

II. Theil.

Zusammenstellung der Ergebnisse und Erörterung der
Principien der Zeugung.

Von

E. Pflüger.

1. Diejenige Verschiedenheit, welche den Character einer Race der Anuren bestimmt, vermindert die Fruchtbarkeit in keiner Weise.

2. Der grosse Berliner Seefrosch, sowie die am Rhein vorkommenden blauen Wasserfrösche sind Varietäten der *Rana esculenta* und keine Arten.

3. Es ist jetzt zum ersten Mal der Beweis geliefert, dass die *Rana arvalis* (s. *oxyrrhinus*) keine Varietät des braunen Grasfrosches (*R. fusca* Roesel) ist, sondern eine besondere Art. Denn

a) Es wurde gezeigt, dass diejenigen Zoologen, welche den Artcharacter der *Rana arvalis* nicht anerkennen, im Rechte waren, weil die beigebrachten Unterscheidungsmerkmale entweder als inconstante oder nicht hinreichend begründete sich erwiesen. — So spricht sich z. B. A. d. Franke in seinem Buche über die Reptilien und Amphibien Deutschlands, welches der berühmte Leipziger Zoologe R. Leuckart in einer besonderen Vorrede den Fachgelehrten zur Belehrung empfiehlt, sehr entschieden dagegen aus, dass in der *R. arvalis* eine besondere Art vorliege¹⁾.

b) Es wurde gezeigt, dass der reife aus den Samenblasen während der Brunstzeit entnommene Same der *Rana arvalis* Samenkörper enthält, die durchaus von anderer Form und Grösse, als die der *Rana fusca*, von denen der *Rana esculenta* aber kaum zu unterscheiden sind. Da die unreifen Spermatozoen der *Rana fusca* Entwicklungsformen nach von la Valette St. George darbieten, welche in Form und Grösse sehr nahe mit denen der *Rana esculenta* übereinstimmen, und Leydig, wie er selbst anmerkt, den

1) A. Franke, a. a. O. p. 140.

Samen der *Rana arvalis* nicht zur Brunstzeit untersucht hat, lag die Möglichkeit eines Irrthums vor. Leydig hat aber, wie durch diese Untersuchung bewiesen ist, Recht gehabt, wenn er die Samenfäden der *Rana arvalis* als durchaus verschieden von denen der *Rana fusca* schilderte.

c) Nachdem durch diese Untersuchung bewiesen wurde, dass selbst grössere Verschiedenheiten der Organisation bei Kreuzung von Varietäten keine Sterilität bedingen, wurde gezeigt, dass der Same der *Rana arvalis* die Eier der *Rana fusca* nicht befruchtet, und der Same der *Rana fusca* in den Eiern der *Rana arvalis* sehr gewöhnlich die abnormste je beobachtete Furchung anregt. Da sich ferner ergab, dass die Eier der *Rana arvalis*, nicht aber die der *Rana fusca* von dem Samen der *Rana esculenta* befruchtet werden, so ist die Specificität der Art *Rana arvalis* mit voller Strenge bewiesen.

4) Durch diese Untersuchungen, in denen lebensfähige Anurenbastarde wahrscheinlich erhalten wurden, werden die Angaben von Dr. Born, der in dieser Beziehung viel erfolgreicher als wir gewesen ist, unterstützt. Dr. Born hat viele und wir 3 Frösche erhalten, die mütterlicherseits von *Rana arvalis*, väterlicherseits von *R. fusca* mit grosser Wahrscheinlichkeit abstammen.

5) Vollkommen lebenskräftiger Same und vollkommen lebenskräftige Eier derselben Art, welche befähigt sind, vollkommen normalen Organismen den Ursprung zu geben, besitzen ein nur kurze Zeit währendes Stadium, in dem sie sich auch zur Bastardzeugung eignen. Dieses Stadium fällt in die Hochbrunst. Nach Ablauf derselben reagiren dieselben Eier noch ganz normal auf den Samen der eigenen Art. Diese Thatsache zeigt, dass auch das unbefruchtete Ei und der Same vor der Befruchtung in einer continuirlichen inneren Veränderung begriffen sind. Scharf ausgesprochen und sehr auffallend ist dieses Gesetz für das Ei gültig, während der Same viele Wochen vor und nach der Hochbrunst noch immer Bastardbefruchtung ermöglicht.

6. Es gelang diesmal den Beweis zu erbringen, dass Bastardbefruchtung durchaus reciprok sein kann. Denn der Same der *R. esculenta* befruchtet ebenso energisch die Eier der *R. arvalis*, als der Same der *R. arvalis* die Eier der *R. esculenta*.

7. Der Regel nach ist die Bastardbefruchtung einseitig. Der Same der *R. fusca* befruchtet energisch die Eier der *R.*

esculenta; der Same der *R. esculenta* hat keine Wirkung auf die Eier der *R. fusca*. Der Same der *R. fusca* befruchtet die Eier der Tritonen nicht, wohl aber wirkt der Same der letzteren auf die Eier der *R. fusca* u. s. w.

Wenn man zur Erklärung der sonderbaren Einseitigkeit der Bastardbefruchtung obige Tabelle mit ihren allerdings noch recht spärlichen Thatsachen vergleicht, wird man bemerken, dass 1) im Allgemeinen diejenigen Spermatozoen am geeignetsten sind zur Vermittlung der Bastardzeugung, deren Kopf am dünnsten und deren vorderes Ende am spitzesten ist; dass 2) im Allgemeinen die Eier der Bastardbefruchtung am zugänglichsten sind, wenn die zugehörigen Spermatozoen derselben Art dickere Köpfe haben.

Dieses deutet auf grob mechanische, also secundäre Ursachen für die Einseitigkeit der Bastardbefruchtung. Am einfachsten erklärt sie sich durch die Annahme einer Mikropyle, die gerade so weit ist, dass das Spermatozoon der eigenen Art passiren kann.

Die Spermatozoen der *Rana fusca* haben unter allen Arten den dünnsten Kopf, der ausserdem sehr spitz ausläuft. Sie befruchteten fast alle Eier, auf die sie einwirkten: *Rana arvalis*, *Rana esculenta*, *Bufo communis*, während umgekehrt die dickköpfigen Spermatozoen von *R. arvalis* und *R. esculenta* mit stumpfem Kopfende in das Ei der *R. fusca* nicht einzudringen vermögen. Dem Spermatozoon des *Bufo communis*, das einen ebenfalls sehr spitzen, aber etwas dickeren Kopf als das der *R. fusca* besitzt, scheint es hingegen in seltenen Fällen zu gelingen, in das Ei der *R. fusca* vorzudringen und Befruchtung zu bewirken. Dass das Spermatozoon der Tritonen das Ei der *R. fusca* befruchtet, aber das Umgekehrte nicht geschieht, erklärt sich auch leicht, wenn man an den spitzen dünnen Kopf des Tritonenspermatozoons und seinen riesigen Ruderschwanz denkt, der offenbar geeignet ist, grosse Widerstände zu besiegen, vor Allem sich durch Gallerthüllen zu bohren, was dem schwächeren Spermatozoon der *R. fusca* am Ei des Triton nicht zu gelingen scheint. Diese Versuche müssen aber mit den durch Oscar Hertwig angegebenen Verbesserungen wiederholt werden.

Betrachten wir nun umgekehrt die dickköpfigsten Spermatozoen mit stumpfer vorderer Spitze, also die der *R. arvalis* und *esculenta*, so sehen wir, dass sie kein fremdes Ei befruchten konnten.

Zur auffallenden Bestätigung ergab sich aber, dass gerade diese beiden Arten, welche Spermatozoen mit gleich geformten und gleichgrossen Köpfen besitzen, vollkommen reciproke Bastardbefruchtung zeigen. Während nun die Spermatozoen der *Rana fusca* so sehr zur Bastardirung sich geeignet erweisen, müssen nach der vorgelegten Hypothese die Eier ihr desto unzugänglicher sein. In der That fielen alle Versuche nach dieser Richtung negativ aus. Dass der einzige evidente positive Erfolg erzielt wurde durch die in der Organisation am fernsten stehenden Batrachier, nämlich die Tritonen, welche eben durch das mit grosser penetrirender Kraft begabte Spermatozoen ausgezeichnet sind, weist wieder auf eine mechanische, also secundäre Ursache hin.

Es muss hier hervorgehoben werden, dass die Bastardirungsversuche de l'Isle's¹⁾ mit *Rana fusca* und *Rana agilis* nicht aus dem hier besprochenen Principe erklärbar sind. Denn obwohl beide Froscharten ganz gleichgeformte Spermatozoen haben, erwies sich die Kreuzung in jeder Richtung als negativ. Hier müssen andere Ursachen, welche später besprochen werden, eine Rolle spielen.

Ganz in Uebereinstimmung aber mit der Hypothese waren die Eier der *R. esculenta*, deren dickköpfige Spermatozoen zur Bastardirung fast ganz untauglich sich erwiesen, im höchsten Grade der Einwirkung fremdartiger Spermatozoen zugänglich. Denn nicht bloss die Spermatozoen der Frösche *R. fusca* und *Rana arvalis*, sondern auch die der Kröten *Bufo vulgaris*, *Bufo variabilis*, ja sogar *Bufo calamita* wirkten energisch ein und erzeugten Furchung. Auch der Same von *Hyla arborea* war nicht ganz unwirksam. Nur *Bombinator igneus* befruchtete die Eier der *Esculenta* nicht, doch verdienen letztere Versuche Wiederholung.

Es ist also kein Batrachier beobachtet, dessen Spermatozoen weniger, dessen Eier mehr zur Bastardirung geeignet erschienen.

Eine weitere Bestätigung der Hypothese liegt in der That-
sache, dass mit Rücksicht auf Bastardirung *R. arvalis*, die ihrer Organisation nach doch der *R. fusca* näher, als der *R. esculenta* zu stehen scheint, trotzdem sich, soweit es bis jetzt untersucht ist, genau wie *R. esculenta* und total verschieden von *R. fusca* ver-

1) de l'Isle, Hybridation chez les Amphibies. Annal. scienc. nat. Vol. 17, p. 6 ff.

hält. Denn *R. arvalis* und *R. esculenta* haben von einander nicht unterscheidbare Spermatozoen.

Wenden wir uns nun zu den weniger extremen Fällen, so ist in erster Linie *Bufo vulgaris* zu nennen, weil dessen Spermatozoon unter den bis jetzt untersuchten Anuren allein im Stande war, in allerdings sehr seltenen Fällen das Ei der *R. fusca* zu befruchten. Daraus würde auf Grund der Hypothese wegen der Gestalt der Spermatozoen des *Bufo vulgaris* folgen, dass der Same desselben fast alle Eier zu befruchten vermöge, welche von *R. fusca* befruchtet werden. Dies ist in der That der Fall. Denn er erzeugte Furchung bei *R. fusca*, *R. arvalis*, *R. esculenta*, *Bufo variabilis*, *Bufo Calamita*.

Die Spermatozoen des *Bufo variabilis*, zu dem wir nunmehr übergehen, sind leider nicht genauer untersucht. Da sie aber die Eier der *R. fusca* nicht, wohl aber die des *Bufo vulgaris* (Born) befruchten, so werden sie wohl an Dicke sehr nahe mit denen des *Bufo vulgaris* übereinkommen. Hieraus folgt, dass sie dieselben Eier befruchten können wie die Spermatozoen von *Bufo vulgaris*. Das stimmt auch, so weit es untersucht ist. Denn Same von *B. variabilis* befruchtet Eier von *R. esculenta* und *Bufo vulgaris*. Der Versuch mit *R. arvalis* ist nicht gemacht, verspricht einen gleichen positiven Erfolg.

Betrachten wir nun die Eier von *Bufo vulgaris* und *Bufo variabilis* im Lichte der Hypothese. Sie müssen sich sehr ähnlich verhalten und für Bastardirung empfänglicher als das Ei der *R. fusca*, weniger empfänglich als das der *R. esculenta* und *R. arvalis* sein.

In der That wird das Ei des *Bufo vulgaris* nicht befruchtet von *R. arvalis*, nicht von *R. esculenta*, weil diese dickköpfige Spermatozoen haben, wohl aber von *Bufo variabilis*, dessen Spermatozoen nahezu mit denen des *Bufo communis* übereinstimmen dürften, sowie endlich von *Pelobates fuscus* (Born), dessen Spermatozoen einer sehr spitzen, dünnen und korkzieherartig gewundenen Kopf darbieten, so dass sie eine ausgezeichnete penetrirende Kraft besitzen werden. Versuche mit dem Samen dieses allerdings sehr schwer zu beschaffenden Batrachiers würden deshalb in hohem Grade erwünscht sein.

