

Ueber eine Methode,
Froscheier am Beginn ihrer Entwicklung im Raume
so zu orientieren, dass sich die Richtung
ihrer Teilebenen und ihr Kopf- und Schwanzende
bestimmen lässt.

Von

Oscar Hertwig,
Berlin.

Mit Tafel III und 1 Figur im Text.

Die kleine experimentelle Studie knüpft an Untersuchungen an, welche schon im Jahre 1893 von mir begonnen wurden. In meiner Schrift „Ueber den Wert der ersten Furchungszellen für die Organbildung des Embryo“ habe ich die Ergebnisse von Experimenten mitgeteilt, bei welchen Froscheier gleich nach der Befruchtung zwischen 2 parallelen Glasplatten ein wenig komprimiert wurden. Durch dieses Verfahren ließ sich die Richtung der ersten Teilebenen je nach der Stellung, welche die Glasplatten erhielten, in ganz charakteristischer und gesetzmäßiger Weise abändern. Hierbei wurde auch ein kurzer Bericht über einige Experimente gegeben, welche wegen mangelnder Zeit, und da das Versuchsmaterial ausging, unvollständig geblieben waren und daher nur in einigen Sätzen unter der Ueberschrift: „c) Pressung der Eier zwischen parallelen, unter einem Winkel von 45° aufgestellten Objektträgern“ nebenbei erwähnt worden sind. „Die Versuche“, heißt es daselbst, „wurden in der Absicht unternommen, zu prüfen, ob bei dieser Anordnung sich die Lage des Urmundes bei seiner Entstehung beeinflussen lasse“.

Schon damals konnte ich auf Grund der noch unvollständigen und nur probeweise ausgeführten Versuche feststellen, daß bei 16 Eiern, die sich in der angegebenen Lage auf 2 Objektträgerpaaren befanden, die erste Einstülpung in 15 Fällen an dem Teil der Peripherie des Dotterfeldes entstand, welcher nach dem oberen Rand des Objektträgers gewandt war, und nur bei einem Ei in dem entgegengesetzten Bereich.

Die Erklärung für dieses Verhalten suchte ich in dem Umstand, daß durch die Pressung zu einer Scheibe und durch die Neigung der pressenden Platten unter einem Winkel von 45° dem Froschei eine bilateral-symmetrische Organisation aufgeprägt wird. Denn wie leicht zu verstehen ist, wird sich an der schräg gestellten Scheibe ihre protoplasmareichere und leichtere Substanz, der Schwere folgend, so ordnen müssen, daß sie den höher stehenden Scheibenrand bildet und von hier in entgegengesetzter Richtung in eine immer dünner werdende Schicht ausläuft, dagegen wird die an Dottereinschlüssen reichere und schwerere Substanz sich an der unteren Fläche des Eies und besonders nach dem tiefer gelegenen Scheibenrand zu ansammeln.

Unter den experimentell hervorgerufenen Verhältnissen ist demnach das Froschei in zwei gleichwertige Hälften durch eine Ebene teilbar, welche den höher und den tiefer gelegenen Scheibenrand in der Mitte schneidet. Ich bezeichnete dieselbe, in Anschluß an Roux, als die Symmetrie- und Gleichgewichtsebene des Eies und sprach die Aussicht aus, daß die Form der Eier und die Anordnung verschiedener Substanzen, welche ungleiches Gewicht und ungleiche physiologische Bedeutung haben, zumal

wenn sie eine bilateral-symmetrische ist, nicht nur die Richtung der ersten Teilebenen, sondern auch die Lage der embryonalen Körperachsen und einzelner Primitivorgane wird beeinflussen können. In diesem Sinne bezeichnete ich „das Ei gewissermaßen als die feste Form, welcher sich der Embryo auf allen einzelnen Entwicklungsstadien anpassen muß“.

Den Versuch mit der Aufstellung der komprimierenden Platten unter einer Neigung von 45^0 hatte ich als einen nur provisorischen mitgeteilt, weil das Untersuchungsmaterial mir ausging und ich daher den Gegenstand nicht genauer verfolgen konnte. Im nächsten Jahr beschäftigte sich BORN (1894), der gleichzeitig (1893) und unabhängig von mir das Verhalten des Froscheies bei der Pressung studiert hatte, mit der Lösung der gleichen Aufgabe. Er wollte durch die von mir zuerst ausgeführte Versuchsanordnung Aufschluß darüber gewinnen, „ob die Richtung der ersten Furche, die Einstellung der ersten Kernspindel ceteris paribus durch die Form des Bildungsdotters in dem Sinne bestimmt wird, wie es die HERTWIGSche Regel fordert“ (S. 620). BORN konnte die Richtigkeit derselben feststellen. Bei Neigung der Platten um 50^0 sah er die erste Furche in der Mitte des oberen Randes der Eischeibe beginnen und von da über die Flächen gegen die Mitte des unteren Randes verlaufen; „sie liegt also nach HERTWIG in der Symmetrieebene des Eies. Die zweite Furche verläuft senkrecht zur ersten über die Flächen des Eies oberhalb der Mitte der Eischeibe; sie entspricht also in ihrem Verlauf genau der zweiten Furche komprimierter Eier bei vertikal gestellten Platten und entspricht ebenso wie diese der HERTWIGSchen Regel“ (l. c. S. 4).

BORN hatte sich bei seinen Versuchen auch die Aufgabe gestellt, möglichst genau auf etwaige Beziehungen zwischen der Lage der ersten Furche und der Stelle, an der der Anfang des Urmundes auftritt, zu achten. Das Resultat war, „daß sich absolut keine Beziehung zwischen der Lage des Urmundanfanges und der ersten Furche auffinden ließ. Der Urmundanfang nahm alle möglichen Stellungen rings um die obere Grenze des hellen Feldes herum ein“ (S. 5).

Da BORN seine neuen Kompressionsversuche nur als eine kurze vorläufige Mitteilung in den Jahresberichten der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur veröffentlicht hat und später, wohl durch seine Erkrankung verhindert, auf den Gegenstand nicht wieder zurückgekommen ist, habe ich selbst das Thema, wie es meine ursprüngliche Absicht war, noch einmal aufgenommen und mich nicht nur auf die Untersuchung der Oberflächenbilder beschränkt, sondern auch die verschiedenen Entwicklungsstadien auf Durchschnitten genauer studiert.

