Schwerkraftwirkung oder Selbstdifferenzierung.

Von

L. Kathariner,

Freiburg (Schweiz).

Mit 1 Figur im Text.

Eingegangen am 1. April 1904.

Die von mir angestellten Versuche, aus denen ich auf das Nichtnötigsein der Schwerkraft für die normale Entwicklung des Froscheies schloß, haben eine Kritik erfahren, der gegenüber ich bei der Wichtigkeit des Gegenstandes aus doppeltem Grunde nicht schweigen zu dürfen glaube: erstens, weil die Methode der Kritik eine unzulässige ist, zweitens, weil ich noch einige neue Versuchsergebnisse hinzufügen kann, die, wie ich hoffe, die Frage endgültig für jeden entscheiden.

Die Prüfung der Beweiskraft eines biologischen Versuches hat drei Voraussetzungen ins Auge zu fassen: 1) Ist die Versuchsanordnung nach Methode und Material an sich zur Beantwortung einer gestellten Frage geeignet, 2) waren die Versuchsbedingungen im gegebenen Fall in zureichendem Maße erfüllt und 3) ist die gezogene Schlußfolgerung logisch. Über die erste und dritte Voraussetzung läßt sich ohne faktische Wiederholung des Versuches entscheiden. Anders steht es mit der zweiten, sie ist individueller Natur und entsteht nur dann, wenn man Bedenken bezüglich der Objektivität oder der Geschicklichkeit bzw. Urteilsfähigkeit des Autors haben zu müssen glaubt. Wenn daher schon die Aufstellung dieser Frage, bewußt oder unbewußt, ein persönliches Moment einschließt, so ist bei ihrer Beantwortung doppelte Vorsicht geboten. Zwei Wege stehen nun da dem Kritiker offen: entweder er sieht ein Originalexperiment mit an, oder er ahmt es unter tunlichst gleichen Bedingungen nach. Daß er sich dabei in den obengenannten Qualitäten dem ersten

Experimentator für mindestens gleichwertig halten muß, ist stillschweigende Voraussetzung.

Daß bei einer fortwährenden Veränderung der Lage des Eies, von denen jede nur einen Moment dauert, eine Einwirkung der Schwerkraft auf seine Bestandteile im Sinne der Herbeiführung einer bestimmten Umordnung derselben unmöglich ist, dürfte allgemein zugegeben werden.

»Ob (7) indessen bei dem regellosen Herumstrudeln die Eier in der Tat so sehr ihre Stellung zur Richtung der normalen Schwerkraftwirkung verändern, daß letztere jedes Einflusses beraubt würde, muß abermals als fraglich erscheinen.« »Ob (6) der von KATHARINER ersonnene Apparat in der Tat geeignet ist, die richtende Wirksamkeit der Schwerkraft auszuschalten, lasse ich dahingestellt. Aber selbst wenn er es ist . . .«

Ich hatte gesagt: »Von (1) einer Orientierung der Eiachse in der Gravitationsrichtung oder irgend einer länger als einen Moment richtend wirkenden Kraft war dabei gar keine Rede. Davon konnte man sich zum Überfluß jeden Augenblick überzeugen¹⁾.« MORGAN (5) hat ähnliche Versuche mit den Eiern der Kröte angestellt; »constantly turning over and over with great irregularity and with considerable rapidity«. MOSZKOWSKI (6) vermißt, daß nicht näher angegeben wird, in welcher Weise die Eier von dem Assistenten M.s herumbewegt wurden.

Solange nicht die Beigabe kinematographischer Aufnahmen von Bewegungen zu den Publikationen üblich ist, wird man einem Autor glauben müssen, daß eine Bewegung so war, wie er sie schildert, oder einen der obengenannten beiden Wege einschlagen; andernfalls hätten alle solche Versuche ausschließlich subjektiven Wert.

Indessen behauptet MOSZKOWSKI (8) in seiner jüngsten Veröffentlichung meine Versuche nachgeprüft zu haben: »M. H., ich habe diese Versuche während der diesjährigen Laichperiode wiederholt, und zwar etwa 20mal. Der von KATHARINER gewünschte Effekt wird ganz sicher nicht erreicht.

