© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;download www.zobodat.at

4. Über die Frage der geschlechtlichen Vermehrung bei den Thieren.

Von Nic. Kulagin, Professor in Moskau.

eingeg. 15. November 1898.

Alle Beobachtungen, welche bisher über die Frage der Entwicklung der Geschlechtsproducte im Thierreich existierten, lassen sich in Folgendem zusammenfassen:

1) bei einigen Thieren entwickeln sich die Geschlechtsproducte aus dem Ectoderm,

2) bei anderen aus dem Mesoderm,

3) bei den dritten, welche den größten Theil bilden, aus dem Entoderm.

4) Ferner giebt es Beobachtungen, daß die Geschlechtsorgane sich aus den ursprünglichen Zellen durch Theilung des Eies und nicht aus den embryonalen Keimblättern bilden. Folglich beginnt ihre Anlage in einem sehr frühen Entwicklungsstadium des Embryo. Beispiele einer frühen Anlage der Geschlechtsorgane finden wir bei sehr vielen Thieren, z. B. bei *Sagitta*, *Cyclops*, *Lernaea branchialis*, dem Fisch *Micrometrus aggregatus* und anderen.

5) Endlich bei der Pferdeascaride (*Ascaris megalocephala*) haben wir nach den Beobachtungen von Boveri einen Fall sehr früher Anlage der Geschlechtsorgane.

Bei der Furchung des Eies in zwei Zellen oder Blastomere kann man zwei verschiedenartige Zellen unterscheiden: eine von ihnen behält, bei der folgenden Furchung in zwei Zellen, in jeder von ihnen die unveränderte Quantität des Kernstoffes Chromatin bei. Zur Zeit der Theilung der anderen Zellen entsteht eine Reduction des Chromatins, eine Abwerfung der verdickten Enden, der sogenannten Chromosomen. Bei der weiteren Theilung der zwei nicht reducierten Zellen bleibt nur eine ohne Reducierung. Alle übrigen erscheinen mit reducierten Kernen oder den sogenannten somatischen Zellen. Die nicht reducierten Zellen bilden den Ursprung der Geschlechtsorgane der gegebenen Art; aus den reducierten Zellen bilden sich die Gewebe und die Organe des Embryo. Hieraus ersieht man den Unterschied zwischen den Geschlechts- und den somatischen Zellen.

Die ersten erhalten ihr ganzes Chromatin gleich dem Ei und sind daher fähig einen ganz neuen Organismus zu erzeugen. Die zweiten, die somatischen, haben mit dem Verlust eines Theiles des Chromatinstoffes auch einige Eigenschaften der ersteren verloren. Sie geben den Ursprung den Geweben und den Organen des gegebenen Organismus, aber sie können keinen neuen Organismus erzeugen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;download www.zobodat.at

Der angedeutete Unterschied in der Entstehungsfrage der Geschlechtsorgane scheint mir ganz verständlich. In der That eine ganze Reihe von Arbeiten der letzten Zeit über die Experimentalembryologie von Roux, Driesch und Anderen, bringen uns zur Überzeugung, daß der Ursprung dieses oder jenes Organs bei den jetzt lebenden Thieren durchaus nicht von den Zellen oder den embryonalen Keimblättern, welche diese Organe erzeugen, sondern von dem Einfluß äußerer Factoren, welche die ersten Momente des Embryos bedingen, abhängt. De facto sehen wir freilich oft, daß die embryonalen Keimblätter: Ectoderm, Mesoderm und Entoderm, den Ursprung nur einem streng bestimmten Complex von Organen geben, aber das kommt, wie die schon angedeuteten Untersuchungen zeigen, durch die mechanischen, — im vollen Sinne des Wortes — Bedingungen der Entwicklung des Embryo, welche sich in jedem gegebenen Fall wiederholen. Hieraus geht hervor, daß von diesem Standpunct aus keine Frage über den wesentlichen Unterschied der Embryonalblätter aufgeworfen werden kann, und folglich auch keine Frage über die Verschiedenheit des Ursprunges der Geschlechtsorgane aus diesem oder jenem Blatt aufkommen kann.

Ferner wird der schon oben angeführte Unterschied der Entstehung der Geschlechtsorgane durch die Entstehungsgeschichte der Thiere erklärt. Der weltberühmte Naturforscher Charles Darwin schreibt: »ich vermuthe, daß die Thiere von nicht mehr als vier oder fünf Voreltern entstanden sind, die Pflanzen jedoch von ebenso viel oder noch weniger Vorfahren herstammen«. Lassen wir die Frage über die Anzahl der Vorfahren der jetzt lebenden Thiere, die zu ihrer Lösung einstweilen nur wenig Daten bietet, bei Seite, so haben wir jedenfalls einigen Grund zuzulassen, daß die Unterscheidung der jetzigen Formen des Thierreichs von den ursprünglichen Vorfahren mehr oder minder ganz im Anfang des organischen Lebens auf der Erde entstand, dann konnten auch Embryonen ganz verschiedener Typen, Classen und Ordnungen entstehen; es konnten möglichen Falls Repräsentanten einiger Thierfamilien erscheinen, welche bis heute noch in unveränderter Form bestehen. In der That, nur durch Zulassen dieser Hypothese wird die Annahme des Überganges der Organe von einer Function zur anderen, mit vollständig anderem Zweck, überflüssig, einem Übergang, der von dem heutigen Standpunct der Physiologie und der Morphologie schwer zulässig ist. Weiter ist es selbstverständlich, daß zu Anfang der Entstehung des organischen Lebens auf der Erde, die ersten Vorfahren der jetzigen Formen keine angesammelten erblichen Eigenschaften besitzen, und daß auf diese Weise ein freies Feld für verschiedene Varianten oder Abweichungen vom

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;download www.zobodat.at

ursprünglichen Typus entstand. Je weiter sich ein Kennzeichen in der Rasse forterbt, sagt Darwin, desto sicherer erbt es sich auch später fort. Die ersten Organismen besaßen keine erblichen Kennzeichen, haben sich daher elastischer erwiesen bei dem Einfluß äußerer Factoren.

