

= *M*, die allseitig von elastischen Häutchen eingefasst erscheinen. *C* = Capillrhülsen. Vergr. 400.

Fig. 12. Quergetroffener Balken aus der Milz des Murmelthiers (Pikrinsäuresublimatlösung, Färbung nach Weigert) mit elastischem Wabenwerk, das die Muskelfasern einschliesst. Bei *K* Kerne von quergetroffenen Muskelfasern. Vergr. 400.

Fig. 13. Schrägschnitt durch die *Elastica interna* einer Mesenterialarterie von *Cacharias glaucus* (Pikrinsäuresublimatlösung, Färbung nach Weigert). Vergr. 750.

Ueber das erste Auftreten der bilateralen Symmetrie im Verlauf der Entwicklung.

Von

Oskar Schultze.

Hierzu Tafel XI und XII und 2 Textfiguren.

Die Frage, wie weit die ersten Spuren der Organanlagen sowie allgemeine Bauverhältnisse zurück verfolgt werden können, hat sowohl für den Neo-Evolutionisten als auch für den Epigenetiker besonderes Interesse. Für jenen, da es ja sein Bestreben ist, gleichsam die Keime der späteren Mannigfaltigkeit bereits im Ei nachzuweisen, für diesen, da auch er alle Thatsachen der ersten Entwicklung mit seiner Auffassung in Einklang zu bringen bestrebt sein muss. Eine von den Vertretern der beiden Richtungen in den letzten Jahren vielfach besprochene Frage ist die von der Zeit des Sichtbarwerdens des bilateral-symmetrischen Aufbaues des Körpers oder mit anderen Worten die Frage nach der Zeit des ersten Auftretens der Medianebene des bilateralen Thieres. Man hat die Frage theils experimentell, theils morphologisch zu entscheiden gesucht und sich besonders der Eier der Amphibien, bekanntlich geradezu experimenteller Kleinodien, bedient.

Nachdem schon Newport im Jahre 1854 angegeben hatte, dass bei dem Ei des Frosches die erste Theilungsebene mit der

Medianebene des späteren Thieres zusammenfalle, haben später (1883) Pflüger und Roux, der verdienstvolle Förderer experimenteller Bestrebungen, fast gleichzeitig auf Grund experimenteller Beobachtung den Satz ausgesprochen, dass durch die erste Theilung die Eizelle in zwei der späteren rechten und linken Körperhälfte entsprechende Hälften zerlegt werde. Eine Constanz ergab sich jedoch schon aus den Angaben dieser Autoren nicht, und eine Reihe weiterer Untersucher dieser Frage haben an den Eiern des Frosches und anderer Amphibien den vornehmlich von Roux immer wieder vertretenen Satz von der Bestimmung der Medianebene des Embryo durch die erste Furche theils bestätigt, theils als unrichtig hingestellt. Kopsch¹⁾ fand beigenauer Befolgung der Roux'schen Vorschriften Abweichungen der Medianebene von der ersten Furchungsebene bis zu 45°. Auch O. Hertwig²⁾ konnte sich nicht von dem Zusammenfallen der betreffenden Ebenen überzeugen. Nach Jordan und Eyclesheimer³⁾ fällt die erste Furche oft mit der Medianebene zusammen, oft auch nicht. Bei den Tritonen fanden v. Ebner⁴⁾ und Jordan⁵⁾ sehr häufig die erste Theilungsebene rechtwinkelig zur Symmetrieebene gelagert, doch schien kein Gesetz zu bestehen.

Unter solchen Umständen ist es verständlich, wenn Sobotta⁶⁾ in seinem kritischen Referat über die Furchung des Wirbelthier-eies sagt: „Die meisten Beobachtungen sind der Roux'schen Auffassung bisher nicht gerade günstig.“

Hier erlaube ich mir nun zunächst in Erinnerung zu bringen, dass ich schon im Jahre 1887⁷⁾ die Angabe des Zusammenfallens der Medianebene und der ersten Furche für *Rana* bestätigt habe. Auch sagte ich dort: „Auch in den sich anschliessenden Furchungsstadien ist es nicht schwer, sich über die Hauptebenen des künftigen Thieres an den möglichst aus ihren Hüllen befreien und

1) Verhandlungen der anatom. Gesellschaft in Basel. 1895.

2) Archiv f. mikr. Anat. Bd. 42. 1894.

3) Journal of Morphology Vol. IX. 1894.