Die in »ganz sicherlich« zum Ausdruck gebrachte Zuversicht sticht grell ab gegen das beiläufige Eingeständnis M.s, dass er in Wirklichkeit ganz andere Versuche gemacht hat, als ich. »Ließ ich das Wasser — ich benutzte zur Erzeugung des Wirbels einen Wasserstrom²⁾ — sehr langsam einfließen . . .«

¹⁾ Nämlich durch Wahrnehmung der verschiedensten Richtungen der Eiachsen innerhalb eines Ballens.

²⁾ Vom Ref. unterstrichen.

Bei Beschreibung meiner Versuche hatte ich (1) die Einfachheit meines Apparates als Vorzug bezeichnet, »weil dann der betreffende Versuch leichter der Kontrolle von anderer Seite zugänglich ist«. Leider sehe ich mich in der darin ausgesprochenen Voraussetzung einer gewissenhaften Nachprüfung getäuscht.

Denn daß es sehr zweierlei ist, ob die Bewegung eines Eierballens durch einen kontinuierlichen und daher eine geregelte Rotation unterhaltenden Wasserstrom, oder durch einen unter allen Umständen diskontinuierlichen, in der Regel eine ungeordnete Bewegung herbeiführenden Luftblasenstrom bewirkt wird, liegt auf der Hand. Dieser ist diskontinuierlich, weil die Luft in einzelnen Blasen das Wasser durchheilt und die dem Wasser, bzw. dem Eierballen, erteilte Bewegung ist eine ungeordnete, weil jede Luftblase einen andern Weg macht, als die vorhergehende. Derselbe hat die Form einer unregelmäßigen Zickzacklinie und stellt die Verbindung derjenigen Punkte der von unten nach oben aufeinander folgenden Querschnitte des Wasserzylinders dar, über denen im einzelnen Moment die niedrigste Wassersäule lastet. Die Wasseroberfläche verliert vom ersten Augenblick des Versuches die Form einer Ebene und wird um so unregelmäßiger, je ungleichmäßiger die Blasen sind und je rascher sie einander folgen bzw. je mehr Blasen gleichzeitig emporsteigen, wie bei meinen diesjährigen Versuchen; damit ist eine unendliche Mannigfaltigkeit in der Form der Wasserbewegung gegeben.

Es ist mir selbstverständlich nicht unbekannt, daß man durch einen Wasserstrom eine ganz regelmäßige Kreisbewegung und eine dem Durchmesser des Gefäßes und der Strömungsgeschwindigkeit proportionale Zentrifugalwirkung erreichen kann. Auch mit einem Luftblasenstrom kann man unter bestimmten Voraussetzungen Ähnliches erreichen. Mich bei meinen Versuchen davor zu hüten, war um so näherliegend, als ich ja gerade selbst (1) den Einfluß der Zentrifugalkraft und die Vertretbarkeit der Schwerkraft durch sie eingehend besprochen hatte. Meiner Versuchsanordnung schafft außerdem noch eine Bedingung, die bei meinen Experimenten nicht vorkam. »Die ersten 20 Minuten zwar, so lange der Laichballen noch erhalten bleibt, ist die Bewegung der einzelnen Eier eine ungeordnete. Schon nach 20 Minuten aber wird der Laichballen in kurze Schnüre resp. einzelne Eier aufgelöst. Diese werden nun in ganz regelmäßiger Weise immer in derselben Richtung zentrifugiert, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man einzelne Eier längere Zeit kontinuierlich beobachtet.« Ich habe es bei meinen Versuchen stets

nur mit ganzen Laichballen zu tun gehabt, einzelne kleinere Laichstücke wurden nie beachtet. Warum M. nicht durch Einbinden des Eierballens in ein Gazestück das Zusammenbleiben der Eier und damit die von ihm die ersten 20 Minuten konstatierte ungeordnete Bewegung für die Dauer sicherte, ist nicht einzusehen.

So aber hat er, statt einen Kontrollversuch zu den meinigen anzustellen, lediglich die bekannte Tatsache aufs Neue bestätigt, daß die Entwicklung auch dann normal verläuft, wenn etwa gleichgroße Zentrifugal- an Stelle der Schwerkraft auftritt.

Ich muß daher den Anspruch M.s, meine Versuche nachgemacht zu haben, entschieden zurückweisen.