Ganz wie zu erwarten wird das Ei von *Bufo variabilis* nicht befruchtet von *R. esculenta*, wohl aber von *Bufo vulgaris* und von *Bombinator igneus*.

Aus diesen Erörterungen ergibt sich, dass eine genaue Kenntniss der relativen Grössenverhältnisse der Spermatozoen verschiedener Arten ein dringendes Bedürfniss ist.

Leider gibt derjenige Autor (Leydig)¹⁾, auf dessen Abbildungen zunächst recurriert werden muss, niemals an, wie viel seine Abbildungen vergrössert sind. Vergleicht man Leydig's Abbildung (Fig. 44) des Spermatozoons von *R. esculenta* mit derjenigen, welche Eckert bei 900 bis 1000facher Vergrösserung in seinen *Icones physiologicae* von demselben Object auf Taf. XXI, V c gibt, so folgt, dass Leydig sehr nahe dieselbe Vergrösserung gewählt hat. Da Leydig nun bei der Erklärung der Taf. V, welche eine Synopsis der Spermatozoen vieler anuren Batrachier enthält, sagt, dass „alle Figuren unter starker Vergrösserung“ abgebildet seien, so ist anzunehmen, dass diese bei allen dieselbe ist, weil sonst die Tafel sehr an Werth verlöre, wenn, da die absolute Grösse nicht angegeben ist, nicht einmal die relativen Dimensionen annähernd richtig wären. In dieser Ansicht wird man bestärkt, da Leydig für die auf derselben Tafel befindliche Figur 53 ausdrücklich angibt, dass sie bei anderer — und zwar stärkerer Vergrösserung hergestellt sei.

Ein anderer Uebelstand der Tafel V Leydig's, welche die Synopsis der Spermatozoen gibt, ist, dass er öfters Gebilde darstellt, die streng genommen keine Spermatozoen sind, sondern Spermatoocyten. Dies gilt für seine „Spermatozoen“ von *Bufo vulgaris*, *Bufo Calamita*, *Alytes obstetricans*, *Bombinator igneus*. Dass dem so sei, erkennt man sofort, wenn man die Figur 47 Leydig's, welche das Spermatozoon von *Bufo vulgaris* vorstellen soll und von ihm neuerdings mit einigen Modificationen²⁾ auf Taf. VIII, Fig. 87 wieder ohne Angabe der Vergrösserung reproducirt ist, vergleicht mit der genau durchgeführten Entwicklungsgeschichte derselben Gewebselemente, die von la Valette St. George³⁾ vor Leydig und zwar im Jahre 1876 veröffentlicht hat.

1) Leydig, Die anuren Batrachier, 1877, Taf. V und IX.

2) Leydig, Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Thiere. Bonn 1883.

3) v. la Valette St. George, Die Spermatogenese bei den Amphibien, a. a. O., Bd. XII, Taf. XXXV, Fig. 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66.

Durchläuft man die in 15 Figuren von v. la Valette St. George dargestellte Metamorphose des Spermatoeyten bis zu dem definitiven Spermatozoon, so erkennt man, dass Leydig die Entwicklungsform, welche der Figur 61 v. la Valette's entspricht, als Spermatozoon beschreibt, während erst Figur 64 das definitive Gebilde ist, welches sich sehr wesentlich von jenem in Figur 61 dargestellten unterscheidet. Denn die dicke Anhäufung von Protoplasma, welche am Spermatoeyt vorhanden war, ist am definitiven Spermatozoon verschwunden.

Da nun in Leydig's Darstellung der Spermatozoen von *Bufo Calamita* und *Alytes* dieselbe Protoplasmaanschwellung am hinteren Kopfe erscheint, so handelt es sich abermals nur um unreife Formen. Nun betrachte man die von v. la Valette St. George¹⁾ gegebene Entwicklungsgeschichte des Spermatozoons von *Rana fusca*. Der Entwicklungszustand in Figur 20 zeigt ein scheinbar fertiges Spermatozoon: walzenförmiges Kopfstück ohne Protoplasmaanhäufung, übergehend in den Schwanz. *Toto coelo* ist dieses unreife von dem in Figur 21 dargestellten reifen Spermatozoon verschieden, welches einen viel dünneren, aber viel längeren Kopf hat. Wenn man also wie Leydig die Spermatozoen nicht aus den Samenblasen, sondern meist aus dem Hoden entnimmt, so kann nur eine genau durchgeführte Entwicklungsgeschichte vor ernstlichen Irrthümern schützen. — Und selbst dies möchte unter Umständen Schwierigkeiten machen. So zeichnet in Figur 49 Leydig 7 Spermatozoen von *Alytes obstetricans* ab, die 3 sehr scharf verschiedene Typen ohne Uebergang repräsentiren. Nach Leydig sind dies „neben fertigen Zoospermien auch unfertige“. Wer kann nun hier sagen, welches die fertigen sind? Für gewiss ist anzunehmen, dass die 3 mit Protoplasmaeklumpen noch versehenen Spermatozoen unfertige sind; man weiss aber nicht, ob die zwei anderen Typen beide reif sind, so dass *Alytes obstetricans* denselben merkwürdigen Dimorphismus der Spermatozoen zeigen würde, wie er nach der Entdeckung v. Siebold's, die Leydig bestätigt hat, bei *Paludina vivipara* vorkommen soll, oder welcher der beiden Typen dem definitiven Zustand entspricht. Es handelt sich hier ganz entschieden um eine merkwürdige Thatsache, die genauere Untersuchung verdiente.

1) v. la Valette St. George, a. a. O., Taf. XXXIV, Fig. 15—22.

Um unter so bewandten Umständen nun dennoch einen Anhaltspunkt über die Form und Grösse des Spermatozoons bei *Bufo vulgaris*, *Bufo Calamita* zu gewinnen, musste die Entwicklungsgeschichte der Spermatoocyten bei *Bufo vulgaris* herangezogen werden, wie sie durch von la Valette St. George festgestellt worden ist.

Die von Leydig dargestellten unreifen Spermatozoen (Spermatoocyten) sind bei *Bufo vulgaris*, *Bufo Calamita* an Grösse und Form so ähnlich, dass eine Uebereinstimmung der definitiven Formen und analoge Beziehung derselben zu den unreifen Formen mit grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden dürfen.

Wir hätten selbst gewiss die **genauen Dimensionen** der **reifen** Spermatozoen der zur Kreuzung benutzten anuren Batrachier festgestellt, wenn nicht erst nach Abschluss der Untersuchung, also auch der Laichzeit die Zusammenstellung und Vergleichung der Resultate die Wichtigkeit jener Kenntniss für die Theorie der Bastardbefruchtung aufgedeckt hätte.

Es blieb deshalb keine andere Möglichkeit zu annähernden Werthen zu gelangen, als auf den oben angedeuteten theilweise indirecten Wegen.

Es ist aber der Versuch gemacht worden, durch mikroskopische Untersuchung der Hoden der erreichbaren hier in Betracht kommenden anuren Batrachier im Anfange des Monats September, wo möglich noch einige Stützpunkte zu gewinnen. Es versteht sich von selbst, dass diese Untersuchung eine Wiederholung in der Periode der Laichzeit fordert.

Es zeigte sich, dass in der That der noch stark geschwellte Hode der *Rana fusca* bereits viele reife Spermatozoen enthält, die in der Form durchaus übereinstimmen mit den Abbildungen, die von v. la Valette St. George und Leydig gegeben worden sind. Die Länge des Kopfes betrug 0,051 bis 0,060 mm, die Dicke desselben 0,001. Die Untersuchung geschah in Speichel oder Wasser.

Ebenso beherbergte der Hode von *Rana esculenta* Massen reifer Spermatozoen. Die Länge des Kopfes beträgt 0,015, die Dicke 0,003 mm.

Die Dimensionen der Spermatozoen der *Rana arvalis* stimmen überein mit denen der *Rana esculenta*.

Betrachtet man nun die Abbildungen Leydig's und erwägt,

dass die Dimensionen der Spermatozoen innerhalb gewisser Grenzen schwanken, so stimmen die Werthe meist leidlich gut.

Die Untersuchung von *Bufo communis* ergiebt, dass auch in diesem Hoden Anfangs September bereits reife Spermatozoen in kleiner Zahl vorhanden sind. Sie stimmen überein mit der Darstellung die v. la Valette St. George, nicht mit der, welche Leydig gegeben hat. Es ist der bei dem letzteren Autor gezeichnete Protoplasmaklumpen ein Rest der Mutterzelle, welchen das fertige Gebilde nicht mehr besitzt. Die Länge des Kopfes misst 0,021 mm, die Dicke 0,0015 mm. Der Schwanz des Spermatozoon's ergab sich mit einer Flosse ausgerüstet in Uebereinstimmung mit Leydig's Darstellung.

Die Spermatozoen von *Bufo Calamita* sind denen von *Bufo vulgaris* sehr ähnlich, nur kürzer und dünner. Die Länge des Kopfes misst 0,018, die Dicke desselben 0,001 mm. Wenn man Sperma von *Rana fusca* und *Bufo Calamita* mischt, erkennt man, dass manche Köpfe der letzteren sogar noch dünner sind als die jener.

Was die Spermatozoen von *Bufo communis* und *Bufo Calamita* auszeichnet, ist die ausserordentlich feine Spitze des Kopfendes, die ganz allmählich in den etwas stärkeren hinteren Theil übergeht. Wo oben von der Dicke die Rede war, ist die Maximaldimension gemeint.

Bufo variabilis konnte leider nicht aufgetrieben werden, so dass die vorhandene Lücke unserer Kenntniss unausgefüllt bleiben musste.

Von hohem Interesse erschien die Untersuchung der Spermatozoen von *Bombinator igneus*. Leydig hat die Samenelemente dieses Batrachiers neuerdings mit den stärksten Vergrösserungen untersucht und beschreibt das Spermatozoon als eine verhältnissmässig grosse, mit Protoplasma und Kern versehene Zelle, welche die Gestalt eines Napoleonshutes hat. Sie trägt eine undulirende Membran und beherbergt zwei cylindrische Körper, von denen der eine massiger, der andere schwächtiger ist¹⁾.

Leydig spricht sich über die Form der Spermatozoen des *Bombinator igneus* folgendermassen aus:

1) Leydig, Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Thiere. Bonn 1883. Taf. VIII, Fig. 88.

„Bezüglich der auf den ersten Blick etwas schwer zu deutenden Samenelemente hat v. Siebold (Zeitschr. wiss. Zool. II) die undulirende Membran zuerst angezeigt. Sehr genau hat die Zoospermien vor einigen Jahren Eimer (Zool. Unters. 1874) dargestellt, und ich habe seiner Auffassung beizustimmen. — Man unterscheidet einen „Kopf“ in Form eines spindelförmigen, gern halbmondförmig gebogenen Körperchens und einen „Schwanzfaden“, der aber nicht wie sonst in geradliniger Verlängerung des Kopfes liegt, sondern gegen die Aushöhlung des letzteren eingeschlagen erscheint. Er ist blasser als der Kopf, geht sehr fein aus und trägt den flottirenden Saum. Kopf und Schwanz legen sich auch wohl auseinander und dann können die Bilder entstehen, welche schon v. Siebold gezeichnet, aber nicht ganz richtig gedeutet hat. Reste vom ursprünglichen Zellenprotoplasma umgeben sehr allgemein auch die fertigen Zoospermien noch theilweise in Ballenform (Taf. V, Fig. 51 u. 53). In letzteren, sowie am Hautsaum der Geißel lassen sich die schon oben bei Bufo erwähnten Strömungen der Substanztheilehen wahrnehmen. (Vgl. auch unten Zoospermien der Hyla.)

Wer je die wellenförmigen Bewegungen des Schwanzes eines dem Weibchen Hof machenden brünstigen Männchens von Triton aufmerksam betrachtet hat, und ebenso das mikroskopische Bild der undulirenden Membran von den Samenelementen desselben Thieres aus Augenschein kennt, wird sich sagen, dass die flatternden Bewegungen des Schwanzes und die Wellenbewegung am Hautsaum des Zoosperms den letzten Grund gemeinsam haben müssen, und dass die ersteren nur eine Wiederholung der letzteren Erscheinung im Grossen sind“¹⁾.

