

Titelblatt Buch → letzte Seite

englische Übersetzung durch T. H. Morgan,

Am. Naturalist

X. Sitzung am 16. Juli 1889.

Anwesende Mitglieder: 29.

Privatdocent Dr. Boveri: Ein geschlechtlich erzeugter Organismus ohne mütterliche Eigenschaften.

Obgleich der Satz, dass die Charakter-bestimmenden und -vererbenden Substanzen der Zelle ausschliesslich im Kern enthalten seien, manchen Ortes nicht mehr lediglich als höchst wahrscheinliche Hypothese, sondern bereits als Thatsache ausgesprochen wird, liesse sich doch leicht zeigen, dass derselbe weder durch die uns bekannten Erscheinungen bei der Befruchtung des Eies, noch durch die bis jetzt angestellten Versuche über die Rolle des Kerns bei den Protozoen bewiesen werden kann. Eine einfache Ueberlegung ergibt vielmehr, dass die Entscheidung, ob die in dem angeführten Satz ausgesprochene »Vererbungstheorie« richtig ist oder nicht, überhaupt nur auf einem einzigen Wege erlangt werden kann, und dieser besteht — bei allgemeinsten Fassung des Problems — darin, dass man von zwei verschiedenartigen Zellen von der einen das Protoplasma, von der anderen den Kern nimmt und diese Theile zu einer neuen Zelle vereinigt. Sind Kern und Protoplasma so beschaffen, dass sie die für ihr Bestehen nothwendigen Beziehungen zu einander anknüpfen können, so werden die Eigenschaften, die an dieser künstlich erzeugten Zelle hervortreten, die gestellte Frage beantworten. Denn je nachdem entweder ausschliesslich Qualitäten derjenigen Zelle zur Entfaltung gelangen, welche den Kern geliefert hat, oder derjenigen, von welcher das Protoplasma stammt, oder endlich eine Mischung beider, ist entweder nur der Kern das Bestimmende, oder nur

das Protoplasma, oder es ist endlich jeder von beiden Bestandtheilen fähig, die ihm seiner Herkunft gemäss innewohnenden Eigenschaften dem anderen Theil gegenüber aufrecht zu erhalten, so dass eine gegenseitige Beeinflussung und Anpassung statt hat. Dem Begriff der Vererbung im engeren Sinn entspricht eine solche Wahl der beiden Zellen, dass die aus dem Kern der einen und dem Protoplasma der anderen künstlich erzeugte Zelle ein entwicklungsfähiges Ei darstellt. Ueberdies wird dieser Fall, wie kein anderer, zur Entscheidung unserer Frage geeignet sein; denn für keine andere Zelle besitzen wir ein so feines Maass der ihr zukommenden Qualitäten, als ein solches für das Ei in der Gestaltung des ausgebildeten Organismus gegeben ist.

Einen Versuch dieser letzteren Art hat bereits Rauber angestellt; er beschreibt denselben folgendermassen¹⁾: »An einem Froschei wurde eine Stunde nach der Befruchtung durch eine vorsichtig eingeführte feine Spritze der Kern der ersten Furchungskugel extrahirt; dasselbe Verfahren ward an einem befruchteten Krötenei mit einer zweiten Spritze vorgenommen. Ich vertauschte darauf die beiden Spritzen und führte in das Froschei den Krötenkern, in das Krötenei den Froschkern ein. Enthält der Kern allein die Vererbungsfunctionen, so musste sich aus dem Froschei nunmehr eine Kröte, aus dem Krötenei ein Frosch entwickeln«. Wie wohl vorauszusehen war, entwickelten sich die Eier nicht weiter, und auf den ersten Blick scheint überhaupt gar keine Aussicht vorhanden, dass ein derartiges Experiment je gelingen könne. Denn wenn wir auch im Stande sind, aus manchen Zellen ohne weitere Schädigung den Kern zu entfernen, so dürfte doch die künstliche Einführung eines neuen Kerns kaum auszuführen sein, ohne dass durch tiefgreifende Alterationen des einen oder anderen Theiles ein Weiterleben für beide unmöglich gemacht wird.