Endlich, wenn wir die Möglichkeit der Entstehung der verschiedenen Typen und sogar Familien schon ganz im Anfang des organischen Lebens auf der Erde in Betracht ziehen, und auch, daß damals eine raschere Complication der Organisation, die Herkunft gewisser Formen von anderen möglich war; wenn wir dieses Alles in Betracht nehmen, werden uns solche Thatsachen, wie die Entdeckung in den ältesten Schichten der Erdkruste ganz ausgebildeter Repräsentanten vieler Arten von Trilobiten, Echinodermen, Insecten und anderen, verhältnismäßig hoch organisierten Wesen, von denen noch viele bis heute in unverändeter Form vorkommen, klar.

Aus dem Angeführten erhellt, daß die Verschiedenartigkeit in der Organisation der Repräsentanten des Thierreiches vom ersten Moment ihrer Entstehung begann. Folglich kann auch keine Rede sein von der Entstehung der einen Organe aus den anderen, von der völligen Homologie der Anlage und der Entwicklung verschiedener Organe, darunter auch von den Geschlechtsorganen im ganzen Thierreich. Bei verschiedenartigen Gruppen des Thierreiches konnten vom ersten Moment ihres Auftretens die Geschlechtsanlagen verschiedenartig beginnen. Die offenbare Homologie in dem Ursprung und der Entwicklung der Organe bei Thieren verschiedener Ordnungen und Classen läßt sich, wie auch im ersteren Fall, durch die Convergenz, durch die bei Weitem nicht scharf unterschiedenen Bedingungen erklären, unter deren Einfluß die gegebenen Processe vor sich giengen und gehen.

Was die Frage über die Entstehung der Geschlechtselemente aus den ursprünglichen Theilungszellen anbetrifft, so wäre vom aprioristischen Standpunct aus eine solche Lösung derselben sehr wünschenswerth. In der That haben wir unter genannter Vorbedingung bei der Entwicklung des Embryo zwei Gruppen von Zellen, von denen die eine die ganze ihr innewohnende Energie zum Bau des gegebenen Organismus verwendet, während die andere dieselbe Energie zur Zeit der Entwicklung des Organismus beibehält und sie dann zur Erhaltung des Geschlechtes des Organismus verwendet. Es ist daher nicht zu verwundern, daß diese Hypothese von vielen Embryologen anerkannt wird und daß man sie als maßgebend betrachten möchte, ja daß man schon oft versucht hat sie auf das ganze Thierreich auszubreiten. Gegen diese letzten Voraussetzungen sprechen unstreitig Thatsachen,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;download www.zobodat.at

und zwar gewichtige. Erstens, die frühzeitige Ausscheidung der Geschlechtselemente aus den Theilungszellen findet bei verhältnismäßig sehr wenig Formen statt und zwar bei hoch differenzierten. Die niederen Metazoen, bei denen dieser Proceß als Ausgangspunct sich mehr oder minder bemerkbar äußern sollte, bilden in dieser Hinsicht gerade eine Ausnahme. Außerdem läßt sich die besagte Hypothese, die Embryonalblätter als sehr früh specialisierte, Organe zu betrachten, was wir schon früher erwähnt haben, nicht ganz durch die neuesten Errungenschaften der experimentellen Embryologie bestätigen.

Endlich schreibt Boveri die entscheidende Bedeutung in der Frage über die Entstehung der Geschlechtselemente der großen Menge Chromatin zu, welche sich in der Zelle, dem Stammhalter der Geschlechtselemente, befindet. In dieser Beobachtung glauben einige Embryologen den Schlüssel zur Frage über die Genesis der Geschlechtsproducte für das ganze Thierreich gefunden zu haben. Dem kann man aber schwerlich zustimmen. Es ist vom theoretischen Standpunct aus kaum zulässig, daß solch grober Factor, wie eine größere Quantität Chromatin, eine so ausschließliche und wichtige Rolle in der Frage der Erhaltung des Geschlechts der Organismen spielen kann. Anderntheils widerlegen die Versuche von Balbiani über die Infusorie *Stentor* direct die angeführten Beobachtungen. Aus den Versuchen von Balbiani geht hervor, daß die Quantität der Kernmaterie keinen Einfluß, weder auf den Grad der Vollkommenheit, noch auf den Gang der Entstehung hat, und daß ein Theil des Kernes, so wie auch der ganze Kern, in dieser Hinsicht von gleicher Bedeutung sind. Hierdurch wird es schwer den Versuchen von Boveri die hervorragende wissenschaftliche Bedeutung beizumessen, welche er und seine Nachfolger ihnen in der Frage über die Entstehung der Geschlechtselemente im Thierreich zuzuschreiben bemüht sind. Aus Allem was oben über die Frage von der Genesis der Geschlechtselemente gesagt ist, folgt die Nothwendigkeit, für den Augenblick nicht die monophyletische, sondern die polyphyletische Entstehung zuzugeben. Folglich existiert keine vollkommene Homologie zwischen den Geschlechtselementen verschiedener Repräsentanten des Thierreiches.

Die Frage der Entwicklung der Eier und Samenkörper wird jetzt allseitigen Forschungen unterworfen. Besondere Aufmerksamkeit wird hierbei auf den Bau der Kerne der Stammzellen der Geschlechtsproducte gerichtet. Leider können alle bisherigen Forschungen über diese Frage kaum eine entscheidende Bedeutung haben.