In seiner neuesten Schrift gibt Leydig auf Grund wiederholter Untersuchung nochmals folgende etwas modificirte Beschreibung für das Spermatozoon von *Bombinator igneus*.

Er sagt:

„Am Kopfstück gliedert sich eine helle, lange Spitze ab, von entschieden blasserer Beschaffenheit als es der Kopf ist, mit plötzlicher Grenze nach hinten. Das Kopfstück ist abermals nicht homogen, wie es meine frühere Abbildung vermuthen liess, sondern zerfällt in Innensubstanz und Wandschicht und von letzterer springen wieder von Stelle zu Stelle Zacken ins Innere vor, wo-

1) Leydig, Die anuren Batrachier, 1877, p. 60.

durch Einkerbungen entstehen. (An dem verwandten *Alytes obstetricans* habe ich das Gleiche schon anderwärts beschrieben.) Das Kopfstück scheint nicht cylindrisch zu sein, sondern platt und leicht spiralig gedreht: denn die seitlichen Contouren, indem wir ihnen genau nachgehen, ziehen übereinander weg. In dem das Zoosperm umhüllenden Protoplasmaaballen macht sich gern noch ein blasiges, kernartiges Gebilde bemerklich, das verschieden von den scharfgerandeten Kernen der Samenzellen ist und einem „Secretbläschen“ vergleichbar erscheint¹⁾.

Also kurz zusammengefasst, sagt Leydig, das Spermatozoon sei ein mit Kern versehener Protoplasmaeklumpen, in dem ein Gebilde stecke, das wie der Kopf eines Spermatozoons aussehe und sich in einen mit Flimmermembran versehenen Schwanz fortsetze, der wohlbemerkt, nicht wie bei den anderen Spermatozoen frei ist, sondern gegen den Kopf zurückgeschlagen ist.

Bedenkt man nun, dass bei allen anderen Batrachiern mit Einschluss der Tritonen das Spermatozoon stets aus einem spindelförmigen stärker lichtbrechenden Kopf und einem einfachen langen Flimmerschwanz besteht, so muss Leydig's Beschreibung auf das Höchste überraschen. Als ich demnach die Hoden des *Bombinator igneus* durchmusterte, konnte ich mich bald überzeugen, dass das Gebilde von Leydig nicht das Spermatozoon ist, sondern nur die Mutterzelle, in dem es entsteht. Das wirkliche, von Leydig nie gesehene Spermatozoon des *Bombinator*, besteht aus einem spindelförmigen Kopf und einem einfachen ungeheuer langen fadenförmigen Schwanz, ist also genau nach demselben Typus gebaut, wie die analogen Gebilde bei allen anderen Batrachiern. Die Länge des Kopfs misst 0,027, die Dicke 0,002 bis 0,003 mm. Das vordere Kopfbende beginnt mit einem kurzen Spitzchen, dessen Ende etwas abgestumpft ist.

Wenn Leydig in seiner neuesten Schrift, wie oben citirt, sagt, dass sich das Kopfstück in „eine lange helle Spitze“ gliedere „von entschieden hellerer Beschaffenheit als der Kopf“ selbst, so liegt dies daran, dass er einen Fortsatz der Mutterzelle des Spermatozoons irrthümlich für die Spitze des Kopfes hält. Der Kopf des reifen fertigen Spermatozoons ist schlank und spindelförmig

1) Leydig, Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Thiere, Bonn 1883, p. 111.

und zeigt mehre Längsstreifen, von denen es dahin gestellt bleiben mag, ob sie durch Längskanten der Spindel bedingt werden, ähnlich wie dies Leydig für die Spermatozoen von *Alytes obstetricans* vermuthet. Wenn das Spermatozoon schwimmt, dreht es den Kopf aalähnlich bald nach Rechts, bald nach Links, wobei man deutlich die platte, bandartige und sich spiralig windende Gestalt desselben erkennt, die aber vielleicht nur die Folge der Contraction ist. Bei seinen schlängelnden Bewegungen zeigt der Kopf etwas eigenthümlich Biegsames gegenüber dem ja auch contractilen, aber mehr starren Kopf der Spermatozoen der meisten anderen Batrachier. Nach Verlust des Schwanzes schwimmt deshalb der Kopf allein wie ein Fisch sehr gewandt vorwärts.

Ausgezeichnet ist nun der spindelförmige Kopf durch eine undulirende, ganz hyaline, ziemlich hohe Membran. Diese zieht sich fast von der Spitze bis zum hinteren Ende wie bei einem Fische die Rückenflosse hin, die aber wie eine Hemdenkrause in Falten gelegt ist, und deren Wellen fortwährend von Vorn nach Hinten ablaufen. Wenn also Leydig die undulirende Krause dem Schwanz zuschreibt, so liegt dies daran, dass er in der Mutterzelle Schwanz und Kopf nebeneinander liegend sah und darum zu dem Irrthum verleitet wurde, den undulirenden Saum nicht als dem Kopf zugehörig zu erkennen. Es wird dies verständlich, wenn man bedenkt, dass die undulirenden Säume an dem Schwanze zu sein pflegen, wie dies *Bufo vulgaris*, *Bufo Calamita* und alle Tritonen beweisen. Alle Köpfe der reifen Spermatozoen zeigen die lebhaft undulirende Flosse. Ein theilweises Analogon dieses Verhaltens scheint sich bei *Hyla* zu finden, wenn Leydig's Beschreibung der Spermatozoen dieses Batrachiers sich bestätigen sollte. Auf Taf. V, Fig. 58 seines Werkes über die anuren Batrachier gibt der genannte Forscher bei sehr starker Vergrösserung den Kopf des Spermatozoons von *Hyla* mit einer breiten und einer diametral entgegengesetzten schmalen Flosse an, die sich nur wenig noch auf den haarförmigen Schwanz fortsetzt.

Der Schwanz des Spermatozoons von *Bombinator igneus* setzt sich am hinteren Kopfbende ziemlich derb an, wird aber allmählich dünner, um schliesslich in ein Haar von unermesslicher Feinheit überzugehen, so dass es schwierig ist, das definitive Ende sicher zu sehen. Es war möglich, den Schwanz bis zu einer Länge von 0,189 mm zu verfolgen. Wenn also Leydig sagt, dass der

„Schwanzfaden“ nicht wie sonst in geradliniger Verlängerung des Kopfes liegt, sondern gegen die Aushöhlung des letzteren eingeschlagen erscheint, so ist dies ein Irrthum. Nur solange der Samenfaden in der Mutterzelle liegt, ist dies der Fall, später verhält er sich, wie alle übrigen Samenfäden anderer Wirbelthiere. Es war durchaus unmöglich an dem äusserst feinen Schwanzfaden des Bombinator eine undulirende Membran aufzufinden. Die undulirende Flosse des Kopfes setzt sich also nicht auf den fadenförmigen Schwanz fort und die Angabe Leydig's, dass der Schwanzfaden dieselbe trage, ist aus oben bereits erörterten Gründen unrichtig.

Wie kommt es nun, dass Leydig bei wiederholter Untersuchung der Hoden des Bombinator igneus die eigentlichen Spermatozoen nie gesehen hat?

Die Bombinatoren verhalten sich mit Rücksicht auf das Generationsgeschäft von den meisten anderen Batrachiern sehr abweichend. Ihre Brunst dauert vom Frühjahr bis in den Herbst. Ende August und Anfang September haben wir noch sowohl im Freien als in der Gefangenschaft umarmte Paare gefunden. Oft besteigen die Männchen auch solche Weibchen, die längst abgelaicht haben, bleiben sogar in der Gefangenschaft in tagelanger Umarmung, was wir Ende August beobachteten; ohne dass die Weibchen gelaicht hätten, verliessen die Männchen dann diese wieder. Auf diese Weise wird es verständlich, dass diejenigen Batrachier, die fast ein volles Jahr keine Samenergiessung haben, was weitaus die Regel ist, den Hoden prall gefüllt mit Spermatozoen beherbergen, während das häufig ejaculirende Bombinatormännchen selten einen grösseren Samenvorrath besitzen kann.

In dem Hoden des Bombinator wird also sehr oft die Zahl der reifen Spermatozoen im Verhältniss zu den Mutterzellen derselben ausserordentlich viel kleiner sein, als bei den Batrachiern, die den Vorrath reifen Samens von einem ganzen Jahre in ihren Hoden aufspeichern. Wenn man nun so schwierige mikroskopische Elemente mit sehr starken Vergrösserungen prüfen will, vertheilt man den Hodeninhalt so viel als möglich, so dass unter dem Mikroskope nur wenige Gewebselemente erscheinen. Kommt nun z. B. auf 1000 oder mehr unreife Mutterzellen ein einziges Spermatozoon, so ist es begreiflich, dass es leicht übersehen wird, be-

sonders wenn die Mutterzelle selbst flimmert und den Beobachter einläd, sie für das gesuchte Spermatozoon zu halten.

Zum besseren Verständniss möge noch auf einige Beobachtungen hingewiesen werden, die während der Brunst bei *R. fusca* gemacht worden sind. Lässt man die Männchen die Weibchen umarmen, so füllen sich die Samenblasen mit zahllosen Spermatozoen und enthalten oft einen halben Cubikcentimeter und mehr Same. Höchst wahrscheinlich findet also in Folge der geschlechtlichen Erregung eine Secretion eines Liquors in dem Hoden statt, der den reifen Samen fortschwemmt, wodurch es erklärlich wird, dass häufige Ergiessungen eine relative Verarmung der Drüse an reifen Samenelementen zur Folge haben. Uebrigens kommen Bombinatormännchen öfter vor, in deren Hoden man nach reifen Spermatozoen nicht lange zu suchen braucht¹⁾.

1) Eine kleine Lehre möchte für Leydig aus dem Spermatozoon des Bombinator igneus folgen. Wenn dieser Forscher in seiner neuesten Monographie (Leydig, Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Thiere. Bonn 1883, p. 137, 169) behauptet, dass man die „vermeintlichen Nerven“ der Speicheldrüsen müsse sehen können, „wenn sie da wären,“ so kann er sich am Hode der Feuerkröte überzeugen, dass „man“ sehr auffallende Bildungen hier nicht finden konnte, obschon sie sehr viel leichter zu demonstrieren sind, als die Nervenendigungen in den Speicheldrüsen.

Diese Endigungen müssen da sein! Der physiologische Versuch beweist, dass die Erregung des Absonderungsnerven Erregung der Drüsenzelle erzeugt, durch direkte nicht secundäre Einwirkung. — Wo es möglich war, das Uebertragungsgesetz der Erregung von Nerven auf Zellen oder umgekehrt sicher zu beweisen, bewährte sich ausnahmslos das Gesetz der „isolirten Leitung“: ein Nerv steht in funktioneller Beziehung nur mit Zellen, wenn ein **continuirlicher organisirter Zusammenhang besteht**. — Die Analogie zwingt uns zu der Ueberzeugung, dass die anatomische Beziehung der Speichelnerven zu der arbeitenden Drüsensubstanz dieselbe sein muss wie die des electrischen Nerven zu dem electrischen Organ, des motorischen Nerven zu dem Muskel, des Sinnesnerven zur Sinneszelle, der centripetalen und centrifugalen Nerven zur Ganglienzelle des Gehirns und Rückenmarks.

Das Protoplasma der Speichelzelle muss das Ende des Nerven sein. Da aber die verschiedenen Zellen des Alveolus vielleicht durch Commissuren zu einem einheitlichen Organ verbunden sind, wie ja auch die electrische Platte, ein virtuelles Multiplum vieler Zellen, nur eine Nervenfasern bei *Malacopterus electricus* erhält, so kann eine Faser für einen ganzen Alveolus genügen, obschon sie scheinbar nur zu einer Speichelzelle geht. — Dies zur Erklärung mancher negativen Resultate.

Die mitgetheilten Thatsachen haben es wahrscheinlich gemacht, dass die Form der Spermatozoen bei den negativen Bastardirungsversuchen eine wesentliche Rolle spielt.

Ausser den genannten secundären Ursachen kommen aber noch andere in Betracht, über welche der eine von uns (Dr. W. Smith) einige Versuche angestellt hat.

Dr. S. goss am 19. Juni über die Eier von *Bombinator igneus*, die sich in 5 verschiedenen Uhrgläsern befanden, Same von 2 *R. esculenta* und von 3 *Bufo vulgaris*. Während der Same der *R. esculenta* keine Furchung bewirkte, wurde in einem Präparate, zu dem der Same von *Bufo vulgaris* gegossen worden war, eine allerdings zweifelhafte Furchung bei einem Eie gesehen. 8 Stunden nach dem Zusatz des besamten Wassers Einlegung der Eier theils in Lösung von Kaliumbichromat, theils von Glycerin.

