Biologisches Centralblatt.

Unter Mitwirkung von

Dr. K. Goebel und Dr. R. Hertwig

Professor der Botanik Professor der Zoologie

in München,

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

Vierundzwanzig Nummern bilden einen Band. Preis des Bandes 20 Mark.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Die Herren Mitarbeiter werden ersucht, alle Beiträge aus dem Gesamtgebiete der Botanik an Herrn Prof. Dr. Goebel, München, Luisenstr. 27, Beiträge aus dem Gebiete der Zoologie, vergl. Anatomie und Entwickelungsgeschichte an Herrn Prof. Dr. R. Hertwig, München, alte Akademie, alle übrigen an Herrn Prof. Dr. Rosenthal, Erlangen, Physiolog. Institut, einsenden zu wollen.

XXIV. Bd. 1. Februar 1904. № 3.

Inhalt: Bühler, Alter und Tod (Fortsetzung). — Schreiner, Über das Generationsorgan von *Myxine glutinosa* (L.). — Stschelkanovzew, Über die Eireifung bei viviparen Aphiden.

Alter und Tod.

Eine Theorie der Befruchtung.

Von Dr. A. Bühler,

Privatdozent und Assistent am anatomischen Institut zu Zürich.

(Fortsetzung.)

Aus der Erkenntnis des Alterns einzelner Organsysteme ergibt sich eine Erklärung für das Altern des ganzen Organismus. Wir sahen, dass Körperzellen im Lauf der Zeit aufhören, sich zu vermehren, und schließlich untergehen. Bedeutet das am Organ eine Abnahme seiner Tätigkeit und zuletzt die Einstellung seiner Funktion, so resultiert für den Organismus daraus Alter und Tod.

Die Abnahme der Teilungsfähigkeit der Zellen (ich sehe hier ab von einer solchen, die durch besondere Differenzierung in Nervenzellen, rote Blutkörper u. s. w. veranlasst wird), weist auf ein Nachlassen der vitalen Energie derselben hin, wie sie sich deutlicher noch im Absterben einzelner Zellen kundgibt. Denn auch die Zellvermehrung ist eine vitale Funktion und steht im engsten Zusammenhang mit dem ganzen Leben der Zelle, mit ihrem Stoffwechsel und ihrem Wachstum.

Wie hat man sich nun diese Abnahme der zellulären Energie zu denken? Zur Beantwortung dieser Frage haben wir uns die andere Frage vorzulegen, woher die im Zellenleben sich betätigende Energie stammt? Aus allen vergleichenden Beobachtungen

geht hervor, dass im höheren Alter der Stoffwechsel eine quantitative Verminderung erleidet[1]). Es erscheint als selbstverständlich, dass der wachsende Organismus im Verhältnis zum Körpergewicht mehr Nahrung aufnehmen muss als der ausgewachsene. Aber auch der jugendliche, erwachsene Körper hat einen erheblich größeren Stoffumsatz als der greisenhafte. Das liegt nun natürlich nicht an der größeren Arbeit, die der junge Organismus zu leisten pflegt, sondern in seiner Beschaffenheit; dieselbe befähigt ihn zu größerer Energieentfaltung, und eben dafür braucht er mehr Stoffzufuhr. Und ebenso ist es nicht die stärkere Ernährung, die das Tier oder die Pflanze zum Wachsen treibt: sie wachsen vermöge ihrer inneren Organisation, und eben diese ist es auch, welche sie zu erhöhter Nahrungsaufnahme befähigt.