Allein hier bietet uns nun die Natur selbst einen Ausweg dar, auf welchem das angestrebte Ziel erreicht werden kann, indem zur Ausführung des zweiten schwierigeren Theiles des Experiments ein ganz normaler Vorgang: das Eindringen des Spermatozoon in das Ei benutzt werden kann. Die Grundlage für das hiermit angedeutete Verfahren, wird durch eine Ent-

¹⁾ Rauber, Zoologischer Anzeiger. 15. März 1886, pg. 170.

deckung der Brüder Hertwig²⁾ gebildet. Als diese Forscher Seeigeleier, um dieselben mechanisch zu alteriren, in Reagensröhrchen mit wenig Wasser längere Zeit schüttelten, fanden sie, dass in Folge dieser Erschütterung ein Theil der Eier in Stücke zerfällt, von denen eines den Kern enthält, während die anderen kernlos sind. Und es zeigte sich weiter, dass diese kernlosen Fragmente, so gut wie die kernhaltigen sich befruchten lassen und dass sich ein lebhafter Furchungsprocess an ihnen abspielt. Was aus den auf diese Weise entstehenden Zellenballen weiterhin wird, wurde von den Brüdern Hertwig nicht verfolgt. Ich selbst konnte nun während meines letzten Aufenthaltes an der zoologischen Station zu Neapel diese Entdeckung für unseren vorliegenden Zweck dahin vervollständigen, dass sich die befruchteten kernlosen Eifragmente ebenso weit züchten lassen und sich zu ganz ebenso gestalteten Larven entwickeln, wie ein kernhaltiges ganzes Ei. Von den kernlosen Fragmenten, die ich unter Berücksichtigung einer Reihe von Cautelen³⁾ isolirte und züchtete, entwickelte sich etwa die Hälfte vollkommen normal, es entstanden Zwerglarven, die unter Umständen nur den vierten Theil der Grösse der normalen Larven besitzen, sonst aber völlig mit diesen übereinstimmen und auch ebenso lang am Leben erhalten werden können wie diese, nämlich ungefähr sieben Tage.

Dieses Resultat ist gewiss an sich schon bedeutungsvoll. Es lehrt, dass der Spermakern für sich allein alle nothwendigen Eigenschaften besitzt, um als erster Furchungskern zu fungiren, und der Versuch wird damit, indem er die herrschenden Vorstellungen über das Wesen der Befruchtung als irrthümlich erweist, zu einer wichtigen Stütze für die von mir an verschiedenen Stellen über diesen Vorgang entwickelte Auffassung.

2) O. und R. Hertwig, Ueber den Befruchtungs- und Theilungsvorgang des thierischen Eies unter dem Einfluss äusserer Agentien. Jena, 1887.

3) Die Vorsichtsmaassregeln, die man anwenden muss, um einerseits sicher zu sein, dass man mit kernlosen Stücken operirt, und um andererseits den immerhin weniger widerstandsfähigen Fragmenten die günstigsten Entwicklungsbedingungen angedeihen zu lassen, werde ich in einer ausführlichen Darstellung meiner Versuche eingehend beschreiben. Hier möge nur die Bemerkung Platz finden, dass zur Erzielung positiver Resultate eine gewisse Grösse der Eifragmente, annähernde Kugelgestalt derselben, genügende Wassermengen zur Zucht und monosperme Befruchtung nothwendig sind.

Ich verzichte jedoch darauf, diesen Punkt hier näher zu erörtern, um mich sogleich zu der Bedeutung des Experiments für die aufgeworfene Frage der Vererbung zu wenden.

Mit der Möglichkeit, kernlose Ei-Bruchstücke zu befruchten und zu einer normalen Entwicklung zu bringen, sind nämlich alle Bedingungen erfüllt, um das auszuführen, was Rauber bei seinem missglückten Versuch vergeblich zu erzielen suchte. Man hat ein kernloses Ei — denn das Fragment besitzt den Werth eines ganzen Eies — und man führt, durch die Befruchtung, ein anderen Kern in dasselbe ein, indem man dem Ei damit zugleich die Entwicklungsfähigkeit verleiht. Und nun braucht man nur statt eines Spermatozoon der gleichen Art das einer anderen Art zu verwenden, um in der That den hypothetischen Fall des »Kröteneies mit dem Froschkern« verwirklicht zu haben.