Die Gallerthülle der Eier von *Bombinator igneus* ist nach Dr. Smith nicht homogen, sondern zeigt eine scharfe Linie, welche von der Oberfläche jedes Eidotters um mehr als die Hälfte des Eidurchmessers entfernt ist. Ob die Linie bedingt ist durch eine wirkliche Membran, oder durch einen Wechsel der optischen Dichtigkeit oder durch einen Spalt, mag dahin gestellt bleiben. Die Membran, welche den Dotter umgibt, lässt sich leicht isoliren.

Dr. Smith fand nun, dass kein Spermatozoon der *R. esculenta* jene in der Gallerthülle angedeutete Linie überschritten hatte. Einige waren ihr nahe gekommen; die meisten befanden sich in der Gallerte mitten zwischen benachbarten Eiern. — Ganz im

Wenn es gewiss ist, dass die Speicheldrüse mit dem Nerv in intimster anatomischer Beziehung steht, so mögen mir doch diejenigen, welche mit soviel Nachdruck verkündigen, dass sie meine Nervenendigungen nicht finden können, sagen, inwiefern die wirklichen Endigungen anders aussehen, als ich es gesehen. Wer sich dieselbe Mühe geben will wie ich, wer nicht alsbald nach den ersten negativen Erfolgen der Ueberzeugung sich hingibt, dass, was er nicht demonstrieren konnte, überhaupt nicht demonstrierbar sei, der wird finden, dass meine vor nunmehr 20 Jahren gemachten Angaben wahr sind.

Eine kleine Lehre, die analog der durch die Spermatozoen des *Bombinator igneus* gegebenen sich darstellt, wird Leydig noch aus dem folgenden Aufsatz über die Gaumenzähne der *Rana arvalis* und *fusca* entnehmen können, wo „man“ auch die Gestalt der Zähne nicht sehen konnte, die doch viel leichter als die Nervenendigungen der Speicheldrüsen zu demonstrieren sind.

Pflüger.

Gegentheil hatten in den anderen Präparaten, zu denen der Same von *Bufo vulgaris* gegossen worden war, eine grosse Zahl von Spermatozoen jene Linie nicht nur überschritten, sondern lag nahe oder sogar in Contact mit der Membran, welche den Dotter unmittelbar umgibt. Es konnte nicht ermittelt werden, ob einige Spermatozoen die Membran durchsetzt hatten. Diese Spermatozoen waren beinahe alle so gelagert, dass ihre Längsaxe mit dem Radius des Eies zusammenfiel und der Kopf dem letzteren zugekehrt war. Dies beobachtete Dr. Smith auch dann, wenn die einzelnen Spermatozoen nicht in wirklicher Berührung mit der Eimembran waren, also nicht in dieser stecken konnten. Diejenigen Spermatozoen, welche jene in der Gallerthülle liegende Linie passirt hatten, waren nicht gleichmässig vertheilt in dem Raume zwischen dieser und der Dotterhaut, sondern wurden fast Alle in einer engen Zone gefunden, welche unmittelbar den Dotter umgibt. Aber es lag die grösste Zahl der Spermatozoen in dem Raume zwischen zwei benachbarten Eiern, d. h. war kaum in die Gallerthüllen eingedrungen.

Dr. Smith ist deshalb der Ansicht, dass bei Thieren derselben Art eine bestimmte Beziehung zwischen der Form und Penetrationskraft der Spermatozoen und der Dichtigkeit der Medien besteht, welche sie durchsetzen müssen, um Befruchtung zu bewirken; die Abwesenheit jener Beziehung bei verschiedenen Arten kann also die Befruchtung verhindern, oder sie in nur einer der sonst möglichen beiden Richtungen zulassen.

Um begreiflich zu machen, wie es komme, dass unter scheinbar denselben Bedingungen Bastardirungsversuche bald gelingen, bald fehlschlagen, weist Dr. W. Smith noch darauf hin, dass wahrscheinlich die Kraft der Bewegung bei den Spermatozoen nicht immer die gleiche sei. Sehr kräftigen Spermatozoen mag es gelingen, abnorm dichte Medien zu durchsetzen, welche das Vorschreiten schwächerer derselben Art thatsächlich verzögern oder unmöglich machen.

Dass diese Verhältnisse eine Rolle spielen, ist ganz unzweifelhaft. Zukünftige mikroskopische Untersuchungen werden entscheiden müssen, wieviel bei negativ ausfallenden Bastardirungsversuchen auf Rechnung der Thatsache kommt, dass die Spermatozoen die Gallerthülle nicht durchsetzen konnten.

In Erwägung, dass der Same der Urodelen auf die Eier der

Anuren befruchtend wirkt und dass die absolute Reciprocität der Bastardirung für gewisse Fälle nunmehr bewiesen ist, wird es sehr wahrscheinlich, dass alle zur Zeit der Hochbrunst rein negativ ausfallenden Kreuzungen nur durch secundäre, d. h. unwesentliche äussere Umstände ihre Erklärung finden.

8. Die Bastardbefruchtung führt theils zu regulärer, theils zu irregulärer Furchung. Sehr gewöhnlich kommen neben den regulären auch die irregulären Furchungen in bald grösserer, bald geringerer Zahl vor. Den neuesten Erfahrungen gemäss findet man reguläre bei der Kreuzung sehr verschiedener, und sehr irreguläre bei der sehr nahe verwandter Arten. Die unregelmässigste je beobachtete Bastardfurchung wurde gesehen bei der Kreuzung der beiden am nächsten verwandten Anuren: der *R. fusca* und der *R. arvalis*, und hierin stimmen unsere Erfahrungen mit denen von Dr. Born durchaus überein. Um der Paradoxie die Krone aufzusetzen, erscheinen in demselben Uhrglas neben den wütesten Furchungserscheinungen, die schnell zur Zerstörung der Eier führen, ganz normale, die sogar lebenskräftigen Fröschen den Ursprung geben. Es ist fast unmöglich zu glauben, dass zwischen den Spermatozoen desselben Samen und zwischen den Eiern aus demselben Uterus so grosse Verschiedenheiten der Constitution vorhanden sind, um jene auffallenden Unterschiede der Befruchtung zu erklären.* Hier muss ein ganz neues eigenthümliches Moment eine Rolle spielen.

Da die Erklärung dieser Räthsel wesentlich abhängt von der Auffassung, welche die hochwichtigen Forschungen von N. Pringsheim, Oscar Hertwig, Hermann Fol, Eduard Selenka, Anton Schneider, O. Bütschli, Eduard Strasburger, Friedrich Elfving und Anderer erfahren, so wird es angemessen sein, auf Grund der neuesten Entdeckungen die Principien der geschlechtlichen Zeugung kurz zu erörtern.

A priori sollte man erwarten, dass die Zeugung auf dem Princip des Zusammenwirkens zweier specifischen Potenzen beruhe, die Zahl 2 also auch hier wie bei Electricität, Magnetismus, Gravitation, chemischer Affinität u. s. w. eine fundamentale Bedeutung habe. Von hoher philosophischer Tragweite war deshalb die Entdeckung von Oscar Hertwig, derzufolge mehr als ein Spermatozoon ein Ei befruchten, mehr als ein „Spermakern“ sich

mit dem einen „Eikern“ copuliren könne. Nach Hermann Fol kommt es sogar vor, dass neue „Spermakerne“ zu bereits im Acte der Copulation begriffenen Kernpaaren sich nachträglich activ hinzugesellen. Es existiren also simultane und successive tri- und tetragamische Verschmelzungen.

Nicht im Principe beeinträchtigt wird die Wichtigkeit dieser Entdeckungen durch den von Oscar Hertwig und Hermann Fol geführten Nachweis des pathologischen Charakters dieser Eier, um so weniger, als jedes Ei durch experimentelle Eingriffe die Fähigkeit erhalten kann, sich mit mehreren Spermatozoen zu copuliren.

Oscar Hertwig zeigte z. B., dass zu langes Liegen der Eier in Seewasser vor der Befruchtung das Eindringen zahlreicher Spermatozoen ermögliche mit nachfolgender unregelmässiger Dotterzerklüftung und baldigem Zerfall¹⁾.

Fol hat sich noch specieller überzeugt, dass unter normalen Verhältnissen bei Seesternen und Seeigeln nur ein Spermatozoon eindringt. Da nun die Eier gewisser Weibchen die Eigenthümlichkeit darboten, mehrere, ja viele Spermatozoen zuzulassen, so ist es kaum zweifelhaft, dass die Eier eine pathologische Disposition besaßen. Man darf deshalb mit Fol²⁾ die Frage stellen, ob die Eier sich abnorm furchten, weil sie krank waren und vielleicht auch ohne Ueberbefruchtung sich unregelmässig gefurcht hätten. Was aber die Annahme rechtfertigt, dass unter Umständen die übergrosse Zahl befruchtender Spermatozoen die Missbildung wirklich bedingt hat, folgt daraus, dass Fol eine Beziehung der Zahl der in ein Ei gedrunghenen Spermatozoen zu der Zahl der Einstülpungen, welche das Blastoderma bei der Gastrulation erleidet, wahrgenommen zu haben glaubt. Normal entsteht nur eine Einstülpung; nach Eindringen vieler Spermatozoen treten Polygastrulae auf.

Bekanntlich liegt, wie die Untersuchungen von O. Hertwig³⁾

1) Oscar Hertwig, Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies, morphol. Jahrbücher (1878), Bd. IX. p. 196.

2) Hermann Fol, Recherches sur la Fécondation, Gèneve 1879, p. 121 und 292.

3) Oscar Hertwig, Morphol. Jahrbücher III, 1877, Taf. III, Fig. 3 u. 4; ferner derselbe, Morphol. Jahrbücher IV, 1878, Taf. XIII, Fig. 12, Taf. X, Fig. 3, Taf. XI, Fig. 13.

und Hermann Fol¹⁾ übereinstimmend zeigen, nach Ablauf des die sogenannten Richtungskörper aus dem Ei stossenden Processes an einer Stelle im Dotter excentrisch ein Haufen von Körnchen oder Tröpfchen, welche später zu einer Masse zusammenfliessen, deren Aggregatzustand im Leben noch nicht festgestellt ist. Diese Masse wird der „Eikern“ oder hier eher „weiblicher Pronucleus“ genannt. Hermann Fol hat nun die hochbedeutsame Entdeckung gemacht, dass — im Falle des Eindringens mehrerer Spermatozoen in den Dotter — eine Zerstreuung jener Tröpfchenhaufen, aus denen der „Eikern“ hervorgeht, derart stattfinden kann, dass mehrere „Spermakerne“ sich gesondert mit Theilen des „Eikernes“ copuliren. Dies ist also eine fractionirte Befruchtung des Eies. Wegen der Folgerungen, die ich aus Fol's²⁾ Entdeckung ziehen will, möge dieselbe in sinngetreuer Uebersetzung mit seinen eigenen Worten mitgetheilt werden:

„Wenn die männlichen Sterne sehr zahlreich im Dotter zu einer Zeit bereits erscheinen, wo der weibliche Pronucleus erst aus einigen kleinen Vacuolen besteht, welche unterhalb des Ortes liegen, wo die Ausschusskörperchen (Richtungskörperchen) sich soeben gebildet haben, so kann es vorkommen, dass jene Vacuolen, statt zu verschmelzen, sich von einander entfernen, um sich zu vereinigen mit zwei oder drei nächsten männlichen Pronuclei. Man hat dann einen Dotter, der mehre männliche Sterne und zwei oder drei conjugirte enthält, von denen jeder letztere nur einen Theil des weiblichen Pronucleus einschliesst. Zur Zeit der ersten Furchung theilt sich jeder der conjugirten Kerne in einen Doppels Stern (Amphiaster) und die männlichen Sterne theilen sich auch, aber mit weniger Regelmässigkeit.

„Alle diese Eier, welche unabhängige männliche Sterne enthalten, zeigen eine sehr unregelmässige Furchung. Die Dottermasse gruppirt sich ebensowohl um die Kerne, welche aus der Theilung der männlichen Sterne, wie um die, welche aus den conjugirten Kernen hervorgehen (Taf. IV, Fig. 5). Der Dotter scheint demnach sich sofort in so viele Kugeln sondern zu wollen, als er Kerne enthält; aber dieser Erfolg wird nicht unmittelbar erreicht.