Im Stoffwechsel ist nun das Maß gegeben für die im Leben wirksame Energiemenge. Die Verwertung derselben im Organismus ist wesentlich ein chemischer Vorgang. Die potentielle Energie, welche in Gestalt chemischer Verbindungen im Stoffwechsel aufgenommen wird, stellt für die Tiere und die chlorophyllfreien Pflanzen sozusagen die einzige Kraftquelle dar. Durch Zelltätigkeit wird diese Energie umgewandelt in Wärme und Bewegung u. s. w., oder in veränderter chemischer Form wieder als potentielle Energie dem Baumaterial des wachsenden Körpers eingefügt. Besteht auch für die Pflanzen, welche Chlorophyll oder ähnlich wirkende Substanzen enthalten, in der Zufuhr von Licht eine mächtige Quelle der Energie, so wird diese doch erst nützlich im Leben der Pflanze durch ihre Umwandlung in chemische Form. Übrigens kommt auch bei den chlorophyllhaltigen Pflanzen für das erste Wachsen des Keimes das Licht direkt nicht in Betracht. Die Keimzelle selbst ist auch außerhalb ihres Ruhezustandes nicht fähig, das Licht für sich zu verwerten und unter seinem Einflusse Baustoffe zu bilden, und ebensowenig können dies ihre nächsten Nachkommen. Es gibt also auch im Leben jeder Pflanze eine Zeit, da sie wie das Tier fast ausschließlich auf Zufuhr chemischer Energie angewiesen ist.

Wenn wir nun sehen, dass die Arbeitsleistung des alternden Organismus, speziell dessen Wachstum vermindert ist und anderseits erkannt haben, dass die Kraft für seine Arbeit zum weitaus größten Teil von chemischen Vorgängen herrührt, so sind wir zu der Annahme berechtigt, dass in den alten Zellen die chemische Tätigkeit im Vergleich zur Jugend verringert ist. Damit erhalten

---

1) Nach Untersuchungen von Kövesi (31) ist im Greisenalter der Eiweißbedarf im Verhältnis zu früheren Lebensperioden erheblich herabgesetzt; das Gleiche ist nach Magnus-Levy (35) der Fall für die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure bezogen auf das gleiche Körpergewicht.

wir zugleich eine Erklärung für die Tatsache, dass im Alter der Stoffumsatz vermindert ist, wie anderseits dieser letztere Umstand für meine Annahme einer herabgesetzten chemischen Tätigkeit alt gewordener Zellen beweisend ist. Die Ursache, dass dem so ist, kann nun nicht im äußeren chemischen Medium liegen, sie muss begründet sein in den Zellen selbst. Dieser Unterschied der alten Zelle gegenüber der jungen ist wieder nicht durch äußere Umstände herbeigeführt worden, er kann nur bewirkt werden durch den Ablauf der Lebensvorgänge selbst und kann daher nur aus diesem heraus verstanden werden. Wir kommen also zum Schluss, dass, je länger der Stoffumsatz gedauert hat, je mehr Energien das lebende Protoplasma im Verlauf der Zeit aufgenommen und umgesetzt hat, um so mehr verliert es die Fähigkeit dafür.

Ich möchte diesen Satz an einem groben Beispiel aus der anorganischen Natur erläutern: Kaliummetall mit der nötigen Menge Wasser zusammengebracht, verbindet sich unter sehr heftigen Erscheinungen mit dessen Elementen. Dabei setzt sich freiwerdende Energie in großer Menge in Wärme und Bewegung um. In dem Maße, als der Prozess fortschreitet, lässt er an Intensität nach und die Erzeugung von Wärme und Bewegung hört auf mit dem Ende der chemischen Umsetzung. Die Affinität des Kaliums zu Wasser ist gesättigt und keine weitere Zufuhr von Wasser vermag den chemischen Prozess wieder ins Leben zurückzurufen.

Auch das lebende Protoplasma assimiliert im Stoffwechsel chemische Körper und lagert dieselben den freien Affinitäten seines Moleküls an. Die so gebundenen Energien bilden die Quelle, aus welcher eine Umsetzung in kinetische Energie, in Wärme, in Bewegung erfolgt: es resultieren daraus die Äußerungen des Lebensprozesses[1]).

Dauert beim Kalium der Umsetzungsprozess so lange, als zwischen ihm und dem Hydroxyl noch ungesättigte Affinitäten bestehen, oder mit anderen Worten, so lange, als noch eine elektrochemische Differenz zwischen beiden ausgeglichen werden kann, so gilt dasselbe für den Chemismus des Protoplasma. Eine Assimilation zugeführter Stoffe und infolgedessen eine Umsetzung der so gewonnenen Energien kann nur so lange stattfinden, als zwischen lebender Substanz und Nahrung noch ausgleichbare chemische Spannungen oder elektrochemische Differenzen bestehen. Sind durch den Lebensprozess selbst diese Spannungen beseitigt, die

1) Eine sehr wichtige Rolle im Stoffwechsel spielen bekanntlich auch die in den Bereich der Physik fallenden Erscheinungen der Lösung und der Osmose; da indessen Änderungen in den Verhältnissen der Löslichkeit und des osmotischen Druckes und die daraus resultierenden Prozesse Folgezustände und Begleiterscheinungen chemischer Umsetzungen sind, spreche ich im folgenden kurzweg von diesen letzteren allein.

