

Über die Befruchtungs- und Entwicklungsfähigkeit kernloser Seeigel-Eier und über die Möglichkeit ihrer Bastardirung.

Von

Th. Boveri

in Würzburg.

Mit Tafel XXIV u. XXV.

Eingegangen am 5. August 1895.

Als ich im Jahre 1889 meinen Aufsatz: »Ein geschlechtlich erzeugter Organismus ohne mütterliche Eigenschaften« (2) veröffentlichte, war es meine Absicht, dass dieser kurzen Mittheilung mindestens binnen Jahresfrist eine genaue Darstellung meiner Versuche und ihrer Ergebnisse folgen sollte. Verschiedene Umstände haben diese ausführliche Veröffentlichung bis jetzt verzögert. Der erste Grund war der, dass fast das ganze große Material von Larven, das ich Ostern 1889 in Neapel gewonnen hatte, nach einigen Monaten gänzlich unbrauchbar geworden war. Ich hatte die Larven in Glycerin gebracht, weil hier manche Verhältnisse deutlicher hervortreten als an Kanadabalsam-Präparaten, vor Allem aber, um mich der Möglichkeit nicht zu berauben, die Larven jeder Zeit hin und her wenden zu können. Offenbar durch Spuren von Fettsäuren, die in dem Glycerin enthalten waren, wurde das Kalkskelet angegriffen und schließlich vollkommen aufgelöst; und damit waren die für meine Schlussfolgerungen weitaus wichtigsten Charaktere der Larven dahin. Ich hatte zwar Zeichnungen und auch noch Präparate genug, um das, was ich beschrieben hatte, reichlich durch Abbildungen zu illustriren; die Figuren dieser Abhandlung, sämmtlich nach Präparaten aus jener Zeit hergestellt, werden das beweisen. Allein ich gedachte doch nochmals neues Material zu sammeln, und je mehr sich die Gelegenheit hierzu hinausshob, um so mehr festigte sich der Plan, der ausführlichen Darstellung noch verschiedene andere

Versuche und Versuchsanordnungen vorausgehen zu lassen, um wozu möglich an Stelle des damals geführten indirekten Beweises einen direkten setzen zu können.

Für die Osterferien 1892 und 1893 hatte ich mir den bayrischen Arbeitstisch an der Zoologischen Station in Neapel ausgewirkt, um neben anderen Arbeiten auch diese Versuche wieder aufzunehmen. Das eine Mal verhinderte Krankheit, das zweite Mal meine Berufung nach Würzburg die Ausführung. Damit schob sich eine neue Veröffentlichung über den Gegenstand immer weiter hinaus.

Dieselbe würde auch jetzt nicht erfolgen, wenn nicht vor einiger Zeit MORGAN (8) und kürzlich SEELIGER (9) einen Theil meiner Versuche wiederholt hätten und zu wesentlich anderen Ergebnissen gelangt wären. Nicht das eigentliche Resultat meiner Experimente: dass an einem Organismus, zu dessen Erzeugung ein kernloses Ei verwendet wurde, nur väterliche Eigenschaften zur Entfaltung gelangen, wird von den beiden Autoren bekämpft oder widerlegt, sondern sie bezweifeln oder bestreiten, dass man durch die von mir angegebenen Versuche überhaupt zu einem solchen Resultat gelangen könne, indem schon die nöthigen Vorbedingungen zu dem Hauptversuch nicht erfüllbar seien.

Es wird also im Folgenden meine Aufgabe sein, an der Hand einer genauen Beschreibung meiner Experimente zu untersuchen, in wie weit MORGAN und SEELIGER mit diesem Urtheil Recht haben.

Um vorher noch einmal in Kürze anzudeuten, um was es sich bei meinen Versuchen gehandelt hat, so war die Absicht die, von einer Seeigel-Species kernlose Eier zu gewinnen, sie zu befruchten und festzustellen, ob an den Organismen, die sich etwa daraus entwickelten, nur väterliche oder ob Eigenschaften beider Eltern zur Entfaltung kommen könnten. Zu einem Gelingen dieses Experiments, so dass dessen Resultat als unzweifelhaft gelten konnte, waren verschiedene Vorbedingungen zu erfüllen, die ich bereits in meiner vorläufigen Mittheilung kurz dargelegt habe und die nun nachstehend in einzelnen Abschnitten näher erörtert werden sollen.

1. Über die Entwicklung von Eifragmenten, speciell die Entwicklung von kernlosen Fragmenten.

Um aus einem Seeigel-Ei den Kern zu entfernen, dazu giebt es bis jetzt keine andere Methode als die, nach dem Vorgang von O. und R. HERTWIG (7) eine große Anzahl von Eiern in einem

Reagensrohr heftig zu schütteln. Durch diese mechanische Erschütterung wird die Form der Eier verändert, sie nehmen gewöhnlich zuerst eine langgestreckte Wurstform an und zerfallen dann in der variabelsten Weise in Stücke, die, wie man aus ihrem Aussehen schließen muss, durch diese Procedur gar nicht gelitten haben und nach einiger Zeit aus ihrer zunächst mehr oder weniger unregelmäßigen Form zur Kugelgestalt übergehen. Unter diesen Stücken, in die ein Ei zerfällt, ist das eine oder andere kernlos, und man ist berechtigt, ein solches kernloses Fragment als ein kernloses »Ei« zu betrachten, sobald sich feststellen lässt, dass das Eifragment, so gut wie das ganze Ei, alle Qualitäten in sich hat, die zur Entstehung eines normalen Organismus notwendig sind.

Das Erste also, was untersucht werden musste, war, ob Fragmente von Seeigel-Eiern, bzw. bis zu welcher Kleinheit herab solche Fragmente bei normaler Befruchtung entwicklungsfähig sind, zunächst ganz ohne Rücksicht darauf, ob dieselben einen Kern enthalten oder nicht. Mit anderen Worten: die erste Frage war, ob ein mehr oder minder beträchtlicher Protoplasmaverlust, ob die mechanischen Insulte des Schüttelns, die durch die Fragmentierung etwa gesetzten Verwundungen die Entwicklung schädigen oder nicht.

Diese an und für sich interessante Frage, die in der neueren entwicklungsmechanischen Litteratur eine nicht unbedeutende Rolle spielt, konnte ich dahin beantworten, dass noch aus sehr kleinen Eifragmenten normale, natürlich entsprechend kleinere Larven hervorgehen.

Das Experiment ist äußerst einfach. Man bringt eine große Menge von Seeigel-Eiern — ich benutzte zu diesen Versuchen den *Echinus microtuberculatus* — durch Schütteln zum Zerfall und setzt zu dieser Masse, die neben ganzen Eiern alle Abstufungen von Fragmenten enthält, nach der gewöhnlichen Methode der Seeigel-Befruchtung, Sperma. Nach einigen Tagen zeigen sich in der Zucht die charakteristischen Plutei, und zwar ganz entsprechend dem Ausgangsmaterial, in allen Größenabstufungen, von normalen Larven bis herab zu jenen winzigen Zwergen, die in Fig. 29 und 30 (Taf. XXV) abgebildet sind¹⁾. Dieselben sind bei der gleichen Vergrößerung gezeichnet, wie die normal-großen Larven der Fig. 33

¹⁾ Schon O. und R. HERTWIG (7) haben gefunden (pag. 107), dass aus Eifragmenten »außerordentlich kleine Gastrulae« hervorgehen können. Weiter haben sie die Entwicklung nicht verfolgt.

und der Fig. 12 und 13 (Taf. XXIV). Schätzt man das Volumen der in Fig. 29 gezeichneten Larve gegen das der in Fig. 33 wiedergegebenen ab, so ergibt sich, dass die Zwerglarve aus einem Fragment entstanden ist, das, bei ungünstiger Rechnung, nicht mehr als $\frac{1}{20}$ von der Größe des intakten Eies besessen haben kann.

Daraus leitet sich der für die folgenden Versuche fundamentale Satz ab: Das Fragment des Seeigel-Eies bis herab zu einer Größe von $\frac{1}{20}$ des ursprünglichen Eivolumens besitzt die formative Werthigkeit des ganzen Eies.

Nachdem dies festgestellt und damit die Möglichkeit gegeben war, sich in einfachster Weise »kernlose Eier« in großer Menge zu verschaffen, war die zweite Frage zu lösen, ob ein solches kernloses Ei bei normaler Befruchtung entwicklungsfähig ist. Schon O. und R. HERTWIG (7) hatten gezeigt (pag. 107), dass in kernlose Eifragmente Spermatozoen eindringen können und dass dieselben hier die gleiche Weiterentwicklung nehmen, wie in ganzen Eiern; ein jedes geht über in einen Spermaamphiaster. Es scheint, dass in den von den Brüdern HERTWIG beobachteten Fällen fast stets mehrere Spermatozoen eingedrungen waren, doch zeigt ihre Fig. 17 (Taf. II) nur einen einzigen Spermakern. »Was aus diesen befruchteten Eifragmenten ohne Eikern wird, ist nicht weiter verfolgt worden. Wahrscheinlich werden sie nach einiger Zeit absterben und zerfallen.«

Diese von O. und R. HERTWIG ausgesprochene Vermuthung, welche eine einfache Konsequenz der HERTWIG'schen Theorie war, wonach die Befruchtung auf der Vereinigung von Ei- und Spermakern beruhen sollte, schien mir auf Grund der Anschauungen, die ich mir über das Wesen der Befruchtung gebildet hatte, von vorn herein unwahrscheinlich und die Frage jedenfalls weiterer Prüfung werth. Wie ich schon 1887 in meinem Aufsatz: »Über den Antheil des Spermatozoon an der Theilung des Eies« (1) dargelegt hatte, glaubte ich annehmen zu dürfen, dass die Entwicklungsfähigkeit des Eies nicht auf der Einführung des Spermakerns, sondern eines Spermacentrosoma beruhe. Dieses giebt Veranlassung zur Entstehung einer zweipoligen Spindel, welche alle im Ei vorhandenen Kernelemente in sich aufnimmt. Es schien mir wohl Kernsubstanz von bestimmter Qualität für die Theilung nothwendig, im Übrigen aber hielt ich es für belanglos, ob diese aus einer männlichen oder

einer weiblichen Zelle oder aus beiden stammt. » Was bei der Zusammenführung von Eiprotoplasma und Spermacentrosoma in der hierdurch entstandenen theilungsfähigen Zelle an Kernsubstanz vorhanden ist, das erfährt die zur Theilung führende Metamorphose und falls nur ein Centrialkörperchen eingeführt worden ist, die durch die Mechanik der Karyokinese garantirte geregelte Vertheilung auf zwei Tochterzellen « (pag. 161).

Nach diesen Erwägungen und nachdem sich gezeigt hatte, dass sehr kleine Fragmente von Seeigel-Eiern noch Larven geben, schien es mir höchst wahrscheinlich, dass solche auch aus kernlosen Fragmenten (bei monospermer Befruchtung) entstehen müssten. Um dies zu beweisen, war es nöthig, befruchtete kernlose Fragmente isolirt aufzuzüchten.

Auch diese Versuche stellte ich mit Eiern und Sperma von *Echinus microtuberculatus* an; das Verfahren, das ich dabei einschlug, war folgendes. Die frisch aus einem Weibchen entnommenen Eier wurden in der bekannten Weise geschüttelt. Dabei lösen sich viele Eier vollkommen auf und das Wasser trübt sich milchig. Es wurde deshalb die ganze Masse zunächst in ein großes Glas mit reinem Seewasser gegossen, dann, nachdem sich die Eier und die größeren Fragmente zu Boden gesetzt hatten, das Wasser einige Male gewechselt, bis es vollkommen klar blieb.

Zur Isolation kernloser Fragmente wurde immer eine kleine Probe des Schüttelmaterials vermittels einer Pipette auf einen Objektträger gebracht, wobei die Wasserschicht so bemessen wurde, dass sie gestattete, noch mit LEITZ VII ohne Eintauchen des Objectivs zu arbeiten. Durchmustert wurde die Probe zuerst mit LEITZ III, welches Objectiv stark genug ist, um in den Echinus¹⁾-Eiern den Eikern deutlich zu erkennen. War so ein möglichst großes kernloses Fragment gefunden, so wurde es mit Obj. VII kontrollirt, ob nicht vielleicht eine Richtungsspindel oder ein kleiner in Entstehung begriffener Eikern vorhanden sei. Ergab sich auch hierbei ein negatives Resultat, so wurde das Stück mit einer sehr feinen Pipette vom Objektträger abgenommen²⁾. Dabei gelang es gewöhnlich nicht, das ausgesuchte Fragment allein in das Röh-

¹⁾ Ich lasse im Folgenden der Einfachheit wegen den Speciesnamen weg.

²⁾ Dass bei allen diesen Proceduren die peinlichste Sauberkeit der Gefäße und Instrumente beobachtet werden muss, versteht sich von selbst. Auch darf man bei der Raschheit, mit der sich das Seewasser in so dünner Schicht concentrirt, nicht zu langsam arbeiten.

chen zu bekommen, sondern es gingen auch benachbarte Stücke mit hinein. Der Inhalt der Pipette wurde deshalb auf einen zweiten Objektträger, der mit einer Schicht filtrirten Seewassers benetzt war, übertragen. Das zur Zucht in Aussicht genommene Stück wurde nun wieder mit Obj. III aufgesucht, mit Obj. VII kontrollirt und unter Obj. III abermals mit der Pipette aufgenommen, wobei es nun in der Regel schon gelang, es allein zu erhalten. Wenn nicht — man kann leicht das Röhrchen horizontal unter das Mikroskop halten und seinen Inhalt feststellen — wurde das gleiche Verfahren nochmals wiederholt.

Die auf solche Weise schließlich isolirten Stücke kamen in ein Uhrschildchen mit filtrirtem Seewasser und ich überzeugte mich hier jeweils nochmals durch Zählung, ob neben den ausgesuchten Fragmenten nicht noch etwas Anderes mit hineingerathen war. In dem Uhrschildchen ließ ich die Fragmente etwa zwei Stunden ruhig liegen, bevor ich Sperma zusetzte. Ich verfolgte dabei eine zweifache Absicht: 1) Die Fragmente unmittelbar nach dem Schütteln sind unregelmäßig gestaltet, meist wurstförmig, und es dauert verschieden lange Zeit, bis sie kugelig werden. Die Kugelgestalt schien mir aber — ich komme darauf unten zurück — für eine vollständig normale Entwicklung nothwendig zu sein. 2) Die Fragmente wurden nach dem zweistündigen Liegen abermals auf ihre Kernverhältnisse untersucht. Wäre vorher vielleicht doch eine Richtungsspindel vorhanden gewesen, oder ein ganz junger Eikern der Beobachtung entgangen, so hätte sich nach Ablauf dieser Zeit ein deutlicher Kern zeigen müssen. Es ist mir allerdings niemals begegnet, dass ich ein als kernlos ausgesuchtes Stück nun bei dieser zweiten Prüfung als doch kernhaltig hätte ausscheiden müssen.

Auf diese Weise war, wie mir scheint, die vollste Garantie geboten, dass bei meinen Versuchen ausschließlich kernlose Fragmente zur Verwendung kamen; und wer lebende Echinus-Eier kennt und die Unmöglichkeit, in einem solchen Ei den Kern zu übersehen, der wird zugeben, dass hier vollständig einwurfsfreie Versuchsbedingungen vorliegen.

Die Fragmente wurden nunmehr besamt und in einigen Fällen das Eintreten monospermer Befruchtung sowie der Beginn einer völlig normalen Entwicklung bis etwa zum Stadium von 64 Zellen verfolgt. Da es mir nur darauf ankam, festzustellen, ob sich aus den Fragmenten Plutei entwickeln, nicht aber, die Stadien bis zu diesem Punkt zu kontrolliren, so brachte ich die jedes Mal aus einem

Schüttelmaterial isolirten Fragmente zusammen in ein $\frac{1}{4}$ Liter-Gefäß mit filtrirtem Seewasser, um durch diese reiche Wassermenge möglichst günstige Bedingungen für die Entwicklung herzustellen. Schon am nächsten Tage konnte ich dann kleine Blastulae in der Nähe der Oberfläche schweben sehen, die sich nach einigen Tagen in typische Zwergplutei umbildeten.

Wie ich schon in meiner ersten Mittheilung angegeben habe, erhielt ich aus etwa der Hälfte der isolirten Fragmente normale Plutei. Ein anderer Theil lieferte missgestaltete Larven; etwa ein Drittel bleibt übrig, aus dem nichts geworden war. Ob die Fragmente zu klein waren oder ob sie nicht oder vielleicht durch mehrere Spermatozoen befruchtet worden waren, habe ich nicht untersucht. Das Resultat war ja günstig genug und die erste Vorbedingung für die Ausführbarkeit des Hauptversuches damit erfüllt. Denn es war durch diese Versuche der Beweis erbracht, dass der Eikern für die Entwicklung nicht nothwendig ist, vielmehr der Spermakern für sich allein alle nothwendigen Qualitäten eines ersten Furchungskerns besitzt.