Aber MOSZKOWSKI (6) hatte früher noch einen andern, prinzipiellen Einwand gegen meine Versuche erhoben. Bei meinen ersten Versuchen lagen zwischen Besamung und Bewegung der Eier 30 Minuten, ein Zeitraum, in dem nach M. (2) die Schwerkraft ihre Wirkung bereits getan haben konnte, so daß ihre Entbehrlichkeit aus der beobachteten normalen Entwicklung nicht notwendig zu folgen braucht. Bei einer zweiten Versuchsserie (3) wurde darum die Zwischenzeit bis auf 7 Minuten gekürzt. Auch dann erfolgte noch normale Entwicklung. M. (6) aber meint: »Dafür aber, daß derartige¹⁾ Verschiebungen des Dotters während der 7 Minuten, in denen das Ei im Minimum²⁾ der Wirkung der Schwerkraft ausgesetzt war, nicht erfolgt sind, hat KATHARINER keine Beweise erbracht. Ich weiß daher nicht, woher er die Berechtigung nimmt, zu sagen, daß die Eier zu einer Zeit unter jene Bedingungen kamen, wo sie noch die ihnen angeborene Struktur hatten.«

Den Beweis hat mir nun M. (8) selbst abgenommen.

»Wenn ROUX endlich angibt, daß schon nach 15—30 Minuten nach der Besamung innere Umordnungen im Ei vor sich gehen, so ist das positiv falsch. Ich habe mich an vielen (etwa 100) Serien, die ich zwischen 5—30 Minuten nach der Besamung anfertigte, überzeugt, daß die ersten Verlagerungen im Dotter erst nach 30—40 Minuten zu konstatieren sind.« Damit hat M. den Beweis erbracht,

1) Den radiär symmetrischen Bau in einen bilateral symmetrischen verwandelnde.

2) Warum das besonders hervorgehoben wird, ist mir unverständlich, da hier natürlich ein einziges positives Resultat genau so beweisend ist wie viele! Das gilt auch für den MORGAN gemachten Vorhalt, daß er nur mit den Eiern einer Kröte experimentiert habe.

daß schon bei meinen ersten Versuchen, wo die Eier 30 Minuten nach der Besamung der Bewegung ausgesetzt wurden, noch sicherer aber bei der zweiten Reihe, wo dies bereits nach 7 Minuten geschah, mein Material einwandsfrei war, d. h. daß eine Umordnung des Dotters durch die Schwerkraft im Sinne einer bilateralen Symmetrie noch nicht stattgefunden hatte. Letztere konnte dann nur dem Ei angeboren sein, oder wurde ohne richtende äußere Kraft aus inneren Ursachen hergestellt, die normale Entwicklung war eine Selbstdifferenzierung. Wenn ich trotzdem nochmals Versuche anstellte, so geschah dies, um mich nicht gegen den Einwand, die Schwerkraft habe ihre richtende Tätigkeit schon vor ihrer Ausschaltung getan, allein auf denselben Autor stützen zu müssen, der ihn erhoben hatte. Bevor ich indessen die neuen Versuche schildere, seien mir noch einige Bemerkungen allgemeiner Natur gestattet.

Worauf es mir bei meinen Experimenten ankommt, glaube ich zwar schon früher (3) deutlich genug gesagt zu haben, halte es aber nicht für überflüssig, nochmals zu präzisieren, was ich unter Selbstdifferenzierung verstehe, soweit die erste Entwicklung in Frage kommt: Die Furchung des Froscheies ist eine Selbstdifferenzierung, im Sinne Rouxs, wenn die Quelle sowohl der Energie an sich, welche in der Umlagerung des Einhaltes als Arbeit zum Ausdruck kommt, als die Ursache ihrer bestimmten, die normale Entwicklung bedingenden Richtung in der Konfiguration des Eies gegeben ist. Die Entwicklung als bestimmt gerichtete Massenbewegung kann durch eine von außen angreifende Energie gefördert werden, wenn diese eine gleichsinnige Umordnung herbeizuführen bestrebt ist (Eier unter normaler Schwerkraft- bzw. entsprechender Zentrifugalkraftwirkung); sie kann behindert, das Hindernis aber überwunden werden (fixiertes Ei mit einer Neigung zum Lot bis 40°); sie kann verhindert werden, indem die von einer äußeren entgegenwirkenden Energie gesetzten Formveränderungen überwiegen (fixierte Eier bei einer zu großen Winkelstellung bzw. frei bewegliche Eier unter zu starker Zentrifugalkraft); sie kann endlich unabhängig von jeder äußeren Energie sich vollziehen, wenn deren Richtung fortwährend wechselt, ohne daß ihre Intensität ausreichte, momentane Veränderungen zu erzielen. Einen strikten Beweis für Selbstdifferenzierung bietet bloß die letzte Art, ohne daß die andern ihr widersprechen.