1) Hermann Fol, *Recherches sur la Fécondation*, Gèneve 1879, Taf. II, Fig. 15—19, Taf. VIII.

2) Hermann Fol, *Recherches sur la Fécondation etc.* 1879, p. 201.

Gewöhnlich entsteht eine Spaltung in eine gewisse Zahl ungleicher Fragmente, deren jedes unregelmässig, höckerig ist und durch tiefe Furchen gesonderte Lappen darbietet; jeder dieser Lappen entspricht einem Kerne. Indem die Furchen sich vertiefen, entsteht bald eine Anhäufung kernhaltiger Kugeln. Die männlichen Sterne werden zum Centrum einer Protuberanz in allen Fällen, wo sie bei dem Eintritt der Furchung sich noch nicht getheilt haben; aber die erste Furchung schliesst kaum früher als nach Theilung aller Sterne ab.

„Die Eier, welche diese tiefe Störung bei der Furchung darbieten, entwickeln sich nachher harmonischer als man es erwarten sollte. Die Zahl der Eier, welche zu Grunde gehen, ehe das Larvenstadium erreicht wurde, ist oft sehr klein, und die anderen entwickeln sich gleichzeitig nach gewissen wenig veränderlichen Regeln. Die zahlreichen durch die ersten Furchungen entstandenen Kugeln theilen sich in je zwei und ordnen sich in eine zusammenhängende Schicht um eine grosse centrale Höhle. Die Oberfläche überzieht sich mit Flimmerhaaren und die Planula beginnt zu schwimmen; aber die Form bleibt unregelmässig und statt an die Oberfläche des Wassers zu steigen, begnügen sich die Larven meist nahe dem Grunde herum zu schwimmen. In der Zeit, wo die normalen Larven die „Gastraea“-Gestalt annehmen, zeigen die monströsen mehrere Einstülpungen statt einer (Taf. IV, Fig. 7, JJ); sie sind Polygastraeen. Die Zahl der Einstülpungen ist sehr veränderlich sowie die Lage und Gestalt derselben; bemerkenswerther Weise sind sie so tief und so eng am Eingange, dass man nicht einen Augenblick an einfache Faltungen der Wand denken kann; es handelt sich hier in der That um wirkliche Einstülpungen.

„Um die teratologische Tragweite dieser vielfachen Einstülpungen gut würdigen zu können, müsste man vor Allem die Beziehung zwischen der Zahl derselben und derjenigen der männlichen Sterne wissen, welche das Ei nach der Befruchtung einschloss. Ich besitze leider keine eigenen ausreichenden Beobachtungen, um diese Frage mit Sicherheit zu entscheiden; alles, was ich sagen darf, ist, dass die mittlere Zahl der Einstülpungen, die ich bei einem Theil der Larven antraf, sehr genau mit der mittleren Zahl der Sterne übereinstimmte, die ich vorher in denselben Eiern beobachtet hatte. Die angedeutete Zahlenbeziehung ist also wahrscheinlich, aber nicht exact bewiesen. Jedenfalls dürfen wir

die wichtige Thatsache als sicher annehmen, dass die Eier, welche mehr als ein Spermatozoon erhalten haben, doppelt so viele Furchungsfragmente erzeugen, als sie im normalen Verlaufe in derselben Periode auftreten und nachher monströse Larven liefern; und dass diese Monstrosität in der Wiederholung eines primitiven Organes besteht, welches unter normalen Verhältnissen einfach bleiben soll.

„Diese monströsen Larven gehen alle zu Grunde, nachdem sie die beschriebene Phase erreicht haben; es ist mir wenigstens nicht gelungen, sie aufzuziehen. Man sollte aber hieraus nicht voreilig den Schluss ziehen, dass sie nicht lebensfähig wären; denn man weiss, dass selbst die normalen Larven der Seesterne und Seeigel in Gefangenschaft schwer zu züchten sind und unter diesen Bedingungen nie über einen gewissen Punkt in der Entwicklung hinauskommen. Dies ist umsomehr zu bedauern, als die Gestalt, welche das ausgewachsene Thier annehmen würde, das grosse Interesse noch vermehren müsste, welches sich an diese missbildeten Embryonen knüpft.“

In der Deutung der Erscheinungen möchte ich mit Hermann Fol nicht ganz übereinstimmen und eine wichtige Consequenz ziehen, die Fol selbst nicht erkannte, weil er einen männlichen nicht copulirten Stern auch als Ursache einer Einstülpung betrachtete. Alle Sterne, welche sich nach der Befruchtung im Ei theilten und zum Aufbaue der Polygastraea beitrugen, sind meiner Ueberzeugung nach conjugirte Kerne. Da sich Fragmente von dem weiblichen Pronucleus ablösen können und Nichts uns berechtigt, diesen Fragmenten bestimmte Grösse oder bestimmten Aggregatzustand zuzuschreiben, so ist es möglich, dass sich sehr kleine, blasse Fragmente des weiblichen Pronucleus der Beobachtung entziehen und also sehr wahrscheinlich, dass die Polygastraea ein Multiplum mit einander verwachsener Individuen darstellt, deren jedes durch geschlechtliche Zeugung entstanden ist. Dies wird begreiflich, weil nach der von mir vor Kurzem entwickelten Hypothese das Ei kein Individuum ist, sondern ein Multiplum von Keimen enthält. Das grosse Gewicht der oben angeführten Entdeckung Hermann Fol's ist also nach meiner Auffassung darin zu suchen, dass jedes Ei, das wir bisher als eine Einheit auffassten, vielen Individuen den Ursprung geben und dies bis zu einem gewissen Grade

durch experimentellen Eingriff künstlich veranlasst werden kann.

Niemand wird sich vorstellen wollen, dass das Spermatozoon eigentlich den Keim enthalte und das Ei nur ein geeigneter Nährboden sei. Diese Annahme ist unmöglich, weil die Kinder in gleichem Maasse von Vater und Mutter beeinflusst sind. Man muss sich nothwendig Spermatozoon und Ei als zwei im Wesentlichen gleichartige, eine neue Einheit zeugende Potenzen denken.

Man erkennt demnach, dass Fol's Experimente, sowie die meinigen über den Einfluss der Schwerkraft auf die Entwicklung des Embryo zu demselben Resultat führen, demzufolge das Ei und der Homologie halber also auch das Spermatozoon einer Vielheit von Individuen entsprechen. Es müssen nun die Bedingungen gefunden werden, von denen es abhängt, ob ein oder mehrere Embryonen aus einem Ei hervorgehen. Sowohl Fol's als meine Erfahrungen bieten hier schon manchen Anhalt zu Hypothesen, die nicht weiter für jetzt verfolgt werden sollen.

Festhalten kann man aber noch immer das Princip des Dualismus für die Zeugung, indem man sich vorstellt, dass unter den sehr vielen Keimen immer je zwei sich vereinen, richtiger gesagt, auf einander wirken, die überschüssigen ledigen wahrscheinlich zu Grunde gehen.

Wenden wir uns nunmehr zu der Erklärung der morphologischen Thatsachen, so finden Viele, dass sie widerspruchsvoll sind. Aber Thatsachen sind nie widerspruchsvoll — wir haben nur das wahre Gesetz noch nicht erkannt. Die Zeugung ist ein physiologischer Vorgang, bei dem es sich um die specifischen Wirkungen der Molecüle und Atome auf einander handelt, welche unabhängig von dem Aggregatzustande sind, also einem allgemeinen morphologischen Gesetze nicht unterthan sein müssen. Man wird für die Zeugung vielleicht niemals eine anatomische Definition finden, weil es principiell keine geben kann.

Erwägt man, dass jeder Punkt in unserem Organismus beeinflusst ist sowohl von dem Spermatozoon als dem Ei, aus dem wir entstanden sind, so ist es klar, dass die Zeugung die absoluteste Mischung der Substanz des Spermatozoons mit der des Eies voraussetzt. Wenn also während des Zeugungsactes — der so lange dauert, bis die beiden Zellen Eine geworden sind, d. h. von dem Moment der Berührung des Dotters durch den Kopf des

Spermatozoons bis zur Entstehung des ersten Furchungskernes — die Materien des Spermatozoons und des Eies sich moleculär vermischen, so ist dies schwer anders zu verstehen, als unter der Voraussetzung, dass wenigstens in gewissen Perioden flüssiger Aggregatzustand der zeugenden Stoffe vorhanden ist. Die eigentlichen Keime können ja sehr wohl chemische Molecüle von bestimmter Constitution sein. Offenbar muss das Spermatozoon die ihm zukommende Organisation aufgeben, um integrierender allgegenwärtiger Theil des neuen Organismus zu werden, und das Gleiche gilt für das Ei. Nothwendig existirt eine Periode innerer Umlagerung der Molecüle, und sicher auch eine theilweise der Atome. Während dieses Zustandes der Umwälzung ist keine Organisation vorhanden. Die Substanz ist also während des eigentlichen Zeugungsactes nicht Zellsubstanz und nicht Kern, sondern werdender Urstoff. Dass dies principiell richtig, kann kaum zweifelhaft sein; wahrscheinlich vollziehen sich allerdings diese Processe nicht gleichzeitig auf allen Punkten des Zeugungsgemisches.

Diese Betrachtung zeigt, dass das Geformtsein, resp. der feste Aggregatzustand des Spermatozoons ebensowenig als die Flimmerbewegung eine principielle physiologische Nothwendigkeit sind. Beide Eigenschaften des Spermatozoons ermöglichen unter gewissen Bedingungen den Transport der männlichen Keimmaterie zu dem Dotter. Wo dieser Nothwendigkeit auf anderem Wege genügt werden kann, dürfen Flimmerbewegung und fester Aggregatzustand in Wegfall kommen.

Einen für die Beurtheilung der vorliegenden Frage wichtigen Beitrag liefert das Verhalten des Pollenkornes bei der Befruchtung der phanerogamen Pflanzen. Elfving¹⁾ erklärt auf Grund der eingehendsten Untersuchungen, dass der Zellkern des Pollenschlauches vor der Befruchtung in dem ihn umgebenden Protoplasma verschwinde. Sogar Eduard Strasburger²⁾, welcher an so vielen Orten, wo man früher freie Zellbildung annahm, die Tochterkerne als morphologische Derivate von Mutterkernen nachgewiesen hat, erkennt an, dass der Zellkern im Pollenschlauche

1) Friedrich Elfving, Jenaische Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaften XIII, p. 1, 1879.

2) Eduard Strasburger, Ueber den Bau und das Wachsthum der Zellhäute, Bonn 1882, p. 251.

vor der Befruchtung nicht mehr von ihm habe nachgewiesen werden können. Besonders instructiv sind diejenigen Pollenkörner, die sehr zahlreiche Schläuche treiben. Statt dass der Zellenkern viele junge Tochterkerne aus sich erzeugt, verschwindet er total in dem umgebenden Protoplasma. „Es ist somit,“ sagt Strasburger, „nicht nothwendig, dass der Zellenkern in ursprünglicher Form den Pollenschlauch passire.“ Strasburger macht aber, um die freie Zellbildung auszuschliessen, die Annahme, dass der Kern des Pollenschlauches in kleine (aber nicht nachgewiesene) Körner zerfalle, die sich zur Bildung eines Spermakernes im Ei wieder sammeln sollen. „Eine freie Kernbildung ist ja sonst nirgends mehr im Pflanzenreiche gegeben und liegt es daher nahe, zunächst auch hier von anderen Erklärungsannahmen auszugehen“¹⁾. Dieser Fall beweist jedenfalls die Zerstäubung des männlichen Kernes in viele minimale Partikeln vor der Befruchtung ohne Verlust der ihnen zukommenden specifischen Wirksamkeit. Hier tritt thatsächlich eine Desorganisation des Kernes schon vor der Befruchtung zum Zwecke der Ueberführung der befruchtenden Materie an den Ort ihrer Bestimmung ein.

Die Lösung des scheinbaren Widerspruchs, der aus der Befruchtung der Phanerogamen hervorzugehen schien, führt uns zur Erörterung einer Reihe merkwürdiger, von Eduard Selenka²⁾ und Anton Schneider³⁾ gefundener Thatsachen, die mit der Theorie von Oscar Hertwig unvereinbar sein sollen, weshalb die Einen an dieser, die anderen an den Thatsachen zweifeln. Die Eier vieler Thiere sollen normal nicht durch ein, sondern mehrere, ja viele Spermatozoen zu regelrechter Entwicklung befruchtet werden können. Dies ist meiner Auffassung nach keineswegs unverträglich mit den Principien der Zeugung.

