

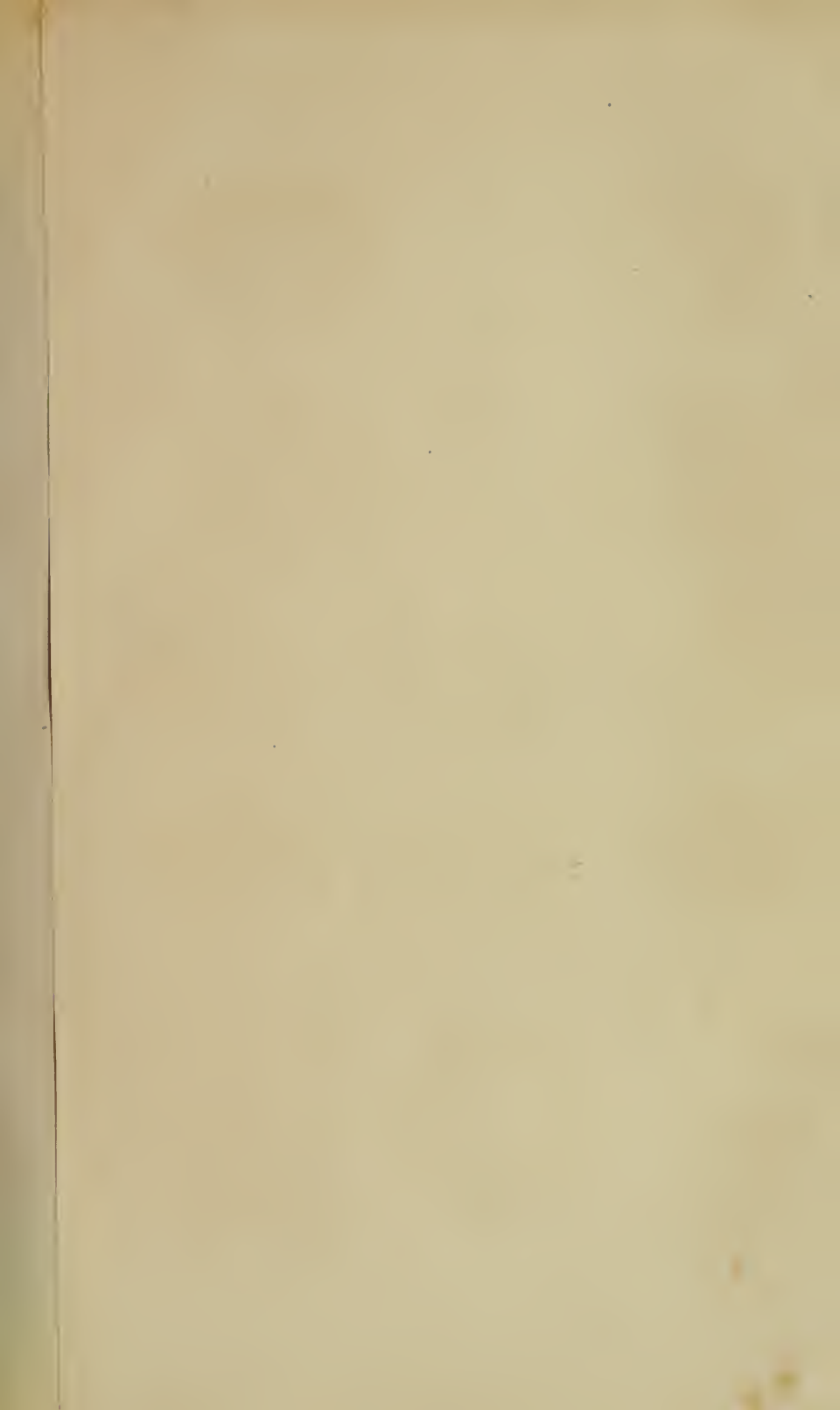


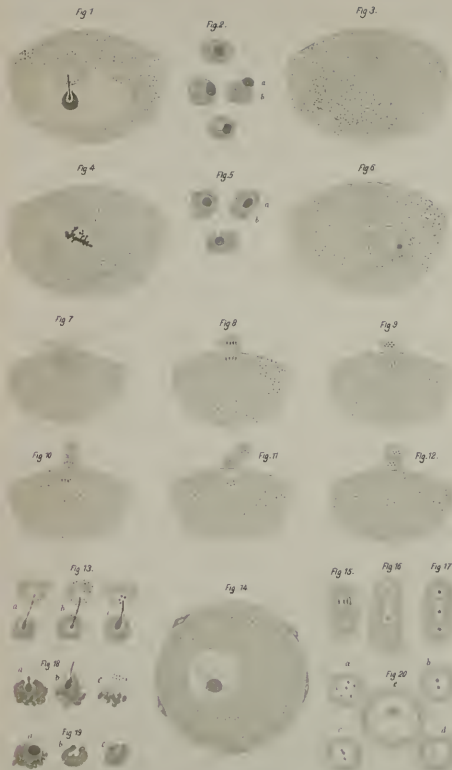
Fig 7.



Fig 8.







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 thierisehen Eies. 156-175](#)