Schon dieser Vorversuch zu meinem Hauptexperiment ist angezweifelt worden, und zwar in einer kurzen Mittheilung von T. H. MORGAN: *Experimental-Studies on Echinoderm Eggs* (8). Freilich beruht dieser Zweifel nur auf einer missverständlichen Auslegung meines Aufsatzes, die vielleicht in der knappen Fassung desselben ihren Grund hat, mich aber bei MORGAN, nachdem derselbe meine Mittheilung ins Englische übersetzt hat¹⁾, doch wundert. Denn ich habe immerhin deutlich genug ausgesprochen (pag. 75), dass ich kernlose Fragmente isolirt aufgezüchtet habe²⁾, womit doch gesagt ist, dass ich mich vor der Isolation von dem Mangel des Kerns hatte überzeugen können.

¹⁾ The American Naturalist. March 1893.

²⁾ Es heißt in meinem Aufsatz: Ich konnte feststellen, »dass sich die befruchteten kernlosen Eifragmente ebenso weit züchten lassen und sich zu ganz ebenso gestalteten Larven entwickeln, wie ein kernhaltiges ganzes Ei. Von den kernlosen Fragmenten, die ich unter Berücksichtigung einer Reihe von Cautelen (hierüber ist in einer Anmerkung Näheres gesagt) isolirte und züchtete, entwickelte sich etwa die Hälfte vollkommen normal, es entstanden Zwerglarven etc.« — Diesem unzweideutigen Passus gegenüber nimmt es sich denn doch etwas sonderbar aus, wenn H. DRIESCH (5) in einem Referat über MORGAN's oben erwähnte Arbeit glaubt besonders hervorheben zu müssen (pag. 427), »dass auch BOVERI nicht etwa mit Sicherheit — etwa durch isolirte Züchtung — die Erfüllung dieser Vorbedingung seiner eigentlichen Hauptversuche nachwies.«

Dass man bei Eiern und Eifragmenten gewisser Seeigel-Arten — dahin gehören *Echinus microtuberculatus*, *Strongylocentrotus lividus*, *Sphaerechinus granularis* — im lebenden Zustand entscheiden kann, ob sie einen Kern besitzen oder nicht, hätte MORGAN schon aus der Darstellung von O. und R. HERTWIG (pag. 107) entnehmen können, dass man also kernlose Fragmente auch isoliren kann, bedurfte keiner ausführlichen Auseinandersetzung.

Die Angabe MORGAN's, dass man an *Arbacia*-Eiern, den einzigen, wie es scheint, mit denen er experimentirt hat, den Kern im Leben nicht erkennen kann, ist ganz richtig. Desshalb sind eben diese Eier für derartige Versuche ganz unbrauchbar und die Einwände, die MORGAN auf Grund seiner Experimente an denselben gegen meine Angaben macht, ohne Weiteres hinfällig.

Auf die Wichtigkeit, die dem mitgetheilten Versuch an sich innewohnt, in so fern derselbe über das Wesen der Befruchtung gewisse werthvolle Aufschlüsse giebt, glaube ich hier nicht näher hinweisen zu müssen, nachdem ich mich hierüber in meinem Referat »Befruchtung« (3, pag. 423—433) eingehend ausgesprochen habe. Für das im Folgenden behandelte Problem hat die Möglichkeit, kernlose Eier zu befruchten und zu normalen Larven aufzuzüchten, nur die Bedeutung einer erfüllten Vorbedingung. Denn sie gestattet uns, Organismen zur Existenz zu bringen, deren Kerne ausschließlich vom Vater abstammen; und wenn also der Satz, dass nur die Kernsubstanz elterliche Eigenschaften auf das Kind überträgt, richtig sein soll, so darf der Seeigel, der aus einem befruchteten Eifragment ohne Eikern stammt, nur Eigenschaften des Vaters aufweisen.

Es ist von vorn herein klar, dass eine Entscheidung über diesen Punkt nur bei Bastardirung zwischen zwei scharf unterschiedenen Seeigel-Arten möglich ist, und zwar kommt es darauf an, dass die Larven der beiden Species sich in dieser erheblichen Weise von einander unterscheiden. Denn wir sind ja nicht im Stande, Seeigel-Eier über das Larvenstadium hinaus in unseren Zuchtgläsern am Leben zu halten.

So war also die zweite Aufgabe die, zwei Seeigel-Arten ausfindig zu machen, die bei der Fähigkeit, mit einander zu bastardiren, möglichst verschieden gestaltete Larven besitzen. Solche fand ich in dem *Echinus microtuberculatus* und dem *Sphaerechinus granularis*.

2. Die Larven von *Echinus microtuberculatus* und *Sphaerechinus granularis* und ihre Unterscheidungsmerkmale.

Im Golf von Neapel sind es vier Arten von regulären Seeigeln, die in reichlicher Menge jederzeit beschafft werden können; außer den beiden oben genannten noch *Strongylocentrotus lividus* und *Arbacia pustulosa*. Von diesen vier Arten musste ich die letztgenannte für die beabsichtigten Bastardirungsversuche sogleich außer Betracht lassen. Die Eier sind, wie oben schon erwähnt, ganz undurchsichtig und es ist unmöglich, für ein lebendes Fragment anzugeben, ob es einen Kern enthält oder nicht. Sodann setzen die *Arbacia*-Eier dem Zerschütteln großen Widerstand entgegen und es gelingt selten, genügend große Fragmente zu erhalten. Endlich aber ist die Larvenform von *Arbacia* derjenigen von *Echinus* und *Strongylocentrotus* so ähnlich, dass eine Bastardirung mit diesen beiden Formen kein Resultat ergeben würde; eine Bastardirung mit *Sphaerechinus* aber, dessen Larven verschieden genug wären, gelang mir nie.

Die Kombination *Strongylocentrotus-Echinus*, die in so fern die günstigste wäre, als sich die *Echinus*-Eier durch *Strongylocentrotus*-Samen fast ohne Ausnahme befruchten lassen (vgl. O. und R. HERTWIG, 6), ist dadurch ausgeschlossen, dass die Larven dieser beiden Arten so gut wie identisch sind. Ich habe wenigstens kein einziges Kriterium gefunden, um eine *Echinus*- von einer *Strongylocentrotus*-Larve unterscheiden zu können.

So bleiben nur die Kombinationen *Echinus-Sphaerechinus* und *Strongylocentrotus-Sphaerechinus* übrig. In Bezug auf den Gegensatz der Larvenformen sind diese beiden Kombinationen genau gleich brauchbar; ich wählte *Echinus*-(♂) *Sphaerechinus* (♀), weil hierbei der größte Procentsatz von Bastardbefruchtungen zu verzeichnen war.

Es war nun nothwendig, die Larvencharaktere dieser beiden Arten genau festzustellen, den Variabilitätsbereich, in dem die Larven einer jeden Species sich bewegen können, zu bestimmen und danach eine Anzahl sicherer Unterscheidungsmerkmale zu gewinnen.

Nachdem SEELIGER (9) in Nachprüfung meiner Ergebnisse zahlreiche Abbildungen der beiden genannten Larvenarten veröffentlicht hat, hätte ich nicht mehr nöthig, nun nochmals eine genaue Beschreibung und bildliche Darstellung derselben zu geben, wenn nicht meine in Neapel gezüchteten Larven sowohl von *Echinus*, wie besonders von *Sphaerechinus*, von jenen, die SEELIGER in Triest

gewonnen hat, in sehr wesentlichen Punkten abwichen. Ja, die Verschiedenheiten sind so bedeutend und für die Entscheidung über die Stellung der Bastardlarve so maßgebend, dass der Gegensatz zwischen SEELIGER's Resultaten und den meinigen schon allein aus den Verschiedenheiten unserer Objekte seine genügende Erklärung finden könnte.

Unter diesen Umständen ist eine genaue Erörterung dieser Verhältnisse für das Folgende von großer Wichtigkeit.

Ich denke, dass es dem mit der Entwicklung der Echinodermen weniger vertrauten Leser nicht unerwünscht sein wird, wenn ich der Beschreibung der beiden Larvenarten eine schematische Darstellung ihres gemeinsamen Typus vorausschicke. Man kann die Form der Larve bis zu jenem Stadium, bis zu dem man dieselbe im Aquarium züchten kann, als die eines spitzeren oder stumpferen bilateral-symmetrischen Kegels (Pyramide) bezeichnen, dessen Basis in einen vorderen und hinteren Lappen auswächst. Dies geht am besten aus der Seitenansicht (Fig. 2, Fig. 13) hervor. Ich bezeichne diese beiden Lappen als Oral- und Anallappen, weil an der Innenseite des ersteren sich die Mundöffnung findet, während der andere Lappen eine Fortsetzung jener Seite des Kegels darstellt, an der sich der After öffnet.

In der Regel sind beide Lappen mehr oder weniger tief eingebuchtet, was bei analer oder abanaler Ansicht der Larven (Fig. 12) deutlich hervortritt. Dadurch prägt sich an jedem Lappen ein rechter und linker »Arm« aus; die Larve besitzt zwei Oral- und zwei Analarme. Die Spitze des Kegels ist der »Scheitel« der Larve.

Der geschilderten Form entspricht die Gestaltung des Kalkskelets. Es besteht aus zwei symmetrischen Hälften, deren jede vier Hauptbestandtheile unterscheiden lässt. Von einem Punkt *x* (Fig. 12, 13, Fig. 2) entspringen nämlich vier (unter Umständen gegitterte oder an den Enden verästelte) Kalkstäbe:

- 1) einer, der gegen den Scheitel der Larve aufsteigt: Scheitelstab (Fig. 2, Fig. 12 und 13 *s*),
- 2) einer, der in Fortsetzung des genannten in den Analarm bis zu dessen Spitze verläuft: Analstab (Fig. 12, 13 *a*),
- 3) einer, der im Bogen in die Spitze des Oralarmes, bez. in den seitlichen Bereich des Orallappens sich erstreckt: Oralstab (Fig. 12, 13 *o*),
- 4) einer, der unter dem Enddarm gegen die Medianebene zieht und sich hier mit dem symmetrischen der anderen Seite verlöthet oder kreuzt: Mittelstab (Fig. 12 *m*).

Ich brauche nur noch hinzuzufügen, dass 1) diese vier genannten Stücke sich nicht genau in einem Punkt vereinigen, sondern dass im einfachsten Fall (Fig. 12, 13) ein kurzes gemeinsames Skeletstück besteht, in welches einerseits Oralstab und Mittelstab, andererseits Scheitelstab und Analstab zusammenlaufen, und 2) dass der Oralstab noch einen gegen den Scheitel strebenden Ast entsenden kann (Fig. 2a), um damit den Grundtypus unserer Larven genügend gekennzeichnet zu haben.

Ich wende mich nun zu der Beschreibung der beiden zur Bastardzucht ausgewählten Larven.

a. *Echinus microtuberculatus*.

Ich kann mich darauf beschränken, die wesentlichsten Eigen thümlichkeiten dieser Larvenart nach jenem in den Zuchten erreichbaren Endstadium zu erläutern, wie es in Fig. 12 und 13 (Taf. XXIV) dargestellt ist. Bezüglich der jüngeren Stadien kann ich, was die Form der Larve anlangt, auf SEELIGER's Figuren verweisen; nur sind meine Larven auf allen Stadien etwas schlanker als diejenigen SEELIGER's.

Wie Fig. 12 und 13 zeigen, besitzt die Larve eine sehr schlanke Kegelform; Oral- und Anallappen sind nahezu von gleicher Länge, der Orallappen in der Regel etwas kürzer, doch kommt auch das Umgekehrte gelegentlich vor. Die beiden Lappen sind durch eine tiefe Bucht von einander getrennt. Der Anallappen zeigt einen tiefen, gleichmäßig gerundeten Ausschnitt, der zur Ausprägung zweier langer Analarme führt. Der Orallappen ist weniger tief und mehr eckig eingebuchtet.

Das Skelet folgt genau unserem Schema. Die vier Haupttheile einer jeden Skelethälfte sind durch einfache Kalkstäbe repräsentirt. Der Anal- und Oralstab (*a* und *o*) endigen fein zugespitzt in der Spitze des betr. Armes; der Mittelstab (*m*) entweder gleichfalls spitz und dann mit dem der anderen Seite sich kreuzend (Fig. 12), oder die beiden Stäbe stoßen in der Medianebene mit aufgetriebenen Enden an einander und sind hier verwachsen. Ein sehr wesentliches Merkmal bildet das Ende des Scheitelstabes (*s*). Dieses ist in durchaus konstanter Weise zu einer mächtigen Keule angeschwollen, die, wie die übrigen Skeletbereiche auch, mit Spitzen und Zacken besetzt ist, aber niemals eine Tendenz zur Verästelung zeigt.

Wenn ich damit SEELIGER's älteste *Echinus*-Larven vergleiche, so

sind dieselben in der Körperform nicht wesentlich verschieden, nur zeigen sie sich bedeutend plumper als die meinigen. Dies lässt sich am besten durch eine Vergleichung zwischen der Entfernung der Enden der Anallappen und der Höhe der Larve ausdrücken. Bei SEELIGER's Larven ist dieses Verhältnis wie 1 zu 2,3, bei den meinigen wie 1 zu 3,1. Sodann sind bei SEELIGER's ältester Larve sowohl der Orallappen wie der Anallappen tiefer ausgeschnitten, wie auch die Bucht zwischen den beiden Lappen selbst tiefer ist.

Dem entsprechend finden sich auch Unterschiede im Skelet; bei SEELIGER's Larve ist der Analstab beträchtlich länger als der Scheitelstab, bei meiner ist das Verhältnis gerade umgekehrt. Besonders wichtig aber ist die Verschiedenheit in dem Ende des Scheitelstabes. SEELIGER's Larve stimmt in diesem Punkt mit der meinigen zwar in so fern überein, als auch bei ihr der Scheitelstab in ein massiges Ende ausläuft; aber an Stelle der einfachen keulenförmigen Anschwellung finden sich bei SEELIGER's Larve klumpige Fortsätze und Zacken: Verhältnisse, die ich in Neapel wohl bei *Arbacia*, niemals aber bei *Echinus* beobachtet habe. Ich hebe diesen Punkt besonders hervor, weil er bei der Vergleichung der verschiedenen Larvenformen eine große Bedeutung gewinnen wird. Auch meine jüngeren *Echinus*-Larven zeigen schon die deutliche Keule, ähnlich wie sie in SEELIGER's Fig. 7 und 11 angegeben ist.

Man könnte vielleicht daran denken, dass meine älteste Larve nicht so weit entwickelt sei wie diejenige in SEELIGER's Fig. 26 und 27 und dass ihr deshalb das Merkmal der zackigen Endverästelung fehle. Meine in Fig. 12 und 13 abgebildeten Larven stammen jedoch wie diejenigen SEELIGER's vom achten Tage, von welchem Tage an sie sich, auch nach SEELIGER, nicht mehr weiterentwickeln, wenn sie auch noch lange am Leben bleiben können¹⁾.

¹⁾ In meiner vorläufigen Mittheilung findet sich die Bemerkung (pag. 75), dass sich die Larven etwa sieben Tage am Leben erhalten lassen. Dies ist ein Fehler. Es muss heißen, dass die Larven nach etwa sieben Tagen den Zustand erreicht haben, den sie in unseren Zuchtgläsern erlangen können. Von da an findet keine Weiterentwicklung mehr statt und es beginnt allmählich das Absterben, dem jedoch die einzelnen Individuen sehr verschieden lange Zeit widerstehen. Noch nach 16 Tagen fand ich in manchen Zuchten eine beträchtliche Zahl von Larven vor; SEELIGER giebt an, dass er Larven bis zum 21. Tage am Leben erhalten konnte.

b. *Sphaerechinus granularis*.

Ich gebe von dieser Larve, die viel komplicirter gebaut ist, zwei Stadien: das älteste, das man im Aquarium erzielen kann, ist in Fig. 3 und 4 dargestellt, Fig. 1 und 2 zeigen ein etwas jüngerer. Ein noch jüngerer in Seitenansicht ist in meiner vorläufigen Mittheilung abgebildet.

In der Körperform weicht die *Sphaerechinus*-Larve von der *Echinus*-Larve vor Allem darin ab, dass sie außerordentlich viel plumper ist. Das Verhältnis zwischen Entfernung der Analarme und Höhe, bei *Echinus* 1 : 3,1, ist bei *Sphaerechinus* 1 : 1,2.

Der Scheitel, bei *Echinus* spitz gerundet, ist bei *Sphaerechinus* eine größere oder kleinere trapezförmige Platte, dem entsprechend die ganze Larve nicht kegelförmig, sondern vierkantig. Der Analappen ist sehr lang, der Orallappen dagegen äußerst kurz. Dadurch wird der Habitus der Larve im Profil ein ganz anderer; besonders die bei *Echinus* tiefe Bucht zwischen den beiden Lappen ist hier äußerst seicht.

Während der Anallappen seiner starken Längenentwicklung entsprechend tief eingeschnitten ist (Fig. 3), findet sich am Orallappen überhaupt keine Kerbe, sondern der mittlere Bereich ist sogar länger als die Seitentheile (Fig. 1 und 3). Oralarme fehlen dieser Larve demnach.