Wenn nach Strasburger's Ansicht der Kern des Pollenschlauches, der auch ein Multiplum von Keimen repräsentirt, zer-

1) Ed. Strasburger, Ueber den Bau und das Wachsen der Zellhäute, Bonn 1882, p. 250.

2) E. Selenka, Zool. Studien I, Leipzig 1878. — Beobachtungen über die Befruchtung und Theilung des Eies von *Toxopneustes*, Vorl. Mittheil. Erlangen 1877; Zool. Studien II, Leipzig 1881, p. 10.

3) Anton Schneider, Das Ei und seine Befruchtung, Breslau 1883, p. 25 (Eindringen vieler Samenfäden bei *Nephelis sexoculata* und *octoculata*; und p. 34 bei *Piscicola geometrica*).

stäubt werden kann vor der Befruchtung in viele Partikelchen, die sich nachher im Ei wieder zum „Spermakerne“ sammeln, so steht nichts im Wege sich zu denken, dass viele Spermatozoen, nachdem sie im Dotter theilweise oder ganz gelöst oder zerstäubt wurden, sich zu einem Spermakerne vereinen. Es ist ja möglich, dass bei manchen Thieren das einzelne Spermatozoon im Vergleich zum Ei so arm an Keimen ist, dass zur Herstellung des normalen Gleichgewichts eine grössere Zahl von Spermatozoen die Befruchtung vollziehen muss.

Sollte aber auch nicht überall ein Spermakern gebildet werden, so würden wir uns denken, dass eine diffuse Wolke von Molekeln die Functionen des „Spermakerns“ sehr wohl übernehmen kann. Es ist mit Einem Worte eine zeitweise Verdichtung der Substanz des Spermakernes für secundäre Zwecke vielleicht vortheilhaft — wesentlich ist sie nicht, weil die Zeugung die Disgregation der Molekeln verlangt — den Gegensatz der Verdichtung.

Am genauesten sind bisher die Veränderungen untersucht, welche das Spermatozoon der Seesterne und Seeigel beim Eindringen in das Ei erleidet, und mögen deshalb jetzt noch eine kurze Besprechung finden.

Hier sind wieder ganz besonders lehrreich die künstlichen Befruchtungsversuche, welche Hermann Fol¹⁾ mit den Eiern von *Asterias glacialis* und *Toxopneustes lividus* angestellt hat. Kaum ist das Spermatozoid mit dem Dotter in Berührung gekommen, so bildet sich sofort eine Haut, welche denselben, vom Orte des Eintritts an beginnend, mit äusserster Schnelligkeit ganz und gar umgibt. Sobald diese, wie es normal der Fall, vollständig entwickelt ist, kann kein zweites Spermatozoon zutreten.

Da nun sofort mit der ersten Berührung des Dotters das Spermatozoon seine scharfen Conturen verliert, sich an Volum verkleinert und seine eiförmige Gestalt in verschiedenster Weise ändert, ohne dass man es mit amöboiden Bewegungen zu thun hat, da dasselbe ferner immer schwächer lichtbrechend und blässer wird²⁾, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass jene den Dotter umgreifende Membranbildung durch eine bereits stattgehabte Beimischung von Substanz des Spermatozoons zu dem Dotter

1) Hermann Fol, a. a. O., p. 91 u. ff.

2) Hermann Fol, a. a. O., p. 92 u. ff.

bedingt ist; ja die thatsächlichen Erscheinungen sprechen entschieden dafür, dass auch der Kopf, der wesentlich Kernsubstanz enthält, Materie an den Dotter abgibt, ehe von einer Copulation des „Eikerns“ mit dem „Spermakern“ gesprochen werden kann, die sich ja erst längere Zeit nach dem Eintritt des Spermatozoons vollzieht.

In dem Maasse als das Spermatozoon im Dotter sich weiter verkleinert und abblasst, umgibt es sich mit einem ganz structurlosen körnerfreien Hofe, als ob es zu einem flüssigen Tropfen geschmolzen wäre, der hyaline Strahlen in den Dotter sendet. Schliesslich scheint das Spermatozoon ganz in diesem männlichen Stern (dem Spermakern) aufgelöst, und es fragt sich, was von den Körnchen und Fäserchen, welche die das Nuclein fällenden Reagentien in dem „Spermakern“ zur Ansicht bringen, präexistirt hatte oder als Kunstproduct betrachtet werden muss. Es ist also wohl die Möglichkeit vorhanden, dass der „Spermakern“ sich auch im flüssigen Aggregatzustande befinde.

Die Kenntniss des Aggregatzustandes dieser sogenannten Kerne ist von principieller Wichtigkeit, weil, wie schon Kant richtig hervorhebt, das Flüssige nicht organisirt sein kann.

Nach der heutigen Auffassung der Morphologen ist man geneigt, alle Vermehrung der Zellen auf Zellentheilung zurückzuführen. Der Kern jeder Tochterzelle ist dann ein Stück des Kernes der Mutterzelle. Dieses Stück ist und war grossen Theils im festen Aggregatzustand und organisirt.

Die freie Zelltheilung kann aber nicht gestrichen werden; die Annahme ihrer Existenz ist eine philosophische Nothwendigkeit. Denn Niemand bezweifelt, dass die langsame Metamorphose aller Organismen, wodurch allmählich neue Arten hervorgebracht werden, auch jetzt noch besteht, wie in der Vergangenheit und weiter bestehen wird in der Zukunft. Wer wird behaupten wollen, dass kernlose Monerenarten der heutigen Lebewelt nicht übergehen werden und jeden Tag übergehen können in kernhaltige.

Wenn also auch die Fälle, welche früher als Beispiele für freie Zellbildung beigebracht worden sind, nicht mehr gelten, so existirt die freie Zellbildung doch, und sie wird besonders erwartet werden können bei den niedersten Organismen und den ersten Anlagen der Organisation der anderen lebendigen Geschöpfe.

Wo aber in einer Zelle aus gelöster Substanz eine Kernmasse sich niederschlägt, gleichsam herauskrystallisirt, haben wir es mit freier Zellbildung zu thun, mag auch der Kernstoff von dem Mutterkern durch Lösungsprocesse entnommen sein. Bei der freien Zellbildung leitet sich also die organisirte Substanz des jungen Kernes direct von nicht organisirter, d. h. gelöster Materie ab. Der neue Kern ist mit einem Wort kein morphologisches Derivat des alten Kernes.

Betrachten wir von diesem Gesichtspunkte die Entstehung des Muttersterns, aus dem sich durch gewöhnliche Zelltheilung die sogenannten Richtungskörperchen bilden, so ergibt sich, dass diese Frage einer erneuten Untersuchung bedarf.

Obwohl Oscar Hertwig und Hermann Fol wie es scheint mit allgemeiner Zustimmung der Morphologen sich schliesslich dahin entschieden haben, dass bei der Zeugung die Continuität der Zelltheilung nicht unterbrochen wird, die sogenannten Richtungskörperchen also durch einen Process gemeiner Zelltheilung aus dem Keimbläschen hervorgehen, glaube ich trotzdem, dass der Beweis für die Continuität organisirter Kernsubstanz nicht erbracht ist. Diese Frage wird von den Autoren kaum berührt, obwohl sich vor der Bildung der Richtungskörper Kernsubstanz des Keimbläschens in Massen auflöst, was von Allen bezeugt wird.

Hier liegt die Entscheidung, ob freie Zellbildung oder Zelltheilung vorliegt.

Sollte, was ich für sehr möglich halte, durch künftige Untersuchungen der Beweis erbracht werden, dass die Kernsubstanz der Richtungskörper kein morphologisches Derivat der Kernsubstanz des Keimbläschens ist, dann ist der Mutterstern der Richtungskörper ein „Urstern“ und die Ontogenese würde eine befriedigende Erklärung finden.

Im Anfang der Dinge entstanden Keime — Molecüle, die in Lösung waren — Urstern.

Die flüssige Masse organisirte sich, wuchs und vermehrte sich durch Theilung.

Dann bildete sie Zellkerne und die Zellen vervielfältigten sich durch Theilung und Knospung auf ungeschlechtlichem Wege — das ist repräsentirt in der Ontogenese durch die Bildung der Knospen, welche von den Richtungskörpern ausgehen.

Es lässt sich denken, dass durch allmähliche Differentiation sich Verschiedenheiten zwischen den Zellen der einzelnen Arten ausbildeten, die zur Conjugation führten, d. h. zur ersten geschlechtlichen Zeugung.

Demnach muss erst nach der Ausstossung der sogenannten Richtungkörper die Befruchtung des Eies durch das Spermatozoon folgen.

Die Schwierigkeiten, welche meinem Deutungsversuch aus der gegenwärtigen Auffassung der Botaniker erwachsen, unterschätze ich auch keineswegs.

Aber wie lange ist bis fast in die neueste Zeit von den besten Beobachtern das Keimbläschen mit dem Eikern bei den Thieren verwechselt worden. Wie leicht kann sich eine vielleicht sehr kurze Periode in der Entwicklung des pflanzlichen Eies der Beobachtung entziehen, wo ein Kern sich löst und sofort ein gleich aussehender wieder erscheint. Sehr schwer wird geradezu der Nachweis dieser Periode, wenn nur für einen Moment die Kernsubstanz flüssigen Aggregatzustand annimmt, um sofort sich wieder zu organisiren. Damit wäre dem Princip genügt. Dass in dem thierischen Ei, nachdem es wie z. B. beim Menschen Jahrelang in den Ovarien ohne wesentliche morphologische Aenderung seines Charakters verharrte, kurze Zeit vor dem Befruchtungstermin plötzlich ein Process neuer Gestaltung und Knospung anhebt, muss eine tiefere Bedeutung haben, die in den gegenwärtigen Auffassungen nicht gefunden werden kann.

Sollte meine Vermuthung durch die Zukunft verificirt werden, so wäre ein starkes Argument für die These geliefert, dass die geschlechtliche Zeugung erst lange Zeit nach der Entstehung der lebendigen Natur sich entwickelt hat.

Ehe ich weiter gehe, wird es zweckmässig sein, einige bei den obigen Betrachtungen als richtig vorausgesetzte Thatsachen geschehener Einsprache halber genauer zu rechtfertigen.

Da Anton Schneider in seiner soeben erschienenen Monographie die Umwandlung des Spermatozoons in einen „Spermakern“ mit Bestimmtheit in Abrede stellt, so müssen die Gründe angegeben werden, weshalb wir an den Angaben von Oscar Hertwig innerhalb gewisser Grenzen festgehalten haben.

1. Bei den Seesternen und Seeigeln erscheint nach Hert-

wig und Fol der Spermakern im Eidotter immer erst nach dem Zusatz der Spermatozoen und ist seine Bildung unzweifelhaft durch sie veranlasst.

2. Dieser „Spermakern“ verschmilzt mit dem „Eikern“, was Oscar Hertwig direct sah und Hermann Fol bestätigte. Da nun der eine Kern sicher ein Bestandtheil des Eies ist, nemlich der Eikern, so ist die Wahrscheinlichkeit eminent gross, dass es sich hier wirklich um eine ächte geschlechtliche Copulation handelt, der andere nach der Befruchtung auftretende „Kern“ also in der That das männliche Princip zum grossen Theil repräsentirt.

3. Hermann Fol hat gefunden, dass auf der Oberfläche des Dotters, wo ein Spermatozoon eingedrungen ist, eine eigenthümlich gestaltete Hervorragung, die er „Exsudationskegel“ nennt¹⁾, zurückbleibt und zu der Zeit noch sichtbar ist, wo die männlichen Sterne beziehungsweise die sogenannten „Spermakerne“ schon erscheinen. In denjenigen Fällen, wo mehrere Spermatozoen in das Ei eindringen, stimmte nun die Zahl der Exsudationskegel mit der Zahl der darauf entstehenden männlichen Sterne überein.

4. Walther Flemming²⁾ hat die Eier im Augenblick der Befruchtung getödtet und gefärbt. Er vermochte so die einzelnen Stadien der Umwandlung des Spermatozoon's im Dotter zu verfolgen. Anton Schneider³⁾ bestreitet Flemming's Angaben. Flemming sah das Spermatozoon mit hellem Hof, Strahlenkranz, ohne Schwanz, in verschiedenen Stadien seiner Auflösung, was sicher beweist, dass das Gebilde wirklich im Dotter war. Irgend ein ungünstiger Umstand muss Schneider an der Gewinnung positiver Präparate gehindert haben. Die Correctheit von Flemming's Angaben kann ich deshalb nicht wohl bezweifeln.