Die meisten von ihnen sind an einer verhältnismäßig geringen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;download www.zobodat.at

Zahl von Objecten gemacht worden. Carnoy und Lebrun[1] haben z. B. nur zehn Eier vom Axolotl untersucht, wobei auch unter dieser Anzahl Untersuchungen verschiedenartige Varianten vorkommen. Außerdem wurden bei der Untersuchung dieser Frage, durch diesen oder jenen Autor, verschiedene Methoden der Bearbeitung und der Färbung gebraucht, was selbstverständlich nicht ohne bedeutenden Einfluß auf die verschiedenen Bilder des Baues und der Veränderungen des Embryobläschens blieb. So kommt es, daß jeder folgende Autor seinen Vorgänger verbessert. Endlich die Autoren selbst, wie z. B. Rossi, erachten die Figuren, welche im Embryonalbläschen des Eies entstehen, für eine anormale Erscheinung.

Daraus ist ersichtlich, daß es unmöglich ist allgemeine Schlüsse in Betreff der Veränderungen des Kernes der Eizellen für das ganze Thierreich oder für einzelne nahestehende Gruppen zu ziehen. Die positive Seite derartiger Untersuchungen besteht darin, daß sie einiges Material zur Bearbeitung der Structur des Embryonalbläschens des Thiereies liefern. Man könnte auch sagen, daß sie auf eine Reihe von Reactionen hinweisen, welche zwischen zwei complicierten Stoffen stattfinden: dem Protoplasma des Eies und seinem Kern. Bis jetzt jedoch kann dieses Material weder auf physischem noch auf chemischem Weg erklärt werden, daher es wohl schwerlich eine wissenschaftliche Bedeutung haben kann.

Die weitere Stufe in der Entwicklung des Eies bildet das Reifen. Dieser Proceß besteht darin, daß ein Theil des Keimbläschens nach außen gedrängt wird. Die Menge des ausgeschiedenen Chromatins ist bei verschiedenen Thieren ungleich. Bei der Ascaride des Pferdes bleibt nach der Ausscheidung der Richtungskörperchen nur ein Viertel der ursprünglichen Menge übrig.

Bei der Maus findet man nach den Untersuchungen von Sobotta[2] zuweilen zwei, zuweilen ein Richtungskörperchen und daher schwankt natürlich die Menge des Chromatins. Bei sehr vielen anderen Thieren enthält das Ei nach der Bildung der Richtungskörperchen zweimal so wenig Chromatin als es früher enthielt. Schließlich ist es bei der Mehrzahl der Thiere sehr schwer, die Frage über die Menge des ausgeschiedenen Chromatins mit Genauigkeit zu lösen: man muß die Anzahl der Chromosome in der Spindel des Kernes zählen, was zu großen Widersprüchen führt.

Sobotta empfiehlt mit Unterbrechungen zur Erholung zu zählen, und jedes Mal die Resultate zu notieren, aber auch unter dieser Be-

---

[1] Carnoy, J. B. et H. Lebrun, La cytodiérése. La Cellule. Bd. XIV (cit. nach Zoolog. Centralblatt 1898. No. 12/13).

[2] Sobotta, Die Befruchtung des Eies der Maus. (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 45.)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;download www.zobodat.at

dingung schwankt die Zahl der Chromosome bei den Mäusen zwischen 12—15. Tafani zählt bei demselben Thier mehr und zwar bis 20. Holl zählt 18, vermuthet aber, daß es ihrer 24 seien. Übrigens sind die Differenzen in den von den Richtungskörperchen ausgeschiedenen Mengen Chromatin ganz verständlich. Einstweilen wissen wir, daß ein Theil des Kernes sowie der ganze Kern, gleiche Bedeutung hat, und die Frage über die Quantität des durch die Polarkörper ausgeschiedenen Chromatins sollte, von meinem Standpunct aus, keine große Bedeutung haben.

Am richtigsten wäre es, die Ausscheidung der Richtungskörperchen als Knospung des Eies zu betrachten. Das Ei ist eine Zelle, obwohl eine specialisierte, und deshalb sind ihm alle Zellprocesse eigen, und unter anderen auch der Theilungsproceß. Das Vorhandensein des Dotters im Ei ist wahrscheinlich die Ursache davon, daß die Theilung der Eizellen in Form von einer Knospung vor sich geht. Wie jede Theilung der Zelle, so steht auch die Bildung der Richtungskörperchen in Verbindung mit den allgemeinen Lebensbedingungen des Organismus. Ich habe die Eier vieler Insecten und Ziesel, welche lange Zeit gehungert hatten, untersucht, und fand bei ihnen nur ein Richtungskörperchen, statt zwei, vor. Offenbar hat die ungenügende Ernährung des Organismus im gegebenen Fall ihren Einfluß auf die Theilung der Eizellen ausgeübt. Daß wir es hier mit einer gewöhnlichen Zellentheilung zu thun haben, zeigt die Fähigkeit der Richtungskörperchen sich ihrerseits wiederum zu theilen.