4) Festschrift für A. Rollet. Jena 1893.

5) Journal of Morphology Vol. VIII. 1893.

6) Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte, von Merkel und Bonnet. 1897.

7) In der Festschrift zur Feier des 70jähr. Geburtstages von A. v. Kölliker.

unter der Lupe betrachteten Eiern zu orientiren; es grenzen nämlich an eine bestimmte Stelle des Pigmentrandes von obenher kleinere Zellen, als an die genau gegenüberliegende Stelle desselben. Erstere bezeichnet bei Ruhelage des Eies den höchsten, letztere den tiefsten Punkt der hellen Kalotte.“ Erstere entspricht aber der Anlagestelle des Urmundes. Etwas ausführlichere Worte habe ich derselben Frage 1894 gewidmet¹⁾; es erscheint jedoch zweckmässig, noch ausführlicher zu sein, um das klar zu legen, was ich im folgenden beabsichtige.

Ich bin also vollkommen für die Pflüger-Roux'sche Auffassung des Zusammenfallens von erster Theilungsebene und Medianebene bei *Rana* eingetreten und werde meine Beobachtungen in einem ersten Theil des folgenden Aufsatzes ausführlicher auf Grund von alten und neuen Erfahrungen mittheilen. In einem zweiten Theil habe ich dann diese Befunde mit den an dem gleichen Objekt von anderen Autoren gewonnenen zu vergleichen. Der dritte Theil soll entscheiden, ob ein Naturgesetz besteht, nach welchem die Medianebene des thierischen Embryo durch die erste Furchungsebene des Eies bedingt wird. In einem vierten Theil soll die Frage behandelt werden, wann überhaupt die Medianebene des Embryo erkennbar wird.

I.

Die bilaterale Symmetrie des Eies von *Rana fusca* von der Zeit nach der Befruchtung bis zum Auftreten des Urmundes.

Nachdem meine oben angeführten kurzen Angaben über das in der Ueberschrift genannte Thema — offenbar wegen ihrer Kürze und weil sie nur bei aufmerksamem Studium des Furchungsprozesses bestätigt werden können, — sozusagen unbeachtet geblieben sind, muss ich hier etwas ausführlicher werden. Dass es sich bei der äusseren Betrachtung des lebenden Eies um eine nicht sogleich sichtbare Struktur handelt, geht ja schon daraus hervor, dass diese Struktur seit der Entdeckung des Furchungsprozesses an unserem Objekt durch Prévost und Dumas im Jahre 1824 unbemerkt blieb, obwohl man gewiss in jedem Jahr die durch ihre Schönheit reizvollen Eier während der Furchung irgendwo betrachtet hat.

1) Archiv für Entwicklungsmech. I. Bd. 1894.

Methode.

Will man die an dem lebenden Ei sichtbaren Verhältnisse bildlich naturgetreu darstellen, so ist es ganz unmöglich, das lebende Ei zur Zeichnung zu benutzen, da es sich darum handelt, das Ei in einem bestimmten Moment der Entwicklung und in ganz bestimmter Lage, z. B. von unten und von bestimmten Seiten, zu zeichnen. Die Eier drehen sich aber bekanntlich in der nach der Befruchtung ausgestossenen Perivitellinflüssigkeit immer wieder ihrer Schwere entsprechend in die stabile Gleichgewichtslage zurück. Die Eier müssen also unter völliger Erhaltung des normalen Reliefs und der normalen Pigmentirung conservirt werden. Nachdem ich im Laufe der Jahre viele — wohl alle — für diesen Zweck gebräuchlichen Fixierungsmittel angewandt habe, bin ich erst in diesem Jahre vollkommen befriedigt worden. Ich übertrage die Eier, nach Entfernung der Gallerthülle mit der Scheere bis auf die die Dotterhaut umgebende innerste Gallertschicht¹⁾, in 2% wässrige Formalinlösung von 75 bis höchstens 80° C. für 5 Minuten. Sie sterben momentan ab, und, wie bei der älteren Fixierungsmethode in heissem Wasser, hebt sich die auf dem Ei zurückbleibende Hülle so weit von dem Ei ab, dass dieses aus der Kapsel mit Nadeln leicht heraus geholt werden kann. Das Perivitellin wird bei dieser Methode leicht weisslich getrübt. Das Oberflächenrelief ist bis in das feinste Detail, wie in der Natur, conservirt, z. B. erhält man völlig natürliche Bilder des zierlichen Faltenkranzes bei den ersten Furchen. Die Eier eignen sich durch ihre lederähnliche und doch nicht harte, dabei elastische Consistenz ausgezeichnet zur Präparation unter der Lupe und es ist ein Vergnügen, die Keimblätter zu entfalten und eine Menge Dinge präparatorisch unter starker Lupe darzustellen, die man vordem nur an Schnitten gesehen. Vorzüglich eignet sich die Methode auch zur Conservirung aller noch in der Hülle befindlichen, sonst oft sehr empfindlichen und intakt schwer zu conservirenden Missbildungen. Bis die Eier zur weiteren Untersuchung kommen, bleiben sie in 2% Formalinlösung in der schützenden Hülle. Sie behalten hierin monatelang ihre auch für die Schnittmethode ideale Con-