Es handelt sich also darum, die durch Schütteln erhaltenen Eifragmente einer Seeigelart mit Sperma einer anderen Art zu bastardiren und so lange zu züchten, bis sich entscheiden lässt, ob der sich entwickelnde Organismus Qualitäten beider Arten oder nur solche der einen Art aufweist. Auch zu einem derartigen Versuch sind die Verhältnisse bei den Seeigeln relativ günstig. Einmal gelingt es, wenn auch mit sehr wechselndem Erfolg, ziemlich entfernt stehende Arten miteinander zu kreuzen, und zweitens nimmt die Seeigel-Larve schon nach wenigen Tagen, hauptsächlich durch die Bildung ihres Kalkskelets, eine sehr ausgeprägte Gestalt an, welche für die einzelnen Arten ganz constant und für die meisten so specifisch ist, dass man zwei Arten auf dem Stadium der vier Tage alten Larve ebenso leicht und sicher von einander unterscheiden kann, wie im ausgebildeten Zustand.

Die beiden Species, die ich zu meinen Versuchen benutzte, sind *Echinus microtuberculatus* und *Sphaerechinus granularis*. Ich bin überzeugt, dass sich eine günstigere Combination zweier Arten müsste finden lassen als diese; denn wenn auch die beiden genannten Species insofern sehr geeignet sind, als ihre Larven beträchtlich von einander abweichen, ist doch auf der anderen Seite die Kreuzungsfähigkeit zwischen denselben so gering, dass nach meinen Erfahrungen auf 1000 besamte Eier (*Sphaerechinus* ♀, *Echinus* ♂) noch nicht ein befruchtetes kommt. Allein von den vier Arten, welche in Neapel in grösseren Mengen zur Verfügung stehen, sind die zwei genannten doch

die einzig brauchbaren, und sie genügen auch immerhin, um die Entscheidung unserer Frage zu ermöglichen.

Da diese Entscheidung durchaus abhängig ist von der Unterscheidbarkeit der gezüchteten Larven, so ist es nothwendig, die Bauverhältnisse der beiden in Betracht kommenden Larvenformen anschaulich zu machen. Doch wird es zu diesem Zwecke hier genügen, anstatt einer eingehenden Beschreibung, lediglich die beiden nebenstehenden Abbildungen zu geben, von denen Fig. 1 eine Echinus-Larve, Fig. 2 eine solche von Sphaerechinus⁴⁾



Fig. 1.

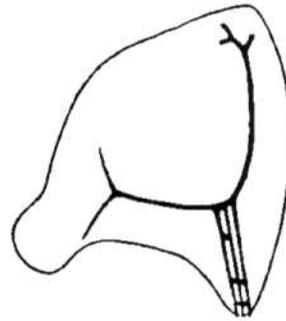


Fig. 2.

darstellt. Die Abbildungen zeigen von beiden Larven, bei gleicher Orientirung, die Körperumrisse in Profilansicht und das Kalkskelet, wie es sich bei dieser Betrachtung dem Beschauer darbietet. Die Unterschiede in der Körperform, besonders aber im Skeletbau, werden durch die beiden Figuren in völlig genügender Weise zur Anschauung gebracht; im Uebrigen sind die Zeichnungen einfach genug, um jede weitere Erläuterung überflüssig zu machen.

Die beiden Arten sollten nun in der Weise verwendet werden, dass kernlose Eifragmente von Sphaerechinus mit Sperma von Echinus zusammengebracht wurden. Ist die Kernsubstanz allein die Trägerin der elterlichen Qualitäten, so mussten Larven mit reinem Echinus-Typus (Fig. 1) entstehen. Allein es ist klar, dass selbst bei diesem Erfolg der Versuch nur dann beweisend ist, wenn die aus kernhaltigen

⁴⁾ Der Kürze wegen führe ich die beiden Arten fortan nur mit ihrem Gattungsnamen an.