Noch schärfer aber als in der äußeren Form sind die Unterschiede im Skelet. Ich gehe bei dessen Erläuterung von der Seitenansicht der jüngeren Larve (Fig. 2) aus. Man erkennt hier ohne Schwierigkeit den im Schema und bei *Echinus* geschilderten Skelettypus. Von dem Centralpunkt *x* gehen die vier Haupttheile aus: Scheitelstab, Oralstab, Analstäbe und Mittelstab. Von diesen vier Theilen entspricht nur der Mittelstab vollkommen den Verhältnissen des *Echinus*, er kreuzt sich mit seinem Gegenüber, oder, was hier das Häufigere ist, er vereinigt sich mit demselben in der Medianebene (Fig. 1 und 3). Alle anderen Theile haben etwas Specificisches.

1) Der Scheitelstab ist bis zum Ende gleichmäßig dick, dagegen verzweigt er sich geweihtartig in typisch drei Äste.

2) Der Oralstab, der zuerst horizontal, dann in scharfer Knickung in den Orallappen verläuft, ersetzt, was ihm hier an Länge abgeht, durch einen an jenem Winkel abgehenden »Scheitelast« (*sa*).

3) Der bei *Echinus* einfache Analstab wird bei *Sphaerechinus* durch drei, vier oder fünf parallele Stäbe vertreten, die vom

Scheitelstab, Oral- und Mittelstab entspringen und unter einander in mehr oder weniger regelmäßiger Weise durch Querbrücken verbunden sind.

Die Verzweigung des Scheitelstabes und die Entsendung eines Scheitelastes vom Oralstab aus führt nun bei der ältesten Larve (Fig. 3 und 4) zu einer charakteristischen Skeletverbindung in der Scheitelfläche des Körpers: Sowohl die beiden Scheitelstäbe wie die beiden oralen Scheiteläste verbinden sich unter einander durch verwachsene Queräste, und endlich tritt jeder Scheitelstab mit dem gleicherseits gelegenen Scheitelast des Oralstabes in Verbindung. So wird die Scheitelfläche der Larve durch ein vollkommenes Viereck von Kalkstäben gestützt. —

Hier noch mehr als bei *Echinus* bringt die Vergleichung mit SEELIGER's Befunden Differenzpunkte zum Vorschein.

Über die äußere Form ist hervorzuheben, dass in SEELIGER's Larven der Anallappen, besonders aber der Orallappen beträchtlich länger ist als bei meinen Larven. Sehr scharf tritt dies bei Vergleichung meiner Fig. 1 und 2 mit SEELIGER's zum mindesten nicht älteren Larven der Fig. 5 und 6 hervor. In meiner Fig. 2 beträgt z. B. die Länge des winklig abgeknickten Endes des Oralstabes kaum über die Hälfte von dessen Scheitelast, in SEELIGER's Fig. 5 ist der letztere im Gegentheil sogar bedeutend kürzer.

Aus dieser Verschiedenheit erklärt sich nun weiterhin, dass die Bucht zwischen Oral- und Anallappen, die bei SEELIGER's Larven der entsprechenden Bucht von *Echinus* kaum etwas an Tiefe nachgibt, bei meinen Larven sehr flach ist. Man vergleiche SEELIGER's Fig. 5 mit meiner Fig. 2, SEELIGER's Fig. 24 mit meiner Fig. 4. Die geringe Länge des Orallappens bei meinen Larven hat aber noch einen weiteren sehr wichtigen Unterschied gegenüber den SEELIGER'schen Larven zur Folge. Bei diesen ist der Orallappen wie bei *Echinus* eingebuchtet, es bestehen »Oralarme«, bei meinen Larven ist von solchen nichts zu sehen; wie erwähnt, ist hier der Lappen sogar in der Mitte länger.

Wichtiger noch sind die Unterschiede im Skelet; sie beziehen sich auf das Verhalten der Scheitelstäbe und der Analstäbe.

Über die ersteren, bezw. deren Endigungsweise, spricht sich SEELIGER hier so wenig aus, wie bei *Echinus*. Er findet zwar bei seinen ältesten Larven das gleiche Viereck von Kalkstäben wie ich; wie dieses aber entsteht, darüber geben weder die Abbildungen der jüngeren Stadien, noch der Text genügende Auskunft. Ich muss

desshalb diesen Punkt, der bei Beurtheilung der Bastardlarven von der höchsten Bedeutung ist, genauer zur Sprache bringen. Von den vier Seiten des in Fig. 3 fertigen Vierecks entsteht die eine (quere vordere) ausschließlich durch Verbindung der Scheiteläste der beiden Oralarme. Schon in Fig. 1 sieht man das Ende des rechten Scheitelastes in zwei Zacken auslaufen, von denen der eine später zu jenem Verbindungsstab auswächst. Die drei anderen Seiten des Vierecks — die hintere quere und die beiden lateralen — entstehen aus den Enden der Scheitelstäbe, wie dies aus Fig. 1 und 2 zu erkennen ist. Schon bei sehr jungen Larven vom dritten Tage an sind die Vorbereitungen für diese Kalkbrücken in der Endigung der Scheitelstäbe zu erkennen. Diese Verhältnisse sind am besten zu überblicken bei Scheitelansicht der Larven und ich habe desshalb in Fig. 15 bis 20 (Tafel XXV) diese Theile des Skelets bei Ansicht vom Scheitel von verschiedenen alten Larven abgebildet. Das jüngste Stadium wird durch Fig. 21 repräsentirt. Man sieht, wie jeder Scheitelstab in drei Äste sich spaltet, die, wie in diesem Fall, so in der Regel, nicht symmetrisch entwickelt sind. (Einen Fall von Symmetrie aus einer etwas älteren Larve zeigt Fig. 22.) Überhaupt finden sich in dieser Verästelung der Scheitelstäbe die größten Variationen. Wenn man aber alle die möglichst verschieden ausgewählten Bilder Fig. 15—22 vergleicht, kann man als Typus eine Spaltung des Stabes in drei Äste (vier sind selten, zwei noch seltener) und das Fehlen jeglicher keulenförmiger Anschwellung konstatiren. Die Bildung von drei Ästen scheint überflüssig zu sein, nachdem zur Herstellung der oben erwähnten Verbindungen nur zwei Äste: ein lateraler nach vorn ziehender und ein querer hinterer nöthig wären. Dass doch fast immer drei angelegt werden, dürfen wir vielleicht als eine Art von Reservebildung ansehen. Denn wenn der Scheitelstab drei Äste, die wie Fühler ausgestreckt werden, entsendet, ist die Wahrscheinlichkeit größer, dass zwei von ihnen mit den entgegenwachsenden anderen Stücken zusammentreffen, als wenn nur zwei gebildet werden. Man kann auch beobachten, dass von diesen drei Ästen nicht überall die gleichen zur Herstellung der Verbindungen benutzt werden; so kann die hintere Querverbindung durch die hintersten Äste (gewöhnliches Verhalten), aber auch durch die mittleren (Fig. 22), oder durch beide, oder links durch den einen, rechts durch den anderen vermittelt werden.

Sind die Verbindungen definitiv hergestellt, so scheinen die überflüssigen Äste einer allmählichen Resorption anheimzufallen,

wenigstens ist es mir auffallend, dass an den ältesten Larven diese freien Äste sehr kurz sind oder fast ganz fehlen. Doch ist mein Material an ganz alten Larven zu gering, um hierüber etwas völlig Sicheres angeben zu können.

Von dieser auf allen in Betracht kommenden Stadien nachweisbaren Ausbildung ist an SEELIGER's Figuren nichts zu sehen.

Ebenso wichtig sind die Unterschiede in den Analstäben. SEELIGER spricht bei seinen *Sphaerechinus*-Larven stets nur von drei parallelen Stäben in jedem Analarm; ich finde als das häufigste Verhalten vier parallele Stäbe, die gewöhnlich mit fünf Wurzeln dem Centralbereich des Skelets ansitzen. Auch bei meinen Larven kommen nicht ganz selten nur drei Parallelstäbe vor; gerade eine Asymmetrie: auf der einen Seite drei, auf der anderen vier Stäbe, habe ich öfter beobachtet. Dem steht jedoch auf der anderen Seite eine gelegentliche Vermehrung auf fünf Stäbe gegenüber, ja, wie Fig. 26 lehrt, können ansatzweise sogar sechs Längsstäbe entwickelt sein. Die Fig. 24—27 neben Fig. 1—4 zeigen, welche Variationen in der Anordnung der Analstäbe bestehen können.

Bemerkenswerth ist sodann im Gegensatz zu SEELIGER's Befunden, dass die im peripheren Abschnitt des Armes parallel verlaufenden Stäbe nicht bis zu ihrem Zusammenfluss mit den übrigen Skelettheilen diesen Parallelismus bewahren, sondern dass sie hier auf eine gewisse Strecke einen geschwungenen oder gebogenen Verlauf nehmen, wobei sich durch sehr variable Gabelungen die Zahl gewöhnlich um einen Stamm vermehrt. Dessgleichen wird an dieser Stelle die im übrigen Verlauf sehr regelmäßig angeordnete Verbindung der Stäbe durch Querbrücken unregelmäßig.

Sehr abweichend von SEELIGER's Befunden ist endlich auch die Ursprungsstelle der Analstäbe an meinen Larven. Nach SEELIGER's Abbildungen entspringen die drei Analstäbe seiner Larven ausnahmslos dicht benachbart aus dem Scheitelstab, an jener Stelle, wo dieser nach innen umbiegt. Bei meinen Larven ist diese Ursprungsstelle nicht allein viel ausgedehnter, sondern sie erstreckt sich auch auf den Mittelstab und Oralstab; gewöhnlich — bei fünf Wurzeln — entspringen drei aus dem Mittelstab, eine aus dem Scheitelstab, eine aus dem Oralstab.

Dass die geschilderten Larvenunterschiede zwischen *Echinus* und *Sphaerechinus* groß und zahlreich genug sind, um es zunächst

wenigstens möglich erscheinen zu lassen, dass bei Bastardirung eine unverkennbare Zwischenform, die von den beiden Originallarven in vollkommen sicherer Weise unterscheidbar ist, entstehen kann, braucht nicht weiter erörtert zu werden.

Die Grundform sowohl in der äußeren Gestalt wie im Skelet ist allerdings die gleiche. Dies hat SEELIGER bereits (pag. 207) betont und er fährt dann ganz zutreffend fort: »Das Sphaerechinus-Larvenskelet erweist sich als das komplizirtere und höher organisirte. Gegenüber den Echinus-Larven kommt es nicht etwa zu einer Umlagerung der wichtigsten Stäbe, sondern es treten nur neue hinzu. Das ist für die Beurtheilung der Bastardlarven von hoher Wichtigkeit, denn es könnte das echinusähnliche Larvenskelet, das manche derselben besitzen, auch als ein rückgebildetes oder mangelhaft entfaltetes Sphaerechinus-Gerüst gedeutet werden«. Ich stimme diesem Passus in so weit vollkommen zu, als man auch nach meiner Meinung bei der Beurtheilung der Bastardlarven die Möglichkeit von ungenügender Entfaltung des Skelets und einer dadurch bedingten — nur scheinbaren — Annäherung an die Echinusform im Auge behalten muss. Ich werde diesen wichtigen Punkt unten an einigen Beispielen genauer aus einander setzen. Dagegen muss ich gleich an dieser Stelle betonen, dass — wenigstens an meinen Larven — ein Unterschied im Skelet vorhanden ist, welcher in der Sphaerechinus-Larve nicht einfach eine höhere Ausbildung des Echinus-Typus erkennen lässt; das ist die Endigungsweise der Scheitelstäbe. Wenn diese Stäbe auch bei Sphaerechinus in ihrer zur Brückenbildung führenden Verzweigung eine höhere Stufe einnehmen, so fehlt ihnen doch auf der anderen Seite hier etwas, was den Echinus auszeichnet, nämlich die mächtige Keule. Auch im Fall, dass das Geweih bei einer Sphaerechinus-Larve mangelhaft entwickelt ist, involvirt diese Rückbildung doch keineswegs das Zustandekommen der Echinus-Keule. Das Auftreten dieser keulenartigen Anschwellung an einer Larve muss daher immer als das Durchbrechen eines Echinus-Merkmals angesehen werden.

3. Die Bastardlarve von *Echinus microtuberculatus* (♂) und *Sphaerechinus granularis* (♀).

Ehe ich an eine Beschreibung der Bastardlarve gehe, sind noch ein Paar Worte über die Cautelen bei Bastardzuchten zu sagen. In der Hauptsache kann ich hier auf die Abhandlung von O. und

R. HERTWIG: »Über die Bedingungen der Bastardbefruchtung« (6) verweisen. Ich habe mich bei meinen Versuchen streng an die dort (pag. 5—7) gegebenen Vorschriften gehalten. In einem Punkt machte die Absicht der Versuche sogar noch größere Vorsicht nöthig. Ich fand nämlich gelegentlich anderer Untersuchungen, bei denen ich Eier längere Zeit unbefruchtet lassen wollte, dass einige davon sich doch entwickelten, eine Erscheinung, die nicht anders zu erklären sein dürfte, als dass das Wasser Spermatozoen enthalten hat¹⁾. Diese Möglichkeit ist weder für das frisch aus dem Meer, noch für das aus dem Neapler Aquarium geschöpfte Wasser auszuschließen; auch Eier einer bei dem Versuch auszuschließenden Species könnten in dem Wasser enthalten sein. Ich habe desshalb stets nur mit filtrirtem Seewasser gearbeitet und halte die Erfüllung dieser Bedingung bei den in Rede stehenden Versuchen, wo die Charaktere einer einzigen Larve das Versuchsergebnis bestimmen können, für unerlässlich.

Um die Form der echten, d. h. der aus kernhaltigen Eiern entstehenden Bastardlarve festzustellen und die Grenzen zu bestimmen, innerhalb deren sich dieselbe bewegen kann, ist es nothwendig, ausgedehnte Bastardirungen mit ganzen, ungeschüttelten Eiern anzustellen; nicht allein, um zunächst kernlose Eifragmente auszuschließen, sondern auch, weil das Fragmentiren, ja schon die Erschütterung des Schüttelns allein auch bei kernhaltigen Eiern Entwicklungsstörungen hervorrufen kann, worüber ich im nächsten Abschnitt Einiges mittheilen werde.

Rufe ich hier auf einen Augenblick das beabsichtigte Schluss-experiment ins Gedächtnis zurück: kernlose Fragmente von Sphaerechinus-Eiern mit Echinus-Samen zu befruchten und aus der Gestalt der entstehenden Larven einen Schluss auf die Fähigkeit des Eiprotoplasmas zur Übertragung mütterlicher Eigenschaften zu ziehen, so ergibt sich, dass solche Schlüsse nur dann ganz und ohne Weiteres einwurfsfrei sein können, wenn die echte Bastardlarve (aus einem kernhaltigen Ei) ausnahmslos eine unverkennbare Mittelstellung zwischen den Larvenformen der bastardirten Species darstellt.

Diese Bedingung fand ich bei meinen Versuchen erfüllt. Es heißt darüber in meiner ersten Mittheilung: »Ich habe . . . solche Larven in großer Zahl und von vielen verschiedenen Eltern erzeugt, und es ist mir gewiss mehr als ein Tausend derselben unter den

¹⁾ Ganz entsprechende Beobachtungen hat MORGAN (8) gemacht.

Augen gewesen. Das Resultat dieser Züchtungen war immer das nämliche: alle echten Bastarde, ohne eine einzige Ausnahme, repräsentiren sowohl in der Körpergestalt wie im Skelet eine ziemlich genaue Mittelform zwischen den beiden Eltern, eine neue durchaus charakteristische Form, welche sofort als solche zu erkennen ist und mit keiner der beiden elterlichen Larvenformen verwechselt werden kann.«

Bevor ich dies an der Hand der Abbildungen näher begründe, muss ich hier eine Angabe SEELIGER's über die Bilder, durch die ich diesen Satz in meiner vorläufigen Mittheilung illustriert habe, richtig stellen. SEELIGER betont (pag. 205), dass man bei Vergleichung der Larven streng darauf achten müsse, dass nur vollständig gleiche Entwicklungsstadien in Parallele gesetzt werden. Ich hätte dies nicht gethan, ich hätte von *Echinus* eine alte, von *Sphaerchinus* eine junge, von der Bastardlarve ein Zwischenstadium zwischen jenen beiden abgebildet. Und es heißt dann wörtlich: »Das scheint mir einer der wichtigsten Gründe dafür zu sein, dass die Bastardlarve in ihrem Habitus zwischen den väterlichen und mütterlichen Larven die Mitte zu halten scheint.«

Es klingt dies ungefähr so, als wenn ein Autor von drei jungen Anuren den einen als Mittelform zwischen den beiden anderen nachweisen wollte und man sagte ihm nach, er habe dies dadurch zuwege gebracht, dass er von dem einen ein Stadium mit Larvenschwanz und ohne Beine, von dem anderen ein solches mit rückgebildetem Schwanz und vier Beinen, von seiner »Mittelform« aber ein Stadium mit einschrumpfendem Schwanz und Hinterbeinen zu Grunde gelegt habe. Und der Leser muss durch jene Darstellung SEELIGER's, obgleich dies wohl gar nicht in der Absicht des Verfassers gelegen haben kann, zu der Meinung geführt werden, als ob der von mir aufgestellte Satz: die Bastardlarve stellt eine Mittelform dar, im Wesentlichen nur durch eine bestimmte unberechtigte Auswahl verschieden alter Larven ermöglicht sei. Dass dies nicht so ist, dafür brauche ich nur anzuführen, dass SEELIGER meine Angabe über die Mittelform der Bastardlarve wenigstens für einen Theil seiner eigenen Bastardlarven vollkommen bestätigt gefunden hat.