Differenzen gehoben, so ist das Resultat der Stillstand des Prozesses, d. h. der Tod.

Gar so rasch wie beim Kaliummetall geht es nun allerdings im Leben nicht. Die chemische Struktur des Protoplasma befähigt dasselbe offenbar, in seinem Molekül (um hier der Einfachheit halber von einem solchen zu sprechen) in kurzer Aufeinanderfolge Konstitutionsänderungen vorzunehmen durch Bindung und Abspaltung von Radikalen, die ihm durch den Säftekreislauf entgegengebracht werden, ohne dass dadurch sein Kern wesentlich alteriert wird[1]). Indessen muss gerade durch diese Vorgänge das Plasmamolekül mehr und mehr konsolidiert werden; mehr und mehr muss es aus den ihm im Laufe des Lebens entgegenkommenden Atomgruppen diejenigen festhalten, die es vermöge ihrer stärkeren Affinität zu seinem Molekül schwerer wieder abgeben kann. Das führt schließlich zu einer Sättigung des Moleküls, zu einer Art Neutralisierung gegenüber den Stoffen, die bisher seine Nahrung ausmachten. Die Folge ist, dass das Protoplasma nicht mehr imstande ist, zu assimilieren, sein Stoffwechsel hört auf und damit auch die Fähigkeit, Energien umzusetzen.

Es darf uns nicht wundern, dass infolgedessen gerade diejenigen Zellen die kürzeste Lebensdauer haben, deren Protoplasma am weitesten nach einer ganz speziellen Richtung hin differenziert ist: die roten Blutkörperchen. Ihnen fehlt im ausgebildeten Zustand die Möglichkeit, zu wachsen und sich zu teilen; es fehlt ihnen auch nahezu oder vollständig die Fähigkeit, andere Stoffe als den Sauerstoff zu binden und wieder abzugeben, ohne dass ihre chemische Struktur und damit ihre Lebensfähigkeit irreparabel gestört wird. Vielleicht ist es auch kein Zufall, dass neben diesen Zellen es die Nervenzellen und die Eier sind, an welchen die Erscheinungen der physiologischen Degeneration zuerst aufgefunden wurden. Denn auch ihr Protoplasma ist nach einer bestimmten Richtung hin ganz speziell differenziert. Dass dabei die Struktur der Ganglienzellen in chemischer Beziehung eine relativ hochkomplizierte ist, bleibt zwar noch festzustellen, darf aber doch jetzt schon mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden. Bekannt indessen ist ihre sehr feine Reaktion auf gewisse Chemikalien, speziell Alkaloide, und die Tatsache, dass sie rascher als irgend eine andere Zell-

1) Eine Anschauung, die viel für sich hat, geht dahin, dass der lebenden Substanz, speziell den Eiweißkörpern derselben mannigfaltige katalytische Eigenschaften ähnlich denen der Fermente zukommen (vergl.: Höber, Physikalische Chemie [28]). Neben dieser Ansicht kann natürlich recht wohl die durch Tatsachen erhärtete Annahme bestehen, dass auch die lebende Substanz, das Eiweiß mitinbegriffen, stetigen Veränderungen unterliegt. Beide Anschauungen lassen sich ganz gut vereinigen durch die Erwägung, dass die verschiedenen Stoffe, die den Körper zusammensetzen, sich gegenseitig beeinflussen und dass gerade aus dieser Wechselwirkung die Erscheinungen des Lebens hervorgehen.

form auf ungenügende oder ungeeignete Blutzufuhr hin ihre Funktion einstellen und absterben.

