Das Nichtnöthigsein der Schwerkraft für die Entwicklung des Froscheies.

Von

W. Roux.

Zu der früheren¹⁾ und der vorstehenden²⁾ Mittheilung des Herrn Prof. KATHARINER, wie besonders zu der von ihm in letzterer berichtigten Publikation des Schülers von Prof. KEIBEL, Herrn Dr. M. MOSZKOWSKI³⁾, möchte ich noch ein Paar Bemerkungen machen.

Einmal beruhen Einwendungen des letzteren Herrn gegen die Suffizienz meiner im März 1884 angestellten reinen Klinostatenversuche im Anschluss an O. SCHULTZE auf der willkürlichen Annahme, ich hätte die Gallerthüllen meiner Eier möglichst stark quellen lassen, also so stark, dass die Eier bei Umdrehungen des Apparates von 1—2 Minuten Dauer die Drehungen ihrer Hüllen nicht mitmachten und dadurch den Zweck meines Versuchs vereitelten. Das war, wie aus der weiteren Angabe über die Stellung der Eiachsen beim Anhalten des Apparates hervorging, natürlich nicht geschehen. Wir können bekanntlich die Eier auch weniger quellen lassen, so wenig sogar, dass sie in drei Tagen nach einer Umkehrung noch nicht wieder sich zurückdrehen können. Die Eier wurden gemäß meinem ausgesprochenen Zweck, möglichst verschiedene Fälle in meinem Versuch zugleich zu umfassen, vorbereitet. Sie wurden von den sogen. Probееiern anderer Versuche entnommen; und diese Eier

¹⁾ Über die bedingte Unabhängigkeit der Entwicklung des polar differenzirten Eies von der Schwerkraft. Arch. f. Entwicklungsmech. XII. pag. 597—609.

²⁾ Weitere Versuche über die Selbstdifferenzirung des Froscheies. Loc. cit. XIV. pag. 290—299.

³⁾ Über den Einfluss der Schwerkraft auf die Entstehung und Erhaltung der bilateralen Symmetrie des Froscheies. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 60. pag. 17—65. 1902.

waren, wie gewöhnlich die Probееier, aus dem Uterus mit dem Spatel in Klumpen ausgehoben und in reichliche Samenflüssigkeit gethan; sie lagen daher in mehreren Schichten in der Flüssigkeit übereinander, und in Folge dessen quollen die Gallerthüllen der oberflächlichsten Schicht in der ersten halben Stunde am stärksten. Ich arbeitete somit mit Eiern von sehr verschiedener Quellung und entsprechend verschiedener Drehbarkeit in den Hüllen. Diese Versuchsanordnung war der Grund, dass ich nach dem Anhalten des Rades und raschen Öffnen des Deckels der Kästchen gewöhnlich eines oder einige der Eier mit dem braunen Pol nach oben gerichtet fand, während die Mehrzahl mit dem braunen Pol seitwärts oder abwärts gerichtet standen. Die Kästchen wurden ferner bei dieser Besichtigung nicht »abgenommen oder geschüttelt«, wie MOSZKOWSKI wiederum willkürlich annimmt, um diese verschiedenen Richtungen der Eiachsen auf andere Weise abzuleiten. Übrigens möge er einmal eine Schale mit festklebenden Eiern schütteln, bis ihre Eiachsen so durch einander stehen; da würde er mindestens ganz absichtlich lange und stark schütteln müssen, wenn es überhaupt gelingt.

MOSZKOWSKI giebt fernerhin irrthümlich an, dass KATHARINER im Gegensatz zu mir meine Rotationsversuche als unzureichend darge-
gethan habe. Dem gegenüber weise ich darauf hin, dass ich die von KATHARINER gegen die reinen Klinostatenversuche erhobenen Einwendungen mir im Wesentlichen bereits damals selber gemacht habe (s. Ges. Abh. II. pag. 272, Originalarbeit pag. 14) und dass ich eben desshalb zur Ergänzung zugleich noch den Versuch mit den Überschlagseiern hinzugefügt habe. KATHARINER erwähnt in seinen beiden Arbeiten zutreffender Weise, dass dieser Versuch, bei dem sich die in einer nicht mit Wasser voll gefüllten Glasröhre beweglichen Eier beim Überschlage stoßen, drängen und auch seitlich drehen, den seinigen an Beweiskraft für die Unabhängigkeit der Entwicklung von äußeren gestaltenden Einwirkungen: der Schwerkraft und Centrifugalkraft entsprechen. Er war aber, wohl weil er weder die Originalarbeit noch meine Ges. Abh. besitzt, sondern sich auf die Berichte anderer Autoren verlassen hat, in dem Irrthum, dass ich auch schon die reinen Klinostatenversuche zu diesem Schlusse für zureichend gehalten hätte; dann hätte ich die Überschlagseier nicht hinzugefügt.