Viele Forscher haben bei der Entwicklung der Spermatocyten, sowie auch beim Reifen der Eier auf eine Reduction des Chromatins hingewiesen. Leider lassen sich, wie mir scheint, aus all' diesen Untersuchungen keine allgemeinen Schlüsse bezüglich der Menge des reducierten Chromatins ziehen. Erstens finden wir in den Untersuchungen über diese Frage Varianten bei ein und demselben Thier, wie in der Anzahl der Chromosome und auch in ihrer Lage. Bei der weißen Maus z. B. geht, nach den Untersuchungen von Prof. Lukianoff[3], der Theilung der Spermatocyten der ersten Ordnung eine Verdoppelung der Anzahl der Chromosome voraus, so daß zuletzt nach der zweiten Theilung sich eine Reduction ihrer Anzahl im Verhältnis von 4 : 1 bemerkbar macht. Beim größten Reichthum an Chromatinelementen enthält der Kern 24 Chromosome und bei der größten Armuth an demselben 6 Chromosome. Die 6 Chromosome kommen in den Kernen, den Spermatidzellen vor, welche sich in Spermatozoiden verwandeln. Es ist interessant darauf hinzuweisen, daß die 24 Chromo-

---

[3] Biolog. Archiv (russisch). Bd. 6. No. 3. 1898.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;download www.zobodat.at

some sich zuweilen in sechs vierfache Gruppen sondern. Die bezeichnete Menge Chromosome bleibt nicht immer dieselbe. Man hat schon Kerne gefunden, welche 16 paarige Chromosome enthielten. Auch die Lage der Chromosome bei ein und demselben Thier ist verschieden: bald vertheilen sie sich, wie schon gesagt, in vierfache Gruppen, bald federartig.

Zweitens giebt es Hinweise darauf, daß die Bildung der Spermatocyten aus den Spermatogonien zu verschiedenen Jahreszeiten verschieden ist. So entstehen, nach der Ansicht von Flemming, im Herbst die vielkernigen Spermatogonien nicht auf directem Wege bei der Theilung der Kerne, während in einer anderen Jahreszeit das Umgekehrte stattfindet.

Folglich kann von einer regelrecht correcten Reduction im letzteren Fall nicht die Rede sein. Wahrscheinlich geht bei der Entwicklung des Eies und des Spermatozoids eine ebensolche Reduction des Chromatins vor sich wie bei der Bildung anderer Gewebe des Organismus; mir wenigstens ist es, wie weiter unten ersichtlich, gelungen, etwas Ähnliches bei der Entwicklung von Organen aus den Imaginal-Disken bei den Hymenopteren zu beobachten. Die Quantität des reducierten Chromatins schwankt bei ein und demselben Thier und wird vielleicht durch die individuellen Eigenschaften des gegebenen Organismus bedingt. Als Beweis dient uns dazu, wie schon erwähnt worden ist, die Anzahl der Polarkörper bei hungerleidenden Thieren. Endlich, was den Gang des Reductionsprocesses anbetrifft, so ist er bei ein und demselben Thier verschieden, und diese Verschiedenheit wird entweder durch die Eigenschaften des Organismus selbst, oder durch die Bearbeitungsmethode bei der Untersuchung der geschlechtlichen Elemente erklärt. Was die Frage über die Homologie der geschlechtlichen Producte anbelangt, so ist bereits festgestellt, daß die Thiereier sowohl wie die Spermatozoiden Zellen sind, und daß folglich in morphologischer Beziehung beide Elemente homolog sind. Selbstverständlich wird durch solch eine Homologie das Wesen der Frage noch wenig aufgeklärt: es giebt verschiedene Zellen. Daher muß bei Reflectionen über Homologie zwischen Ei und Spermatozoid die Frage hervorgehoben werden, ob diese Elemente nach ihrem Ursprung homolog sind und auf welcher Entwicklungsstufe eine strenge Sonderung der Keimzeichen der geschlechtlichen Elemente bei den beiden Geschlechtern vor sich geht. Leider ist diese Frage bis jetzt noch wenig aufgeklärt. Es ist festgestellt, daß zu Beginn der Entwicklung der Geschlechtszellen die männlichen und die weiblichen ganz gleich sind. Ferner hat man darauf hingewiesen, daß die Geschlechtszellen doppelt so viel Chromosome, wie die übrigen Zellen des Organismus enthalten. End-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;download www.zobodat.at

lich wurde, auf Grund der Untersuchungen über die Entwicklung der Geschlechtsproducte bei *Ascaris megalocephala*, darauf hingedeutet, daß so, wie bei der Entwicklung der Spermatozoiden aus einer Mutterzelle, sich vier Spermatozoiden bilden, wobei jedes von den Spermatozoiden nur ein Viertel des Chromatins enthält, welches die Mutterzelle enthielt, so auch aus der Muttereizelle ein befruchtungsfähiges Ei und zwei Richtungskörperchen entstehen, von denen eins sich seinerseits wiederum theilt. Das Ei enthält somit ein Viertel des ursprünglichen Chromatins der Mutterzelle.

Leider können wohl schwerlich alle Beobachtungen der neuesten Zeit eine allgemeine Bedeutung für das ganze Thierreich haben. Erstens ist die Zahl derartiger Beobachtungen noch sehr gering und überdies sind sie nicht gleichartig, so z. B. werden im Ei eines und desselben Thieres bald ein, bald zwei Richtungskörperchen beobachtet. Dieser Körper kann sich theilen oder auch nicht etc. Daraus geht hervor, daß die Menge des Chromatins im Ei bei ein und demselben Subject bald die Hälfte, bald ein Viertel beträgt. Ferner wird im gegebenen Fall eine wichtige Bedeutung nur einem Theil des Kernes, dem Chromatin, zugeschrieben, und wahrscheinlich wohl deshalb, weil bei der Bearbeitung der Praeparate mit verschiedenen Reagentien dieser Stoff schärfer ins Auge fällt. Der Kern aber enthält eine ganze Reihe anderer Stoffe, und es giebt keine Beweise dafür, daß das Chromatin im gegebenen Fall eine praevalierende Bedeutung hat. Die Bedeutung dieser anderen Stoffe bei der Entwicklung der Geschlechtsproducte, z. B. die Reduction des Achromatins und des Cytoplasma bei der Entwicklung der Spermatozoiden bei den Spinnen, geht ganz anders vor sich als man sie beobachtet hat bei der Entwicklung des Eies. Ferner wurden die oben angeführten Messungen des Chromatins nur der Länge und der Breite nach vollzogen, was selbstverständlich noch bei Weitem keinen Begriff von der wirklichen Menge dieses Stoffes giebt. Außerdem ist es, wie mir scheint, sehr schwer die richtige Quantität des Chromatins zu berechnen: einer von den neuesten Forschern auf dem Gebiet der Entwicklung des Eies von *Ascaris megalocephala*, Sabaschnikoff[4], schreibt unter Anderem: »typische Chromosome finden sich nur in dem Ovogonium. In allen übrigen Kernen sehen wir nur Chromatinfäden, einzelne Microsome, Stücke von Chromatin, eigenartige Gruppen aus zwei und vier Chromomicrosomen, viertheilige Chromatin-Ösen, welche aus einem Stück bestehen, viertheiligen Bogen und endlich eine typische quaternäre Gruppe«.