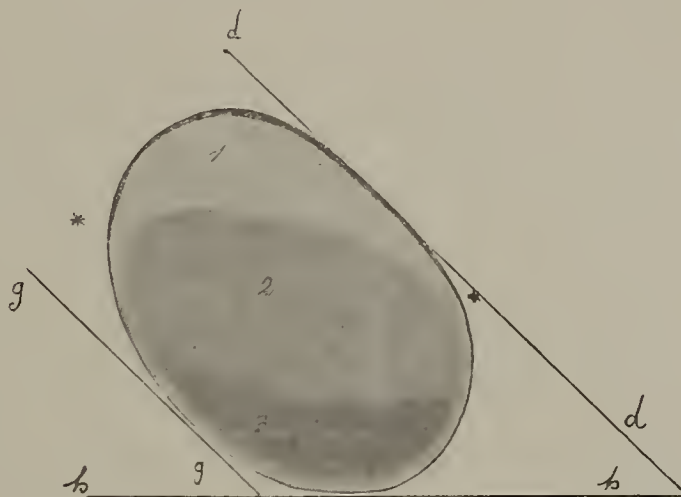
Das von mir angewandte Verfahren ist dasselbe, welches ich in meiner Schrift „Ueber den Wert der ersten Furchungszellen“ etc. (S. 668) beschrieben habe. Zur bequemeren Darstellung der Ergebnisse bediene ich mich der von BORN eingeführten Nomenklatur (l. c. S. 1) und bezeichne die komprimierenden Glasscheiben, je nachdem sie bei horizontaler oder schräger Aufstellung nach unten oder oben gerichtet sind, als Grundplatte und Deckplatte, und unterscheide die ihnen zugewandten Flächen des Eies als untere und obere. Zur Kompression wurden Objektträger benutzt, an denen wir bei schräger Aufstellung einen oberen und unteren, einen linken und rechten Rand unterscheiden. Sie wurden auf ein Messinggestell gebracht, das mit zwei unter 45^0 geneigten Flächen versehen war und 20 Objektträger aufnehmen konnte. Das Ganze kam in eine feuchte Kammer, deren Boden vermittelt einer Wasserwaage genau horizontal eingestellt war. Die Versuche wurden teils im März an den Eiern von *Rana fusca* und *R. arvalis*, teils im Juni an den Eiern von *Rana viridis* ausgeführt. Die Konservierung der Eier auf den einzelnen Stadien geschah in $\frac{1}{2}$ -proz. Chromsäure. Zur Befreiung aus der Gallerthülle diente Eau de Javelle.

Bei *Rana fusca* und *R. arvalis* mußte leider die Beobachtung auf das lebende Ei beschränkt bleiben. Denn das konservierte Material ging bei der Ablösung der Gallerthülle infolge einer ungeeigneten Zusammensetzung des Eau de Javelle, welches zu viel Lauge enthielt, durch Quellung zum größten Teil zu Grunde. Es war dies um so mehr zu bedauern, da für experimentelle Zwecke die Eier von *Rana fusca* und *R. arvalis* wegen ihrer geringeren Empfindlichkeit gegen Eingriffe im allgemeinen geeigneter sind.

Um die Oberflächenbilder mit den Durchschnitten vergleichen zu können, werde ich mich bei der Darstellung der Ergebnisse besonders an *Rana viridis* halten. Bei dieser sind bekanntlich die Eier viel weniger pigmentiert als bei den erstgenannten Arten. Die ganze nach abwärts gekehrte vegetative Hälfte ist vollkommen pigmentfrei und daher hellgelb gefärbt; nur die obere Seite zeigt eine braune Pigmentierung, die aber nach dem Aequator an Intensität abnimmt. Dieses Oberflächenbild erfährt eine charakteristische Veränderung einige Zeit, nachdem die Eier komprimiert und bei einer Neigung der Platten von 45° aufgestellt worden sind. Es findet eine Anordnung der leichteren und schwereren Bestandteile des Inhaltes unter einer langsam vor sich gehenden Drehung in der Weise statt, daß die leichtere, an ihrer Oberfläche pigmentierte Substanz nach dem oberen Rande des zu einer dicken Scheibe etwas abgeplatteten Eies zu liegen kommt, dagegen die schwerere hellgelbe Hälfte sich nach dem unteren Rande nach abwärts senkt. Dabei ordnen sich die Dotterkörnchen in 3 Zonen an. Im Protoplasma unter der Pigmentrinde liegen die allerkleinsten, in einer mittleren Zone werden sie größer, und in der Umgebung des vegetativen Poles sind sehr große Plättchen angehäuft.

Auf einem in vertikaler Richtung angefertigten Medianschnitt durch das zur Scheibe abgeplattete Ei findet eine Verteilung der leichteren und schwereren Substanzen, der kleinsten, mittelgroßen und größten Dotterplättchen in der Art statt, wie sie das nebenstehende Schema zeigt. Die Form der am animalen Pole angesammelte Substanz hat BORN einem sogenannten Shed-Dach verglichen, bei dem die niedrige Dachfläche nicht plan, sondern gewölbt zu denken ist. Auch der befruchtete Kern mit seiner Sphäre wird in seiner Lage beeinflusst. Er rückt, wie ich aus der späteren Lage der Kerne bei Beginn der zweiten Teilung schließe, näher nach dem First des Daches oder dem oberen pigmentierten Rand hinauf.

Die Ansichten der oberen und unteren Flächen des abgeplatteten und schräg gestellten Eies ergeben bilateral-symmetrische Figuren. Die obere Fläche ist braun bis auf ein am unteren Rand gelegenes helles Feld, das etwa $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ der ganzen Kreisfläche beträgt; die untere Fläche ist in größerer Ausdehnung hellgelb und zeigt nur am oberen Rand einen pigmentierten Streifen etwa in der Form einer Mondsichel. Es läßt sich daher die Eischeibe, wenn sie in der beschriebenen Weise sich auf der Glasplatte im Raum orientiert hat, nur durch eine vertikale Ebene, welche durch die Mitte des oberen pigmentierten und des unteren hellen Randes hindurchgelegt ist, in zwei vollkommen symmetrische Hälften zerlegen.



Medianschnitt durch ein Ei von *Rana viridis*, das zwischen Grundplatte (*g*) und Deckplatte (*d*) komprimiert und unter einem Winkel von 45° aufgestellt ist. 1 2 3 Obere, mittlere, untere Zone, mit verschiedenem Gehalt an Protoplasma und kleinsten, mittelgroßen und großen Dotterplättchen. * Grenze der pigmentierten Rindenschicht. *h* Horizontalebene.

Wie der weitere Verlauf der Entwicklung zeigt, wird die Symmetrie- oder Gleichgewichtsebene des Eies, wie ich sie 1893 genannt habe, in den weitaus häufigsten Fällen zur ersten Teilungsebene. Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur beginnt die erste Furchung etwa 3 Stunden nach der Befruchtung. Bei Lupenbetrachtung und heller Beleuchtung sieht man in der Mitte des oberen Randes eine Einschnürung auftreten und die erste Furche langsam von oben nach unten über die obere Fläche bis zur Mitte des unteren Randes durchschneiden. Erst geraume Zeit später läßt sie sich auch an der unteren Fläche des Eies wahrnehmen.

Bei sorgsamer Ausführung des Versuchs, und besonders wenn die Pressung keine zu starke ist, liegt die erste Teilebene bei fast allen Eiern (Taf. III, Fig. 1—4) mit wenigen Ausnahmen in derselben Richtung und mehr oder minder parallel zum Längsrand des Objektträgers. Fast alle Eier sind mithin im Raume gleichsinnig orientiert. Es gewährt dies, wie ich schon bei früherer Gelegenheit, bei der Beschreibung der Pressung zwischen vertikal gestellten Platten hervorhob, einen überraschenden Anblick, da bei normalen, im Laichballen zusammenliegenden Eiern die ersten vertikalen Teilebenen alle möglichen Winkel ohne jede Regel untereinander bilden.

Der Experimentator kann also durch bestimmte Eingriffe die Eier im Raume gleichsinnig derart orientieren, daß ihre Symmetrieebenen annähernd parallel zueinander liegen und ebenso die ersten Teilebenen in der gleichen Richtung gebildet werden und mit der Symmetrieebene zusammenfallen. Ich betone den Ausdruck annähernd. Denn eine absolute, vollkommene Uebereinstimmung der Teilrichtungen darf man nicht erwarten. Abweichungen von wenigen Graden werden häufig beobachtet (Fig. 3 und 4).