Meine beiderlei Versuche zusammen genommen waren also vollkommen sufficient für die Entwicklungsperioden, in denen sie angestellt wurden.

Die Eier zu diesen Rotationsversuchen wurden von mir und ebenso von KATHARINER, welcher die atypischen Bewegungen von Eiballen durch einen starken, in das Wasser getriebenen Luftstrom hervorbringen ließ, erst etwa eine halbe Stunde nach der Besamung, nachdem sie sich in ihren Hüllen gedreht und dadurch ihre Entwicklungsfähigkeit bekundet hatten, in Bewegung versetzt.

MOSZKOWSKI erhebt nun den Einwand, dass vorher schon die Schwerkraft auf das, wie ich selber angegeben habe, bis dahin innerhalb seiner Hülle in Zwangslage befindliche Ei umordnend wirke, in ähnlicher Weise, wie es BORN bei Zwangslage (aber erst erheblich später) nachgewiesen hat. (M. berichtet hierbei irrthümlich, dass ich die Rotationsversuche erst angestellt hätte, nachdem durch BORN's Versuche PFLÜGER's Hypothese der Boden entzogen war, und zwar sei dies von mir geschehen, »um auch meinerseits die Unrichtigkeit der Auffassung PFLÜGER's zu beweisen«. Aus unseren beiderseitigen Publikationen ist zu ersehen, dass die entsprechenden Versuche gleichzeitig angestellt wurden.)

MOSZKOWSKI und KATHARINER ist es nicht bekannt, dass ich bereits im Frühjahr 1885 Versuche gemacht und wiederholt betont habe, welche beweisen, dass auch in dieser ersten Periode nach der Besamung bis zum Drehbarwerden der Eier die Schwerkraft zur Erzeugung einer symmetrischen Anordnung nicht nöthig ist. Ich setzte nämlich die Eier 2—4 Minuten nach der Befruchtung mit Samen, also nach der Besamung, und somit 15—30 Minuten vor der beginnenden Befruchtung, in dicke Lösung von Gummi arabicum, worin sie in toto schwammen und sich daher sofort der Wirkung der Schwerkraft entsprechend einstellten; das geschah bei den verschiedenen Eiern mit sehr verschiedenen Neigungswinkeln ihrer Eiachse zur Horizontalen.

Damit war der ordnenden Wirkung der Schwerkraft auf das Ei im Ganzen sofort nachgegeben. Diese Stellung wurde bei nicht besamten Eiern mehrere oder viele Stunden lang beibehalten; besamte Eier dagegen blieben nur 15—30 Minuten in dieser Stellung. Dann erfolgte Änderung der Neigung der Eiachse, fast immer verbunden mit starker Umdrehung (bis zu 100°) um die Eiachse. Die Neigungsänderung der Eiachse hätte, wo sie gering blieb, noch von einer ordnenden Wirkung der Schwerkraft auf die ungleich specifisch schweren »Theile« des Eies durch Aufsteigen der specifisch leichteren, Absinken specifisch schwererer Theile abgeleitet werden können. Solche Wirkungen habe ich bereits vom Jahre

1883, vielleicht als Erster vertreten und mehrfach verwendet (s. Ges. Abh. II. pag. 113, 120, 260, 262, 337, 338, 343 u. A.), was MOSZKOWSKI wieder nicht bekannt ist, sondern mir von ihm direkt abgesprochen, aber zur Belehrung mitgetheilt wird.