Im Übrigen aber wird SEELIGER's Behauptung schon dadurch hinfällig, dass ~~die~~ mir abgebildete Bastardlarve nicht wie SEELIGER sagt, ein Zwischenstadium zwischen den abgebildeten Originalarven repräsentirt, sondern dass sie von den drei abgebildeten

Larven sogar die älteste ist, was am besten daraus erhellt, dass sie — ich reproducire sie in Fig. 6 und gebe in Fig. 5 die zugehörige Frontalansicht — fast genau mit SEELIGER'S Larve Fig. 36 vom zwölften Tage übereinstimmt.

Richtig ist, dass ich von der Sphaerechinus-Larve ein beträchtlich jüngeres Stadium abgebildet habe, als von den beiden anderen; zwar nicht, wie SEELIGER meint, von 47 Stunden, aber doch etwa von 57 Stunden, während die damals abgebildete Echinus-Larve vom fünften oder sechsten Tag stammt und auch im fertigen Zustand nicht viel anders aussieht. Dies geschah natürlich nicht, weil etwa durch diese Zusammenstellung, wie SEELIGER'S Besprechung andeutet, die Mittelstellung im Habitus der Bastardlarve eine deutlichere würde, sondern nur mit Rücksicht darauf, dem Leser das Verständnis der Skeletverhältnisse zu erleichtern. Es ist oben dargelegt, dass die — im Zuchtgefäß — erwachsene Sphaerechinus-Larve im Skelet viel höher organisirt ist als die Echinus-Larve; vor Allem geben ihr die im Scheitel auftretenden Verbindungsstäbe ein Aussehen, das von dem der Echinus-Larve sehr erheblich abweicht. Man kann sagen: Die Sphaerechinus-Larve macht die der fertigen Echinus-Larve entsprechende Skeletform auf viel jüngeren Stadien durch. Wenn man diese jüngeren Stadien kennt, die allmählich zu jener complicirten Konfiguration hinführen, so erkennt man ja auch noch in ihr den gleichen Typus wieder; aber in einer kurzen Mittheilung, wo möglichst wenig Abbildungen gegeben werden sollten und ausführliche Erörterungen zu vermeiden waren, würde die in Fig. 4 dieser Arbeit abgebildete alte Larve dem Verständnis erhebliche Schwierigkeiten bereitet haben. Dazu kam noch ein weiteres Moment, welches mich veranlasste, in der vorläufigen Mittheilung nach reiflicher Überlegung eine sehr junge Sphaerechinus-Larve abzubilden. Der charakteristische Skelethabitus der fertigen Sphaerechinus-Larve, der auf dem Vorhandensein des gleichsam durch vier Säulen getragenen Scheitelvierecks beruht, wird vorgebildet durch gewisse Skeletäste, welche schon frühzeitig auftreten und später durch Gegeneinanderwachsen jene Anordnung hervorbringen. Dem Echinus-Skelet fehlt nicht nur jene charakteristische Bildung, sondern es fehlen ihm auch die Anlagen dazu, wie sie bei Sphaerechinus in dem Auftreten des Scheitelastes am Oralstab, in der Verzweigung der Scheitelstäbe frühzeitig erkennbar sind. Dies ist für die Beurtheilung der Bastardlarve von großer Wichtigkeit. Denn wenn ihr Skelet bei einer jungen

Larve eine Mittelstellung zwischen den elterlichen einnimmt, so heißt dies, dass die zu jenem Viereck führenden Skelettbildungen zwar unter Umständen erkennbar, aber niemals so hoch ausgebildet sein dürfen, dass sie später jene Verbindung wirklich herstellen könnten. Mit anderen Worten: die Mittelstellung des Bastardlarven-Skelets auf dem frühen Stadium schließt für das spätere eine erhebliche Annäherung an das fertige Sphaerechinus-Skelet ganz aus, und es muss auf den späteren Stadien den Anschein gewinnen, als habe die Bastardlarve viel mehr Neigung zur väterlichen als zur mütterlichen Form. Eine ausführliche Erörterung an der Hand zahlreicher Abbildungen macht diesen wichtigen Punkt ja vollkommen klar; eine einfache Nebeneinanderstellung der drei erwachsenen Larven allein würde dagegen zu irrigen Vorstellungen führen müssen.

Das war der Hauptgrund für die Wahl einer so jungen Sphaerechinus-Larve; ich konnte eine solche wählen, weil ihr äußerer Habitus, wie er in der gegebenen Profilansicht zum Ausdruck kommt, keine übertriebene Vorstellung von dem Unterschied der Sphaerechinus- von der Echinus-Larve erweckt oder gar die Mittelstellung der Bastardlarve deutlicher erscheinen lässt, als es bei Nebeneinanderstellung gleichalteriger Larven der Fall ist. Dies wird sich zeigen, wenn ich nun solche gleich alte Larven mit einander vergleiche.

Bastardlarven, wie ich sie in meinen ältesten Zuchten fand, sind in Fig. 5—9 wiedergegeben. Sie stellen nicht genau das gleiche Entwicklungsstadium dar; die Larve Fig. 5 und 6 ist gegenüber denen der Fig. 7 und 8 zurückgeblieben. Das kommt daher, dass sich nicht alle Bastardlarven gleich rasch entwickeln. Die Larve der Fig. 5 und 6 wird vielleicht mit den Sphaerechinus-Larven Fig. 1 und 2 in Parallele zu stellen sein, Fig. 7 und 8 mit Fig. 3 und 4.

Achtet man zuerst auf die Körpergestalt, so ist die Mittelstellung des Bastards bei allen Larven aufs deutlichste zu konstatieren. Die Bastardlarve ist plumper als die Echinus-, schlanker als die Sphaerechinus-Larve. Das Verhältnis von Höhe zur Entfernung der Analarme, bei Echinus wie 3,1 : 1, bei Sphaerechinus wie 1,2 : 1, ist beim Bastard der Fig. 7 wie 1,7 : 1. Die Bucht zwischen Oral- und Anallappen, bei Echinus sehr tief, bei Sphaerechinus sehr seicht, steht beim Bastard etwa in der Mitte zwischen beiden. Der Ausschnitt im Orallappen, bei Echinus tief, bei Sphaerechinus ganz fehlend, ist beim Bastard (Fig. 7 und 8) als seichte Einbiegung

vorhanden. Der Scheitel, bei Echinus spitz, bei Sphaerechinus breit, zeigt beim Bastard gleichfalls einen mittleren Zustand.

Wichtiger ist die Mittelstellung im Skelet; drei Abschnitte desselben kommen nach den oben gegebenen Auseinandersetzungen in Betracht: 1) die Endigung der Scheitelstäbe, 2) das Skelet der Analarme, 3) der Scheitelast des Oralarmes.

Was den ersten Punkt anlangt, so hat Echinus hier die keulenförmige Anschwellung ohne Astbildung, Sphaerechinus die geweihartige Verzweigung ohne Anschwellung. Die Bastardlarven zeigen, wie alle Abbildungen lehren, eine Vereinigung dieser beiden Merkmale. Überall, besonders bei den älteren Larven (Fig. 7, 8 und 9), wird der Scheitelstab gegen das Ende massig, klumpig, und bringt darin die väterlichen Vererbungstendenzen zum Ausdruck; überall zeigt er zugleich eine ausgesprochene Tendenz zu einer freilich höchst mannigfaltigen und unregelmäßigen Verzweigung, als Erbtheil der Mutter.

Das Skelet der Analarme, bei Echinus aus einem, bei Sphaerechinus aus typisch vier Stäben mit queren Brücken gebildet, zeigt beim Bastard gleichfalls stets eine Mittelstellung, indem hier zwei (Fig. 5—8) oder drei (Fig. 9) parallele Stäbe vorhanden sind.

In Bezug endlich auf den dritten Hauptunterschied im Skelet der Originallarven: das Vorhandensein oder Fehlen des Scheitelastes am Oralarm, können die Bastardlarven nur dadurch eine Mittelstellung darbieten, dass dieser Ast bei einem Theil der Larven vorhanden ist, bei einem anderen fehlt. Und so verhält es sich in der That. Gewöhnlich folgen die Larven hierin dem väterlichen Typus, so in allen meinen Abbildungen Fig. 5.—9; dagegen zeigen die Zwerglarven Fig. 36 und 37 den Oralast angedeutet.

Ich stelle umstehend die unterscheidenden Merkmale der drei Larven nochmals tabellarisch zusammen und denke, man wird auf Grund dieser Merkmale die Behauptung meiner vorläufigen Mittheilung, dass der echte Bastard sowohl in der Körpergestalt wie im Skelet eine ziemlich genaue Mittelform zwischen den beiden Eltern repräsentirt, gerechtfertigt finden. Der Bastard bildet in der That »eine neue durchaus charakteristische Form, welche sofort als solche zu erkennen ist und mit keiner der beiden elterlichen Larvenformen verwechselt werden kann«.

Wie ich damals schon betonte, habe ich diese Mittelstellung bei allen aus ganzen Eiern gezüchteten Bastardlarven ohne eine einzige Ausnahme konstatiren können. Eine Variabilität derselben

innerhalb gewisser Grenzen kommt allerdings vor; dieselbe wird gewiss zum Theil darauf beruhen, dass in einem Fall die väterlichen, im anderen Fall die mütterlichen Vererbungstendenzen etwas stärker zur Geltung kamen. Doch führt dieses Moment nie zu einer so starken Annäherung an die eine oder andere der beiden elterlichen Formen, dass ein Zweifel, ob man diese oder einen Bastard vor sich hat, entstehen könnte, und ich vermag überhaupt diesem Moment nur eine untergeordnete Bedeutung für die Variationen, die

	Echinus microtuberculatus	Sphaerechinus granulatus	Bastard von Echinus microtuberculatus ♂ und Sphaerechinus granulatus ♀
Körperform	schlank, mit spitzgerundetem Scheitel	plump, mit plattem trapezförmigem Scheitel	steht in der Mitte zwischen beiden Zuständen
Verhältnis zwischen Entfernung der Analarne und Höhe der Larve	1 : 3,1	1 : 1,2	1 : 1,7
Bucht zwischen Oral- und Anal-lappen	sehr tief	sehr seicht	ungefähr von mittlerer Tiefe
Ausschnitt des Oral-lappens	tief	fehlend	in d. Regelschwach entwickelt
Endigung des Scheitelstabes	Keule ohne Verästelung	Geweih mit typisch drei Ästen	keulenförmige Anschwellung mit Verästelung
Verhalten des Oralstabes	Scheitelast fehlend	Scheitelast vorhanden	Scheitelast vorhanden oder fehlend
Verhalten der Analstäbe	ein einfacher Analstab	drei bis fünf Analstäbe mit queren Brücken	zwei bis drei Analstäbe ohne Querbrücken

bei den Bastarden vor Allem im Skelet bestehen, zuzuerkennen. Der Hauptsache nach beruhen diese Verschiedenheiten, meines Erachtens, darauf, dass die Bastardlarve vor die Aufgabe gestellt ist, einen Kompromiss zwischen väterlichen und mütterlichen Eigenschaften durchzuführen, der in verschiedener Weise möglich ist.

Wenn verschiedene Menschen angeben sollten, wie sie sich eine Mittelform zwischen der Keule von Echinus und dem Geweih von Sphaerechinus denken, so würden gewiss sehr mannigfache Bilder

zu Stande kommen, die alle dieser Forderung des Mittels genügen. So ist es auch in der Natur. Man kann eben nur verlangen, dass das Ende des Scheitelstabes bei der Bastardlarve einerseits eine gewisse Tendenz zur Verzweigung von der Mutter her, andererseits eine solche zu kolbiger Anschwellung vom Vater her zur Schau trägt. In wie klarer, wenn auch wechselnder Weise dies erreicht wird, lehren meine Abbildungen. Bei den Verschiedenheiten, die hier auftreten, ist überdies im Auge zu behalten, dass, wie oben berichtet und durch Fig. 15—22 illustriert wurde, die Verzweigung schon bei *Sphaerechinus* sehr variabel ist. Und doch hat dieselbe hier eine ganz bestimmte Aufgabe zu lösen, nämlich in der alten Larve das Scheitelviereck zu bilden, was beim Bastard wegfällt.

Gleiche Erwägungen sind bei den Variationen im Skelet der Analarme maßgebend. Der überwiegende Zustand bei der Bastardlarve sind zwei Stäbe, die bis zur Spitze verlaufen. Als weiteste Annäherung an die väterliche Form ist das Verhalten zu bezeichnen, das in den Fig. 5, 7 und 8 besteht, wo nur auf der einen Seite beide Stäbe das Ende des Armes erreichen, während auf der anderen Seite neben einem langen Stab ein kurzer aufgetreten ist. Dass nur ein Stab vorkäme, habe ich niemals beobachtet¹⁾. Auf der anderen Seite kommen Fälle mit drei Stäben vor, so in der Larve der Fig. 9, die das gleiche Verhalten auch auf der anderen Seite darbietet. Die für *Sphaerechinus* so charakteristischen Querbrücken habe ich bei den Bastarden niemals gefunden. Auch in diesem wichtigen Charakter also nimmt der Bastard eine Mittelstellung ein, die nie einen Zweifel lässt. Die Variationsbreite zwischen dem Zustand der Fig. 5, 7 und 8 und dem der Fig. 9 mag zum Theil darauf beruhen, dass dort die väterlichen, hier die mütterlichen Tendenzen stärker wirksam waren. Berücksichtigt man aber, dass die Zahl der Analstäbe bei *Sphaerechinus* zwischen drei und fünf, ja sogar sechs variiren kann, dass häufig mit vier Stäben auf der einen Seite drei auf der anderen kombinirt sind, so wird die Variabilität und gelegentliche Asymmetrie der Bastardlarve schon hieraus ihre genügende Erklärung finden.

Eine Vergleichung dieser meiner Ergebnisse über die Bastardzuchten mit den sehr abweichenden SEELIGER's verschiebe ich auf

¹⁾ Ich bemerke, dass kurze Stäbe, wenn sie sich mit den langen decken, leicht übersehen werden können.

den letzten Abschnitt, um vorher meine Resultate an zerschüttelten Sphaerechinus-Eiern bei Befruchtung mit Echinus-Samen mitzutheilen. Schon oben habe ich gelegentlich erwähnt, dass das Schütteln und besonders das Fragmentiren einen störenden Einfluss auf die Formbildung der Larve ausüben kann. Diese Erscheinung verlangt bei der Beurtheilung der Bastardlarven aus Eifragmenten eine so eingehende Berücksichtigung, dass ich sie vorher in einem besonderen Abschnitt näher erläutern will.

4. Entwicklungsstörungen an geschüttelten Eiern.

Untersuchungen hierüber müssen mit Eiern und Samen der gleichen Art angestellt werden, um die eventuell nebenher noch zu Abnormitäten (Asymmetrien) führende Wirkung der Bastardirung auszuschließen. Was ich im Folgenden darüber mittheile, bezieht sich ausschließlich auf Versuche mit *Echinus microtuberculatus*.

Meine Beobachtungen an den hier erzeugten Zwerglarven führen vor Allem zu dem Satz, dass Bruchstücke unter einer gewissen Größe zwar noch Larven geben, aber von so missgebildeter Form, besonders im Skelet, dass der Charakter der Larve vollständig verwischt ist. Dieser deformirende Einfluss des Fragmentirens schwindet um so mehr, je größer die Fragmente sind, ohne sich jedoch vollständig zu verlieren. Das heißt: es kommen von einer gewissen Größe an zwar vollkommen normal gebildete Larven vor, aber neben diesen in allmählich absteigendem Procentsatz Abnormitäten und vor Allem Asymmetrien, besonders im Skelet, der Art, dass entweder normale Skeletstücke fehlen, oder Theile angelegt sind, die die normale Larve nicht besitzt¹⁾. Ich gebe hierzu in Fig. 28—32 und Fig. 34 und 35 einige Beispiele.

Fig. 28 und 30 zeigen sehr kleine, in der Körperform wie im Skelet stark missgebildete Formen, denen von den Echinus-Charakteren nichts anzusehen ist. Dagegen ist die gleichfalls sehr kleine Larve der Fig. 29 verhältnismäßig besser entwickelt. Sie zeigt wenigstens die schlanke zugespitzte Kegelform der typischen Echinus-Larve, wogegen Oral- und Anallappen kaum angedeutet sind. Im Skelet sind die Scheitelstäbe mit ihrer Keule typisch entwickelt, dessgleichen die verschmolzenen Mittelstäbe; in der rechten Hälfte findet sich ein ziemlich gut ausgebildeter Oralstab und ein winziger

¹⁾ Auch Mehrfachbildungen kommen an Material, das vor der Befruchtung geschüttelt worden ist, nicht ganz selten vor.