Zur genauen Feststellung des Sachverhaltes gebe ich die Abbildung einer photographischen Aufnahme eines Objektträgers mit zweigeteilten Eiern (Taf. III, Fig. 16). Durch Linien, die mit dem Lineal genau in der Verlängerung der einzelnen Teilebenen gezogen sind, kann ihre Richtung leicht erkannt und verglichen werden. Aus meinem Protokollbuch füge ich die Angabe hinzu, daß auf dem Objektträger, von dem die photographische Aufnahme gemacht ist, sich 8 Eier befanden, von denen 6 in gleicher Richtung wie die 4 nebeneinander gelegenen photographierten Eier geteilt waren, während bei zweien die erste Teilebene einen größeren Winkel mit dem Längsrand des Objektträgers beschrieb. Auf einem zweiten Objektträger mit 9 Eiern zeigten 7 annähernd dieselbe Verlaufsrichtung der ersten Teilebene parallel zum Längsrand des Objektträgers, 1 Ei wies eine größere Abweichung auf und war dabei gleichzeitig in zwei ungleich große Teilstücke zerlegt. Das letzte Ei war unentwickelt geblieben. Eine bei stärkerer Vergrößerung gezeichnete Ansicht eines symmetrisch und parallel zum Objektträgerand geteilten Eies geben die Figg. 1 und 2, und zwar Fig. 1 eine Ansicht der oberen, Fig. 2 eine Ansicht der unteren Seite.

Meine Ergebnisse sind dieselben wie die von BORN erhaltenen, der auch hervorhebt, „daß die Ebene der ersten Furche nur annähernd mit der Neigungsebene zusammenfällt, genau so, wie sie bei vertikalen Platten nur annähernd vertikal steht. Abweichungen von $5-15^{\circ}$ sind sehr häufig, bis zu 30° auch nicht selten.“

Zuweilen findet man auch Eier, deren erste Teilebene zwar zur Objektträgerkante nahezu parallel ist (Fig. 3 und 4), dagegen die Pigmentverteilung in der Rinde unsymmetrisch teilt. Ein solcher Fall ist in Fig. 3 bei Ansicht von oben und in Fig. 4 von unten dargestellt. Er wird bei stärkerer Pressung der Eier häufiger beobachtet und erklärt sich wohl in der Weise, daß infolge der Pressung

die Drehung des Eies in toto nach der Befruchtung durch die Reibung stark gehemmt worden und nicht vollständig zu stande gekommen ist.

Dagegen ist unter der Rindenschicht eine Umlagerung der leichteren und schwereren Eisubstanzen im Inneren in der von BORN zuerst genauer verfolgten Weise vor sich gegangen. Infolgedessen stimmen jetzt Oberflächenbefund und innere Eistruktur nicht mehr ganz untereinander überein.

Auch die Fälle, in denen die erste Teilebene mit der Vertikalen einen mehr oder minder großen Winkel bildet, mit der Symmetrieebene aber zusammenstimmen kann, bereiten der Erklärung wohl keine Schwierigkeiten und werden verständlich, wenn wir annehmen, daß das Ei bis zum Beginn der Furchung aus irgend einem Grund sowohl eine Umlagerung seines Inhaltes als auch eine Drehung im ganzen nicht hat vornehmen und sich den Verhältnissen des Versuches entsprechend nicht hat einstellen können.

Anmerkung. In meiner Experimentaluntersuchung aus dem Jahre 1893 habe ich in dem Abschnitt: „Pressung der Eier zwischen parallelen, unter einem Winkel von 45° aufgestellten Objektträgern“ eine Mitteilung gemacht, die einer näheren Erklärung bedarf. Ich schrieb damals (S. 675):

„Nach meinen Zeichenskizzen wird durch die erste Teilung (Taf. XXXIX, Fig. 10) die Scheibe in zwei ungleich große Stücke zerlegt, und zwar durch eine Teilebene, welche die Symmetrieebene unter einem annähernd rechten Winkel schneidet. Das kleinere, höher gelegene Stück enthält mehr die pigmentierte, protoplasmareichere, das größere, tiefer gelegene Stück dagegen mehr die dotterreichere Substanz mit dem ganzen Dotterfeld. Es ist eine Art der Furchung, wie sie bei manchen Tieren mit ovalen, polar differenzierten Eiern (Würmern, Mollusken) hier und da als Norm beobachtet wird.

Die zweite Teilebene schneidet darauf die erste unter rechtem Winkel, so daß das größere und das kleinere Teilstück genau halbiert wird.“

„Es wäre von einigem Interesse, noch zu prüfen, ob durch den Grad der Neigung der Platten die ungleiche Größe der beiden ersten Teilstücke beeinflußt werden kann. — Leider erinnere ich mich nicht und habe mir auch keine Aufzeichnung darüber gemacht, inwieweit der oben beschriebene Teilungsmodus unter den angegebenen Versuchsbedingungen mit Konstanz auftritt.“

In meinen diesjährigen zahlreichen Versuchen ist mir ein entsprechendes Teilungsbild nicht aufgestoßen. BORN hat es bei seinen hierhergehörigen Experimenten auch nur selten beobachtet. Er schreibt: „Eine sehr seltene, nur wenige Male unter mehr als 200 Fällen von mir beobachtete Ausnahme ist es aber, wenn die erste Furche so verläuft, wie sonst die zweite, d. h. quer zur Verbindungslinie des obersten und untersten Eischeibenrandes. Gerade dieser seltene Ausnahmefall hat aber HERTWIG bei seinen derartigen Beobachtungen ausschließlich vorgelegen.“

Zu diesem letzten Satz von BORN habe ich zu bemerken, daß aus meiner Darstellung nicht hervorgeht, wie häufig ich den abgebildeten Teilungsmodus beobachtet habe. Im Gegenteil kann man ersehen, daß es sich um eine vereinzelte, nicht öfters kontrollierte Beobachtung handelt. Denn außer dem oben gesperrt gedruckten Satz habe ich noch in der Einleitung zu dem Abschnitt erklärt: „Die Versuche wurden in der Absicht unternommen, zu prüfen, ob bei dieser Anordnung sich die Lage des Urmundes bei seiner Entstehung beeinflussen lasse. Leider wurde hierbei ein genaues Studium des Furchungsprozesses verabsäumt, da gleichzeitig noch andere Versuche im Gange waren, die kontrolliert werden mußten.“

Auf die Beobachtung ist daher nur wenig Wert zu legen. Es handelt sich jedenfalls bei ihr nur um einen Ausnahmefall. Doch wäre es wohl möglich, daß bei einer Aufstellung, bei der der Neigungswinkel weniger als 45° beträgt, das bezügliche Teilungsbild häufiger gefunden wird. Untersuchungen in dieser Richtung habe ich jetzt nicht angestellt.