---

[4] Sabaschnikoff, M., Beitr. zur Kenntnis d. Chromatinreduct. in der Ovogenese von *Ascaris megalocephala*. Bull. d. la Soc. Natur. de Moscou. 1897. No. 1.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;download www.zobodat.at

Ungenauigkeiten im Bestimmen der Quantität des Chromatins sind unter solchen Bedingungen sehr leicht möglich, mögen die Eier als flache Praeparate oder in Durchschnitten untersucht werden.

Endlich das Unterscheiden der Geschlechtszellen von den somatischen Zellen auf Grund der Verdoppelung der Anzahl der Chromosome wird nicht immer durch Thatsachen bestätigt. Nach meinen noch nicht veröffentlichten Beobachtungen an Insecten enthalten die Zellen der Imaginalscheiben doppelt so viel Chromatin wie die Definitivzellen, welche von ihnen herstammen. Folglich sehen wir im gegebenen Fall dieselben Beziehungen zwischen den ausschließlich somatischen Zellen, welche wir auch zwischen den Geschlechts- und somatischen Zellen vorfinden.

So beruht heut zu Tage die Frage über die Homologie zwischen Ei und Spermatozoid auf einem sehr allgemeinen Gesichtspunct. Eier und Spermatozoiden sind im Anfang ihrer Entwicklung sehr ähnliche Zellen, sowohl in der Structur, als auch in der Entwicklung, und gleichen im Anfang ihrer Entwicklung auch anderen Zellen des Organismus. Ihre Kerne unterscheiden sich sehr wenig bei der größten Anzahl der Thiere von den Kernen anderer Zellen, weder durch ihre Bestandtheile noch in der Größe. Die Structur der Kerne und die Quantität ihrer inneren Bestandtheile sind bei ein und demselben Thier, wie wir schon gesehen haben, verschiedenen Modificationen unterworfen. Sie unterscheiden sich hauptsächlich von den anderen Zellen des Organismus durch die chemische Beschaffenheit ihres Cytoplasma und des Kernes. Darauf weisen die vergleichenden Beziehungen der Geschlechtselemente und der Zellen anderer Organe zu den Reagentien verschiedener Art hin.

Überhaupt darf man, nach meiner Meinung, niemals vergessen, daß die Eier und die Spermatozoiden lebende Elemente sind und daher sich durch den »Stoffwechsel« auszeichnen, wobei immer gewisse Verbindungen entstehen, die sich wieder zersetzen. Die Producte ihrer Zersetzung scheiden sich aus; auf Grund der von außen, in Form von Nahrung, aufgenommenen Stoffe bilden sich neue; durch das Ei fließt so zu sagen fortwährend ein Strom von Stoffen, welcher durch die Entstehung und Zersetzung der Verbindungen bedingt wird, hierbei sind einige Verbindungen wahrscheinlich der ganzen Art gemein, während andere nach den individuellen Eigenschaften des einen oder des anderen Individuums variieren.

Leider ist das Leben des Eies von diesem Gesichtspunct aus noch gar nicht erforscht, und doch liegt in der Aufklärung dieser Processe unstreitig die Lösung der Grundfragen der Biologie. Möglichen Falls könnten wir uns von diesem Standpunct die karyokinetischen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download www.zobodat.at

Figuren in den Kernen der Geschlechtsproducte erklären, welche so verschiedenartig von den jetzigen Embryologen beschrieben werden.

Zur Beantwortung der Frage über die Bewegung des Eies durch das Spermatozoid sind folgende Hypothesen ausgesprochen worden: 1) Nach Pfeffer wird der gegebene Proceß durch die von ihm untersuchte Chromotaxie der Farrenkräuter erklärt. 2) Nach der Meinung von O. Hertwig spielt die Chromotaxie im gegebenen Fall die zweite Rolle; das sieht man, sagt er, daraus, daß die Spermatozoiden nur mit einem Ei einer und derselben Art zusammenfließen und daß die Spermatozoiden einer anderen Art gewöhnlich keine Befruchtung hervorrufen können. Folglich können die gemeinsamen Beziehungen der Geschlechtszellen im gegebenen Fall nicht durch den erregenden Einfluß der ausgeschiedenen chemischen Stoffe erklärt werden. Nach O. Hertwig scheint die Hypothese von Nägeli begründeter, der die Vermuthung ausspricht der geschlechtlichen Attraction liegen electrische Kräfte zu Grunde. Einer solchen Erklärung O. Hertwig's der obigen Hypothese kann ich nicht zustimmen.