1) Ueber die Hüllen der Eier von *Rana fusca* s. meine Arbeit in Zeitschr. f. wissensch. Zoologie Bd. 45.

sistenz. Zur Einbettung empfehle ich: Aus der Formalinlösung in Alkohol von 70% und 95%, dann in Bergamottöl je mindestens 2 Stunden. Darauf je 10 Minuten in einmal gewechseltes Paraffin zur definitiven Einbettung.

Wenn erwünscht, können morgens abgetödtete Eier am Abend desselben Tages geschnitten auf dem Objektträger in Lack liegen. Die natürliche Färbung des Eies liess in unserem Falle Färbung überflüssig, sogar störend erscheinen. Wie weit diese Formalinconservirung für andere dotterreiche Eier sich eignet, habe ich noch nicht erprobt.

Die Abbildungen auf Tafel XI, auf die ich mich im folgenden beziehe, sind nach Eiern gezeichnet, welche mit der Formalinmethode conservirt und in der Flüssigkeit, auf einigen Waffasern in der gewünschten Lage liegend, gehalten wurden.

1. Die bilaterale Symmetrie bei äusserer Betrachtung des Eies.

Zwei bis drei Stunden nach der Befruchtung zu der Zeit, wann in dem auf dem oberen Eipol angesammelten Perivitellin die beiden Richtungskörper an jedem Ei gesehen werden können, hat das helle Feld an einer Seite sich durch Bildung eines grauen Saumes vergrössert. Er ist zuerst von Roux gesehen worden und war der Grund einer verschiedenen Auffassung von Roux und mir bezüglich der Richtung der Eiaxe, die sich später aufgeklärt hat. Dieser graue Saum geht bald ganz in dem hellen Feld auf, sodass dieses nun vergrössert erscheint. Bei der vertikalen Stellung der Eiaxe liegt vor dem Auftreten dieses Saumes die Grenzlinie des hellen Feldes gegen den dunklen Theil des Eies horizontal, nachher aber erscheint der nun vergrösserte Pigmentrand — eben jene Grenzlinie — schief gelagert und zwar so, dass der höchste Punkt dieses Randes der Stelle der grössten Breite des halbmondförmigen Saumes entspricht. Für den Leser genügt es jetzt festzuhalten, dass der kreisförmige Pigmentrand des Eies von *Rana fusca* vor dem Auftreten der ersten Theilung derart gegen die Horizontale geneigt ist, dass der höchste Punkt des Pigmentrandes nahe unter dem Aequator liegt oder diesen erreicht; der tiefste Punkt des Pigmentrandes liegt genau gegenüber und ca. 45° tiefer. Bei dieser Normal-

stellung des Eies gibt es natürlich nur eine Ebene, welche das Ei symmetrisch theilt, d. i. diejenige, welche die Pole des Eies und gleichzeitig den höchsten und tiefsten Punkt des Pigmentrandes enthält. Diese Ebene ist aber auch an dem beliebig gelagerten Ei, z. B. bei Drehung des Eies unter der Lupe, zu erkennen, da jener graue Saum durch die Farbe von dem ursprünglichen hellen Felde zu unterscheiden ist und nur durch jene einzige Ebene symmetrisch getheilt wird.¹ Schon Roux hat angegeben, dass der graue Saum symmetrisch zum Befruchtungsmeridian (s. u.) orientirt ist.