Die Lage der zweiten Teilebene läßt sich nach der von mir ermittelten Regel gleichfalls im voraus bestimmen. Da in jeder der ersten Teilhälften die protoplasmatische Substanz nach dem oberen pigmentierten Abschnitt zusammengedrängt ist, muß auch der Kern daselbst seine Lage nehmen und sich bei der Umwandlung zur Spindel parallel zur ersten Teilebene und näher dem oberen Rand der Scheibenhälfte einstellen. Die zweite Teilebene muß schon zwar die erste unter rechtem Winkel schneiden, dabei aber nach dem oberen Scheibenrand mehr oder minder verschoben sein. Das zur Scheibe abgeplattete, aber schräg aufgestellte Ei wird daher in 4 ungleich große Stücke, 2 kleinere animale und 2 größere vegetative, zerlegt (Fig. 5—8).

Von oben gesehen, sind die animalen Stücke (Fig. 7) häufig etwas kleiner als von unten (Fig. 8), auch fallen sie bei verschiedenen Eiern nicht genau gleich groß aus. Man vergleiche die Figg. 5 u. 6 mit Fig. 7 u. 8. Die Figg. 5 u. 7 sind die Ansichten zweier Eier von oben, die Figg. 6 u. 8 die entsprechenden Ansichten von unten.

Das bei unserer Versuchsanordnung erhaltene Furchungsbild unterscheidet sich in auffallender Weise vom Furchungsbild, das ein zwischen genau horizontal liegenden Platten komprimiertes Ei liefert. Denn bei diesen sind die 4 ersten Segmente gleich groß, wie beim normalen Verlauf der Furchung, und schneidet die zweite Teilebene die erste genau in der Mitte.

Ueber die genauere Lage der zweiten Teilebene bei der schrägen Aufstellung geben Durchschnitte, die parallel zur ersten Teilebene geführt sind, noch genauere Auskunft (Fig. 17, 18, 19). In den Figuren sind auch die 3 Bezirke, in denen sich die kleinsten, die mittelgroßen und die größten Dotterplättchen vorfinden, durch verschiedene dunkle Töne angegeben. Es läßt sich nun im großen und ganzen feststellen, daß die zweite Teilebene mit der geneigten pressenden Fläche annähernd einen rechten Winkel beschreibt und daher vom normalen Furchungsschema auch noch in einer zweiten Beziehung abweicht. Denn normalerweise ist die zweite wie die erste Teilebene stets genau lotrecht gestellt, während sie jetzt mit dem Lot einen spitzen Winkel bildet.

Man gewinnt hier einen interessanten Einblick in ein Verfahren, wie man die Stellung der zweiten Furchungsebene allmählich in einer gesetzmäßigen Weise aus einer lotrechten in eine wagrechte überführen kann. Denn wie ich schon in meiner ersten experimentellen Arbeit und später BORN nachgewiesen haben, kommt die zweite Teilebene in die Horizontale (Fig. 15) zu liegen, wenn die pressenden Platten vertikal gestellt werden; sie liegt hierbei in großer Nähe des animalen Poles und teilt das Ei in sehr ungleicher Weise in 2 sehr kleine animale und 2 große vegetative Zellen. Da nun bei normalem Verlauf erst die dritte Teilung des Eies in horizontaler Richtung geschieht, hat man das Auftreten einer horizontalen Ebene schon im zweiten Furchungsstadium als einen Anachronismus, als eine Vertauschung in der zeitlichen Aufeinanderfolge der Furchen bezeichnet.

Als Anachronismus kann unser Fall aber in keiner Weise aufgefaßt werden. Denn wie sich leicht ersehen läßt, wird die Stellung der zweiten Teilebene, je nachdem wir den pressenden Platten eine immer steilere Neigung geben, einen größeren Winkel mit der lotrechten bilden müssen, bis er bei vertikaler Plattenstellung einen rechten beträgt. Oder mit anderen Worten; es lassen sich durch

Experimente die vertikale und horizontale Stellung der zweiten Teilebene durch alle möglichen Mittelstellungen verbinden, wenn wir den pressenden Platten einen immer größeren Neigungswinkel zur Horizontalen geben, bis sie lotrecht stehen. Die Richtung der zweiten Teilebene hängt also nur von den Bedingungen ab, unter welche wir die sich teilende Eizelle bringen. Dasselbe gilt von der ungleichen Größe der einzelnen Teilstücke. Denn je mehr aus der Horizontalen die pressenden Platten in eine geneigte und schließlich in eine vertikale Stellung gebracht werden, um so mehr wird die zweite Teilebene nach dem oberen Rand der Eischeibe emporrücken, und um so kleiner werden die pigmentierten Zellen ausfallen.

Es läßt sich wohl kaum ein schlagenderer Beweis als das angeführte Experiment gegen die Richtigkeit der Ansichten finden, wie sie von Roux in seiner Mosaiktheorie aufgestellt und von verschiedenen Forschern angenommen worden sind. Bekanntlich ist in der Mosaiktheorie die Hypothese entwickelt worden, daß durch den Mechanismus der Kernteilung Kernstoffe von verschiedenen Qualitäten auf den einzelnen Stadien des Furchungsprozesses in ungleichen Verhältnissen voneinander getrennt und auf die einzelnen Zellen ungleich verteilt werden sollen. Da nun von der Qualität des Kernes der Lebensprozeß der Zelle direkt abhängt, soll auf den einzelnen Furchungsstadien die prospektive Bedeutung der einzelnen Teilstücke im voraus bestimmt werden. Es soll, wie Roux am Froschei exemplifiziert hat, bei diesem durch die erste Teilebene das Bildungsmaterial mit seinen gestaltenden und differenzierenden Kräften für die linke und rechte Körperhälfte, und ebenso durch die zweite Teilebene das Bildungsmaterial für die cephal und kaudale Hälfte, durch die dritte endlich dasjenige für die Rücken- und Bauchgegend des Embryos voneinander gesondert werden.

Nun sehen wir, daß in unserem Experiment die zweite Teilebene je nach der Stellung der komprimierenden Glasplatten alle möglichen Mittellagen zwischen der vertikalen und horizontalen Richtung einnimmt, daß also die eine in die andere direkt übergeführt werden kann und daß je nach der Richtung der Teilebene Form und Größe der Teilstücke stets verschieden ausfällt. Soll, so fragen wir, in jedem dieser unendlich verschiedenen Fälle sich der Kern entsprechend verschieden qualitativ teilen? Ist es denkbar, daß er durch die verschiedene Stellung des Eies veranlaßt werden sollte, sich hier in Bildungsmaterial für vorn und hinten, dort für Rücken und Bauch zu teilen oder gar zwischen diesen Extremen noch unendlich verschiedene Kombinationen in der Materialverteilung nach Qualität und Masse vorzunehmen?

Bei diesem Experiment zeigt sich, wie ich glaube, in handgreiflicher Weise, daß die Mosaiktheorie uns ganz im Stiche läßt und daß die Tatsachen eine andere Erklärung verlangen. Ursächliche Beziehungen der Art, wie sie von Roux zwischen den einzelnen Stadien des Furchungsprozesses und der späteren Organisation des Embryos angenommen werden, existieren nicht. Durch die Furchung wird das Ei nur in Zellen zerlegt, in welcher Richtung hierbei die Teilebenen erfolgen, wie groß hierbei die einzelnen Teilstücke ausfallen, ist für das Endresultat der Entwicklung ganz gleichgültig; im einen wie im anderen Fall entstehen normal organisierte Embryonen, wie das Studium des weiteren Verlaufes lehrt.