Was ich hier vom Ablauf der Lebensvorgänge und dem daraus resultierenden Altern des Protoplasma gesagt habe, lässt sich direkt auf den ganzen Körper anwenden. Auch im Leben des ganzen Organismus spielt der Stoffumsatz eine hervorragend wichtige Rolle. Auch da ist eine Assimilation nur möglich, so lange als zwischen der lebenden Substanz und den eingeführten Stoffen chemische Affinitäten, oder mit anderen Worten ausgleichbare elektrochemische Differenzen existieren. Der Lebensprozess als solcher strebt nun nach Ausgleichung dieser Differenzen; und ist diese Ausgleichung definitiv erfolgt, so ist keine Assimilation mehr möglich: es hören Wachstum, Bewegung, Wärme, Aufnahme und Ausscheidung von Stoffen, also alle diejenigen Erscheinungen, welche Äußerungen des Lebens sind, auf. So ist der Tod das Endziel und die Erfüllung des Lebens.

Wenn ich an dieser Stelle mit wenigen Worten auf die Regeneration und die ungeschlechtliche Fortpflanzung zurückkomme, so geschieht es, um zu zeigen, dass sich aus diesen Erscheinungen keineswegs ein Widerspruch gegen die oben ausgeführten Anschauungen über Leben und Tod ergibt. Worauf es beruht, dass ein Organismus eine viel längere Lebensdauer hat, als sie einem anderen auch unter den günstigsten Umständen zukommt, ist zur Zeit noch eine offene Frage und kann hier nicht erörtert werden. Die bekannten von Weismann (46) hierüber aufgestellten Anschauungen bieten wohl eine beachtenswerte Wegleitung, wie dieses Problem einer Lösung näher gebracht werden kann; sie bewegen sich aber auf anderem Gebiete als mein heutiges Thema und eignen sich deshalb nicht, demselben angegliedert zu werden.

Vorläufig müssen wir uns mit der Tatsache der verschieden bemessenen Lebensdauer verschiedener Organismen bescheiden. Die mannigfaltigen Formen der Regeneration aber lassen sich auf Grund der oben geschilderten chemischen Auffassung des Lebensprozesses ganz wohl einreihen. In vielen Fällen erfolgt eine Neubildung verloren gegangener Organe unter Zuhilfenahme von Zellmaterial, das noch nicht ausdifferenziert war, dessen chemische Affinitäten bisher noch keinen Anlass hatten, sich zu betätigen. Unter anderen Umständen gelangen durch den Eingriff, welcher die Regeneration veranlasste, Zellkomplexe unter ganz andere Bedingungen, wodurch ihrem Wachstum und ihrem Stoffwechsel eine ganz neue Richtung gegeben wird. Es ist leicht verständlich, dass auf diese Weise der Moment, in welchem ein definitiver Sättigungszustand der Protoplasmamoleküle eintreten muss, hinausgeschoben wird. Eine derartige Auffrischung der Lebensenergie einzelner Abschnitte einer Pflanze oder eines Tieres kann sich gegebenen

Falles öfter wiederholen. Das tritt ein bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung: wird z. B. von einem Weinstock ein Steckling gesetzt, so kann dieser unter günstigen Umständen die ihm fehlenden Teile der ganzen Pflanze regenerieren und auf Grund der neuen Lebensbedingungen sich besser entwickeln, als ihm dies am alten Stock möglich gewesen wäre. In ähnlicher Art bedeutet das Pfropfen eine Auffrischung. Diese künstliche Erneuerung der Lebensenergie gestattet, wie schon gesagt, eine mehrfache Wiederholung; ob beliebig oft? ich bezweifle es.

Diese sogenannte ungeschlechtliche Fortpflanzung vieler Pflanzen findet im Tierreich wenige Analoga, hauptsächlich, wie bekannt, bei Coelenteraten. Auch diese verlangen natürlich die gleiche Erklärung wie dort.

Intensiver und dauernder als die hierbei wirksam werdenden Entwickelungsreize muss nun der Einfluss der Befruchtung sein. Wie die Experimente von Maupas (36) gezeigt haben, ist nur sie imstande, eine Generation von Infusorien, die nach einer langen Reihe einfacher Zellteilungen ihre Lebensfähigkeit einbüßen müssten, vom Untergange zu retten. In prinzipiell gleicher Weise wirkt die Befruchtung bei anderen Organismen, sei es, dass sie überhaupt die einzige Möglichkeit bietet zur Erhaltung der Art, sei es, dass sie im Wechsel mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung als mächtige Förderin der Entwickelung auftritt, sei es endlich, dass sie den Grund legt zu Organisationsstadien von großer Resistenz gegen äußere Schädigungen, wie das bei den Dauersporen der Fall ist.