Erstens, was die Vermuthung Pfeffer's anbetrifft, so liegt ihr, wie bekannt ist, eine ganze Reihe experimenteller Daten zu Grunde. Anders ist es mit der Ansicht Nägeli's, die nichts weiter als eine Vermuthung ist. Außerdem führt Prof. Borodin mit vollem Recht gegen die Ansicht von Nägeli Folgendes an: »Da es zwei Arten Electricität giebt, eine positive und eine negative, so ist nicht zu begreifen, wie es sich wohl durch electrische Erscheinungen erklären ließe, warum das Ei nur auf die Spermatozoiden derselben Art anziehend wirkt.« Was O. Hertwig's Bemerkung über den Einfluß der Chemotaxie auf die Spermatozoiden nur der einen Art anbetrifft, so kann dieses, meiner Meinung nach, durch specifische Ausscheidungen, welche nur den Eiern einer gewissen Art eigen sind, erklärt werden, Ausscheidungen, welche bei dem jetzigen Stand der physiologischen Microchemie sich schwer der Untersuchung unterwerfen, gegen die aber die Spermatozoiden der gegebenen Art doch empfindlich erscheinen.

In Betreff der Frage über die ausschließliche Bedeutung der Kerne im Befruchtungsproceß muß man vor allen Dingen Folgendes bemerken: erstens wird eine solche Hypothese zwar von vielen, aber lange nicht von allen Embryologen anerkannt. So hält Berg die Chromosome für eben solche Träger der Erblichkeit, wie das Chromatin des Kernes. Haake geht noch weiter, er behauptet, daß die wichtigste Rolle in dem Befruchtungsproceß dem Protoplasma und den Centrosomen zukommt, und daß der Kern hauptsächlich dem Stoffwechsel dient. Andererseits sind die Beweise, die die Anhänger

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;download www.zobodat.at

dieser Hypothese anführen, ziemlich unsicher. So führt O. Hertwig zur Bekräftigung benannter Hypothesen zwei, seiner Meinung nach, sehr wichtige Thatsachen an. Erstens lassen sich, sagt er, zu Gunsten dieser Hypothese die complicierten vorbereitenden Processe des Reifens, welche die Geschlechtszellen durchmachen, anführen. Durch diese Processe wird hauptsächlich erreicht, »daß bei der Befruchtung keine Summierung der Kernstoffe stattfindet, daß aber bei der gegebenen Thierart das bestimmte Maß des Kernstoffes beibehalten werde.« Zweitens spricht für die angeführte Thesis nach O. Hertwig die Befruchtungserscheinung bei den Infusorien. Hierbei legen sich die gleichwerthigen Infusorien für gewisse Zeit an einander, um die Hälften der äquivalenten Kerne auszutauschen. Mit dem Austausch der wandelnden Kerne ist die Befruchtung beendet und die copulierten Infusorien trennen sich wieder.

Was den ersteren, von O. Hertwig angeführten, Beweis anbetrifft, so ist, wie ich schon gesagt habe, die Frage über die Äquivalenz des Kernstoffes, richtiger als der Chromosome und der Spermatozoiden, eine sehr dehnbare und noch lange nicht genau fixiert. Dort, wo diese Äquivalenz besteht, ist sie auf grobe, ungenaue Messungen des Chromatins begründet. Andererseits ist mir ganz unklar, welche Beziehungen zwischen dem bestimmten Maß des Kernstoffes des Eies und des Spermatozoids einerseits und der Bedeutung der Chromosome als allein beim Befruchtungsproceß wirkender Stoffe andererseits besteht. Warum in diesem Fall die Wechselwirkung der übrigen Kernstoffe und der Cytoplasmen des Eies und Spermatozoide ausgeschlossen sind? Gründe giebt es hierfür nicht. Ein zweiter Beweis zu Gunsten der Hypothese O. Hertwig's kann ebenso für die Bedeutung des Protoplasma wie des Kernes im Befruchtungsproceß reden. Nämlich gleichzeitig mit dem Austausch der Kerne geht bei den Infusorien auch die Verbindung des Protoplasma vor sich, und zu bestimmen, was im gegebenen Fall die Hauptrolle spielt, dafür giebt es einstweilen keine Daten.

Ein anderer Anhänger der ausgesprochenen Ansicht über die Bedeutung des Kernes bei der Befruchtung ist Boveri auf Grund seiner Untersuchungen über die Befruchtung der Eier bei den Meerschweinchen. Eine gründliche Kritik dieser Beobachtungen giebt M. Verworn in seinem Handbuch.

Mir scheint, daß bei dem Befruchtungsproceß Kern und Plasma beider Geschlechtselemente die gleiche Rolle zukommt. In der That, das Ei wie das Spermatozoid sind Zellen, welche aus Cytoplasma und Kern bestehen. In jeder Zelle sind diese zwei Elemente so eng mit einander verbunden, daß einerseits der Kern nicht ohne Protoplasma

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;download www.zobodat.at

bestehen kann, und andererseits besitzt das Protoplasma ohne Kern nicht die Fähigkeit zu assimilieren. Jetzt treten diese beiden Elemente mit einander in Verbindung. Das Spermatozoid dringt in das Protoplasma des Eies ein. Es ist unzuläßlich, daß die Cytoplasmen, diese so compliciert zusammengesetzten Stoffe der beiden Geschlechtselemente, unter solchen Bedingungen indifferent gegen einander bleiben sollten, und wirklich wird durch Thatsachen das Gesagte bestätigt. Einerseits wissen wir, daß das Spermatozoid, im Moment seines Eindringens in das Ei, eine Reihe von Reactionen im Cytoplasma hervorruft, wie z. B. das Erscheinen des Gefühlshügels, die Entstehung des Häutchens auf der Oberfläche des Eies und das Strahlenbild im Ei selbst. Andererseits sind uns Thatsachen genau bekannt, wo die Befruchtung nicht von einer Kernergießung begleitet wird, sondern nur von einer Berührung. So ist z. B. die Cytogamie bei vielen Protozoen und einigen Metazoen. So ist denn kein Grund vorhanden, dem Kern eine ausschließliche Rolle im Befruchtungsproceß zuzuschreiben.