Die Unabhängigkeit der Entwicklung als Selbstdifferenzierung von äußeren Kräften ist *cum grano salis* zu verstehen. Der im Ei gegebene Energienkomplex beruht nach dem Prinzip von der Erhal-

tung der Energie natürlich auf Energiezufuhr von außen, die während der Bildung des Eies im Mutterkörper statt hat. Aber die im fertigen, reifen Ei gegebene potentielle Energie ist nach Quantität und Qualität ausreichend, um die Entwicklung einzuleiten und anfangs zu unterhalten. Faßt man den Befruchtungsvorgang als die Beseitigung einer Hemmung für ihre Umwandlung in aktuelle Energie auf, so widerspricht dies der Selbstdifferenzierung nicht. Die Beseitigung der Hemmung als eine Arbeit erfordert Energiezufuhr von außen, aber, so wenig als sonst die Lösung einer Hemmung Größe und Richtung des Haupteffektes beeinflußt, es z. B. ganz einerlei ist, ob die Zündung einer Ladung durch einen Hammerschlag oder den elektrischen Funken bewirkt wird, so wenig verliert die Entwicklung durch ihre Abhängigkeit von einer Befruchtung den Charakter der Selbstdifferenzierung.

Welche Auffassung M. eigentlich von dem Charakter der ersten Entwicklung des Froscheies hat, ist mir nicht widerspruchsfrei klar geworden. So sagte er (8), daß die Entwicklung aus inneren Gründen erfolge, daß sie rein aus inneren Ursachen zu begreifen sei. Aber das erste Entwicklungsgeschehen, die Herstellung der bilateralen Symmetrie, sei doch nicht, wie ich behauptete, die Folge einer Selbstdifferenzierung, sondern werde durch einen äußeren Faktor bestimmt, die radiär-symmetrische Anordnung des Dotters werde durch eine äußere Kraft in eine bilateral-symmetrische verwandelt. Unter inneren »Gründen«, inneren »Ursachen« im Sinne M.s, kann m. E. nur die Zusammensetzung des Eies aus verschiedenen schweren Substanzen verstanden werden, während für die Umordnung derselben eine äußere Kraft nötig ist; ohne dieselbe würde die Umordnung und damit die Entwicklung nicht stattfinden können.

Wenn M. (8) meint, seine Auffassung von der ersten Entwicklung des Froscheies decke sich im wesentlichen mit der Rouxs im Vergleich zu meiner Auffassung, so ist er in einem fundamentalen Irrtum befangen. Der Beginn der Entwicklung, nämlich die bilateral-symmetrische Verteilung der Dottersubstanzen, ist nach M. die Arbeitsleistung einer äußeren Energie, der Schwerkraft. — »Wir haben daher das Recht, die Schwerkraft als einen für die Entwicklung notwendigen Faktor zu bezeichnen« (2) S. 45 —, also abhängige Differenzierung; die äußere Entwicklungsbedingung tritt als eine direkte auf, als gestaltende Kraft, der gegenüber die Struktur des Eies nur als indirekte in Betracht kommt. Nach ROUX aber (und mir) sind im befruchteten, oder, wie die Versuche

mit künstlicher Parthenogenese wahrscheinlich machen, auch im unbefruchteten Froschei die Ursachen der Entwicklung von vorn herein, nach Quantität und Qualität bestimmt, gelegen. Die äußeren Entwicklungsbedingungen kommen nur als indirekte hinzu.

Hätte M. Recht, so wäre das polar differenzierte Ei in seiner Anpassung an die Schwerkraft so weit gegangen, daß es ohne dieselbe entwicklungsunfähig wäre. Da nun das polar differenzierte Ei kaum einen phylogenetisch primären Zustand darstellen dürfte, so müßte man sich nach den Gründen für das Entstehen dieser »Überspezifizierung« fragen, die nie etwas nützen, wohl aber (in dem Fall genau vertikaler Einstellung) schaden kann. Ist auch

die Zahl der möglichen primären Lagen eine unendlich große, die Wahrscheinlichkeit einer einzelnen bestimmten Lage daher unendlich klein, so ist sie doch deswegen nicht gleich Null; denn die Lagen der einzelnen Eier im abgelegten Laich sind ja samt und sonders Verwirklichungen von ebensovielen, ein-

zeln unendlich unwahrscheinlichen Möglichkeiten.