Analstab, links fehlt der Oralstab gänzlich; wo Scheitelstab und Mittelstab in einander übergehen, ragen zwei kurze Stäbchen hervor. Eine vollständig normale Larve von solcher Kleinheit, wie sie die Larve der Fig. 29 zeigt, erinnere ich mich überhaupt nicht gesehen zu haben. Doch muss ich bemerken, dass ich mir seiner Zeit hierüber genaue Notizen nicht gemacht habe und dass mir jetzt nur noch ein Paar Präparate von solchen Zwerglarven übrig geblieben sind.

In Fig. 35 ist das Skelet einer mittelgroßen Zwerglarve abgebildet, das, fast übermäßig schlank, in den Scheitel- und Analstäben normal gebildet ist. Die Oralstäbe dagegen — und dem entsprechend der ganze Orallappen — sind außerordentlich kurz und besitzen beide, gewissermaßen als Ersatz dafür, einen Scheitelast, der ein Charakteristikum der Sphaerechinus-Larve darstellt, wogegen er bei normalen Echinus-Larven niemals beobachtet wird. In gewissem Sinn ein Gegenstück zu dieser Larve ist in Fig. 32 wiedergegeben. Abgesehen von der nicht ganz typischen Bildung der Scheitelstabenden ist diese Larve dadurch bemerkenswerth, dass der Anal-lappen ganz rudimentär ist, und demgemäß auch die Analstäbe sich nur als kurze Stummel entwickelt finden. Außerdem liegt eine Abnormität darin, dass die Enden der Mittelstäbe nicht auf einander treffen.

Interessant ist ferner die in Fig. 31 abgebildete schon recht große Zwerglarve. Auch hier ist der eine Scheitelstab etwas abnorm; die Hauptsache aber ist in der Asymmetrie des Orallappens zu sehen. Der linke Oralarm fehlt gänzlich und ebenso fehlt jede Spur des zugehörigen Oralstabes. Dafür ist auf dieser Seite neben dem typischen langen Analstab, der an ungewöhnlicher Stelle entspringt, noch ein zweiter halb so langer Analstab ausgebildet.

Fast von Normalgröße ist die Larve der Fig. 34. Ihre Besonderheit liegt in dem breiten Scheitel. Die Scheitelstäbe, die sich bei der normalen Larve mit ihren keulenförmigen Enden berühren, verlaufen hier völlig parallel. Im Übrigen ist diese Larve normal gebildet, nur besitzt sie noch ein überzähliges ganz asymmetrisches Skeletstück im Orallappen.

Ich bemerke, dass die beschriebenen Fälle keineswegs Seltenheiten sind. Sie finden sich neben manchen anderen in zwei Kanadabalsampräparaten, den einzigen, die ich mit erhaltenem Skelet von Larven aus geschüttelten Eiern noch besitze.

Wodurch diese Entwicklungsstörungen bedingt sind, ob der

Verlust von Eisubstanz, ob die Deformirung der Eigestalt, ob Verlagerungen im Eikörper oder andere Momente daran die Schuld tragen, vermag ich nicht anzugeben. Sicher aber ist, dass das Schütteln allein, auch ohne Abspaltung von Protoplasma-theilchen, Missbildungen hervorrufen kann, wenn auch viel seltener und in viel geringerem Maße als an Fragmenten. Vor Allem kann das Schütteln die Form beeinflussen, es kann die Larven schlanker oder plumper machen als normal, aber auch Abnormitäten in der Skelettbildung kommen vor. Ich verweise hierzu auf die unzweifelhaft aus einem ganzen Ei entstandene Larve Fig. 33, in der der rechte Oralarm abnorm verkürzt ist. Wieder zeigt sich die gleiche Erscheinung wie in Fig. 35, dass der Oralstab dieser Seite einen Scheitelast gebildet hat.

Fälle, wie die beiden eben genannten, sowie der der Fig. 31 weisen auf eine gewisse Korrelation in den an verschiedenen Orten auftretenden Skelettmisbildungen einer und derselben Larve hin. Man könnte sagen: wenn an einem Ort durch Fehlen eines Skeletstückes Kalk gespart wird, lagert sich derselbe in einem abnormen Stück ab.

Die Fälle der Fig. 32 und 34 folgen allerdings diesem Satz nicht. In Fig. 32 sind die Analstäbe rudimentär, ohne dass irgend ein anderer Theil verstärkt oder ein abnormer gebildet wäre. In Fig. 34 umgekehrt liegt ein überzähliges Skeletstück vor, ohne dass an den typischen Theilen ein Defekt zu konstatiren wäre.

Schließlich ist für die Beurtheilung der in Fig. 33, 34 und 35 abgebildeten Abnormitäten noch in Betracht zu ziehen, dass nach JOH. MÜLLER (Taf. V und VII) bei den Larven von *Echinus* (*Strongylocentrotus*) *lividus*, wenn sie älter werden, neben anderen neuen Skeletästen ein kurzer Scheitelast am Oralstab auftritt, sowie ein stimmgabelförmiges Stück im Orallappen. Vermuthlich werden ähnliche Bildungen auch an den älteren Larven von *Echinus microtuberculatus* zur Entfaltung gelangen. Die Missbildungen der letztgenannten Larven könnten sonach in ihrer Richtung durch jene normaler Weise erst viel später hervortretende Tendenz beeinflusst sein.

Es wäre vielleicht ganz lohnend, diesen Dingen an einem großen Untersuchungsmaterial speciell nachzugehen; für die hier verfolgten Zwecke ist nur die Thatsache wichtig, dass das Schütteln und vor Allem das Fragmentiren sehr häufig Missbildungen hervorruft.

Denn wenn es sich nun darum handelt, für die aus einem Sphaerechinus-Ei fragment mit *Echinus*-Samen erzeugte Larve anzugeben,

welchem Typus sie folgt, so könnte die Nichtberücksichtigung dieses Umstandes zu groben Täuschungen Veranlassung geben. Die Sache hätte ja weiter keine Schwierigkeiten, wenn es sich nur um so klare und weitgehende Deformationen handeln würde, wie sie in Fig. 28 und 30 gezeichnet sind. Solche Larven schließt man eben ohne Weiteres aus. Irreführend dagegen können Missbildungen geringerer Art sein, die den Skelettypus im Wesentlichen unverändert lassen, wie sie in Fig. 31—35 dargestellt sind. Denn wie diese Figuren lehren, kann das Schütteln allein an einer Larve eine Eigenthümlichkeit hervorrufen, die diesem Larventypus normaler Weise fehlt, und, was noch wichtiger ist, einem anderen Larventypus normaler Weise zukommt.

Es können, mit anderen Worten, an einer Larve aus einem Eifragment Eigenschaften auftreten, die scheinbar Charaktere eines anderen Larventypus sind.

Schon die wenigen Missbildungen von Echinus, die ich noch vorführen kann, illustriren diesen Satz aufs klarste. In den Larven der Fig. 31, 33, 34 und 35 hat das Schütteln zu Skeletbildungen geführt, die sich wie Charaktere der oben geschilderten Bastardlarven, ja wie reine Sphaerechinus-Charaktere ausnehmen. Der Scheitelast des Oralarmes in Fig. 33 und 35 ist eine Eigenthümlichkeit von Sphaerechinus und man würde ihn, träte er in einer Bastardlarve auf, als ein Erbtheil der mütterlichen Form auffassen, wiewohl er selbstverständlich auch dort als reine Missbildung entstehen kann. — Die Larve der Fig. 31 besitzt als Missbildung einen doppelten Analstab, der bei Echinus microtuberculatus normaler Weise nie vorkommt, dagegen ein Hauptmerkmal des Bastards bildet. — In der Larve der Fig. 34 sind die Enden der Scheitelstäbe weit aus einander gerückt, eine Eigenthümlichkeit, die unter Umständen eine Annäherung an den Sphaerechinus-Typus vortäuschen könnte.

Alle die genannten Fälle zeigen, dass Missbildungen bei einer reinen Echinuslarve eine scheinbare Annäherung an die complicirtere Bastardform oder die Sphaerechinus-Form bewirken können. Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass mindestens ebenso leicht bei einer echten Bastardlarve Abnormitäten eintreten können, die deren Skelet dem Echinus-Typus näher bringen. Hier wird vor Allem das Ausfallen normaler Skeletstücke in Betracht kommen. Wie Fig. 31 lehrt, kann der Oralstab völlig fehlen; in Fig. 32 sind die Analstäbe äußerst rudimentär und ähnliche Defekte lassen sich

häufig beobachten. Man kann danach mit Sicherheit erwarten, dass bei echten Bastarden aus Eifragmenten gelegentlich der eine Analstab ausfallen wird und dadurch eines der wichtigsten Bastardmerkmale in scheinbarer Befolgung des rein väterlichen Typus verschwindet.

Man könnte auf Grund solcher Thatsachen und Erwägungen glauben, dass bei einer Bestimmung des Larventypus aus bastardirten Eifragmenten der Willkür Thür und Thor geöffnet sei und dass jede Sicherheit aufhöre. Ich gedenke im nächsten Abschnitt zu zeigen, dass es so schlimm nicht ist.

5. Die Bastarde aus Fragmenten von Sphaerechinus-Eiern bei Befruchtung mit Echinus-Samen.

Nachdem ich gefunden hatte, dass sich kernlose Eifragmente bei Befruchtung mit Samen der gleichen Art zu Larven entwickeln und dass echte aus ganzen Eiern gezüchtete Bastarde von Echinus (♂) und Sphaerechinus (♀) eine unverkennbare Mittelstellung einnehmen, bastardirte ich nun zerschüttelte Eier von Sphaerechinus mit Echinus-Samen in der Erwartung, dass schon ein einziger Versuch dieser Art die aufgeworfene Vererbungsfrage zur Entscheidung bringen müsse.

Ich erhielt auch gleich aufs erste Mal neben normal großen Larven von dem oben geschilderten Bastardtypus eine große Anzahl von Zwerglarven, und ich brauche kaum zu sagen, mit welcher Spannung ich dieselben nun durchmusterte. Allein, wenn ich auch nicht selten bei der ersten Betrachtung einer Larve glaubte, den reinen Echinus-Typus vor mir zu haben, so ergab sich doch jedes Mal, besonders unter Berücksichtigung des im vorigen Abschnitt Auseinandergesetzten, dass dies Täuschung war und dass überall, wenn auch abgeschwächt, die Bastardmerkmale vorhanden waren. Und so ist mir bei diesem ersten nach der Zahl der Zwerglarven sehr günstigen Versuch keine einzige Larve mit rein väterlichem Typus vor Augen gekommen.

Ich habe in Fig. 36—42 eine Anzahl von den damals nach dem Leben entworfenen Skizzen von solchen Zwerglarven aus dieser ersten Zucht wiedergegeben. Sie enthalten die extremsten Variationen, die mir begegnet sind. Fast alle zeigen gegenüber den in Fig. 5—9 abgebildeten Larven aus ganzen Eiern mehr oder weniger deutlich den missbildenden Einfluss des Schüttelns, wie er sich in Asym-

metrie, größeren Formstörungen, Verkürzung von Oral- oder Anal-lappen etc. äußert. Aus diesen Gründen ist bei solchen Larven auf die Körperform nicht allzuviel Gewicht zu legen und ich werde, obgleich gewiss alle Larven von Fig. 36—42 die Bastardgestalt nicht verleugnen, auf diesen Punkt im Folgenden nicht weiter Rücksicht nehmen. Auch die Skelette zeigen hier und dort Defekte; in der Larve Fig. 38 fehlt der eine Oralstab, in der der Fig. 40 ist die ganze Skeletform stark alterirt.

Fig. 42 stellt eine Larve fast von Normalgröße dar, auch in Form und Skelet ziemlich wohl gebildet. Die Bastardmerkmale treten deutlich hervor; auffallend ist die Beschaffenheit der Analstäbe. Während nach dem oben Dargelegten bei der Bastardlarve gewöhnlich zwei parallele Stäbe unabhängig aus dem Centralbereich des Skelets entspringen und ohne weitere Beziehung neben einander herziehen, finden wir hier nur eine Wurzel, die sich auf der einen Seite gabelt, auf der anderen in einen Hauptstab übergeht, der durch zwei kurze Brücken mit einem kurzen Parallelstab verbunden ist. Daneben ragt aus dem Hauptstab noch ein freies Ästchen heraus. Diese Eigenthümlichkeit, die auch in Fig. 37 und 38 auf der einen Seite ähnlich verwirklicht ist, erklärt sich leicht aus den Analstabverhältnissen von *Sphaerechinus*.

Fig. 37 soll illustriren, wie kleine Zwerglarven noch in allen Stücken den Bastardtypus aufs beste darbieten können; die klumpige Verästelung der Scheitelstäbe, der doppelte Analstab, auf der einen Seite auch ein kurzer Scheitelast des Oralstabes sind vorhanden.

Sehr häufig aber macht sich bei Zwerglarven von dieser Größe ein gewisser Defekt in den Enden der Scheitelstäbe geltend. Schon die reine *Echinus*-Zwerglarve Fig. 32 lehrt, wie die normaler Weise so überaus typische *Echinus*-Keule abgeschwächt sein kann. Ähnliches kommt auch an Zwergbastarden zur Beobachtung; sowohl die Anschwellung wie die Verzweigung, welche in den Enden der Scheitelstäbe von den beiden Eltern her kombinirt werden, sind unter Umständen wesentlich reducirt. Dabei muss freilich bemerkt werden, dass die Bastardlarven, wenn sie auch alle gleich alt sind, doch nicht genau die gleiche Entwicklungsstufe repräsentiren und dass die abgebildeten Larven vielleicht später die Bastardform noch charakteristischer ausprägen könnten. Immerhin kommt fast überall der Bastardtypus noch gut zur Erscheinung, so in Fig. 41, 36, 40 auf der linken Seite, 38 auf der linken Seite. Dagegen könnten

Scheitelstäbe, wie in Fig. 39, 38 und 40 links, ebenso gut an einer reinen Echinus-Zwerglarve vorkommen.

Dies führt mich nun auf eine genauere Analyse der Skelette Fig. 39 und 40, welche in allen Stücken die weiteste Annäherung an die väterliche Form darbieten. Betrachtet man zuerst Fig. 40, so trägt dieselbe in ihrer rechten Skelethälfte (in der Figur links) deutliche Bastardmerkmale zur Schau. Der Scheitelstab ist tief in zwei Äste gespalten und es findet sich neben einem langen ein kurzer Analstab. Die linke Hälfte dagegen zeigt fast den reinen Echinus-Typus; der Scheitelstab ist keulenförmig angeschwollen und seine Zacken können kaum als Tendenz zur Verzweigung angesehen werden. Der Analstab, an abnormer Stelle entspringend, ist einfach. Ähnlich ist das in Fig. 39 annähernd in Profilansicht gezeichnete Skelet. Die rechte tiefer gelegene Hälfte könnte unbedenklich für den Echinus-Typus gehalten werden, links hat die Larve neben dem langen noch einen kurzen Analstab und an dem verdickten Ende des Scheitelstabes einen gut ausgeprägten Seitenzweig.

Solche Larven sind es, die ich beim ersten Anblick als echte Echinus-Formen angesehen habe; und auch jetzt halte ich es nicht geradezu für ausgeschlossen, dass der reine Echinus-Typus durch Missbildungen, wie sie oben geschildert worden sind, in dieser Gestalt erscheinen könnte. Unzweifelhafte Missbildungen sind ja sowohl in der Larve der Fig. 40 wie in der der Fig. 39, hier in der Stellung der Mittelstäbe, vorhanden; einen kurzen zweiten Analstab als Missbildung zeigt auch die echte Echinus-Larve Fig. 31; und so bleibt also bei beiden Larven nur die einseitig vorhandene Gabelung des Scheitelstabes als ein Merkmal, welches ich als Missbildung bei reinen Echinus-Larven nie gesehen habe, übrig.

Wie gesagt, wird man die Möglichkeit zugeben müssen, dass solche Formen als Missbildung des reinen Echinus-Typus entstehen könnten; aber ebenso klar ist, dass man sie bei diesen Versuchen nicht als solche in Anspruch nehmen darf. Denn es ist gewiss viel wahrscheinlicher, dass ihre Ähnlichkeit mit Echinus-Larven auf Missbildung des Bastardtypus, und zwar auf mangelnder oder ungenügender Entfaltung gewisser Theile beruht.