Die Gesetzmäßigkeiten, welche man in der Richtung und Aufeinanderfolge der Teilebenen und in der Größe der Teilprodukte beobachtet, erklären sich aus den Einflüssen, welche die Form des Eies und die eigentliche Differenzierung seines Inhaltes nach der von mir zuerst entwickelten Regel auf die Lage des Kernes und der sich zur Teilung vorbereitenden Kernspindel ausüben, sie sind aber von keiner prospektiven Bedeutung in der von Roux gelehrtten Weise für das spätere Schicksal der Furchungszellen.

Bei meinen Versuchsreihen habe ich die Entwicklung der in Zwangslage schräg aufgestellten Eier bei *Rana viridis* bis zum Gastrulastadium, bei *R. fusca* bis zum Auftreten der Medullarwülste verfolgt. Zweck war, die Lage des Urmundes im Verhältnis zur ersten Teilebene genauer festzustellen.

Bei der normalen Entwicklung des Froscheies ist es bekanntlich sehr schwierig, auf dem Morula- und Keimblasenstadium eine bilaterale Symmetrie an dem kugeligen Gebilde nachzuweisen. Eine solche ist aber nach den Untersuchungen von OSCAR SCHULTZE hier ebenso gut wie an dem befruchteten Ei vorhanden. An der Morula soll sie sich an einer ungleichen Größe der Zellen erkennen lassen. Wie OSCAR SCHULTZE beschreibt, „nimmt auf ein und demselben Parallelkreis die Größe der Zellen von der hinteren Seite des Eies nach der vorderen kontinuierlich zu. Die kleinsten Zellen liegen also bei der Morula auf der hinteren Seite des Eies von dem oberen Pol bis zu dem höchsten Punkt des Pigmentrandes, d. h. über der Anlagestelle des Urmundes. Hier liegt also das auf dem Morulastadium der Lage nach schon erkennbare Material für die zuerst auftretenden Embryonalorgane, vor allem für das Zentralnervensystem, auf einen verhältnismäßig kleinen Raum zusammengedrängt.“

An der Blastula ferner spricht sich nach OSCAR SCHULTZE die bilaterale Symmetrie darin aus, daß eine Stelle ihres Daches, welche der Eintrittsstelle des Samenfadens entspricht, konstant viel dicker als die gegenüberliegende Stelle ist, an welcher sich der Urmund anlegt.

Auffällig und leicht erkennbar sind jedenfalls die Merkmale nicht, welche von OSCAR SCHULTZE für das Vorhandensein einer bilateralen Symmetrie der Morula und Blastula vom Frosch aufgeführt werden; daher wohl die meisten Forscher sich in Verlegenheit befinden würden, wenn sie die Aufgabe lösen sollten, Eier auf diesen Stadien genau der Medianebene entsprechend zu orientieren. Dagegen ist es sehr leicht, den Eiern durch das von mir angegebene Verfahren eine sofort wahrnehmbare, künstliche bilaterale Symmetrie aufzuprägen. Denn die charakteristische Pigmentverteilung der Oberfläche, die uns schon beim befruchteten Ei zum Nachweis der Bilateralität diente (Fig. 1—8), erhält sich durch alle Furchungsstadien hindurch ziemlich unverändert bis zum Beginn der Gastrulation.

An einer jungen Keimblase ist ihre obere, der Deckplatte zugekehrte Fläche (Fig. 9) aus schwarz pigmentierten Zellen zusammengesetzt, mit Ausnahme eines hellen Feldes, welches den tiefer gelegenen Rand einnimmt und nur halb so groß oder auch kleiner als der höher gelegene pigmentierte Bezirk ist. An der unteren, der Grundplatte zugekehrten Fläche (Fig. 10) dagegen fehlt das Pigment bis auf einen schmalen, sichelförmigen Saum an dem höher gelegenen Rand der scheibenförmigen Keimblase. Eine Linie, welche die Mitten der pigmentierten oberen und unpigmentierten unteren Scheibenrandes verbindet, teilt das künstlich deformierte Ei in zwei symmetrische Hälften und kann daher als seine künstliche Symmetrieebene bezeichnet werden. Unter diesen Umständen ist es natürlich sehr leicht, bei der Einbettung in Paraffin eine genaue Orientierung der Froscheier vorzunehmen.

Zwei in dieser Weise angefertigte Medianschnitte durch ein jüngeres und älteres Keimblasenstadium sind in den Figg. 20 und 21 zu sehen. In beiden breitet sich der mit Pigmentzellen überzogene Teil der Oberfläche zwischen den mit 2 Kreuzen bezeichneten Punkten aus. In Fig. 20 finden sich die größten vegetativen Zellen an der unteren Seite des nach unten gekehrten Randes. Das Blastocöl ist noch klein und liegt unter der oberen Fläche des Eies nahe dem oberen pigmentierten Rand.

Ich habe bei der Durchsicht von meinen Präparaten, sowohl von ganzen Keimblasen als auch von Durchschnitten, darauf geachtet, ob ich an der Uebergangszone der animalen in die vegetativen Zellen eine Stelle nachweisen könnte, in deren Bereich die Zellen auffallend kleiner sind, wie es

OSCAR SCHULTZE für das Morulastadium beschrieben hat. Mir ist aber eine derartige Unterscheidung nicht gelungen. Vielleicht wird von anderer Seite die Prüfung dieser Frage noch einmal vorgenommen.

Bei der weiter entwickelten Blastula, bei welcher die Zellen schon sehr klein geworden sind, hat das Blastocöl an Ausdehnung bedeutend zugenommen, scheint mir aber immerhin kleiner zu bleiben als bei einem normal, ohne Pressung entwickelten Ei. Der Boden der Höhle ist bei richtiger Orientierung der Medianschnitte in der Horizontalebene ausgebreitet. Auch hier kann ich da, wo die Decke in den Boden der Keimblase übergeht, keinen Unterschied in der Dicke der Wandung zwischen dorsaler und ventraler Fläche erkennen. Auf Grund eines derartigen Merkmals, welches O. SCHULTZE unter normalen Verhältnissen beobachtet hat, würde es sich hier nicht bestimmen lassen, an welcher Stelle sich die Einstülpungsrinne bilden würde. Dennoch bevorzugt dieselbe einen bestimmten Bezirk der Keimblase. Denn bei der Majorität der Fälle sah ich sie sich an ihrer unteren Fläche, welche der Grundplatte zugekehrt ist, und zwar an dem weniger pigmentierten Ei von *Rana viridis*, in einiger Entfernung von der höchsten Stelle des Dotterfeldes anlegen, wo die Pigmentierung der Zellen aufhört, welche den sichelförmigen Randbezirk einnehmen.

Die gekrümmte Rinne hat ausnahmslos ihre Konkavität nach dem unteren pigmentfreien Rand der Keimblase zugekehrt (Fig. 12). Häufig ist sie so orientiert, daß sie durch die Symmetrieebene der Eier, welche an der Pigmentverteilung auch zu dieser Zeit noch leicht zu erkennen ist, mehr oder minder annähernd halbiert wird. Die Medianebene der Gastrula fällt mithin in diesen Fällen mit der ersten Teilungsebene bald mehr, bald weniger zusammen. Namentlich häufig trat dies bei den Versuchen an den Eiern von *Rana fusca* ein, welche nur einer geringen Kompression ausgesetzt worden waren. Mir scheint, daß hierbei der Grad der Kompression nicht ohne Einfluß auf die richtige Einstellung des sich bildenden Urmundes in der Symmetrieebene ist. Denn bei geringer Kompression wird das Ei weniger durch Reibung seiner Oberfläche gehindert, sich in toto gemäß der Schwere seiner verschiedenen Bestandteile zwischen Grund- und Deckplatte richtig einzustellen.