Die Anordnung meiner diesjährigen Versuche, zu denen nun überzugehen es an der Zeit ist, schließen, denke ich wenigstens, jeden Zweifel an der Entbehrlichkeit der Schwerkraft für die Entwicklung des Froscheies aus.

Als Gefäße, in denen sich die Entwicklung der Eier vollzog, benutzte ich zweierlei. Einmal einen großen Glastrichter von 32 cm Öffnungsweite und 25 cm Höhe des Trichterteiles. Derselbe wurde senkrecht aufgestellt und von unten her ein mit Gummi abgedichtetes Glasrohr eingeführt. Bei drei weiteren Versuchsreihen kam ein Glaszylinder (b) von 10 cm Durchmesser und 52 cm Höhe zur Verwendung. Ein Glasrohr (c), das die Luft aus dem Wasserstrahlgebläse (a) zuführte, führte senkrecht bis zum Boden des Zylinders und trug auf dem aufgebogenen Schenkel die Brause (d) einer kleinen Gießkanne, um eine

bessere Verteilung des Luftstromes in einzelne Blasen zu erzielen. Zur weiteren Abschwächung der mechanischen Insulte sperrte noch ein feines Drahtnetz (*c*) einige Zentimeter höher diaphragmaartig den Innenraum des Zylinders. Da es ringsum dicht anlag, war ein zeitweiliges Verfangen des Eierballens zwischen Brause und Zylinderwand mit Sicherheit ausgeschlossen. In beiden Gefäßen war ebenso eine zeitweilige Ruhe desselben unmöglich. Um dem Einwand, daß die Schwerkraft schon vor der Bewegung auf den Einhalt ordnend gewirkt haben könne, ein für allemal den Boden zu entziehen, verfuhr ich folgendermaßen:

1) Über die zu einem flachen Fladen bei etwa 2 mm Wasserstand in einer Glasschale ausgebreiteten Eier wurde durch Zerschneiden der Hoden bzw. Samenbläschen gewonnenes samenhaltiges Wasser gegossen, dieses durch einmaliges Herumschwenken der Schale möglichst verteilt, nach genau $1\frac{1}{2}$ Minuten unter dem Wasserhahn abgespült, ein Stück des Fladens abgelöst, was etwa 15 Sekunden dauerte, und in den Wasserwirbel gebracht, der Rest zur Kontrolle ruhig hingestellt.

2) Eier des andern Uterus wurden auf ein Stück in gespanntem Zustand getrockneter Schweinsblase, das auf den Boden einer flachen Glasschale gelegt und mit einer etwa 2 mm hohen Wasserschicht bedeckt war, in einfacher Lage ausgebreitet. Der Rand des Blasenstückes ringsum aufgehoben, so daß ein kleiner Beutel entstand; um den Hals desselben wurde eine Schlinge gelegt, dann durch denselben so viel Wasser zugefügt, daß der Beutel sich ziemlich füllte, einige Kubikzentimeter Samenwasser auf einmal zugebracht, unmittelbar nach dem Zurückziehen der Pipette vom Abwart die Schlinge zugezogen und der Beutel in den Wirbel fallen gelassen¹⁾. So wurde jede Zwischenzeit zwischen Besamung und Bewegung vermieden. Der Rand der Blase war in einige große, frei flatternde Lappen geteilt, die mit kleinen Stückchen Walzblei armiert waren. Dadurch wird eine recht unregelmäßige Bewegung vom ersten Augenblick an erreicht. Bald dieser, bald jener Lappen wird von einer stärkeren Luftblase getroffen, das Säckchen überschlägt sich bald in dieser, bald in jener Richtung. Bald sinkt es ab, bald wird es vom Strom wieder nach oben gerissen, kommt bald mit dem zusammengefalteten Rand, dann wieder mit der Rundung zuerst nach oben. Der

¹⁾ Mag die Art des Versuchs auch kleinlich genau sein, so hielt ich diesen Modus doch für den sichersten ev. Einreden gegenüber. Aus demselben Grunde wurden auch stets frische Instrumente (Schere, Spatel) benutzt.