Am einfachsten liegt der erstgenannte Fall der obligatorischen Amphigonie, der auch im Reiche der Lebewesen die größte Verbreitung hat. Sind im elterlichen Organismus die Affinitäten, welche das Protoplasma den zugeführten Nährstoffen darbietet, durch Sättigung erschöpft, so hört sein individuelles Leben auf. Eine Fortpflanzung der Art durch ihn wird dann nur möglich sein, wenn in seiner lebenden Substanz (oder einem Teil derselben) neue elektrochemische Differenzen gesetzt werden, die derselben die Fähigkeit verleihen, neuerdings zu assimilieren und zu dissimilieren. Nun treten ja bei der Befruchtung zwei nahe verwandte, aber keineswegs identische Gruppen von Molekülen zusammen. Deren Wechselwirkung bedingt eine Stärkung der Affinität für die Elemente der Nahrung und zugleich eine Erleichterung der Abspaltung von lose angegliederten Atomgruppen.

Die Geschlechtszellen sind danach aufzufassen als die Träger von hochpotenzierten, ganz im Sinne des Elterorganismus einseitig differenzierten Molekülgruppen. Ähnlich wie die gealterten Körper-

zellen befinden sie sich vermöge ihrer weitgehenden Differenzierung in einem Sättigungszustand, in einem Stadium chemischer Indifferenz, in welchem ihre Assimilation stockt. Darum sehen wir auch, dass (wenn wir vorläufig die Parthenogenese außer acht lassen) die völlig ausgereiften Geschlechtszellen nur eine sehr beschränkte Lebensdauer haben und für sich allein nicht fähig sind, zu wachsen. Sie sind danach aber nicht etwa, wie die Verjüngungstheorie will, Degenerationsprodukte, die deswegen zu selbständigem Leben unfähig geworden wären ohne Hinzutreten des „verjüngenden" Elementes des anderen Geschlechtes; im Gegenteil, sie enthalten potentielle Energie in relativ großen Mengen. Was ihnen zur Lebens- und Entwickelungsfähigkeit fehlt, ist die zur Assimilation notwendige Labilität ihrer Protoplasmamoleküle, die bei ihnen gerade wegen ihrer hohen Potenzierung eine vollkommene und feste Sättigung ihrer Affinitäten zeigen.

Durch die Vereinigung zweier in entgegengesetzter Richtung differenzierter Geschlechtszellen wird diese Hemmung (um mich eines allgemeinen von Bernstein gebrauchten Ausdruckes zu bedienen) gegenseitig aufgehoben. Bei der Verwandtschaft in der chemischen Konstitution beider Geschlechtszellen ist das Eingehen einer noch fester gesättigten Verbindung zwischen ihnen ausgeschlossen; statt dessen beeinflussen sich ihre Massen gegenseitig im Sinne einer Erleichterung der Aufnahme und Abgabe von Stoffen, eine Wechselwirkung, die man wohl am ehesten mit derjenigen der Enzyme vergleichen kann. Wo diese katalytische Wechselwirkung eintritt, ist eine erfolgreiche Befruchtung — auch Bastardierung — möglich; wo sie nach der Konstitution der vereinigten Geschlechtszellen ungenügend ist oder ganz ausbleibt, ist auch ein Erfolg des Befruchtungsversuches ausgeschlossen.

Darin liegt meiner Ansicht nach der Grund, warum hier gewöhnlich zu nahe verwandte Geschlechtszellen, wie es für viele Pflanzen diejenigen aus der gleichen Blüte oder vom gleichen Individuum sind, nicht befruchtend wirken können: ihre Konstitution ist zu gleichartig, als dass aus ihrer Vereinigung eine Förderung im oben geschilderten Sinne resultieren könnte. Dass Keimzellen verschiedener Arten, die in ihrer Zusammensetzung gar keine Berührungspunkte sich bieten, ebenfalls nicht konjugationsfähig sind, leuchtet ohne weiteres ein.