Eiern gezüchteten Bastarde — wir wollen sie die ächten nennen — eine Mittelform zwischen den beiden elterlichen Arten ergeben. Es wäre ja denkbar, dass die Merkmale der beiden Species sich nicht mischen könnten, dass die Larve, je nach Umständen, entweder nur dem Vater- oder nur der Mutter nachschlüge, während die Qualitäten der anderen elterlichen Art latent blieben; das Studium dieser ächten Bastarde ist also unerlässlich. Ich habe deshalb solche Larven in grosser Zahl und von vielen verschiedenen Eltern erzeugt, und es ist mir gewiss mehr als ein Tausend derselben unter den Augen gewesen. Das Resultat dieser Züchtungen war immer das nämliche: alle ächten Bastarde, ohne eine einzige Ausnahme, repräsentiren sowohl in der Körpergestalt, wie im Skelet eine ziemlich genaue Mittelform zwischen den beiden Eltern, eine neue durchaus charakteristische Form, welche sofort als solche zu erkennen ist und mit keiner der beiden elterlichen Larvenformen verwechselt werden kann. Fig. 3, welche eine solche ächte

Bastard-Larve darstellt, illustriert, verglichen mit Fig. 1 und 2, diesen Satz besser, als viele Worte es vermöchten⁵⁾.

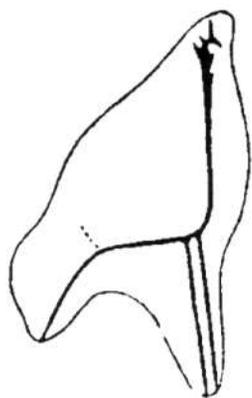


Fig. 3.

Anders fällt nun das Resultat aus, wenn man die Sphaerechinus-Eier vor dem Zusetzen des Echinus-Samens zerschüttelt. Einzelne Eier bleiben bei dieser Procedur intact, sie geben die ächte Bastardform (Fig. 3); die gleiche Form tritt an vielen kleinen Larven auf: es sind dies die aus kernhaltigen Bruchstücken entstandenen; ein anderer Theil der Zwerglarven dagegen stimmt vollkommen mit den reinen, aus Ei und Sperma von Echinus microtub. erzeugten Larven überein (Fig. 1): sie müssen offenbar aus kernlosen Fragmenten hervorgegangen sein.

Dass diese Interpretation richtig ist, wäre nun strenger durch isolirte Züchtung kernloser Bruchstücke zu erweisen. Meine Versuche in dieser Richtung sind jedoch sämtlich missglückt, wofür die Erklärung in dem oben schon hervorgehobenen Umstand zu suchen ist, dass die Kreuzbefruchtung zwischen

⁵⁾ Die punktirte Linie in Fig. 3 bezeichnet einen Skeletast, der bei manchen Larven vorhanden ist, bei den meisten aber fehlt.

Echinus microtuberculatus ♂ und *Sphaerechinus granularis* ♀ auf 1000 Fälle kaum einmal gelingt. Dieser geringe Procentsatz, der bei Massenbefruchtungen, für die man mit Leichtigkeit viele Millionen von Eiern oder Eifragmenten verwenden kann, gleichgültig ist, wird bei der Züchtung ausgewählter Eiexemplare zu einem sehr empfindlichen Uebelstand. Aus einem Schüttelmaterial die kernlosen Fragmente auszusuchen und abzusondern, ist eine so mühsame und langwierige Arbeit, dass ich bei der beschränkten Zeit meines Aufenthaltes am Meer kaum 200 Bruchstücke von *Sphaerechinus*-Eiern isoliren konnte; und ich hatte nicht das Glück, ein einziges derselben sich entwickeln zu sehen.