5. Oben habe ich bereits gezeigt, in wiefern das Eindringen mehrerer Spermatozoen und das bei gewissen Thieren behauptete Fehlen des „Spermakernes“ mit den Principien der Zeugung nicht unverträglich ist.

1) Hermann Fol, a. a. O. p. 92.

2) Walther Flemming, Beiträge zur Kenntniss der Zelle und ihrer Lebenserscheinungen, III. Theil. Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. 20, 1881, Taf. I.

3) Anton Schneider, Das Ei und seine Befruchtung, p. 48 ff.

Ein Theil der Controversen ist durch die Unsicherheit der Zellenlehre bedingt.

Die Morphologen sind aus guten Gründen uneinig über die Definition des Zellkerns, indem die Einen die Kernmembran zu dem Protoplasma, die anderen zu dem Kerne rechnen. Dies ist insofern nicht gleichgültig, als damit die Frage verknüpft ist, ob der Kernsaft identisch sei mit der Lösung, welche die Fasern des Protoplasma umspült und durchtränkt, und ob Protoplasmafasern sich direct fortsetzen können bis in die Interstitien zwischen die geformten Fasern und Körner des Kernes. Letzterer Auffassung gemäss würde die Vacuole in der Zellsubstanz, welche einen Haufen Nucleiareicher Fasern und Körner, das heisst den wahren Zellkern beherbergt, mit Unrecht als Zellkern bezeichnet werden. Flemming behauptet, dass der Kopf des Spermatozoons **im** Kern durch Gestaltung der festen Substanz desselben entsteht. Es bleibt dann räthselhaft, woher nach meiner Entdeckung die krause Flimmerflosse des Spermatozoon's von *Bombinator igneus* stammen soll, die sich über den ganzen spindelförmigen Kopf von der Spitze bis zum Ansatz des Schwanzes hinzieht und doch offenbar ein protoplasmatisches Gebilde ist, wie ja alle Flimmerhaare sicher als Fortsätze des Protoplasma's erkannt sind.

Das Spermatozoon von *Bombinator igneus* beweist, dass der Samenfadencopf kein Zellkern, geschweige denn ein Theil des Zellkerns, sondern eine Zelle ist. Auch die eminente Contractilität des ganzen Kopfs deutet, abgesehen von der Flimmerkrause, nicht darauf hin, dass man es nur mit Kernsubstanz zu thun hat. Die Beobachtungen Flemming's müssen also entweder die Deutung erfahren, dass das gewundene Gebilde „im Kern“, welches er für den Kopf des Spermatozoons hält, nur des Kopfes Kern ist, welcher letztere später nach Schwund der Kernmembran einen protoplasmatischen Ueberzug erhält; oder es besteht das gewundene Gebilde „im Kern“, welches er aus Kernsubstanz bestehen lässt, aus einem Gemenge von Kernsubstanz und Protoplasma, weil vielleicht die Ansicht richtig ist, dass die Kernmembran noch zu dem Protoplasma gehört, dieses also eventuell bis in die Interstitien der geformten Kernsubstanz eindringen kann.

Da thatsächlich, wie allgemein zugegeben, das ganze Spermatozoon eine Zelle ist und der männliche Stern durch Metamor-

phose des Spermatozoons entsteht, so muss er, falls er einen Kern besitzt, selbstverständlich auch eine Zelle sein.

Der männliche Stern erscheint aber ohne Reagentien wie ein structurloser durchsichtiger Eiweisstropfen, der gleichbeschaffene Strahlen in den Dotter sendet. Dringen viele Spermatozoen ein, so bildet sich eine grosse Zahl derartiger Sterne im Dotter. Wie viel nun vom Dotter zu diesen Zellen, die wir Sterne nennen, gerechnet werden muss, lässt sich nicht angeben. Jedenfalls enthält der Dotter viele indifferente Nährstoffkörnchen, in denen die hyalinen Sterne liegen. Mögen nun auch feine Strahlen derselben den ganzen Dotter durchsetzen, wir haben kein Recht etwas anderes für das umgewandelte Spermatozoon zu halten, als die strahlende Substanz. Wo ist nun der Zellenkern dieses männlichen Sterns? Wenn Säuren eine Rinde fällen auf der Oberfläche des Centralkörpers des Sternes, so weiss man doch, dass auf dieselbe Weise eine nackte Zelle eine künstliche Membran, also auch Zellsubstanz auf ihrer Oberfläche durch Säure sehr scharfe Conturen erhalten kann. Ein scharfer nach Säuren in dem Dotter auftretender Contur genügt nicht, um den umschlossenen Inhalt deshalb als Kern zu charakterisiren. Im hellen Centralkörper des männlichen Sterns erscheinen Häufchen von Körnern und Fäserchen durch Reagentien und scheinen die wesentlichen Theile des Kernes zu sein. Doch ist die Präexistenz nicht absolut sicher.

Man weiss also nicht, ob der männliche Stern — weil kernlos — eine Monere ist oder — weil kernhaltig — eine Zelle. Ist er aber eine Zelle, so fehlt uns ein Anhalt, was als Zellkern und was als Protoplasma betrachtet werden muss. Wenn Fol tadelt, dass Oscar Hertwig den Sperma- resp. Eikern bald eine Vacuole, bald einen Kern nenne, so ist zu bedenken, dass dieser Forscher bald sich leiten liess durch die Thatsache, d. h. den unmittelbaren sinnlichen Eindruck, bald durch die Theorie, die er sich gemacht hatte. Diejenigen, welche den ganzen hyalinen hellen Fleck im Dotter als Zellkern bezeichnen, sind den Beweis für diese Auffassung vor der Hand noch schuldig.

Bei der Verschmelzung des sogenannten Sperma- und Eikernes handelt es sich also thatsächlich nur um die Wahrnehmung der Copulation von Zellen, beziehungsweise von Substanzen, deren morphologische Bedeutung nicht sicher gestellt ist. Auch liegt

keinerlei Beweis vor, welcher eine Vermischung von Zellsubstanz des Eies mit Kernsubstanz des Spermatozoons ausschliesse.

Mag nun der Spermakern und Eikern mit den zugehörigen Strahlen als ächte Zelle oder Monere betrachtet werden, so ist dies für die phylogenetische Deutung der Ontogenese von geringerer Wichtigkeit, sobald die geschlechtliche Zeugung erst secundär entstanden ist. Im Gegensatz hierzu erscheint die Ableitung der Richtungskörper von fundamentaler Tragweite und verlangt noch eingehendere Untersuchungen, als sie bis jetzt vorliegen. Bald wird die Kernspindel der Richtungskörper ausserhalb, bald innerhalb des Keimbläschens, bald mit einem Monaster, bald mit einem Diaster beginnend geschildert, sodass das Bedürfniss nach näherer Aufklärung wohl motivirt ist.

Sieht man unter dem Mikroskop die Kernspindel der Richtungskörper scheinbar als Theil des Keimbläschens, so kann sie in einer Grube ihm nur anliegen und ihr ein Zustand vorausgegangen sein, wo nur eine Strahlung da war, vielleicht, wie es Oscar Hertwig glaubte, ausserhalb des Keimbläschens. Ist aber selbst die Spindel primär wirklich im Keimbläschen, so entscheidet dies noch keineswegs das Princip. Dies wird erst gesichert, wenn absolut feststeht, ob im Anfang eine oder zwei Strahlungen da sind und wie die organisirte Kernsubstanz dieser Strahlungen von der organisirten Kernsubstanz des Keimbläschens abgeleitet werden muss. Dabei bleibt festzuhalten, dass die allgemeinen Gesetze der Zelltheilungen keineswegs nicht Gesehenes bei der Bildung der Richtungskörper ergänzen können, weil man bei der Entstehung der ersten morphologischen Aenderungen vor und während der Befruchtung des Eies nicht berechtigt ist, dieselben Principien vorzusetzen, welche nach der Befruchtung sich geltend machen.

Sollten künftige Forschungen entgegen unserer Erwartung den unanfechtbaren Beweis erbringen, dass in der Entwicklungs-geschichte der Eier und Ureier die Continuität der Zelltheilung niemals durchbrochen wird, so würde ich stark bezweifeln, dass es kernlose Moneren gibt, ja dass kernlose lebendige Materie jemals existirt hat. Bei der ursprünglichen Entstehung des Lebens müsste sich die Differentiation in Kern und Protoplasma schon in dem ersten aller Organismen vollzogen haben.

Schliesslich möchte ich mich noch mit einigen Worten über das Wesen der Zeugung aussprechen. Gerade das thierische Leben gewährt den leichtesten Einblick, weil die individuelle Lebensdauer im Allgemeinen viel kürzer und der Stoffwechsel einfacher ist als bei den Pflanzen.

Die chemische Arbeit in der Gewichtseinheit lebendiger thierischer Materie hat in der Jugend ihre höchste Intensität, nimmt dann ab, wird im Alter sehr klein und erlischt mit dem Tode. Es vermindern sich also fortwährend die Molecüle mit freien Affinitäten — die „activen“¹⁾, und es vermehren sich die „geschlossenen“. Es muss demnach zur Erhaltung des Lebens ein reciproker Process bestehen, der geschlossene in offene („active“) Molecüle verwandelt. Die Aufschliessung der gebundenen Affinitäten der Keime ist also das Wesen der Zeugung.

Da jede chemische Wechselwirkung zweier Molecüle chemische Affinitäten frei macht und auch andere Agentien wie Electricität, Wärme und Licht das Gleiche vermögen, so liegt keine Schwierigkeit in dem Gedanken, dass durch die Einwirkung des männlichen Keimes auf den weiblichen irgendwie die geeignete Aufschliessung geschehe.

Zum Aufschliessen chemischer Affinitäten durch chemische Kräfte sind mindestens zwei Arten irgend wie verschiedener Molecüle nöthig. Dies ist der Sinn der Zahl 2 für die Zeugung.

Dass nun das Kind die Eigenschaften von Vater und Mutter hat, ist implicite erklärt in dem, was ich über Vererbung²⁾ entwickelte. Indem ich die Kenntniss des citirten Aufsatzes voraussetze, füge ich noch folgende Ausführung bei.

Muskel-, Nerven-, Drüsenmolecüle prägen aus dem Nährstoff ihres Gleichen. Das Blutroth aller Thiere ist überall sehr nahe, aber nicht ganz dieselbe Substanz, weil die Krystallformen ver-

1) Hierher rechne ich auch die Molecüle, die wie z. B. Cyanwasserstoff, Nitrile, Aldehyde u. s. w. sich leicht so verhalten, als ob sie freie Affinitäten besässen, obwohl die heutige Auffassung sie den geschlossenen Molecülen zuweist. Der durch Abkühlung bedingte Stillstand der Lebensprocesse, welche durch Erwärmen wieder beginnen, weist auf die Gegenwart derartiger Molecüle hin.

2) Dies Archiv, 1883, Bd. XXXII, p. 67 ff.

schieden. Aber es bildet sich sicher in jedem Thier immerfort nur das in bestimmtem System krystallisirende Molecül des Blutrothes, beziehungsweise dessen Stammolecül identisch wieder. Das lebendige Molecül oder die lebendige Molecülgruppe hat also die Fähigkeit, der todten Molecülgruppe d. h. dem Nährstoff ihren Stempel aufzudrücken, sie zu ihres Gleichen zu machen, während sie dieselbe in ihre Gesellschaft, d. h. in das Reich des Lebendigen aufnimmt.

Indem nun nach diesem Princip männlicher und weiblicher Keim im Acte der Zeugung aufeinander wirken, werden sie, weil gleich berechtigt, sich gegenseitig ihre Eigenthümlichkeiten aufzwingen. Da so zwei nahezu gleichbeschaffene Keime entstehen, drängt sich die Frage auf, ob sie zwei gesonderte Individuen auch nach der Befruchtung bleiben, da wir ja ohnehin in dem Ei und Spermatozoon viele Keime annehmen. Lässt man die Hypothese des Getrenntbleibens für einen Augenblick zu, so würden daraus einige Consequenzen gezogen werden können.