Die Frage über das Wesen des Befruchtungsprocesses nähert sich heut zu Tage am meisten der allgemeinen Hypothese und zwar der Anschauung, daß der Befruchtungsproceß hervorgerufen werde durch Reizung des Eies. Dieser Anschauung zufolge kann das Wesentliche im Befruchtungsproceß auf zwei Hauptfactoren zurückgeführt werden: das Spermatozoid ruft beim Eindringen in's Ei einen Reiz hervor und vergrößert dabei die Menge der plastischen Stoffe im Ei. In der That, wenn in physiologisch-specialisierten Organen des thierischen Körpers, wie die jetzigen Physiologen uns lehren, der Reiz unumgänglich die Äußerung ihrer Lebensfähigkeit hervorruft und umgekehrt, jede Äußerung der Lebensfähigkeit dieser Elemente nicht anders als durch Reiz hervorgerufen wird, sind wir dann nicht im Recht auch in Bezug auf das Ei dasselbe vorauszusetzen? Die Entwicklung des Eies ist ebenso gut eine Äußerung seiner Lebensfähigkeit wie die Übertragung eines Impulses eine Äußerung des Impulses der Lebensfähigkeit der Nervenzellen, wie die Ausscheidung in der Lebensthätigkeit der Drüsenzellen ist etc. Die Natur giebt uns ein gut bekanntes Beispiel des natürlichen Reizes des Eies. Überall, wo wir in der Natur Eier antreffen, sehen wir gleichzeitig auch den Befruchtungsproceß. Natürlich dürfen wir die morphologische Seite der Befruchtung nicht außer Acht lassen. Das Spermatozoid, indem es mit dem Ei verschmilzt, vermehrt in demselben die Menge der plastischen Elemente, aber man kann schwerlich zulassen, daß die ganze Bedeutung des Befruchtungsprocesses nur in der Vermehrung der plastischen Elemente im Ei zu suchen sei. Das Spermatozoid, indem es in's Innere des Eies dringt, muß in ihm offenbar einen sehr starken Reiz hervorrufen; vielleicht

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;download www.zobodat.at

wäre sogar dieser Reiz genügend das Ei zur Entwicklung zu bringen; sogar dann wäre ein solcher Fall möglich, wenn das Spermatozoid bei der Befruchtung nicht mit dem Ei verschmelzen würde.

Was den Character des Reizes anbetrifft, welchen das Spermatozoid in dem Ei verursacht, so läßt sich darüber nur eine ganz allgemeine Voraussetzung machen. Das Spermatozoid kann auf den Bestand des Eies auch als Ferment einwirken, und außerdem führt es dem Ei neue chemische Bestandtheile zu, welche in letzterem eine ganze Reihe chemischer Processe hervorrufen.

Indem wir das Wesen des Befruchtungsprocesses vom beschriebenen Standpunct betrachten, wird uns die Parthenogenesis bei den Thieren mehr oder minder klar. Bei den parthenogenetisch sich vermehrenden Thieren treten an Stelle des Reizes, der dem Ei gewöhnlich durch das Spermatozoid zugefügt wird und durch den das Ei sich zu entwickeln beginnt, andere Factoren; den Impuls zur Entwicklung erhält das Ei in diesem Fall von etwas Anderem, aber nicht von den Spermatozoiden. Bei den Blattläusen wird dieser Factor theilweise angedeutet. Wir wissen, daß die Blattläuse bei reicher Nahrung, Licht und Wärme sich parthenogenetisch entwickeln, aber bei Mangel dieser Bedingungen einer Befruchtung bedürfen. Daß es so ist, daß wirklich die Reizung eines Spermatozoids, durch einen anderen Factor ersetzt werden kann, zeigen einige Versuche, welche in letzterer Zeit angestellt worden sind. So hat Prof. Tichomiroff unbefruchtete Eier der Seidenraupe auf $2^1/_2$ Minute in concentrierte Schwefelsäure gelegt und sie erhielten dadurch die Eigenschaften der befruchteten Eier des Seidenspinners. In ihnen entwickelte sich der Embryo. Dewitz legte unbefruchtete Froscheier in eine Sublimatlösung, wonach man in ihnen das Anfangsstadium der Entwicklung von Amphibien sehen konnte. Ich ließ auf unbefruchtete Eier einiger Fische und Amphibien Diphtherieserum einwirken und habe bei vielen den Furchungsproceß gefunden. (Die Einzelnheiten dieser Versuche werde ich publicieren.) Somit gaben in den angeführten Versuchen den Impuls zur Entwicklung der unbefruchteten Eier nicht wie gewöhnlich das Spermatozoid, sondern ganz andere Reagentien, wie Schwefelsäure, Sublimatlösung, Serum. Freilich konnte bei all diesen Versuchen die Entwicklung des Eies nur bis zu einem gewissen Stadium beobachtet werden, aber das ist schon eine ganz andere Frage, die wahrscheinlich vom Character des Erregers selbst abhängt.

Oben ist bemerkt worden, daß das Spermatozoid beim Eindringen in's Ei nicht nur eine Erregung in letzterem hervorruft, sondern ihm auch organisierte protoplasmatische Stoffe zuführt und somit die Quantität der plastischen Elemente vermehrt. Folglich stellt das Ei nach

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download www.zobodat.at

der Befruchtung eine erbliche Masse dar, welche von den Eltern auf die Nachfolger übergeht.