Weg von unten nach oben und umgekehrt wird etwa 15—20 mal in der Minute gemacht, dazu dreht das Säckchen sich noch um alle möglichen Achsen. Eine dabei etwa in Aktion tretende Zentrifugalkraft hätte, da das Säckchen in kurzem durch Quellung der Eihüllen die Form einer Kugel von etwa 6 cm Durchmesser annahm, höchstens 3 cm Radius zur Verfügung gehabt. Besonders hin- und hergeworfen wurde der flächenhaft ausgebreitete Eierkomplex. Über dessen Bewegung etwas Näheres auszusagen, als daß er auf- und abgestrudelt, herüber- und hinübergeworfen wurde, ist, wie das bei einer ungeordneten, d. h. »regellosen« Bewegung selbstverständlich ist, nicht möglich. Da ich die Wasserleitung auf ihren maximalen Druck beanspruchte, war die Durchlüftung des Wassers eine sehr ausgiebige, das Wasser war ständig von Luftblasen größeren und kleineren Kalibers völlig durchsetzt. Sah man der Bewegung der Eierballen zu, so mußte es direkt paradox erscheinen, hier noch an eine einseitig richtend wirkend äußere Kraft zu denken. Wenn die ruhenden Kontrolleier die zweite Furche ausgebildet hatten, wurden zum erstenmal die Strudeleier angehalten und Proben entnommen, da die Erfahrung gelehrt hatte, daß sie bei einer Temperaturdifferenz von 3° C. um eine Furche zurück waren. Die in der Schweinsblase eingeschlossenen Eier zeigten alle möglichen Stellungen ihrer Eiachsen, so wie sie gerade im Anfang hingebreitet waren; sie stellten sich auch bei längerer Ruhe nicht in die Gravitationsrichtung ein, offenbar, weil sie in Zwangslage sich befanden, worauf auch die sehr ausgesprochene polyedrische Form der Gallerthüllen hinwies, die nur so weit hatten aufquellen können, als der beschränkte Raum des fest verschnürten Säckchens gestattete. Verschiedene Stellung der Achsen wiesen auch die Eier des Fladens für die erste Zeit nach der Ruhestellung hin. Die mehr nach innen gelegenen Eier waren auch hier in Zwangslage, was sich aus dem spärlichen Wasserzusatz vor der Besamung erklärt. Kommen die Eier dann auch in eine größere Wassermenge, so vermag die Gallert-hülle der inneren Eier doch nur nach den zwei freien Seiten hin, d. h. nach oben und unten im Sinne der ursprünglichen Ausbreitung auf dem Boden der Glasschale, zu quellen, während sie nach allen andern Richtungen durch die quellenden Hüllen der Nachbarn beschränkt sind. Dem unter gegenseitigen Druck zustande gekommenen Verkleben der Eier miteinander ist es wohl auch zuzuschreiben, daß sie während der ganzen Versuchsdauer, wie auch früher, zu einem einheitlichen Komplex vereint blieben. Auch wenn, was bisweilen geschah, das Säckchen im weiteren Verlauf nicht mehr zugebunden

wurde, blieben die Eier dauernd an dem nun ausgebreiteten Blasenlappen hängen. Wenn bei MOSZKOWSKIS Versuchen der Eierballen schon nach 20 Minuten zerfiel, so kann das sowohl an reichlicherem Wasserzusatz gleich im Anfang, wie auch an einer lösenden Wirkung des stets frisch zuströmenden Wassers liegen.

In allen diesjährigen Versuchen, im ganzen vier, verlief die Furchung durchaus normal. An den bei jedem in den einzelnen Phasen der Entwicklung herausgenommenen Proben lassen sich, was ja am leichtesten für die Stadien der vier ersten Furchen geschehen kann, keinerlei Abweichungen vom typischen Verlauf der Furchen und der Größe der Zellen, entdecken. Insbesondere muß das stetige erste Auftreten der ersten Teilung am schwarzen Pol betont werden. Daß sich nicht alle Eier gleich widerstandsfähig gegen die zweifellos ungünstigen Entwicklungsbedingungen zeigten, ist nicht weiter verwunderlich.