* *
*

Meine Darstellung vom Wesen der Befruchtung fußt auf der Annahme, dass dabei chemische Vorgänge eine Hauptrolle spielen. Leider sind weder die biologischen Wissenschaften noch die Chemie

zur Zeit so weit fortgeschritten, um hierüber auch nur annähernd sichere Analysen anstellen zu können; und doch sind jetzt schon eine Reihe von Begleiterscheinungen des Befruchtungsvorganges aufgefunden worden, welche für die wichtige Rolle, die die Chemie dabei spielt, Zeugnis ablegen.

So fanden Loew und Bokorny (33), dass die Zellen von Spirogyra, wenn sie im Begriff sind, zu kopulieren, vorher chemische Veränderungen eingehen, die sich kundgeben als geringerer Gehalt an Fett, größerer an Zucker. Als chemische Veränderung, welche direkt durch die Befruchtung bedingt wird, muss auch die verschiedene Farbenreaktion befruchteter und unbefruchteter Eier aufgefasst werden. Verschiedene Farbenreaktion zeigen auch die väterlichen und mütterlichen Chromosomen im Beginn der Entwickelung, ja es konnte dieser Unterschied von V. Haeker durch eine lange Reihe von Zellgenerationen hindurch verfolgt werden: ein Beweis für die trotz aller Verwandtschaft bestehende chemische Differenz zwischen den beiden Formen der Keimzellen, wie ich sie postuliert habe.

Ganz neuerdings hat A. Schücking (41) in dieser Beziehung interessante Beobachtungen gemacht. Es gelang ihm, aus den Schleimhüllen von Echinodermeneiern oder aus den ganzen Eiern durch Dialyse eine Substanz mit saurer Reaktion darzustellen, die bei gewisser Konzentration in genau gleicher Weise erregend und anziehend auf die Spermien derselben Tiere wirkt, wie dies das Ei tut. Er gab damit eine chemische Erklärung für diesen Vorgang und machte es wahrscheinlich, dass auch das Eindringen des Samenfadens in das Ei auf ähnlichen Bedingungen beruht. Weiterhin fand er, dass die befruchtete Eizelle zu bedeutender Wasseraufnahme befähigt wird. Das hat seinen Grund in einer Erhöhung des intrazellulären osmotischen Druckes, was seinerseits wiederum auf eine Änderung der chemischen Konstitution hinweist.

Eine gleiche Deutung verlangt übrigens auch das Aufquellen des Samenkernes im Ei; auch dabei beruht die Volumzunahme wesentlich in einer Aufnahme von Wasser, und die Möglichkeit, mehr Wasser zu absorbieren als zuvor, verdankt der Spermakopf offenbar einer Erhöhung der osmotischen Spannung, hervorgerufen durch molekulare Umlagerungen [1]).

Zeugnisse für die chemische Natur der Befruchtungsvorgänge sind auch die Störungen, welche O. u. R. Hertwig (22) darin

1) Eine solche Erhöhung des osmotischen Druckes kann z. B. leicht und rasch erreicht werden dadurch, dass sich aus den hochpotenzierten Molekülen der Kernsubstanz Atomgruppen und Ionen frei machen und als selbständige Faktoren auftreten. Das stimmt mit meiner Annahme, dass die Befruchtung die Festigung der Molekularverbände lockert.

durch eine Reihe von Giften, also durch Chemikalien erzielen konnten.

Und endlich — last not least — wird die chemische Bedeutung der Verbindung zweier Geschlechtszellen dadurch bewiesen, dass diese letzteren die ihnen so gut wie den gealterten Körperzellen abhanden gekommene Fähigkeit wieder erlangen, sich in chemischen Umsetzungen zu betätigen, zu assimilieren und zu dissimilieren.

Ich komme also zu dem Schluss, dass durch den Akt der Befruchtung dem neuen Organismus etwas wieder verliehen wird, was dem alten im Leben und durch den Prozess des Lebens selbst mehr und mehr abhanden kam bis zum schließlichen Tode: eine molekulare Konstitution seiner Bauelemente, welche dieselben befähigt zum Stoffwechsel und damit zur Grundlage aller Lebensvorgänge.