Es waren also, wie ich besonders betone, keineswegs etwa solche zweifelhafte Formen, die ich benutzt habe, um daraus die Existenz des rein väterlichen Typus bei gewissen Zwerglarven abzuleiten: Vielmehr rechnete ich schon damals Larven der fraglichen

Art als Bastarde. Und mein Schluss nach diesem ersten Versuch war also gerade der entgegengesetzte als der, zu dem ich schließlich gelangte. Denn da ich nicht zweifelte, dass ein Theil der Zwerglarven aus kernlosen Fragmenten stammen müsse, hielt ich es für sicher, dass das Ei auch ohne Kern die mütterlichen Eigenschaften auf den neu entstehenden Organismus übertragen könne. Und es handelte sich mir nur noch darum, dies durch isolirte Züchtung mit voller Sicherheit zu beweisen.

Als ich aber nun daran ging, kernlose Fragmente von Sphaerechinus-Eiern zu isoliren¹⁾ und mit Echinus-Samen zusammenzubringen, musste ich, wie ich schon berichtet habe, die Erfahrung machen, dass von etwa 200 isolirten Fragmenten kein einziges sich entwickelte und so viel ich beobachtet habe, in kein einziges überhaupt ein Spermatozoon eingedrungen war. Man könnte denken, es sei der Mangel des Eikerns gewesen, der die Befruchtungsfähigkeit aufhob; allein es ist nicht einzusehen, warum Echinus-Samen, nachdem er einerseits Eifragmente von Sphaerechinus zu normaler Entwicklung zu bringen vermag und nachdem er kernlose Echinus-Eier ganz ebenso wie kernhaltige befruchtet, nun vor einem kernlosen Sphaerechinus-Ei Halt machen sollte. Vielmehr scheint mir die Erklärung für diesen Misserfolg in dem Umstand gesucht werden zu müssen, dass die Bastardbefruchtung zwischen Echinus (♂) und Sphaerechinus (♀) überhaupt nur bei einem sehr geringen Procentsatz von Eiern eintritt. Ich habe in meiner vorläufigen Mittheilung angegeben, dass auf 1000 Eier noch nicht ein befruchtetes kommt. Genauere Überlegung hat mich belehrt, dass diese Rechnung noch viel zu günstig ist. Denn ich habe mehrmals den gesammten Inhalt strotzend gefüllter Sphaerechinus-Ovarien, den man nach einer Berechnung von C. E. VON BAER auf mehrere Millionen von Eiern schätzen darf, mit Echinus-Sperma zusammengebracht,

¹⁾ SEELIGER giebt an (pag. 215), dass ihm die Untersuchung der lebenden Eitheile keine genügende Gewähr dafür zu bieten scheine, dass in der That weder Centrosom noch abgetrennte Kernpartikelchen in dem Eibruchstück vorhanden seien. Darauf muss ich erwidern, dass unter den oben für Echinus angegebenen Cautelen das Fehlen oder Vorhandensein des Kerns mit voller Sicherheit konstatiert werden kann, wenn auch der Kern in den Sphaerechinus-Eiern weniger deutlich hervortritt als bei Echinus. Die Möglichkeit, dass von dem Kernbläschen Theile abgespalten werden könnten, muss ich nach meinen Erfahrungen für ausgeschlossen halten. Was es aber mit dem Ei-Centrosoma für eine Bewandnis hat, glaube ich kürzlich (4) in Übereinstimmung mit WILSON und MATTHEWS (10) gezeigt zu haben.

ohne dass auch nur eine einzige Larve sich entwickelt hätte. Nach solchen Erfahrungen kann das Fehlschlagen bei jenen kaum 200 isolirten Fragmenten nicht im mindesten auffallend erscheinen.

Die Isolirungsarbeit lehrte mich aber noch eine zweite wichtige Thatsache kennen: dass es nämlich bei *Sphaerechinus* viel schwieriger ist als bei *Echinus*, durch das Schütteln kernlose Fragmente von genügender Größe zu erhalten. Die *Sphaerechinus*-Eier setzen dem Fragmentiren einen weit größeren Widerstand entgegen; gewöhnlich zerfällt ein Ei nicht in ein Paar größere Stücke, sondern von einem großen werden unbrauchbare kleine abgesprengt. Und der Kern liegt fast ausnahmslos in dem großen Stück.

Diese Thatsachen ließen mir das Ergebnis meines oben beschriebenen ersten Versuches in einem anderen Licht erscheinen. Denn es schien mir nun möglich, dass bei jener Zucht gar keine kernlosen Fragmente zur Entwicklung gekommen waren. Jedenfalls war klar, dass der Procentsatz von Larven aus kernlosen Fragmenten ganz verschwindend klein sein muss; und ich hatte von jener Zucht nicht einmal alle Larven Stück für Stück durchgeprüft.

Bei der kurzen Zeit, die mir noch zur Verfügung stand, konnte ich mich nicht mehr viel mit Isolirung kernloser Fragmente aufhalten; vielmehr wiederholte ich nun die Versuche an unausgesuchtem Schüttelmaterial, um wenigstens darüber vollkommene Sicherheit zu erlangen, ob wirklich die Zwerglarven wie die Larven aus ganzen Eiern ausnahmslos dem Bastardtypus folgten.

Hierbei nun fanden sich in spärlicher Zahl Zwerglarven — und nur solche — von reinem *Echinus*-Typus. Ich gebe in Fig. 12 *ab* eine junge solche Larve in zwei Ansichten wieder, in Fig. 10 eine halb von vorn, halb von der rechten Seite gezeichnete ausgewachsene. Beide, besonders aber die letztere, zeigen alle echten *Echinus*-Charaktere. Die Körperform der Larve Fig. 10 ist allerdings etwas gedrungener als es normaler Weise bei *Echinus* der Fall ist; dagegen ist der spitze Scheitel, die tiefe Bucht zwischen Oral- und Anallappen, der tiefe Einschnitt des Orallappens in ganz typischer Weise ausgeprägt. Das Gleiche gilt für beide Larven hinsichtlich des Skelets.

Mag es also zunächst ganz in suspenso bleiben, ob diese Larven aus kernhaltigen oder kernlosen Fragmenten stammen, es sind jedenfalls keine defekten Formen, bei denen etwa durch mangelhafte Entfaltung gewisser Theile eine hochgradige Annäherung an die

Echinus-Form zu Stande gekommen wäre, sondern es sind durchaus wohlgebildete¹⁾ Larven, die auch in allen positiven Charakteren: Keule, Bucht zwischen Oral- und Anallappen, Ausschnitt des Oral-lappens, der Echinuslarve gleichen. Es sind Larven, an denen wirklich nur die väterlichen Eigenschaften zur Ausprägung gelangt sind.

Solche Larven, die ich, wie erwähnt, in meiner ersten Zucht vollkommen vermisst hatte, kamen überhaupt nur höchst spärlich vor. Ich habe im Ganzen zehn bis zwölf davon gesehen. Es war mit Rücksicht auf Nachuntersuchungen ein Fehler, dass ich diesen Punkt in meiner ersten Mittheilung nicht hervorgehoben habe. Denn, wie man sieht, ist es nothwendig, die Zwerglarven einer solchen Bastardzucht aufs genaueste eine um die andere durchzuprüfen und selbst dann ist nach meinen Erfahrungen schon eine große Neigung zur Bastardirung nöthig, damit man Aussicht hat, auf Larven von reinem Echinus-Typus zu stoßen.

Nach Allem, was im Vorausgehenden mitgetheilt und aus einander gesetzt worden ist, wird man für das Auftreten dieser Zwerglarven von reinem Echinus-Typus keine andere Erklärung finden können, als dass sie aus kernlosen Fragmenten hervorgegangen sind. Denn wenn beim Vorhandensein eines Eikerns diese Form entstehen könnte, so wäre es doch ein unbegreiflicher Zufall, wenn sie gerade nur als seltene Ausnahmen ausschließlich bei Zwerglarven auftreten sollte. Überdies aber giebt es nun noch ein Kriterium, welches mit großer Sicherheit anzugeben gestattet, ob eine Larve aus einem kernlosen oder kernhaltigen Fragment entstanden ist. Dieses Kriterium liegt in der Größe der Kerne.

6. Das Verhältniß der Kerngröße bei Larven aus kernhaltigen und kernlosen Eiern.

In meiner vorläufigen Mittheilung hatte ich angegeben, dass Larven aus kernlosen Fragmenten beträchtlich kleinere Kerne besitzen als solche aus kernhaltigen Bruchstücken, und dass man es auf Grund dieser Eigenthümlichkeit einer fertigen Larve noch ansehen könne, ob sie aus einem kernhaltigen oder kernlosen Bruchstück stammt. Sowohl MORGAN wie SEELIGER bestreiten diese

¹⁾ Die Larve der Fig. 10 zeigt fast unmerkliche Symmetriestörungen.

Möglichkeit, freilich nicht auf Grund direkter Beobachtung, der Art, dass sie wirklich Larven, die nachweisbar beiderlei Ursprungs gewesen wären, mit einander verglichen hätten, sondern lediglich auf Grund der Thatsache, dass die Kerngröße von verschiedenen anderen Umständen abhängig und danach äußerst variabel ist.

Ich habe nun diesen Einwänden gegenüber vor Allem geltend zu machen, dass ich bei Feststellung des fraglichen Verhältnisses in so fern den beiden genannten Autoren gegenüber auf einem viel festeren Boden stehe, als ich Larven aus kernlosen Bruchstücken von *Echinus microtuberculatus* wirklich in größerer Zahl gezüchtet hatte und also vergleichen konnte, wie sich die Größe ihrer Kerne zu der Kerngröße von Larven aus kernhaltigen Fragmenten verhält.

Dass man dabei nicht Larven beliebiger Größe und beliebigen Alters vergleichen darf, diese Forderung schien mir so selbstverständlich, dass ich sie bei jener kurzen ersten Berichterstattung gar nicht erwähnte. MORGAN (8) hat nun darauf aufmerksam gemacht, dass Furchungsstadien aus kernhaltigen Eifragmenten kleinere Kerne besitzen als die entsprechenden Stadien aus ganzen Eiern, obgleich beide die gleiche Zahl von väterlichen und mütterlichen Chromosomen besitzen müssen, und er hat darauf hin den Satz formuliert, dass die Größe des Kerns von der Größe der Zelle abhängig sei.

Diese Beobachtungen sind völlig zutreffend und stimmen mit den meinigen durchaus überein. Aber sie schließen nicht, wie MORGAN anzunehmen scheint, die Unterscheidbarkeit von Larven aus kernhaltigen und kernlosen Fragmenten aus, sondern sie fordern nur, dass man bei dieser Vergleichung Larven aus gleich großen Bruchstücken verwendet und, was weiterhin selbstverständlich ist, nur solche, die genau das gleiche Entwicklungsstadium repräsentieren.

Meine Vergleichen erstreckten sich zunächst auf reine *Echinus*-Larven und zwar, wie erwähnt, auf isolirt aufgezüchtete, einerseits aus kernlosen, andererseits aus kernhaltigen Fragmenten stammende Larven.

Die oben aufgestellten Forderungen sind hier ohne Schwierigkeit zu erfüllen. Denn Larven aus kernhaltigen Fragmenten kann man leicht in so großen Mengen züchten, dass man darunter solche, die mit den spärlichen aus kernlosen Stücken sich entwickelnden in der Größe übereinstimmen, stets finden kann. Auch die Forderung, dass die Larven das gleiche Entwicklungsstadium repräsentieren müssen, bietet hier keine Schwierigkeit. Am sichersten

geht man, wenn man völlig ausgebildete Larven, bei denen nach meinen — auch nach SEELIGER'S — Erfahrungen keine Zellteilungen mehr stattfinden, zu Grunde legt.

Dabei ergab sich nun, dass die aus kernlosen Fragmenten entstandenen Larven stets kleinere Kerne aufweisen, als die aus kernhaltigen hervorgegangenen, dass also die Kerngröße nicht allein von der Zellgröße, sondern auch von der Zahl der Chromosomen abhängig ist.

Wie auffallend die Unterschiede sind, kann aus Fig. 14 *a* und *b* ersehen werden, welche von zwei gleich großen, gleich alten Zwerglarven den Scheitel mit einer Anzahl Ektoderm-Kernen darstellen, *a* aus einem kernhaltigen, *b* aus einem kernlosen Fragment.

SEELIGER führt als ein Argument dafür, dass aus der Kerngröße sichere Schlüsse auf die Herkunft einer Larve nicht gezogen werden können, den Umstand an (pag. 213), dass in einem und demselben Gewebe Unterschiede der Kerngröße um mehr als das Doppelte zu konstatiren seien. Dies trifft auch nach meinen Erfahrungen vollkommen zu und lässt sich sowohl in Fig. 14 *a* wie 14 *b* deutlich erkennen. Besonders bei Larven, deren Zellen sich noch vermehren, sind solche Unterschiede auffallend und hängen offenbar mit der Verschiedenheit des Entwicklungsstadiums, in dem sich die einzelnen Kerne befinden, zusammen. Dieser Umstand bildet jedoch für die Sicherheit der Vergleichung durchaus kein Hindernis. Denn wenn man auch z. B. aus Fig. 14 *a* eine Gruppe von Kernen heraussuchen kann, die kleiner sind, als gewisse Kerne der Fig. 14 *b*, so lehrt doch die flüchtigste Vergleichung einer größeren Zahl von Kernen, dass die Kerne der Larve 14 *a* im Durchschnitt beträchtlich und unverkennbar größer sind als in 14 *b*. Diese Unterschiede lassen sich in allen Theilen zwischen den Larven aus kernhaltigen und denen aus kernlosen Fragmenten konstatiren. Besonders deutlich sind sie auch an den Kernen der Wimpersehrzellen. Diese sind so dicht gedrängt, dass bei Larven aus kernhaltigen Eiern die Kerne benachbarter Zellen eine abplattende Wirkung auf einander ausüben und so von der Kugelgestalt mehr oder weniger stark abweichen. Bei Larven aus kernlosen Fragmenten fand ich dieselben stets rund. Auch hier aber ist es notwendig, dass man sich nicht auf Vergleichung einiger beliebig ausgewählter Kerne beschränkt; mein Verfahren bei der Vergleichung war vielmehr stets dieses, dass ich einen größeren homologen Bereich der beiden Larven möglichst genau mit dem Prisma zeichnete,

worauf dann das Vorhandensein oder Fehlen eines Unterschieds in der Kerngröße sofort hervortrat.

Ich kann demnach die von SEELIGER gemachten Einwände nicht gelten lassen. Dieselben leiden einmal an dem Mangel, dass eine zu kleine Zahl von Kernen aus den verschiedenen Larven zum Vergleich dargeboten wird, so dass von der einen zufällig gerade besonders große, von der anderen besonders kleine genommen sein könnten; überdies ist nicht angegeben, ob die zum Vergleich gestellten Kerne aus genau entsprechender Körperregion stammen. Zweitens stellt SEELIGER die Kerne verschieden großer Larven neben einander (Fig. 35 und 36), was nach den oben gegebenen Erörterungen unstatthaft ist.

Was speciell die SEELIGER'schen Fälle der Fig. 32 und 33 anlangt, so muss ich denselben überhaupt jegliche Beweiskraft absprechen. Es handelt sich um zwei sehr kleine Bastarde, die nach SEELIGER's Angaben aus ganzen Eiern entstanden sind. Obgleich die eine Larve sieben, die andere vierzehn Tage alt ist, sind beide doch kleiner als eine normale Sphaerechinus-Larve von 48 Stunden. Diese Larven können nun für die angeregte Frage gar nicht in Betracht kommen. Erstlich ist ihre Herkunft dunkel. Ich habe bei meinen vielen Bastardzuchten aus ganzen Eiern niemals solche Zwerge erhalten und es kommt mir auch ganz räthselhaft vor, wie aus einem normalen Ei eine Larve entstehen soll, die nach sieben oder vierzehn Tagen kleiner ist, als eine normale Larve vom zweiten Tag, nachdem doch die Larven sonst, je weiter sie in der Entwicklung vorwärts schreiten, um so größer werden. Wenn ich also auch nicht im geringsten bezweifle, dass bei der Zucht, in welcher SEELIGER solche Larven gefunden hat, keine Eifragmente vorhanden waren, so muss ich doch behaupten, dass hier irgend ein abnormer Zustand bestanden hat oder zur Einwirkung kam, sei es, dass vielleicht Zwergeier vorlagen, oder dass auf dem Zweizellenstadium eine Isolirung der beiden Furchungskugeln eintrat, so dass sich aus jeder nun eine ganze Larve entwickelte.

Wie dem aber auch sein mag, die beiden in Rede stehenden Larven können schon deshalb für die Kernvergleiche nicht maßgebend sein, weil sie die Bedingung nicht erfüllen, dass man nur gleich große Larven von genau gleichem Entwicklungsstadium vergleichen darf. Denn die Larve der Fig. 33, ohnehin schon größer als die der Fig. 32, befindet sich offenbar auf einem früheren Stadium als diese, und würde, wenn sie das gleiche Stadium erreicht

haben würde, derselben an Größe nicht unbeträchtlich überlegen sein. Dass sie also größere Kerne besitzt, ist nicht anders zu erwarten. Endlich ist auch hier nicht gesagt, ob Kerne aus entsprechenden Körperstellen genommen sind.

Es scheint mir demnach, dass weder MORGAN'S noch SEELIGER'S Einwendungen meine Angaben zu erschüttern vermögen.