Denkt man sich, dass die Keime, welche dem Spermatozoon entstammen, eine gewisse specifische Eigenthümlichkeit gegenüber den Eikeimen auch nach der Befruchtung behaupten, so folgt, dass bei der Entstehung der Geschlechtsorgane im Embryo zwei Arten von Keimen sich entwickeln werden: Nachkommen der Spermatozoen (des Vaters) und der Eikeime (der Mutter). Also würde jeder Organismus primär hermaphroditisch sein.

Wenn beide Keimarten sich zu vermehren anfangen, so wirken sie auf den Stoffwechsel des Organismus zurück und modificiren die Zusammensetzung der Säfte. Nun scheint es, dass sehr oft die durch Samenzellenvegetation bedingte Umstimmung des Organismus hemmend auf die Entwicklung der Eier wirke und umgekehrt das Wachsen von Eimassen die Ausbildung der Samenzellen beeinträchtige. Folglich entsteht das Geschlecht, welches den mit grösserer Lebensenergie ausgerüsteten Keimen entspricht. Da aber die männlichen und weiblichen Keime im Mittel dieselbe Lebensenergie besitzen, so müssen der Regel nach gleichviel Männchen und Weibchen entstehen; denn die realen Werthe schwanken um das Mittel.

Wenn viele Keime in Ei und Spermatozoon angenommen werden, so fragt es sich, was geschehen wird, wenn die Zahl bei-

der Arten ungleich ist, der Ueberschuss der Befruchtung also entgeht. Diese letzteren werden der Regel nach oder vielleicht immer zu Grunde gehen.

Ich sage der Regel nach und muss diesen Satz mit einigen Worten begründen. So lange von den Zoologen und Botanikern die Parthenogenesis festgehalten wird und die Möglichkeit ihres Bestehens nicht in Abrede gestellt werden kann, folgt, dass die Keime reifer Eier sich durch Generationen vermehren können, ohne dass eine Befruchtung stattfindet. Man darf die ledig bleibenden Keime also nicht ohne Weiteres als dem Untergang bestimmt ansprechen. Diese der Befruchtung entgehenden Keime würden den einseitigen Rückschlag bei der Bastardirung, wenn er wirklich rein existirte, sehr schön erklären.

Cytisus Adami Poiret, Bastard von *Cytisus Laburnum* und *Cytisus purpureus* bringt einzelne Aeste hervor, welche denen vom gewöhnlichen Goldregen (*C. Laburnum*) oder denen von *C. purpureus* so sehr gleichen, dass sie für identisch erklärt worden sind. Diese Aeste bringen Samen hervor, während der Bastard sonst unfruchtbar ist ¹⁾. C. v. Nägeli bezweifelt trotzdem den wirklichen Rückschlag, weil zuweilen nur einzelne Blütenblätter oder bloss die halben Blütenblätter in der genannten Richtung variiren. Naudin hat beobachtet, dass die Fruchtkapseln eines Bastards von *Datura Stramonium* und *Datura laevis* auf der einen Seite stachelig, auf der anderen glatt waren. Der Samen der stacheligen Seite brachte *Datura Stramonium*, der der glatten Seite *Datura laevis* hervor. C. Nägeli, dem ich diesen wunderbaren Fall entnehme, fragt, ob hier wohl ein wirklicher und vollständiger „Rückschlag“ erfolgt sei ²⁾. Es müsste von ausserordentlicher Tragweite sein, wenn ein vollständiger „Rückschlag“ irgendwo bewiesen würde. Man könnte diese Fälle als Folge der durch Generationen sich weiter vermehrenden Keime ansehen, die der Befruchtung entgingen. — Uebrigens würde ein reiner „Rückschlag“ sogar ohne ledige Keime begreiflich sein, weil bei der Bastardirung die Befruchtung sehr leicht versagt, so dass in demselben Ei neben ge-

1) Carl von Nägeli, Theorie der Bastardbildung. Sitzungsberichte d. kgl. baier. Akad. d. Wissensch. zu München, Jahrg. 1866, Bd. I, p. 125.

2) C. v. Nägeli, a. a. O. p. 127.

paarten Keimen ungepaarte männliche und weibliche nebeneinander denkbar sind.

Da nun aber doch keine absoluten Beweise wirklichen reinen „Rückschlages“ vorliegen, bei genauerer Untersuchung die ganz durchgreifende Regel uns in den Nachkommen die Eigenschaften aller Vorfahren aufzuweisen scheint, so ist die Fortentwicklung der bei der Befruchtung ledig bleibenden Keime in den Geschlechtsorganen oder dem Organismus überhaupt vor der Hand unwahrscheinlich.

Die Kinder derselben Eltern gleichen oft theils fast ganz dem Vater, theils fast ganz der Mutter. Offenbar sind die Keime in einem Eie einander sehr ähnlich, aber nicht absolut identisch. Es gibt wie bei allen Individuen der Natur stärkere und schwächere. Ebenso verhält es sich mit dem Spermatozoon. Nach der Befruchtung wird also das Ei Keime enthalten, die viel näher der väterlichen, und ebensolche, die viel näher der mütterlichen Constitution sind. Indem diese sich nun in den Generationen forterben, wird scheinbarer Rückschlag recht wohl verständlich.

Das allmähliche, fast vollständige Zurückkehren der Nachkommen fruchtbarer Bastarde zu den reinen Stammformen folgt aus der durch natürliche Züchtung bedingten grösseren Existenzfähigkeit derjenigen Keime, deren Organisation sich den Stammformen am meisten nähert. Nur durch ein Zusammentreffen zufälliger günstiger Umstände kann die Bastardorganisation überhaupt existenzfähig sein. Der lebensfähige, vielleicht sogar fruchtbare Bastard stellt eine sehr zweckmässige grosse Variation dar, die nicht in natürlicher Züchtung ihre Erklärung findet, weshalb das verhältnissmässig häufige Auftreten solcher Organisationen höchst merkwürdig und von grosser philosophischer Tragweite ist.

Wenden wir uns nach dieser Abschweifung in das Gebiet der Zeugungsprincipien zurück zu der speciellen uns hier beschäftigenden Frage über die Ursache des paradoxen Verhaltens der Eier der *Rana arvalis*, die mit Samen der *Rana fusca* befruchtet wurden, so wäre zunächst die Theorie Born's einer Erörterung zu unterziehen.

Born stützt sich auf die Beobachtungen von Oscar Hertwig¹⁾

1) Oscar Hertwig, Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruch-

und Hermann Fol¹⁾, denen zu Folge das Eindringen mehrerer Spermatozoen in das zu befruchtende Ei unregelmässige Furchung und Missbildungen veranlasst.

Erwägt man, dass nach den mit den Entdeckungen Pringsheim's übereinstimmenden Resultaten Fol's²⁾ die Schnelligkeit, mit welcher sich nach dem Eindringen des Spermatozoon's um den Dotter eine abschliessende Membran bildet, die wesentlichste Bedingung für den Ausschluss nachfolgender Spermatozoen ist, so erklärt sich allerdings, dass bei der Bastardbefruchtung leichter eine Ueberbefruchtung sich vollziehen kann, weil die Energie der Bildung der abschliessenden Membran vielleicht herabgesetzt ist oder fehlt.

Bei genauerer Erwägung aller Verhältnisse scheint es indessen, als ob diese Theorie zur Erklärung der regelwidrigen Bastard-Furchung nicht immer ausreiche. Selbst in der Periode der Hochbrunst und unter den günstigsten Versuchsbedingungen bleibt eine sehr grosse Zahl von Eiern unbefruchtet, was nicht für eine Disposition zur Aufnahme überschüssigen Samens spricht. Sehr concentrirter Same, also ganz ungewöhnlich grosse Mengen von Spermatozoen sind, wie Born gezeigt hat, öfters nöthig, um überhaupt eine Befruchtung zu erzielen. Ferner tritt die Unregelmässigkeit der Furchung gerade da am entschiedensten auf, wo recht viele Eier keine Einwirkung erfahren, obwohl möglichst günstige Bedingungen im Uebrigen vorhanden sind. Es drängt sich bei allen Bastardirungsversuchen der Verdacht heran, dass dem fremden Samen eher ein besonderes Hinderniss im Wege steht, um zu dem Eie vorzudringen. Dr. Smith hat, wie oben berichtet, direct gesehen, dass die Spermatozoen der *Rana esculenta* sich nicht durch die ganze Gallerthülle der Eier von *Bombinator igneus* zu bohren vermochten, sondern im günstigsten Falle

tung und Theilung des thierischen Eies. Morphol. Jahrbücher, Bd. I, 1876, p. 383 u. 384. — Derselbe, Weitere Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies. Morphol. Jahrbücher III, 1877, p. 275. — Derselbe, Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thier. Eies. Morphol. Jahrbücher IV, 1878, p. 195.

1) H. Fol, Recherches sur la Fécondation. Genève 1879, a. a. O.

2) H. Fol, a. a. O. p. 94.

schon auf halbem Wege stecken blieben, während die Spermatozoen des *Bufo vulgaris* bis zur Eihaut vordrangen.

Es müssen deshalb auch Fälle vorkommen, wo die Spermatozoen stecken bleiben, obwohl schon die Spitze des Kopfs in den Dotter eingedrungen ist, während der übrige Theil des Kopfes noch in der Eihaut und der umgebenden Gallerte haftet, in welcher letzteren sich dann natürlich auch der Schwanz befindet. Oder es ist bei Vorhandensein einer Mikropyle denkbar, dass die Spitze des Kopfs eindringe und den Dotter erreiche, der dickere Theil des Kopfs aber wegen Enge der Mikropyle sich festkeilt.

Da nun wie Fol¹⁾ eingehend und überzeugend beschreibt, das Spermatozoon augenblicklich von dem Dotter angegriffen wird, sobald es mit diesem in Berührung kommt, so müssen solche Fälle zu einer „fractionirten“ Befruchtung führen.

Es ist nach den früheren Darlegungen zulässig, sich vorzustellen, dass der in den Dotter eingedrungene Theil des Kopfes eines plötzlich festgehaltenen Spermatozoons, in Partikel zerfallen, resp. abschmelzen kann, um die Bedingung zu abnormer Furchung zu geben.

Diese Erklärung der regelwidrigen Bastardfurchung durch fractionirte Befruchtung macht die sonderbare Thatsache begreiflich, dass man bei den Bastardfurchungen gar keine Regeln finden kann. Jedes Ei furcht sich so zu sagen in anderer Weise, vielleicht, weil die Menge der Spermasubstanz jedesmal eine andere ist.

Wenn diese Vorstellung sich als richtig erweisen sollte, so folgt, dass Bastardirung gar nicht nothwendig erscheint, um höchst regelwidrige Furchung zu erzielen. — Ich habe in der That reichlich Gelegenheit gehabt, mich zu überzeugen, dass die Befruchtung der Eier der Feuerkröte mit normalem Samen derselben Art die regelwidrigsten Fragmentirungen erzeugt, wenn den Eiern zu wenig Wasser gegeben worden ist. Hierbei bleibt die das Ei umhüllende Gallerte sehr steif und es lässt sich denken, dass es den Spermatozoen öfters begegnet, beim Versuch in den Dotter vorzudringen, hängen zu bleiben. Die bei vielen zu trocken gehaltenen Eiern ausbleibende Befruchtung deutet auch darauf hin, dass der Zutritt der Spermatozoen erschwert ist.

1) H. Fol, a. a. O. p. 91 ff.

Wenn uns die auffallende Thatsache, dass die Bastardirung zwischen den nächst verwandten Batrachiern theils zu normalen, theils zu den abnormsten Entwicklungen führt, zu obigen Erklärungen zwang, so dürfte es sehr wahrscheinlich sein, dass die irreguläre Furchung sowohl als der ganz negative Erfolg bei der Kreuzung der Anuren nur solchen secundären Complicationen ihren Ursprung verdanken. Das wahre Gesetz ist wahrscheinlich: reciproke Fruchtbarkeit bei Allen mit normaler Furchung und — mit seltenen Ausnahmen — Absterben während der ersten Entwicklung. Ob sich dieses Gesetz auch bis zu der Kreuzung der Anuren und Urodelen erstreckt, können wir natürlich nicht behaupten.

Wir glaubten die eingehende Erörterungen der vorliegenden Experimente sowohl der Klärung des Gebietes halber als darum gerechtfertigt, weil sie der Prüfung durch das Experiment zugänglich sind. Allerdings eignen sich hier weniger die Eier der Batrachier als vielmehr die der Echinodermen, welche der eine von uns (S.) zu diesem Zwecke der weiteren Untersuchung zunächst zu Grunde legen wird.