Bei *Rana esculenta* verhält sich die Sache, wie Roux gezeigt hat, insofern anders, als hier die Eiaxe von vorn herein schief steht und bei Betrachtung des Eies von oben der höchste Punkt des Pigmentrandes über dem Aequator sichtbar wird. Auch das unbefruchtete Ei von *Rana esculenta* zeigt schon Schiefstellung der Eiaxe. Doch sagt Roux, dass er bewiesen hat, dass das Ei von *Rana esculenta* die typische Schiefstellung erst nach der Befruchtung durch Umordnung der Eisubstanz gewinnt. Ich sage, dass Roux das nie und nimmer bewiesen hat¹) und rechne nach wie vor auch für *Rana* mit der Möglichkeit, dass, wie in anderen Fällen, bereits das unbefruchtete Ei den späteren bilateral-symmetrischen, uns unbekannt Bau besitzt. — Schon aus Roux's Angaben geht hervor, und ich stimme damit überein:

Die nach völliger Ausbildung des grauen Saumes an dem Ei von *Rana fusca* vor Beginn der Furchung erkennbare einzige Symmetrieebene fällt, wie leicht zu sehen ist, in der weitest ausgrössten Mehrzahl der Fälle mit der ersten Theilungsebene zusammen. In Abb. 1 und 2 ist dasselbe Ei in Normalstellung von zwei Seiten dargestellt um die Zeit, wenn die erste Furche noch nicht auf die untere Eihälfte übergegangen ist. Während in der Abbildung 1 nur ein kleiner Theil des hellen Feldes sichtbar ist, zeigt das Ei in der Ansicht von der gegenüberliegenden Seite eine stärkere Ausdehnung des pigmentfreien Theiles nach oben. Hier ist der hellere Theil des Eies durch den eine Aufhellung bedingenden grauen

1) s. auch *Biolog. Centralblatt* VII S. 579.

Saum bedeutend nach oben vergrössert worden. Eine scharfe Grenze des ursprünglich hellen Feldes existirt aber hier nicht mehr. Die erste Furche hat hier in diesem Augenblick, was durchaus typisch ist, das helle Feld nahezu erreicht; auf der gegenüberliegenden Seite aber (Abb. 1) ist sie noch weit davon entfernt. In dem letzteren Fall ist das Ei von vorn gesehen, in dem ersteren (Abb. 2) von hinten, denn die Anlagestelle des über die Eioberfläche keine Verschiebung erfahrenden Urmundes entspricht, wie die weiter unten mitgetheilte Schnittuntersuchung der Eier beweist, dem sich immer gleich bleibenden höchsten Theil des hellen Feldes und fällt in die Ebene der ersten Theilung unterhalb des unteren Endes der noch nicht auf den hellen Eiabschnitt übergegangenen ersten Furche.

Um die beschriebenen für das Verständniss aller weiteren Thatsachen wichtigen Verhältnisse noch deutlicher zu machen, verweise ich auf die nebenstehende schematische Abbildung A.

Das Ei ist in Seitenansicht gedacht zu der Zeit kurz vor Auftreten der ersten Furche. Mit doppelter Schraffirung ist der dunkel pigmentirte Theil des Eies bezeichnet, der graue Saum ist einfach schraffirt, das ursprüngliche helle Feld ist weiss geblieben. Die Linie *ab* bezeichnet also den ursprünglichen, die Linie *ac*

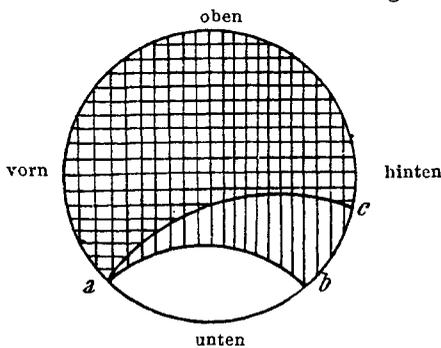


Abb. A.

den definitiven Pigmentrand. Dabei ist zu bedenken, dass scharfe Grenzen zwischen den einzelnen Abschnitten nicht existiren. Eine verschwommene Grenze des grauen halbmondförmigen Saumes gegen das helle Feld erhält sich verschieden lang; während der ersten Theilungen verschwindet sie vollständig, dann ist ein einheitliches, nun also vergrössertes helles Feld vorhanden.

Wenn nun auch das Zusammenfallen der ersten Theilungsebene mit der Symmetrieebene des noch nicht getheilten Eies als Regel zu betrachten ist, so ist es doch von grosser Wichtigkeit für weitere Schlüsse, dass mannigfache Abweichungen vorkommen. In jeder Brut kann man Eier finden, bei welchen die beiden in Rede stehenden Ebenen

mehr oder weniger grosse Winkel miteinander bilden. Man vergleiche die schematische Abbildung B.