In einer kleineren Anzahl von Fällen ist die erste Anlage des Urmundes etwas nach links oder rechts von der Symmetrieebene abgewichen, und beschreibt eine Vertikale, die in seiner Mitte gezogen wird, auch einen spitzen Winkel mit der Längsseite des Objektträgers, während sie bei genauer Orientierung des Urmundes mit ihr parallel sein sollte. Zuweilen auch fand sich der Urmund am hellen Scheibenrand gleichfalls mit nach abwärts gekehrter Konkavität. Dagegen konnte ich niemals beobachten, daß er seinen Ursprung an dem Teil der Randzone nimmt, welcher an die Deckplatte grenzt und bei Ansicht von oben als pigmentfreier sichelförmiger Bezirk wahrgenommen wird¹⁾.

1) Das Ergebnis meiner neuen Versuche stimmt mit dem 1893 erhaltenen gut überein. Damals fand ich: Bei 16 in dieser Lage auf 2 Objektträgern befindlichen Eiern entstand nun die erste Einstülpung in 15 Fällen an dem Teil der Peripherie des Dotterfeldes, welcher nach dem oberen Rand des Objektträgers gewandt war, und nur bei einem Ei in dem entgegengesetzten Bereiche (S. 702). An dem oberen Rand selbst nahm freilich die Urmundrinne noch verschiedene Lagen ein, während die bevorzugte Stelle mit der Symmetrieebene stets zusammenfallen sollte (S. 735).

Verschiedenartiger sind offenbar die Ergebnisse in den Untersuchungen von BORN ausgefallen, der sich ebenfalls die Aufgabe gesetzt hatte, bei schiefer Aufstellung der komprimierten Eier die Beziehungen zwischen der Lage der ersten Furche und der Stelle, an der der Anfang des Urmundes auftritt, zu untersuchen. Als Resultat der Untersuchung bezeichnet er, „daß sich absolut keine Beziehung zwischen der Lage des Urmundanfangs und der ersten Furche auffinden ließ. Der Urmundanfang nahm alle möglichen Stellungen rings um die obere Grenze des hellen Feldes herum ein. Da bei dieser Art der Aufstellung nur ein kleiner Abschnitt des Umrisses des hellen Feldes an die vordere Seite der Eiplatte fällt, so ist es nicht verwunderlich, daß der Urmundanfang seltener am unteren Rande der Vorderplatte gefunden wurde als an der Hinterseite“ (S. 5). BORN bezeichnet hier als hintere Seite der Eischeibe die der Grundplatte zugekehrte, die ich die untere genannt habe. Seine vordere Eischeibe ist dementsprechend meine obere.

Der weitere Verlauf der Urmundbildung zeigte bei *Rana esculenta* Störungen, die bei dem gegen Eingriffe empfindlichen Ei leichter eintreten als bei *Rana fusca*. Es vergrößerte sich nämlich die zuerst kleine Urmundrinne ziemlich rasch an ihren beiden Enden, wurde hufeisenförmig und schloß sich bald zu einem großen Ring, der einen Dotterpfropf von außergewöhnlichen Dimensionen umfaßte (Fig. 13); aber der Einstülpungsprozeß machte währenddem keine Fortschritte, und in Zusammenhang damit begann sich auch nicht die Urmundnaht auszubilden. Das zuletzt entstandene Stück des Urmundes wird jetzt an der oberen Fläche des Eies im Bereich des unpigmentierten halbmondförmigen Abschnittes mit dem unteren Rande sichtbar (Fig. 14).

Es würde sich verlohnen, den Verlauf des Gastrulationsprozesses einmal genauer an Eiern zu studieren, die sich unter 'den hier dargestellten Bedingungen befinden. Denn einmal läßt sich die Schnittrichtung an den abgeplatteten Scheiben viel leichter als an den Kugeln auf den einzelnen Stadien der Gastrulation bestimmen, und dann wird man — was noch viel wichtiger ist — in die Materialumlagerungen einen genaueren Einblick gewinnen. Man kann ja den Medianschnitten durch die Eier, wie es auf meiner Tafel geschehen ist, leicht ihre natürliche Stellung geben, die sie im Raum während der Entwicklung eingenommen haben müssen, und kann dann leichter durch Vergleichung genau orientierter Medianschnitte von jüngeren und älteren Eiern ermitteln, wie sich die Dottermasse auf den einzelnen Stadien der Einstülpung verlagert und in welchem Umfang sich die zuerst gebildete Urmundlippe verschiebt in Bezug auf den oberen und unteren Rand der Scheibe.

Das Ei von *Rana fusca*, bei dem die Gastrulation auch unter Pressung, wenn sie nicht zu hochgradig ist, ungestört vor sich geht, ist für derartige Studien viel geeigneter als das empfindlichere Ei von *Rana viridis*. Namentlich in Bezug auf diesen Punkt bedauere ich, daß die Versuchsreihen welche von *Rana fusca* gewonnen und konserviert worden waren, bei der Entfernung der Gallerthüllen unbrauchbar geworden sind. Ich muß mich daher hier darauf beschränken, einen Medianschnitt durch eine Gastrula von *Rana viridis* zu geben, an welcher der Urmund sich zu einem großen Ring geschlossen, die Einstülpung selbst aber noch im Rückstand geblieben ist. Die vordere oder cephalische Urmundlippe befindet sich an der unteren Fläche der Scheibe etwa in ihrer Mitte und ist etwas deutlicher markiert als die hintere oder kaudale, die am unteren Rand der Scheibe in der Nähe der Deckplatte entstanden ist.

Wenn ich aus meinen Beobachtungen über die Lage des Urmundes ein allgemeines Ergebnis ziehe, so glaube ich, daß als Norm nur die Fälle zu bezeichnen sind, wo der Urmund an der der Grundplatte zugewandten Fläche am höchsten Punkt des Dotterfeldes entsteht, daß eine Linie, welche die Urmundlippe unter rechtem Winkel in ihrer Mitte schneidet, mit der Symmetrieebene des Eies und daher auch mehr oder minder mit der ersten Teilungsebene zusammenfällt. Ich bin also der gleichen Ansicht, welche ich schon 1893 (S. 734, 735) ausgesprochen habe. Auch stimme ich in diesem Punkt mit den Ergebnissen überein, zu welchen Roux durch fortlaufende Beobachtung des normal sich entwickelnden Froscheies gelangt ist; dagegen halte ich die Erklärung, die Roux für das Zusammenfallen von erster Teilebene und Medianebene der Gastrula gezogen hat, für unrichtig. Nicht deswegen fallen beide zusammen, weil durch die erste Teilung das Anlagematerial für linke und rechte Körperhälfte frühzeitig gesondert wird, sondern deswegen, weil die Richtung der ersten Teilebene durch eine im befruchteten Ei bereits vorhandene symmetrische Anordnung des Eiinhaltes zu beiden Seiten einer Gleichgewichtsebene bestimmt wird. Dasselbe Moment ist es aber auch, welches die Massenverteilung und die Anordnung der Zellen auf den weiteren Entwicklungsstadien und so auch die Lage des Urmundes

bestimmt, welcher sich so entwickelt, daß die Medianebene der Gastrula mit der ursprünglichen Symmetrieebene des Eies mehr oder minder zusammenfällt.