Es bleibt mir noch übrig, einige Einwürfe zu besprechen, die man gegen das Gesagte geltend machen kann; sie betreffen die Entstehung neuer Individuen ohne Befruchtung: die ungeschlechtliche und die parthenogenetische Fortpflanzung. Die erstere habe ich im Zusammenhang mit der Regeneration oben des öfteren erörtert, so dass ich hier auf das dort Gesagte verweisen kann; man erkennt daraus, dass die Erscheinungen der Agamogenesis keineswegs gegen meine Ideen über den Zweck der Befruchtung sprechen. Ebensowenig ist dies der Fall bei der Parthenogenesis, ja dieselbe bietet in einzelnen Punkten eine wesentliche Stütze meiner Anschauungen.

Die Ursachen, welche zu einer natürlichen Parthenogenese führen, bedürfen noch weiterer Aufklärung. Indessen erscheint dieselbe in vielen Fällen deutlich als Anpassung an den Mangel von männlichen Geschlechtszellen, also als ein sekundärer Zustand (vgl. Waldeyer [44], p. 419). Da ist es selbstverständlich, dass sich die Anpassung auch auf die molekuläre Struktur der Eizelle erstrecken muss. Dieselbe muss unter solchen Umständen die Möglichkeit behalten, auch isoliert sich zu entwickeln, wenn sie in günstige Bedingungen gebracht wird. Es fallen dann die chemischen Voraussetzungen für eine parthenogenetische Fortpflanzung zusammen mit denjenigen der ungeschlechtlichen Vermehrung. Erwähnung verdient, dass bei jener wie bei dieser in den meisten, wenn nicht in allen Fällen von Zeit zu Zeit eine Befruchtung eintreten muss.

Klarer liegen, wie mir scheint, die Verhältnisse bei der künstlichen Parthenogenese. Seit R. Hertwig (24) in exakter Weise Seeigeleier durch Strychnin zu parthenogenetischer Furchung brachte,

ist der Versuch, unbefruchtete Eier von Wirbellosen durch Chemikalien zur Entwickelung zu bringen, öfter geglückt[1]). Ich erinnere nur an die Versuche von Loeb (32), der ebenfalls mit Echinodermeneiern experimentierte, meist durch Zusatz kleiner Quantitäten von Salzlösungen zum Meerwasser. Ich akzeptiere auch seine Erklärung, dass es sich dabei weniger um Aufnahme dieser Salze ins Ei handelte, als vielmehr um eine Erhöhung des äußeren osmotischen Druckes, die als Reiz auf das Ei wirkt. Ich fasse auch diesen Reiz, wie die zuerst angeführten auf als eine Überführung der Protoplasmamoleküle in einen mehr aktiven Zustand, was recht wohl die Folge plötzlicher Wasserentziehung sein kann. In ähnlicher Weise lassen sich neuere Versuche von A. Schücking (41) deuten, dem es gelang, außer durch Zusatz von Chemikalien, durch raschen Temperaturwechsel und durch Galvanisierung am gleichen Material Parthenogenese zu erzielen. Auch diese Mittel sind geeignet, chemische Prozesse auszulösen, und dasselbe gilt für die von Loeb (32) angewandten mechanischen Erschütterungen, besonders wenn dieselben hochpotenzierte Körper mit leicht abspaltbaren Atomkomplexen treffen, wie wir sie in den Molekülen des Eiprotoplasma wohl vor uns haben.

So tragen also die Vorgänge der künstlichen Parthenogenesis dazu bei, meine Ansicht von der chemischen Natur der Befruchtung zu bestätigen. Es lässt sich gerade von einer rationellen Fortsetzung der Versuche auf diesem Gebiet ein tieferes Eindringen in das Verständnis vom Wesen der Befruchtung und damit vom Lebensprozess überhaupt erwarten.