Nachdem ich für *Echinus microtuberculatus* festgestellt hatte, dass die Larven aus kernlosen Eifragmenten *ceteris paribus* kleinere Kerne besitzen, als die aus kernhaltigen, schien es mir statthaft zu sein, auch für Bastardlarven das Gleiche vorzusetzen und bei diesen nun umgekehrt aus der Größe der Kerne auf die Herkunft der Larven zu schließen. Es handelte sich also darum, zu ermitteln, ob zwischen den Bastardlarven von Bastardtypus und jenen von reinem *Echinus*-Typus, wie sie in Fig. 10 und 11 abgebildet sind, ein solcher Unterschied nachweisbar ist, der Art, dass den letzteren Larven stets kleinere Kerne zukommen. Die Vergleichung ergab, dass dies in der That der Fall ist. Er erheben sich hier allerdings in so fern einige Schwierigkeiten, als die Bestimmung gleicher Größe und gleichen Entwicklungsstadiums bei Larven, die verschiedenen Typen angehören, nicht vollkommen sicher ist. Und so können die Resultate nicht auf so strenge Genauigkeit Anspruch machen, als die für reine *Echinus*-Larven gewonnenen. Auch verfüge ich hier nach dem oben Berichteten nur über eine nicht sehr große Zahl von Fällen. Immerhin glaube ich mit genügender Kritik verfahren zu sein, um das Resultat, dass die Kerne der Bastardlarven mit Bastardtypus deutlich größer sind als die Kerne gleichstehender Larven mit *Echinus*-Typus, auch jetzt noch für sicher halten zu dürfen, und damit für erwiesen, dass die Bastardlarven, die die reine väterliche Form darbieten, aus kernlosen Fragmenten stammen müssen.

7. Vergleichung der Resultate mit denen Seeliger's.

Von den Versuchen, die ich in Vorstehendem geschildert habe, hat SEELIGER zwei wiederholt. Er hat Bastarde zwischen *Echinus* ♂ und *Sphaerechinus* ♀ einerseits aus ganzen, andererseits aus zerschüttelten Eiern aufgezüchtet. Seine Ergebnisse weichen in zwei Punkten von den meinigen ab. Den ersten, weniger wichtigen, habe ich oben schon kurz nänhaft gemacht; SEELIGER erhielt nämlich bei seinen Bastardzuchten aus ganzen Eiern neben normal großen

Larven auch Zwerglarven bis herab zu solchen, die ganz beträchtlich kleiner sind, als die reinen Echinus- oder Sphaerechinus-Larven des gleichen Alters. Zum Theil beruht die verschiedene Größe wohl auf verschieden weiter Entwicklung; die größeren Unterschiede aber, wie z. B. zwischen der Larve der Fig. 16 einerseits und jenen der Fig. 32 und 33 andererseits müssen einen anderen Grund haben. Mir sind unter meinen zahlreichen Bastardzuchten mit ganzen Eiern solche Größenunterschiede niemals begegnet; die Larven von gleichem Entwicklungsstadium zeigen stets auch die gleiche Größe. Ich folgere daraus, dass bei SEELIGER'S Bastardzuchten aus ganzen Eiern abnorme Zustände irgend welcher Art wirksam gewesen sein müssen, und ganz allgemein, dass meine Versuche unter normaleren Bedingungen zu Stande kamen als die seinigen.

Viel wichtiger ist der zweite Unterschied zwischen unseren Befunden und dieser macht überhaupt das wesentliche Ergebnis von SEELIGER'S Versuchen aus: während ich an den Bastarden aus ganzen Eiern stets eine unverkennbare Zwischenform zwischen den elterlichen Larven und nur an einem kleinen Theil der Zwerglarven¹⁾ den rein väterlichen Typus gefunden hatte, ergaben die Versuche SEELIGER'S, dass schon die aus ganzen Eiern entstehenden Bastardlarven »zum Theil ganz den väterlichen oder mütterlichen Larven ähnlich sind, zum Theil alle möglichen Übergangsglieder zwischen jenen Extremen und also auch ‚reine Mittelformen‘ darstellen können« (pag. 217). Seine Abbildungen rechtfertigen diesen Satz wenigstens nach der Seite vollkommen, dass in der That einige der von ihm wiedergegebenen Bastardlarven keinen irgend werthbaren Unterschied gegenüber seinen Echinus-Larven darbieten. Dagegen tritt die echte Sphaerechinus-Form in voller Reinheit an seinen Bastardlarven niemals auf; denn auch die Larven der Fig. 32 und 33 lassen die für die reine Sphaerechinus-Form so charakteristischen Querbrücken zwischen den Analstäben vermissen, und dokumentiren sich dadurch als Bastarde. Doch ist dieser Punkt nebensächlich; die Hauptsache ist, dass SEELIGER an echten Bastarden aus kernhaltigen Eiern die reine Echinus-Form konstatiren konnte. Denn der Schluss,

¹⁾ SEELIGER schreibt auf pag. 214, dass in meinen Zuchten aus geschüttelten Eiern alle Zwerglarven den reinen Echinus-Typus zur Schau getragen hätten. Ich kann nicht annehmen, dass er meine Mittheilung so sehr missverstanden hat, und betrachte diesen Passus als einen Lapsus calami, den ich nur berichtigen möchte, damit nicht etwa ein Leser der SEELIGER'Schen Arbeit dadurch zu einer irrigen Auffassung verleitet werde.

den ich aus meinen Ergebnissen gezogen hatte, scheint damit hin-fällig zu sein.

Worauf nun dieser für die Entscheidung der ganzen Frage fundamentale Gegensatz unserer Resultate beruht, darüber wird eine sichere Entscheidung weiteren Untersuchungen vorzubehalten sein. Man wird sagen: wenn die Bastardlarve in Triest den reinen väterlichen Typus darbieten kann, so werde das wohl auch in Neapel so sein, und meine Angabe, dass ich an Bastardlarven aus ganzen Eiern ausnahmslos eine typische Mittelform gefunden habe, müsse Zufall sein.

Dagegen habe ich nun hervorzuheben, dass ich, wie ich schon in meiner vorläufigen Mittheilung erwähnt habe, gewiss mehr als ein Tausend echter Bastardlarven sorgfältig geprüft habe, und dass also mein Ergebnis nicht etwa leichthin auf eine oberflächliche Untersuchung gegründet ist. Wie sehr ich die ausschlaggebende Wichtigkeit dieses Punktes für meine Schlussfolgerung empfand, dafür darf ich vielleicht noch anführen, dass ich, als ich im Frühjahr 1889 in München an das Niederschreiben meines Aufsatzes ging, trotz meiner zahlreichen Erfahrungen doch nochmals wünschte, das Ergebnis über die Mittelstellung des echten Bastards durch neue Zuchten abermals zu befestigen. Ich bat Herrn Dr. C. DE BRUYNE aus Gent, mit dem ich mich in Neapel befreundet hatte und der sich für meine Arbeit lebhaft interessirte, nochmals Bastardirungen zwischen Echinus ♂ und Sphaerechinus ♀ auszuführen und mir die Larven zu übersenden. Ich spreche Herrn Dr. DE BRUYNE für die Freundlichkeit, mit der er diesen Wunsch in reichstem Maße erfüllte, nunmehr diesen verspäteten öffentlichen Dank aus. Die zahlreichen Larven, die er mir schickte, erkannte ich schon mit der Lupe als typische Bastardformen und die mikroskopische Untersuchung ergab, dass wieder keine einzige darunter war, der die oben beschriebenen Merkmale des echten Bastards gefehlt hätten.

Es scheint mir nun, als ob es nicht unmöglich sei, diese Verschiedenheit zwischen meinen und SEELIGER's Ergebnissen in ungezwungener Weise zu erklären, dadurch nämlich, dass die Originalformen, aus deren Geschlechtsprodukten wir unsere Bastarde aufzogen, in Triest wesentlich andere Charaktere besitzen als in Neapel.

Ich will diese Verhältnisse, auf die ich das größte Gewicht lege, etwas eingehender erörtern. Die Unterschiede, die zwischen meinen Echinus-Larven und denen SEELIGER's bestehen und die noch

beträchtlicheren Differenzen zwischen meinen Sphaerechinus-Larven und den seinigen habe ich oben ausführlich dargestellt. Dieselben bewegen sich sämmtlich in der Richtung, dass der Unterschied zwischen den beiden Larvenarten in Neapel außerordentlich viel größer ist als in Triest.

Dies muss sich natürlich auch in den Gestaltungsverhältnissen der Bastardlarve geltend machen. Wenn man nachsieht, welche Kriterien SEELIGER zur Unterscheidung seiner Larven zur Verfügung hat, so sind es drei: 1) eine gewisse Verschiedenheit in der Körperform, 2) der einfache oder dreistäbig gegitterte Analstab, 3) das Vorhandensein oder Fehlen des Scheitelastes am Oralstab.

Die Kombination dieser drei Punkte muss bei seinen Versuchen den Bastard charakterisiren.

Fasst man zuerst die Körperform der SEELIGER'schen Bastardlarven ins Auge, so dürfte nicht zu leugnen sein, dass alle von ihm abgebildeten Bastarde eine gewisse Mittelstellung zwischen der väterlichen und mütterlichen Form einnehmen, sehr deutlich die Larven der Fig. 16, 28, 29, 30, 32, 33, 35, 36, am wenigsten die der Fig. 34. Aber selbst von dieser Larve lässt sich behaupten, dass sie zwischen dem Bild der Fig. 25 von Sphaerechinus und dem der Fig. 27 von Echinus ziemlich in der Mitte steht. Und so muss ich sagen: in der Körperform entsprechen SEELIGER's Abbildungen meiner Behauptung; nur sind eben die Unterschiede zwischen seinen Originallarven zu gering, als dass mit diesem Merkmal viel anzufangen wäre.

Das zweite Hauptunterscheidungsmerkmal, Vorhandensein oder Fehlen des Scheitelastes am Oralstab, bewirkt bei den Bastarden dadurch eine gewisse Mittelstellung, dass es bei einem Theil der Larven vorhanden ist, bei einem anderen Theil fehlt. Fehlt es, so gleicht die Larve in diesem Punkt der väterlichen Form, und es folgt daraus, dass, bei der Natur des Versuches, diesem Merkmal für die Charakterisirung des Bastards nur eine Bedeutung zuzuerkennen ist, wenn dasselbe vorhanden ist.

So bleibt noch als eigentlich einziges Merkmal für die Charakterisirung der SEELIGER'schen Bastardlarve das Verhalten der Analstäbe übrig. SEELIGER's Echinus-Larve besitzt einen, seine Sphaerechinus-Larve drei Analstäbe. Das Mittel sind zwei Stäbe. Solche Fälle scheinen ja in der That bei SEELIGER, wenn auch in mannigfachen Schwankungen die häufigsten zu sein; seine Fig. 13, 18, 19, 20, 21, 23, 31, 35 entsprechen diesem Zustand. Andere

Figuren zeigen stärkere Neigung zum väterlichen Verhalten (Fig. 17, 22, 16, 34, 36), andere mehr zum mütterlichen (Fig. 32, 33); ja die Variationsbreite ist so beträchtlich, dass in manchen Fällen (Fig. 28 und 30) nur ein Stab gebildet wird. Fehlt in diesem Fall der Scheitelast am Oralstab, so existirt für SEELIGER kein Moment mehr, das zur Charakterisirung des Bastards dienen könnte.

Ganz anders verhält es sich bei meinen Larven. Erstlich ist schon der Gegensatz in der Gestalt meiner Originallarven, wie er aus Vergleichung von Fig. 3 mit Fig. 12 ersichtlich ist, ein ganz außerordentlich viel größerer und dadurch eben die Möglichkeit zur Ausprägung einer Mittelform, die sich von beiden elterlichen Larven scharf unterscheiden lässt, ebenso bedeutend größer. Wichtige und scharfe Unterschiede bestehen sodann in der Tiefe der Bucht zwischen Oral- und Anallappen und vor Allem darin, dass der bei Echinus vorhandene tiefe Ausschnitt im Orallappen meinen Sphaerechinus-Larven völlig fehlt. So erklärt es sich, dass meine echten Bastarde, obgleich ja auch sie innerhalb gewisser Grenzen variiren, in ihrer äußeren Gestalt stets als unverkennbare Mittelformen erscheinen.

Ebenso günstig liegen die Verhältnisse beim Skelet meiner Larven. Während bei SEELIGER's Originallarven der Gegensatz in der Ausbildung der Analstäbe darin besteht, dass bei Echinus einer, bei Sphaerechinus drei entwickelt sind, besitzt meine Sphaerechinus-Larve als Typus vier, ja als Ausnahme sogar fünf Stäbe. Es ist also klar, dass in meiner Bastardlarve eine viel stärkere Tendenz zur Mehrstabbildung herrschen muss, als in derjenigen SEELIGER's, und so ist es wohl erklärlich, dass in meinen Bastardlarven aus ganzen Eiern auch bei weitester Annäherung an den Vater stets mindestens ein deutliches Rudiment eines zweiten Stabes zur Entfaltung gelangt.

Dazu kommt aber nun endlich noch ein Kriterium, das bei SEELIGER gar keine Rolle spielt, das ist die Endigungsweise der Scheitelstäbe. Hiervon spricht SEELIGER überhaupt nicht und es scheint, dass an seinen Larven in diesem Punkt keine typischen Unterschiede erkennbar sind. Bei den Neapler Larven sind solche in schärfster und konstantester Weise ausgeprägt. Echinus hat die charakteristische unverästelte Keule, Sphaerechinus als Typus das dreiästige Geweih. Aus diesem scharfen Gegensatz konstruirt sich beim Bastard eine äußerst charakteristische Kombination, die ihm auch in diesem Punkt einen besonderen Typus verleiht.

Ich kann sonach SEELIGER's Haupteinwand, dass die echte Bastardlarve sich unter Umständen nicht von der väterlichen Larve unterscheiden lasse, für meine Neapler Zuchten nicht gelten lassen, und beanspruche, dass Nachprüfungen meiner Versuche an Seeigeln angestellt werden, deren Larven sich mindestens ebenso scharf von einander unterscheiden, als die von mir verwendeten.

Nachdem ich die übrigen Bedenken SEELIGER's, sowie diejenigen MORGAN's oben bereits genügend entkräftet zu haben glaube, muss ich meine frühere Schlussfolgerung, dass sich aus Eiern ohne Eikern Larven entwickeln, die keine mütterlichen Eigenschaften zur Schau tragen, einstweilen aufrecht erhalten.

Mit besonderem Nachdruck aber möchte ich hier nochmals der sowohl aus MORGAN's wie SEELIGER's Erörterungen durchblickenden Meinung entgegenzutreten, als könne die aufgeworfene Vererbungsfrage auf dem von mir eingeschlagenen Weg überhaupt nicht entschieden werden. Denn es ist, damit diese Möglichkeit besteht, nichts Anderes nöthig, als dass kernlose Eibruchstücke einer Seeigel-Art bei Befruchtung mit Samen einer in der Larvenform hinlänglich abweichenden Art sich zu wohlgebildeten Larven entwickeln. SEELIGER erklärt es auf pag. 215 für im allerhöchsten Maße unwahrscheinlich, dass die Bastardirung kernloser Eifragmente möglich sei. Woraus er aber diese Unwahrscheinlichkeit erschließt, vermag ich aus seiner Abhandlung nicht zu ersehen. Denn, wie mir scheint, kommen für die Entscheidung dieser Frage ausschließlich die von mir nachgewiesenen Thatsachen in Betracht, dass

1) Eibruchstücke überhaupt Larven geben, 2) Bruchstücke von Sphaerechinus-Eiern mit Echinus-Samen sich normal entwickeln und 3) kernlose Eibruchstücke von Echinus bei Befruchtung mit Samen der gleichen Art zu normalen Larven werden.

Diese Thatsachen gestatten meines Erachtens von vorn herein und ganz ohne Rücksicht auf meine Bastardirungsresultate nur den Schluss, dass das Gelingen einer Bastardirung kernloser Eifragmente von Sphaerechinus mit Sperma von Echinus im allerhöchsten Maße wahrscheinlich ist.

Und darauf hin dürfte es sich wohl verlohnen, erneute Mühe auf die Erzeugung von Bastarden aus isolirten kernlosen Fragmenten zu verwenden. Gelingt es solche zu erzielen, so muss ihre Gestaltung die Frage nach der Lokalisierung der erblichen Eigenschaften direkt entscheiden. Können diese Larven die Merkmale des echten Bastards besitzen, so hat das Ei durch die Entfernung

des Kerns die Fähigkeit, mütterliche Eigenschaften zu übertragen, nicht verloren. Treten die fraglichen Larven nur in der rein väterlichen Form auf, so wird noch Folgendes zu beachten sein. Bestätigt sich meine Erfahrung, dass bei Verwendung genügend unterschiedener Originallarven, wie sie mir in Neapel zur Verfügung standen, der echte Bastard ausnahmslos eine unverkennbare Mittelform darbietet, so wird schon eine einzige solche Larve mit rein väterlichem Typus als beweisend dafür gelten können, dass mit dem Eikern die Vererbungstendenzen der Mutter beseitigt sind. Kann dagegen auch der echte Bastard unter Umständen dem väterlichen Typus folgen, so wird erst eine große Zahl von Fällen zu jenem Schluss berechtigigen.