Zu dieser 1893 von mir entwickelten Auffassung (S. 733—735) ist auch OSCAR SCHULTZE durch seine überaus sorgfältige Untersuchung der normalen Entwicklung geführt worden. Er findet auch, daß unter normalen Verhältnissen die Symmetrieebenen des befruchteten Eies, der Morula, der Blastula und Gastrula identische sind; er will aber dieses Zusammenfallen nicht als ein allgemeines Entwicklungsgesetz bezeichnen, da Abweichungen leicht eintreten. Ferner hebt er mit Recht hervor, „daß die Symmetrieebene zu verschiedenen Zeiten der ersten Entwicklung erkennbar wird, daß sie schon im unbefruchteten Ei oder erst vor der Furchung oder während der Furchung oder endlich erst mit dem Auftreten des Urmundes (Primitivstreifens) sichtbar werden kann“.

Die im Experiment häufiger zu beobachtende abweichende Lage des Urmundes, welche weder der in der Pigmentierung sich ausprägenden Symmetrieebene des Eies noch der ersten Teilebene entspricht, erkläre ich daraus, daß infolge der Pressung oder anderer Störungen Umgruppierungen der Dottermasse und Ausbildung einer neuen Symmetrie- und Gleichgewichtsebene hervorgerufen werden, und daß hierdurch das Zusammenfallen der ursprünglichen Symmetrieebene, welche in der Pigmentverteilung in der Eirinde einen Ausdruck findet, sei es mit der ersten Teilebene, sei es mit der Medianebene der Blastula und Gastrula aufgehoben wird.

Ein ähnlicher Gedankengang liegt wohl auch der von BORN gegebenen Erklärung zu Grunde, wenn er sagt: „Es ist von PFLÜGER und von mir selbst nachgewiesen worden, daß die Medianebene des Embryos bei den in abnormer Stellung in Zwangslage festgehaltenen Eiern in den Strömungsmeridian fällt, d. h. daß der Urmundanfang in derjenigen Meridianebene des Eies steht, in welcher die Masse des schwereren weißen Dotters abgesunken und der leichte pigmentierte Bildungsdotter aufgestiegen ist, und zwar bildet sich der Urmundanfang an der Seite dieses Meridians, an der der schwere weiße Dotter abgesunken ist, ziemlich an der höchsten Stelle des durchgefurchten hellen Feldes“ (S. 6), oder an anderer Stelle: „Die durch die Strömung des Dotters gesetzte bilaterale Symmetrie des Eies fixiert also die Medianebene des Embryos.“

Sowie die Gastrulation begonnen hat, ist es ein Leichtes, sich am Ei über die Bezirke zu orientieren, an denen sich die wichtigsten Organe anlegen werden. Die Hirnplatte bildet sich an der der Grundplatte zugekehrten unteren Fläche aus einem kleinen Bezirk vor der vorderen Urmundlippe; mit der vorderen Entwicklung des queren Hirnwulstes wird sie nach vorn scharf abgegrenzt. Die Schwanzanlage entsteht in der Gegend der hinteren Urmundlippe, aus deren Substanz sich ja die beiden Schwanzknospen anlegen. Also würde die Rückengegend des Embryo an der unteren Seite des Eies etwa zwischen den mit *K* und *S* bezeichneten Punkten (Fig. 22) zur Ausbildung kommen. Da das komprimierte Ei bis zum Beginn der Gastrulation keine Umlagerungen seiner Substanz oder Verschiebungen in erheblicherem Grade erfährt, ist es ein Leichtes, die oben ermittelten Punkte auf das befruchtete oder geteilte Ei, oder auf das Morula- und Blastulastadium zu projizieren. Und so kann man sagen: die Gastrularinne, die Hirnplatte oder das spätere Kopfbende entwickelt sich an der unteren Fläche der kompromierten und unter 45° Neigung aufgestellten Eier in einiger Entfernung vom protoplasmareicheren animalen Pol; bei der zweiten Teilung liegt die kleinere, pigmentierte animale Zelle kopfwärts, die größere vegetative schwanzwärts, auf dem Morula- und Keimblasenstadium liegt die Keimhöhle kopfwärts, die Dottermasse kaudal.

Mit Beginn der Gastrulation finden infolge der Einstülpungen große Materialumlagerungen statt, durch welche der Schwerpunkt des Eies erheblich verlagert wird. Infolgedessen erfährt die Eikugel, wie bekannt, während der Gastrulation eine Drehung, durch welche die unten entstandene Medullarplatte nach oben und umgekehrt das Zellenmaterial, welches ursprünglich als Decke der Keimblase nach oben gerichtet war, nach unten zu liegen kommt.

Wie die Ergebnisse der kleinen experimentellen Studie lehren, ist die Methode, Froscheier zwischen parallelen Glasplatten ein wenig zu komprimieren und dann bei einem Neigungswinkel von 45° während der Entwicklung aufzustellen, auch sehr geeignet, um die gegenseitigen Lageverhältnisse der einzelnen Teile auf verschiedenen Embryonalstadien genauer zu bestimmen.

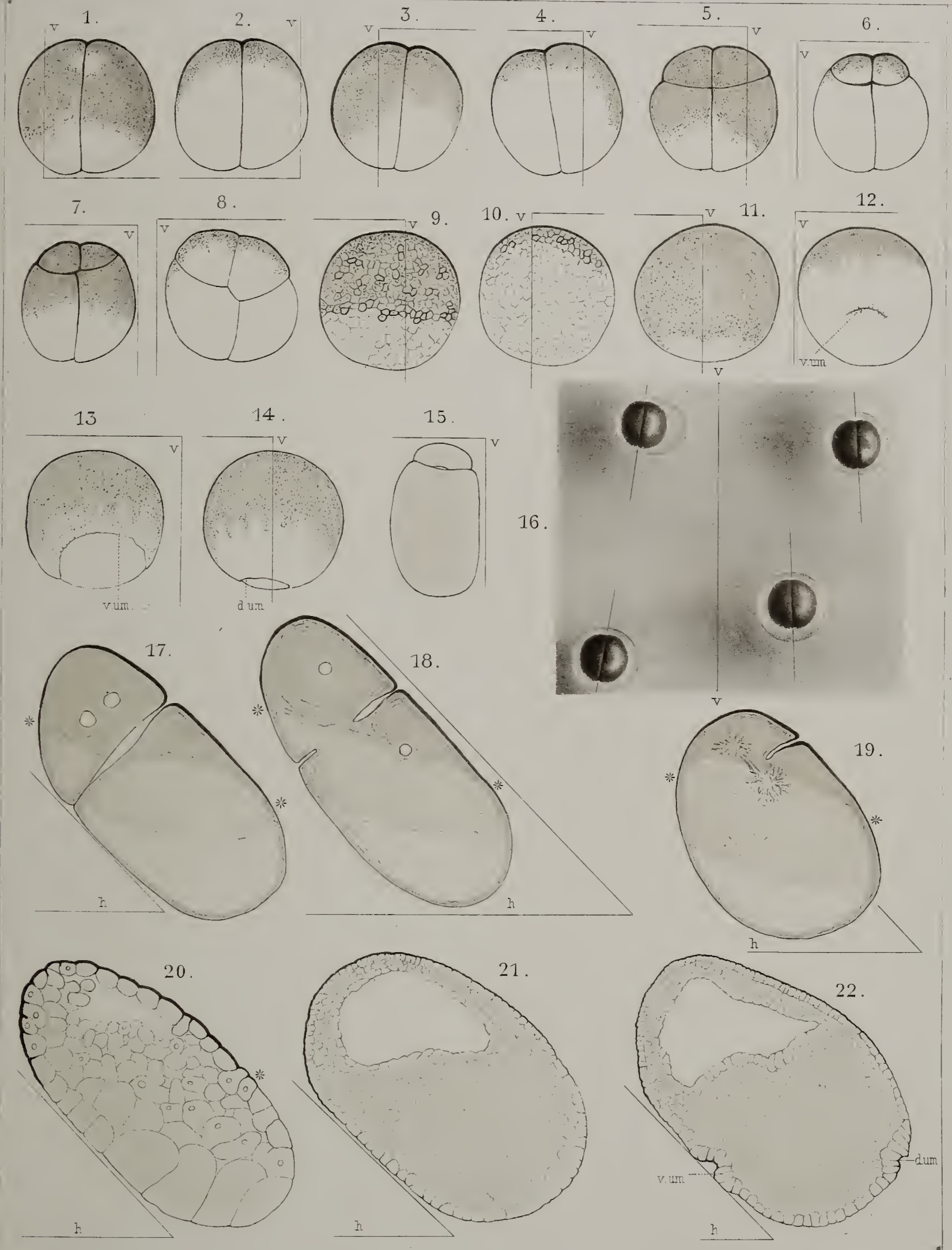
Literatur.