Eine genauere Analyse der chemischen Vorgänge bei der Befruchtung ist natürlich zur Zeit unmöglich; dazu fehlen alle Vorbedingungen. Solange unsere Kenntnis von der Struktur und den Eigenschaften der mitwirkenden chemischen Körper, vor allem des Eiweißes, nicht ganz bedeutende Fortschritte gemacht haben werden, solange können wir auf diesem Gebiete über bloße Vermutungen und Hypothesen nicht hinauskommen. Zwar lassen die gegenwärtig mit Eifer betriebenen Forschungen über die Chemie des Eiweißes manche Aufklärung erhoffen; einstweilen aber sind wir noch nicht so weit.

Ich halte es darum für verfrüht und einseitig, wenn Loeb gewisse Substanzen, wie die Ionen von Calcium und Natrium als hemmend, andere, z. B. die Ionen des Magnesium, des Kalium, des Hydroxyls als fördernd auf die Entwickelung hinstellt, und der Wirkung dieser Ionen nicht nur den Erfolg bei der künstlichen

---

1) Die Beobachtungen hierüber aus der Zeit vor 1900 finden sich bei Bonnet (6) zusammengefasst.

Parthenogenese (Loeb selbst spricht von „Fertilization"), sondern auch das wesentliche Prinzip bei natürlicher Befruchtung zuschreibt[1]). (Schluss folgt.)

Über das Generationsorgan von Myxine glutinosa (L.).

Vortrag, gehalten in der Biologischen Gesellschaft zu Christiania d. 12. Sept. 1903.

Von K. E. Schreiner.

Wenn man die Bauchhöhle einer Myxine öffnet, so tritt der Darm als eine gerade laufende Röhre ohne Abteilungen hervor. Der Darm ist in einem ziemlich kurzen, dorsalen, sagittal gestellten Mesenterium aufgehängt. Dorsalwärts von der Wurzel des Mesenteriums verlaufen die großen Gefäßstämme des Körpers und auf jeder Seite derselben einer der beiden grünlich gefärbten Wolffschen Gänge. Auf der rechten Seite des Mesenteriums sehen wir das Geschlechtsorgan, in einer Duplikatur des Peritoneums hängend, die vom Mesenterium ausgeht, dort, wo dasselbe sich am Darm befestigt oder etwas dorsalwärts von dieser Befestigungsstelle.

Das Geschlechtsorgan erstreckt sich vom distalen Rand der Gallenblase oder der Leber, etwas variierend bei den verschiedenen Individuen, mehr oder weniger bis in die Nähe der Darmmündung in die Kloake. Die Länge des Geschlechtsorganes ist durchschnittlich gleich der halben Länge des Tieres, bei kleineren Exemplaren — bis ca. 30 cm langen — gern etwas unter der halben Körperlänge, bei größeren Individuen etwas darüber. Auf der anderen Seite des Mesenteriums ist in der Regel kein Geschlechtsorgan entwickelt. Das Geschlechtsorgan hat keinen Ausführungsgang. Die Geschlechtsprodukte werden in die Abdominalhöhle entleert und verlassen das Tier durch den Porus abdominalis. Hierin stimmen die Verhältnisse bei *Myxine* mit denen der übrigen Zyklostomen sowie bei einer Reihe von Knochenfischen überein. Im Gegensatz hierzu werden die Geschlechtsstoffe bei den übrigen Kranioten bekanntlich durch besondere Ausführungskanäle entleert.

Um die Verhältnisse des Geschlechtsorganes zu demonstrieren, habe ich bei einer Reihe von Exemplaren den Darm präpariert durch Abtrennung des Mesenteriums dorsalwärts von der Stelle, wo das Geschlechtsorgan am Mesenterium befestigt ist, so dass ersteres am Darm längs der dorsalen Mittellinie hängen bleibt. Ich habe darauf ein Glasstäbchen durch den Darm geführt und die einzelnen Darmröhren mit beihängenden Geschlechtssträngen in mit 4% Formollösung gefüllten Zylindern montiert.

---

1) Eine entschiedene Zurückweisung haben diese Ideen Loebs durch Viguier (43) erfahren, der auch eine kritische (m. A. n. zu sehr ablehnende) Zusammenstellung der Beobachtungen über künstliche Parthenogenesis bringt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: 24

Autor(en)/Author(s): Bühler A.

Artikel/Article: Alter und Tod. Eine Theorie der Befruchtung. 81-91