An einer definitiven Lösbarkeit des Problems kann also meiner Meinung nach kein Zweifel bestehen; im Übrigen scheint mir dasselbe wichtig genug zu sein, um zahlreiche und ausdauernde Arbeitskräfte auf sich zu richten. Und so möge diese ausführliche Darstellung meiner Versuche, wenn sie auch an Thatsachen gegenüber meiner vorläufigen Mittheilung nichts Neues zu bieten vermag, als eine Anregung zu weiteren Untersuchungen auf diesem Gebiet betrachtet werden.

Nachtrag.

Nach Abschluss des Manuskriptes erhalte ich Kenntniss von einer neuen, soeben im Archiv für Entwicklungsmechanik, Bd. II, Heft 2, erschienenen Abhandlung von T. H. MORGAN (8a) und kann dieselbe hier noch nachträglich berücksichtigen. Wie nahe diese Mittheilung MORGAN's meinen Gegenstand berührt, geht schon aus ihrem Titel hervor: »The Fertilization of non-nucleated Fragments of Echinoderm-Eggs.« Wenn ich aber erwartet hatte, hier nun eine Nachprüfung meiner Resultate über die gleiche Frage zu finden, so wurde ich enttäuscht. MORGAN wiederholt in seinem Aufsatz die früher schon (8) von ihm ausgesprochene, oben erwähnte Meinung, dass ich die Entwicklungsfähigkeit befruchteter kernloser Eifragmente nicht direkt nachgewiesen hätte; er glaubt noch immer, dass ich dieselbe nur aus der Gestalt gewisser aus Fragmenten entstandener Bastardlarven, bzw. aus der Größe der Kerne dieser Larven erschlossen hätte. Wenn MORGAN sich die Mühe hätte nehmen mögen, meinen Aufsatz mit Überlegung zu lesen, so hätte er sich eines Anderen belehren können. Denn es ist auf pag. 75

deutlich zu lesen, dass ich die Entdeckung von O. und R. HERTWIG über die Befruchtung kernloser Eifragmente vervollständigen konnte, in der Weise, dass ich befruchtete kernlose, d. h. im Leben als kernlos erkannte Fragmente isolirt aufzuchtete und normal gebildete Zwerglarven daraus hervorgehen sah. Ich habe darauf hingewiesen, dass dies unter einer Reihe von Cautelen geschah, die vor Allem vollkommene Sicherheit gewährleisten sollten, dass ich wirklich mit kernlosen Stücken operirte; und weiterhin machte ich darauf aufmerksam, dass monosperme Befruchtung für das Gelingen nothwendig sei. Aus dem Zusammenhang ergibt sich ohne Weiteres, dass es sich bei diesen Versuchen um Befruchtung mit Sperma der gleichen Art handelt; denn von Bastardirung ist noch gar keine Rede. Überdies ist dies auf pag. 79 noch ganz besonders hervorgehoben. Nachdem ich hier berichtet habe, dass es mir nicht gelungen sei, isolirte kernlose Sphaerechinus-Eifragmente bei Besamung mit Echinus-Sperma zur Entwicklung zu bringen, heißt es, dass ich die Entwicklungsfähigkeit kernloser Eifragmente »durch die Versuche mit Ei und Sperma der gleichen Art« bewiesen hätte.

Wenn also MORGAN meine Methode als unzureichend hinstellt, so muss ich konstatiren, dass er dieselbe gar nicht kennt; und wenn er sagt, es schiene ihm am besten, die Entwicklungsfähigkeit kernloser Fragmente bei Befruchtung mit Samen der gleichen Art zu prüfen, so spricht er damit eine Überzeugung aus, nach der ich schon vor sechs Jahren gehandelt habe.

Seine Methode aber, um über die Frage nach der Entwicklungsfähigkeit kernloser Fragmente Sicherheit zu gewinnen, ist eine ganz andere als die von mir befolgte. Während ich die Kernlosigkeit des Fragments im Leben feststellte und also für das einzelne Objekt von Anfang an wusste, dass es aus einem kernlosen Bruchstück stammte, vermag MORGAN nach seiner Methode erst für das abgetödtete Objekt zu bestimmen, ob es aus einem kernhaltigen oder aus einem kernlosen Fragment hervorgegangen ist. Er setzt zu unausgesuchtem Schüttelmaterial, das neben einander ganze Eier, kernhaltige und kernlose Bruchstücke enthält, Sperma, tödtet die sich entwickelnden Embryonen von Stadium zu Stadium ab und zählt, so weit dies möglich ist, die Chromosomen, was natürlich nur angeht, wenn sich die Zellen gerade in Theilung befinden. Findet er in den karyokinetischen Figuren eines Embryo nur halb so viel Chromosomen als normal, so leitet er denselben aus einem kernlosen Eifragment ab. Dieses Verfahren ist ganz korrekt, nur führt es

nicht weit. Denn schon auf frühen Furchungsstadien werden die Theilungsfiguren so undeutlich, dass man die Chromosomen nicht mehr zählen kann. Und so vermochte denn MORGAN die Entwicklung kernloser Fragmente nicht weiter als bis zum Stadium von 16 Zellen zu verfolgen. Ob sie sich noch weiter entwickeln, hält er für eine offene Frage; ich dagegen muss diese Frage auf Grund meiner Versuche für definitiv nach der positiven Seite gelöst erklären und somit alle Folgerungen, die MORGAN aus seinen Resultaten gegen meinen Hauptversuch zieht, zurückweisen¹⁾.

Als ein weiteres Resultat seiner Untersuchungen führt MORGAN an, dass die Spermatozoen von Echinus in kernlose Eifragmente von Sphaerechinus ebenso schwer eindringen wie in kernhaltige Fragmente oder ganze Eier desselben (pag. 280). Da auch dieses Ergebnis so hingestellt ist, als spreche es gegen meine Angaben, so konstatiere ich, dass ich nie etwas Anderes behauptet habe. Eher möchte ich sogar glauben, dass die Echinus-Spermatozoen in kernlose Fragmente von Sphaerechinus-Eiern schwerer eindringen. Dies ist ja gerade das Moment, dem ich es zugeschrieben habe, dass mir die Aufzucht isolirter kernloser Sphaerechinus-Fragmente bei Befruchtung mit Echinus-Samen nie gelungen ist. Genaueres hierüber habe ich oben aus einander gesetzt. Man wird finden, dass meine Resultate, besonders die äußerst geringe Zahl von Zwerglarven mit Echinus-Typus, die ich in meinen Zuchten getroffen habe, mit den Erfahrungen MORGAN's aufs beste harmoniren.

Schließlich bestätigt der amerikanische Forscher die Angabe SEELIGER's, dass die echten Bastardlarven zwischen Sphaerechinus ♀ und Echinus ♂ sehr stark variiren und dass sich darunter viele finden mit reinem Echinus-Typus. Ich lasse mich in diesem Punkt gern korrigiren; denn hier handelt es sich um Dinge, die einmal so und einmal so sein können, und es ist möglich, dass mir der Zufall gerade Seeigel-Individuen in die Hände gespielt hat, deren Kreuzung zur Entstehung scharf ausgeprägter Mittelformen führte, während thatsächlich auch andere Larven und sogar solche entstehen können, die von der reinen Echinus-Larve nicht zu unterscheiden sind. Wie diese Thatsache das Experiment zu modificiren hätte, habe ich oben aus einander gesetzt. Vorläufig kann ich dieselbe freilich durchaus

¹⁾ Da MORGAN angiebt, dass in größere kernlose Fragmente fast stets mehrere Spermatozoen eindringen, so möchte ich für Nachuntersuchungen bemerken, dass man diesem Übelstand dadurch sehr wirksam entgegenzutreten kann, dass man nur ganz wenige Spermatozoen zusetzt.

nicht als erwiesen und also meine Resultate noch nicht als umgestoßen ansehen.

MORGAN verweist den Leser, um ihn über die Bildung der Echinus- und Sphaerechinus-Larve zu unterrichten, auf die Abbildungen SEELIGER's. Nun habe ich oben ausführlich erörtert und durch zahlreiche Abbildungen belegt, wie verschieden die von mir in Neapel gewonnenen Larven von denjenigen SEELIGER's sind, und ich glaube plausibel gemacht zu haben, wie das Auftreten scheinbar rein väterlicher Formen unter SEELIGER's Bastarden sich daraus erklären lässt, dass die Unterschiede zwischen den von ihm verwendeten Originalformen nicht sehr groß und jedenfalls viel geringer sind, als an meinen Larven.

Wenn nun MORGAN zur Illustration der Neapler Echinus- und Sphaerechinus-Larven auf SEELIGER's Abbildungen verweist, so folgt daraus entweder, dass seine in Neapel erzeugten Larven wirklich mit denen SEELIGER's aus Triest übereinstimmen und also von den meinigen vor sechs Jahren gewonnenen ganz erheblich abweichen. MORGAN hat dann, genau genommen, so wenig wie SEELIGER, die gleichen Objekte vor sich gehabt, mit denen ich experimentirte; und es gilt dann für seine Resultate genau das, was ich oben über diejenigen SEELIGER's gesagt habe.

Sind aber die Seeigel-Larven in Neapel heute noch ebenso beschaffen wie vor sechs Jahren, so beweist MORGAN durch jene Verweisung auf SEELIGER's Figuren, dass er sein Material mit Rücksicht auf die Schlüsse, die er daraus ziehen will, doch allzu wenig genau untersucht hat, und ich kann dann auch seinen Angaben über die Bastardlarven kein großes Gewicht beimessen. Die Zeichnungen, die er von seinen Bastardlarven veröffentlicht, sind jedenfalls nicht dazu angethan, seine Analyse der Skelette als besonders sorgfältig erscheinen zu lassen. Ganz abgesehen davon, dass MORGAN die so überaus scharfen, förmlich ausgemeißelten Skeletformen, die die Seeigel-Larven darbieten, so zeichnet, als wären sie aus einer weichen Masse gebildet, was besonders bei den Enden der Scheitelstäbe gar kein Urtheil gestattet, wie diese wohl beschaffen sein mögen, sind drei von den vier Zeichnungen positiv fehlerhaft, indem MORGAN die vier Elemente, aus denen sich jede Skelethälfte zusammensetzt, in einem Punkt zusammenlaufen lässt, was niemals der Fall ist.

Wende ich mich noch speciell zu einer Analyse von MORGAN's Fig. 11, welche eine Bastardlarve mit reinem Echinus-Typus darstellen soll, so zeigt deren Skelet in der beträchtlichen Entfernung

der Scheitelstabenden ein deutliches Bastardmerkmal. Die Enden der Scheitelstäbe selbst sind zu verschwommen gezeichnet, um über das nach meinen Erfahrungen wichtigste Bastardmerkmal ein Urtheil zu gestatten. Doch macht die Zeichnung den Eindruck, als wäre der eine Stab, ähnlich wie etwa in meiner Bastardlarve Fig. 9, in einen vorderen und hinteren Ast gegabelt, so dass auch in dieser Hinsicht der Bastardtypus ausgeprägt wäre. Endlich zeigt die Larve in ihrer Gestalt, wie MORGAN selbst andeutet, die schönste Mittelstellung zwischen den beiden Originalformen, und so hat sie vermuthlich Merkmale genug, um sich von einer echten Echinus-Form in vollkommen genügender Weise zu unterscheiden. Mehr aber ist nicht nöthig. Es ist keineswegs erforderlich, dass gerade das eine von MORGAN allein berücksichtigte Merkmal, das der Analstäbe, überall die Mittelform darbietet. Wenn nur jede aus einem kernhaltigen Ei entstandene Bastardlarve überhaupt eine Anzahl unzweifelhafter Bastardmerkmale besitzt, so bleiben die Schlussfolgerungen, die ich auf Grund meiner übrigen Resultate an das Auftreten der reinen Echinus-Form bei einem geringen Procentsatz von Zwergbastarden geknüpft habe, gültig.

Damit dürften sich alle Einwendungen MORGAN's als hinfällig erwiesen haben.

Würzburg, 31. Juli 1895.

Litteraturverzeichnis.

- 1) TH. BOVERI, Über den Antheil des Spermatozoon an der Theilung des Eies. Sitzungsber. d. Ges. f. Morph. u. Phys. in München. Bd. III. 1887.
- 2) TH. BOVERI, Ein geschlechtlich erzeugter Organismus ohne mütterliche Eigenschaften. 1. c. Bd. V. 1889.
- 3) TH. BOVERI, Artikel »Befruchtung« in: Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Bd. I. 1892.
- 4) TH. BOVERI, Über das Verhalten der Centrosomen bei der Befruchtung des Seeigel-Eies etc. Verhandl. d. Physikal.-medizin. Gesellschaft zu Würzburg. N. F. XXIX. Bd. 1895.
- 5) H. DRIESCH, Neuere Beiträge zur exakten Formenkunde in englischer Sprache. I. Kritisches Referat. Archiv f. Entwicklungsmechanik. Bd. I. Heft 3. 1895.
- 6) O. und R. HERTWIG, Experimentelle Untersuchungen über die Bedingungen der Bastardbefruchtung. Jena, 1885.

- 7) O. und R. HERTWIG, Über den Befruchtungs- und Theilungsvorgang des thierischen Eies unter dem Einfluss äußerer Agentien. Jena, 1887.
- 8) T. H. MORGAN, Experimental Studies on Echinoderm Eggs. Anatom. Anzeiger. Bd. IX. 1894.
- 8a) T. H. MORGAN, The Fertilization of non-nucleated Fragments of Echinoderm-Eggs. Archiv f. Entwicklungsmechanik. Bd. II. Heft 2. 1895.
- 9) O. SEELIGER, Gibt es geschlechtlich erzeugte Organismen ohne mütterliche Eigenschaften? Archiv f. Entwicklungsmechanik. Bd. I. Heft 2. 1894.
- 10) E. B. WILSON and A. P. MATTHEWS, Maturation, Fertilization, and Polarity in the Echinoderm-Egg. Journal of Morphology. Vol. X. No. 1. 1895.

Erklärung der Abbildungen.

Alle Figuren, mit Ausnahme von Fig. 14 *a* und *b*, sind bei 310facher Vergrößerung gezeichnet.

Buchstabenbezeichnung:

- x* gemeinsamer Centralbereich der linken oder rechten Skelethälfte.
s Scheitelstab.
a Analstab oder Analstäbe.
o Oralstab.
sa Scheitelast des Oralstabes.
m Mittelstab.

Tafel XXIV.

- Fig. 1—4. Larven von *Sphaerechinus granularis*.
 Fig. 1 und 2, nicht völlig ausgewachsen ¹⁾.
 Fig. 3 und 4, vollständig ausgewachsen.
- Fig. 5—9. Bastardlarven aus *Sphaerechinus*-Eiern bei Befruchtung mit *Echinus*-Samen.
 Fig. 5 und 6. Zwei Ansichten einer nicht ganz ausgewachsenen Larve.
 Fig. 9. Etwas ältere Larve im Profil.
 Fig. 7. Ausgewachsene Larve in analer Ansicht.
 Fig. 8. Eine andere ausgewachsene Larve, halb seitlich.
- Fig. 10. Ausgewachsene Zwerglarve mit reinem *Echinus*-Typus aus einem Eifragment von *Sphaerechinus* bei Befruchtung mit *Echinus*-Samen.
- Fig. 11 *a* und *b*. Zwei Ansichten einer jüngeren Zwerglarve mit reinem *Echinus*-Typus aus einem Eifragment von *Sphaerechinus* bei Befruchtung mit *Echinus*-Samen.
- Fig. 12 und 13. Ausgewachsene Larven von *Echinus microtuberculatus*.

¹⁾ Die Bezeichnung »ausgewachsen« bedeutet den Zustand, den die Larve im Zuchtgefäß erreichen kann.

Fig. 14a. Scheitel mit Ektodermkernen von einer Zwerglarve aus einem kernhaltigen Echinus-Eifragment bei Befruchtung mit Echinus-Samen.

Fig. 14b. Dessgl. von einer ebenso alten gleich großen Zwerglarve aus einem kernlosen Fragment.

Tafel XXV.

Fig. 15—22. Scheitelskelet verschieden alter Sphaerechinus-Larven, um die Endigungsweise der Scheitelstäbe zu demonstrieren.

Fig. 23—27. Skelet des Analarmes von verschiedenen Sphaerechinus-Larven, um die Variabilität der Analstäbe zu zeigen.

Fig. 28—35. Larven von Echinus microtuberculatus aus geschüttelten Eiern und Eifragmenten, um den deformirenden Einfluss des Schüttelns und Fragmentirens zu zeigen.

Fig. 36—42. Zwerglarven und Skelette von solchen aus Eifragmenten von Sphaerechinus bei Befruchtung mit Echinus-Samen. Alle zeigen mehr oder minder ausgesprochen den Bastardtypus.