- 1883—1884 PFLÜGER, Ueber den Einfluß der Schwerkraft auf die Teilung der Zellen und auf die Entwicklung des Embryo. PFLÜGERS Arch. f. Phys., Bd. XXXI, XXXII u. XXXIV.
- 1893 OSCAR HERTWIG, Experimentelle Untersuchungen über die ersten Teilungen der Froscheier und ihre Beziehungen zu der Organbildung des Embryo, Sitzungsber. d. Königl. Preuß. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 18. Mai 1893.
- 1893 — Ueber den Wert der ersten Furchungszellen für die Organbildung des Embryo, Experimentelle Studien am Frosch- und Tritonei, Arch. f. mikr. Anat., Bd. XLII, 1893.
- 1893 BORN, GUSTAV, Ueber Druckversuche an Froscheiern, Anat. Anz., Bd. VIII, 1893.
- 1894 — Neue Kompressionsversuche an Froscheiern, Jahresber. d. Schles. Gesellsch., Zool. bot. Sekt., Mai 1894.
- 1895 ROUX, WILH., Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen, 1895.
-

Tafel III.

Die Figuren 1—14, 16—22 der Tafel III beziehen sich auf die Eier von *Rana viridis*, welche zwischen 2 horizontalen Glasplatten zu einer Scheibe etwas zusammengepreßt und während der Entwicklung unter einem Winkel von 45^0 aufgestellt wurden.

- Fig. 1—4. Am 28. Mai $9\frac{1}{2}$ Uhr befruchtete Eier waren um 1 Uhr 30 Minuten zweigeteilt und wurden, zwischen den Glasplatten fixiert, in Chromsäure gehärtet.
 Fig. 1 u. 3 Ansicht zweier Eier von oben, 2 u. 4 Ansicht derselben Eier von unten.
- „ 5 u. 6. Am 27. Mai $11\frac{1}{2}$ Uhr befruchtete Eier waren um $3\frac{3}{4}$ Uhr viergeteilt.
 Fig. 5 Ansicht eines Eies von oben, Fig. 6 desselben Eies von unten.
- „ 7 u. 8. Am 28. Mai $9\frac{1}{2}$ Uhr befruchtete Eier waren um 2 Uhr 25 Minuten viergeteilt.
 Fig. 7 Ansicht eines Eies von oben, Fig. 8 desselben Eies von unten.
- „ 9 u. 10. Am 28. Mai $9\frac{1}{2}$ Uhr befruchtete Eier wurden auf dem Blastulastadium am 28. Mai 9 Uhr abends abgetötet.
 Fig. 9 Ansicht einer Blastula von oben, Fig. 10 derselben Blastula von unten.
- „ 11 u. 12. Am 28. Mai $9\frac{1}{2}$ Uhr befruchtete Eier wurden am Beginn des Gastrulastadiums am 29. Mai abends abgetötet.
 Fig. 11 Ansicht der Gastrula von oben, Fig. 12 von unten.
- „ 13 u. 14. Am 28. Mai $9\frac{1}{2}$ Uhr befruchtete Eier wurden auf einem etwas älteren Gastrulastadium am 29. Mai 7 Uhr abends abgetötet.
 Fig. 13 Ansicht von unten, Fig. 14 von oben.
- „ 15. Kopie einer Figur aus dem Arch. f. wiss. Anat., Bd. XLII, Taf. XL, Fig. 1. Durchschnitt durch ein Ei von *Rana fusca*, das, am 20. März um 10 Uhr befruchtet, um 11 Uhr in Zwangslage zwischen 2 vertikal gestellte Platten gebracht, sich um 1 Uhr 15 Minuten in einer vertikalen Ebene und um 2 Uhr 15 Minuten zum zweiten Mal in einer horizontalen Ebene teilte.
- „ 16. Photographie eines Objektträgers mit 4 Eiern von *Rana viridis* (befruchtet am 28. Mai 9 Uhr 30 Minuten), welche auf dem Stadium der Zweiteilung (1 Uhr 30 Minuten) in Chromsäure konserviert wurden.
- „ 17 u. 18. Am 28. Mai 9 Uhr 30 Minuten befruchtete Eier wurden auf dem 2 Uhr beginnenden Stadium der Vierteilung konserviert und parallel zur ersten Teilebene geschnitten.
- „ 19. Am 27. Mai 11 Uhr 30 Minuten befruchtetes Ei wurde auf dem Stadium der Vierteilung um $3\frac{1}{4}$ Uhr konserviert und parallel zur ersten Teilebene geschnitten.
- „ 20. Am 28. Mai $9\frac{1}{2}$ Uhr befruchtetes Ei wurde auf dem Blastulastadium am 28. Mai 9 Uhr abends konserviert und parallel zur Symmetrieebene geschnitten.
- „ 21. Am 28. Mai $9\frac{1}{2}$ Uhr befruchtetes Ei wurde auf einem späteren Blastulastadium am 29. Mai $9\frac{3}{4}$ Uhr abgetötet und parallel zur Symmetrieebene geschnitten.
- „ 22. Am 28. Mai $9\frac{1}{2}$ Uhr befruchtetes Ei wurde auf dem Gastrulastadium am 29. Mai 7 Uhr abends abgetötet und parallel zur Symmetrieebene geschnitten.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Denkschriften der medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena](#)

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Hertwig Oscar [Wilhelm Aug.]

Artikel/Article: [Ueber eine Methode, Froscheier am Beginn ihrer Entwicklung im Raume so zu orientieren, dass sich die Richtung ihrer Teilebenen und ihr Kopf- und Schwanzende bestimmen lässt. 17-30](#)