Namentlich in den späteren Stadien steigert sich die Empfindlichkeit gegen das fortwährende Herumstrudeln, wie sich aus der mit der Dauer des Versuchs zunehmenden Zahl nicht weiter entwickelter Eier entnehmen läßt. Indessen erhielt ich bei dem ersten bereits am 25. Februar angestellten Versuche, der bis zum Ende durchgeführt wurde, freilebende Larven. Die weiteren Versuche wurden zu verschiedenen Zeiten der Entwicklung abgebrochen, da das Tag und Nacht währende Geräusch des Wasserstrahlgebläses im Arbeitszimmer gerade keine Annehmlichkeit ist, und die Versuche der früheren Jahre ja, von dem einen dieses Jahres ganz abgesehen, die Möglichkeit der vollen Entwicklung gezeigt hatten.

Hinzufügen will ich noch, daß die mit Samenwasser in Schweinsblase eingebundenen Eier einen höheren Prozentsatz Embryonen gaben, als die, welche nur $1\frac{1}{2}$ Minuten mit Samenwasser in Berührung gestanden hatten, dann abgespült und gestrudelt wurden.

Einmal gingen mir sogar sämtliche $1\frac{1}{2}$ Minuten besamte und dann abgespülte, darauf ruhig gestellte Kontrolleier zugrunde.

Die Frage nach den Ursachen, welche die Lage der ersten Furche bei solchen einem jeden richtenden Einfluß entzogenen Eiern bestimmt, vermag ich nach der beschränkten Zahl der bis jetzt mikrotomierten Eier noch nicht zu beantworten; auch kam es mir zuerst und vor allem darauf an, die Selbstdifferenzierung des Froscheies gegen jeden, wenn auch nur denkmöglichen Einwurf klarzustellen.

MOSZKOWSKI (2) meinte: »Hätte KATHARINER die Eier gleich

nach der Befruchtung auf seinen Apparat gebracht, so würde er wohl dieselben Erfahrungen gemacht haben, wie O. HERTWIG, nämlich, daß die Eier sich nicht entwickelten, sondern zugrunde gingen. Bei O. HERTWIG kamen die Eier unmittelbar nach der Befruchtung auf die Zentrifuge, unter die Einwirkung einer konstant gerichteten Zentrifugalkraft von ungefähr der zehnfachen Größe der Schwerkraft. Da die Eier zurzeit noch in Zwangstellung waren, wurde der Eiinhalt total durcheinander gerührt; bei meinen Versuchen aber wurde die Intensität äußerer Kräfte nach Möglichkeit klein gehalten, aller Nachdruck dagegen auf einen fortwährenden Wechsel ihrer Richtung gelegt. Daraus erhellt, daß von einer Kollision der Resultate von O. HERTWIG und mir keine Rede sein kann.

Literaturverzeichnis.

- 1) KATHARINER, L., Über die bedingte Unabhängigkeit der Entwicklung des polar differenzierten Eies von der Schwerkraft. Archiv f. Entw.-Mech. Bd. XII. 1901.
 - 2) MOSZKOWSKI, M., Über den Einfluss der Schwerkraft auf die Entstehung und Erhaltung der bilateralen Symmetrie des Froscheies. Archiv f. mikr. Anat. Bd. 60. 1902.
 - 3) KATHARINER, L., Weitere Versuche über die Selbstdifferenzierung des Froscheies. Archiv f. Entw.-Mech. Bd. XIV. 1902.
 - 4) ROUX, W., Das Nichtnötigsein der Schwerkraft für die Entwicklung des Froscheies. Archiv f. Entw.-Mech. Bd. XIV. 1902.
 - 5) MORGAN, T. H., The Dispensibility of Gravity in the Development of the Toad's Egg. Anat. Anz. Bd. 21. 1902.
 - 6) MOSZKOWSKI, M., Zur Analysis der Schwerkraftwirkung auf die Entwicklung des Froscheies. Archiv f. mikr. Anat. Bd. 61. 1902.
 - 7) HERTWIG, R., Der Furchungsprozess. S. 615 in: Handbuch der Entwicklungslehre, herausgeg. v. O. HERTWIG.
 - 8) MOSZKOWSKI, M., Über den Anteil der Schwerkraft an der Entwicklung des Froscheies mit besonderer Berücksichtigung der jüngsten Experimente KATHARINERS. Verhandl. Anat. Ges. 1903.
-