So bekommt die Erblichkeit, — dieser Eckstein in der Frage über die Entstehung der Arten, — im Befruchtungsproceß genau fixierte thatsächliche Grundlagen, vom angedeuteten Standpunct des Befruchtungsprocesses werden uns diejenigen Folgen, welche bei Befruchtung verwandschaftlicher Formen vorkommen, mehr oder weniger klar.

Bei der Befruchtung verwandter Formen ist die Voraussetzung berechtigt, daß ihre Spermatozoiden und Eier von mehr oder weniger gleicher Construction sind, sich so zu sagen mehr oder minder nahe stehen, sowohl nach ihrem molecularen Bau, wie in ihrer chemischen Beschaffenheit. Beim Eindringen in's Ei erzeugt ein solches Spermatozoid keinen genügenden Reiz im letzteren. Er reizt ungefähr ebenso wie die künstlichen Reagentien in Tichomiroff's, Dewitz's und meinen Versuchen, hierdurch entsteht eine anormale Entwicklung der Eier, folglich auch der zukünftigen Nachkommen. Der beschriebene Befruchtungsproceß der Thiere nimmt seinen Ursprung bei den allereinfachsten Organismen, den Protozoen. Die einfachsten Organismen vermehren sich, wie bekannt, hauptsächlich durch Theilung. Den Impuls zu solcher Theilung geben verschiedene Factoren: am häufigsten die Aufnahme von Nahrung, Licht, Wärme.

Ein gesättigter Organismus theilt sich (so z. B. *Monobia confluens*). Bei den anderen niederen, z. B. bei den Cilieninfusorien, sehen wir, daß unter Einwirkung der aufgeführten allgemeinen Factoren, der Theilungsproceß nur bis zu einer gewissen Grenze vor sich gehen kann. Nach einer gewissen Anzahl Zweitheilungen unterscheiden sich schon die Infusorien der n^{ten} Generation von denen, welche ihnen den Ursprung gaben und können an gewissen Kennzeichen erkannt werden; Maupas nennt sie Alterskennzeichen. Diese Infusorien können nicht wachsen und sich nicht vermehren, sogar unter günstigen Bedingungen, wenn nicht eine neue Erscheinung, eine Verjüngung, hinzutritt. Die Verjüngung ist bei verschiedenen Infusorienarten von verschiedenem Character. In ihrem Endresultat läßt sie sich auf eine Combination des Cytoplasma und des Kernes zweier Infusorien verschiedenen Ursprunges zurückführen. Nach solchem zeitweiligen Stoffaustausch verjüngt sich das Infusor und es tritt wieder eine Reihe von Zweitheilungen ein. Ferner finden wir bei den niederen Organismen solche Formen, wie z. B. *Protomyxa*, bei denen die Theilung entweder nach einer reichlichen Ernährung oder nach der Verschmelzung zweier Individuen mit einander vor sich geht. Endlich sind es wiederum die niederen Thiere, die uns Beispiele vorführen, in denen der Vermehrung stets eine Verschmelzung zweier Individuen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;download www.zobodat.at

vorausgeht, wobei entweder nur ihr Cytoplasma oder sowohl das Cytoplasma als auch der Kern verschmelzen[5]. So sehen wir denn bei den niederen Thieren so zu sagen einen allmählichen Übergang von den allgemeinen Factoren, welche den Impuls zur Vermehrung geben, wie z. B. die Ernährung, zu solch speciellem Reiz, wie die Verschmelzung zweier Individuen mit einander.

Der Verschmelzungsproceß kann sowohl als Ernährungsproceß, d. h. als Verschlingung eines Individuums durch das andere, wie auch als die einfachste Befruchtungsform aufgefaßt werden.

Die über die Vermehrung der niederen Thiere angeführten Daten müssen der Erklärung über die Entstehung des Geschlechtsprocesses bei den vielzelligen Thieren (Metazoen) als Grundlage dienen. Die Befruchtung bei den Metazoen ist eine specielle Anpassung, welche den Reiz im Ei zum Zweck seiner weiteren Entwicklung hervorruft. In ihrer einfachsten Form kann sie, wie bereits erwähnt, auf andere Factoren ähnlicher Art, wie z. B. Ernährung, Einwirkung vom Licht oder Wärme u. dgl. zurückgeführt werden.

Was den Befruchtungsact bei den Metazoen, das Eindringen der Spermatozoiden in's Ei anbetrifft, so kann er als Proceß einer Einnahme von Nahrung betrachtet werden, in dem ein Individuum das andere in sich aufnimmt.

5. Due nuovi Rizopodi limnetici (Difflugia cyclotellina — Heterophrys Pavesii).

Von Dr. A. Garbini (Verona).

eingeg. 18. November 1898.

Trovai le due forme in argomento nei saggi di plancton del lago Maggiore raccolti nel settembre ora scorso, e dei quali darò fra giorni particolare relazione negli Atti della Soc. Ital. di Scienze Naturali.

1) *Difflugia cyclotellina* mihi (fig. 1). — In varii saggi di plancton; abbastanza frequente.

Guscio perfettamente sferico, di colore giallo-brunastro, con diam. di μ 60—80, e tutto ricoperto regolarmente da frustuli di *Cyclotella antiqua* W. Sm., così da formare un bellissimo mosaico. — Apertura boccale munita di un colaretto cilindrico, pur esso rivestito da Cyclotellae, ma più piccole di quelle che tappezzano le altre parti del

[5] Rhumbler, Zellleib-, Schalen- und Kernverschmelzungen bei den Rhizopoden. Biologisches Centralbl. 1898. No. 1—4.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zoologischer Anzeiger

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: 21

Autor(en)/Author(s): Kulagin Nicolaus

Artikel/Article: Über die Frage der geschlechtlichen Vermehrung bei den Thieren. 653-667