Ich würde nun, in Ermangelung dieses directen Beweises, schon das mitgetheilte Resultat jener Bastardirungsversuche, bei denen kernlose Fragmente mit kernhaltigen und mit ganzen Eiern gemischt waren, für genügend beweiskräftig halten. Denn nachdem ich einerseits durch die Versuche mit Ei und Sperma der gleichen Art den Nachweis habe führen können, dass kernlose Bruchstücke sich entwickeln, und nachdem es sich andererseits gezeigt hat, dass aus kernhaltigen *Sphaerechinus*-Eiern bei Befruchtung mit *Echinus*-Samen ausnahmslos Larven hervorgehen, welche eine Mittelform zwischen den elterlichen darstellen — bleibt keine andere Wahl, als das Auftreten der Zwerglarven von reinem *Echinus*-Typus bei den mitgetheilten Bastardirungsschüttelversuchen auf die vorhandenen kernlosen Fragmente zurückzuführen. Allein es lässt sich doch noch ein schärferer Beweis für die Richtigkeit einer solchen Erklärung beibringen. Man kann es nämlich einer abgetödteten und gefärbten Larve noch ansehen, ob ihr ein kernhaltiges oder kernloses Ei zu Grunde liegt, und zwar an der Grösse ihrer Kerne. Bei den befruchteten kernlosen Eifragmenten ist der erste Furchungskern, da er ja nur vom Spermakern gebildet wird, halb so gross als ein normaler erster Furchungskern, und dieser Grössenunterschied erbt sich auf alle Nachkommen der Eizelle bis zum Larvenstadium fort. Wenn man nun von den mit *Echinus* Samen befruchteten *Sphaerechinus*-Eiern und Eifragmenten gleichalterige Larven mit dem Bastard-Typus und mit reinem *Echinus* Typus abtödtet, so zeigen die letzteren stets beträchtlich kleinere Kerne, als die ersteren.

Damit ist wohl jeder Zweifel beseitigt, und es darf als feststehend ausgesprochen werden: Während die Bastardbefruchtung

intacter Eier oder kernhaltiger Bruchstücke stets Larven liefert, welche zwischen den Larvenformen der elterlichen Arten die Mitte halten, tragen die aus kernlosen Eifragmenten erzeugten Larven ausschliesslich Charaktere der väterlichen Species zur Schau. Und damit ist auch der Satz, dass lediglich der Kern Vererbungsträger sei, bewiesen. Mit dem mütterlichen Kern sind zugleich die mütterlichen Vererbungstendenzen des Eies beseitigt. Das mütterliche Protoplasma, obgleich es ja auch in diesem Fall materiell den weitaus grössten Antheil an der Bildung des neuen Organismus nimmt, ist auf die Form desselben ohne allen Einfluss. Die Gestaltungsprocesse dieser kernlosen Protoplasmanasse werden vielmehr ausschliesslich von dem eindringenden Spermatozoon regiert, und zwar, nach der Analogie zu schliessen, vom Kern desselben. Ob dieser Kern in Ei-protoplasma der gleichen Art oder einer anderen Art gebracht wird: die entstehende Larve ist für unser Auge genau die gleiche. Der Kern documentirt damit eine, ich möchte sagen, assimilatorische Kraft dem Protoplasma gegenüber, indem er aus Material, das schon mit unseren Wahrnehmungsmitteln verschieden erscheint, gleichgestaltete Organismen hervorgehen lässt. Dass diese nun in jeder Hinsicht, bis herab zu ihrer chemischen Constitution, einander völlig gleichen, möchte ich nicht behaupten, ja nicht einmal für wahrscheinlich halten. Doch könnten solche Differenzen, wenn sie vorhanden wären, sehr wohl als Nachwirkungen jener Kerne, mit denen das verwendete kernlose Protoplasma früher vereinigt war, erklärt werden, und sie wären demnach mit dem Satz, dass alle Gestaltungsprocesse des Plasmas von der Constitution des Kerns abhängig seien, nicht unvereinbar.

Dr. Hans Schmaus: Zur Compressionsmyelitis. (Die Veröffentlichung erfolgt an anderer Stelle.)

Prof. Dr. Erwin Voit: Ueber den geringsten Eiweissbedarf in der Nahrung.

Wie viel Eiweiss-, oder vielmehr wie viel Stickstoff-haltiges Material ein Kostmaass enthalten soll, ist eine Frage, die auch von hygienischen Gesichtspunkten betrachtet sein will. Vor der Beantwortung derselben muss jedoch die physiologische Frage gelöst sein, wie gross der Eiweissbedarf des Organismus

Sitzungsberichte
der
Gesellschaft
für
Morphologie und Physiologie
in
München.

V. Band.

1889.

MÜNCHEN.

MÜNCHEN.

Verlag der Münchener Medicinischen Wochenschrift.

Jos. Ant. Finsterlin

1890.