Bei der Zähigkeit der Eisubstanzen hätten vielleicht auch, wenn auf- und absteigende Massen sich begegneten, durch seitliches Verdrängen kleine Seitwärtsbewegungen solcher Massen und damit geringe Drehungen des Eies um die Eiachse bewirkt werden können, niemals aber Drehungen von 90° , da dabei das seitliche Ausweichen in größter Ausdehnung und mindestens in wagerechter Richtung erfolgen müsste, richtiger sogar mit abwärts gerichteter Bewegung specifisch leichterer Massen verbunden sein muss. Diese neue innere Anordnung erfolgte also nicht durch die Schwerkraft, sondern mindestens ohne sie, theilweise sogar ihr entgegen; und die Schwerkraft drehte das Ei der neuen inneren Anordnung entsprechend so, dass die Gewichtssymmetrieebene der entstandenen Anordnung senkrecht und mit den leichteren Substanzen nach oben stand. Diese neue Einstellung erfolgt aber zu der Zeit, in der der Samenkörper die Gallerthülle durchsetzt hat und die Befruchtung beginnt; sie ist also die erste Wirkung der Befruchtung (s. Ges. Abh. II. pag. 289—298) und bleibt danach dauernd erhalten.

Diese Auffassung von der Wirkung der Befruchtung bestätigend, haben im gleichen Frühjahr von mir angestellte Versuche mit künstlicher lokalisirter Befruchtung nicht in toto schwimmender Eier in 50—60 Fällen ergeben (Ges. Abh. II. pag. 295), dass die neue, um diese Zeit erfolgende Einstellung der Eier bei möglichst fehlendem äußeren ordnenden Zwang durch die Kopulationsrichtung des Ei- und Spermakerns bedingt wird. Darüber sind MOSZKOWSKI-KEIBEL wieder nicht genügend unterrichtet, sowohl über die Zahlen, die MOSZKOWSKI, ohne sie anzugeben, als »dürftig« bezeichnet, wie über den typischen Verlauf des Samenkörpers im Ei, von dem M. fälschlich berichtet, die zweite, gegen die erste gewöhnlich abgeknickte Strecke: die Kopulationsbahn, trete seitwärts aus der durch die erste Strecke markirten senkrechten Meridianebene heraus, während dieses letztere gerade ein seltener Ausnahmefall ist, und es im Gegentheil das wesentliche Ergebnis meiner Versuche darstellt, dass fast immer beide Strecken in die Richtungen dieser ersten Medianebene fallen.

Ich halte diese beiden Versuche zusammen für zureichend, sowohl um das Nichtnöthigsein der Schwerkraft in dieser ersten Phase der Entwicklung, wie zugleich um die Bestimmung der

bilateralen Symmetrieebene (NB. bei Fernhaltung äußerer umordnender Einwirkungen) durch die Befruchtungsrichtung zu erweisen.

Immerhin müssen im Ganzen drei verschiedenartige, und zum einen Theil zugleich anderem Zwecke dienende, nicht ganz leicht verständliche sowie auch nicht leicht mit Erfolg anzustellende Versuche zusammengenommen werden, um den Schluss über das Nichtnöthigsein der Schwerkraft sicher abzuleiten, was für manche Autoren ihre Beweiskraft abschwächen kann. Daher ist es zu begrüßen, dass durch den einen neuen Versuch KATHARINER's, in welchem er die Eier baldigst nach der Besamung und dann tagelang fortgesetzt durch aufsteigende Luftblasen bewirkten atypischen Wirbelbewegungen aussetzte, wobei die Eier sich zu wohlgebildeten Embryonen und Quappen entwickelten, dasselbe Resultat bezüglich des Nichtnöthigseins der Schwerkraft noch auf einfachere Weise gewonnen worden ist.

Danach wird nunmehr wohl, trotz der apodiktisch sicheren Verkündung des Gegentheils von MOSZKOWSKI-KEIBEL, selbst für die meisten bisher anders Denkenden die angebliche Nothwendigkeit der Schwerewirkung für die Ausbildung der bilateralen Symmetrie und für die Entwicklung des Froscheies überhaupt aus ihrem letzten Schlupfwinkel vertrieben sein.