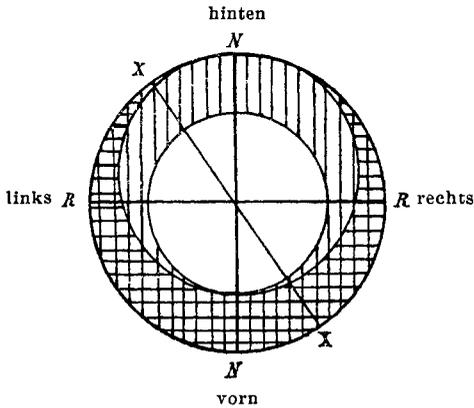


Abb. B.

Das Ei ist in der Ansicht von unten gedacht. Das ursprüngliche helle Feld ist weiss, der graue Saum einfach schraffiert, der dunkle Theil des Eies ist doppelt schraffiert. Die Linie NN bezeichnet die normale erste Furche, die mit der Symmetrieebene des ungefurchten Eies zusammenfällt und durch den höchsten Punkt des

Pigmentrandes, d. i. die spätere Anlagestelle des Urmandes, geht. Die Linie XX dagegen stellt den bei ganz frisch zur Befruchtung kommenden Bruten seltenen Fall der Winkelstellung beider Ebenen dar. Je länger aber die Eier im Uterus verweilen, bevor sie zur künstlichen Befruchtung verwendet werden, um so häufiger sind solche Winkelstellungen. Solche Eier sind aber durchaus noch nicht als überreif zu bezeichnen. Die weitere Furchung verläuft normal, und völlig normale Embryonen gehen aus solchen Eiern hervor. Ich unterscheide solche Eier deshalb von den überreifen Eiern mit atypischer Furchung als stark reife Eier. Bei diesen sowohl als bei manchen Eiern ganz normaler frischer Bruten geht die Abweichung der beiden Ebenen gelegentlich so weit, dass sie einen rechten Winkel miteinander bilden (s. Abb. B, RR). Dieser Fall ist auf Tafel XI, Abb. 3 dargestellt. Die hintere, zugleich in der Ansicht von unten hellere Seite des Eies ist nach dem oberen Tafelrand gerichtet. Das helle Feld war hier sehr klein und von dem später aufgetretenen Grau noch deutlich zu unterscheiden. Hier ist also durch die erste Furche eine vordere von einer hinteren Hälfte getrennt, und zugleich ist zu bemerken, dass in diesem Falle die hintere Zelle etwas kleiner war, als die vordere, wie das dem von Roux für *Rana esculenta* aufgestellten Furchungsschema entspricht. In einem Falle beobachtete ich eine Brut, in der ca. $\frac{1}{3}$ der untersuchten Eier neben zahlreichen Winkelstellungen der 1. Furche sehr häufig das in

Abb. 3 dargestellte Verhalten darboten. Das sind die Fälle von denen Roux sagt, „die zweite Furche ist zuerst aufgetreten“.

Wir lernen also aus dem Studium zahlreicher Bruten: Die vor der 1. Theilung an dem befruchteten Ei vorhandene Symmetrieebene fällt in der Regel bei Eiern, die nach kürzestem Verweilen im Uterus zur Befruchtung kommen, mit der ersten Theilungsebene und der Medianebene zusammen. Je mehr aber die Eier sich dem überreifen Zustande nähern, um so häufiger treten Winkelstellungen der beiden Ebenen ein, ohne dass aber hierdurch die weiteren Theilungsebenen des Eies und die weitere Entwicklung irgendwie von der normalen abweicht. Die durch die eigenartige einseitige Pigmentaufhellung sichtbar gewordene bilaterale Symmetrie des ungefurchten Eies ist also noch nicht derart fest normirt, dass die erste Furchungsspindel sich unbedingt senkrecht zu ihr einstellen muss. Die Spindel kann vielmehr bei vorgeschrittenem Reifezustand des Eies alle Winkel zwischen 0° und 90° mit der Symmetrieebene bilden, und entsprechende Winkelstellungen zeigt die senkrecht zur Spindel stehende erste Theilungsebene. Da an den meisten Eiern die beiden Ebenen zusammenfallen, an anderen aber die Abweichungen auftreten, so sind die Winkelstellungen beider Ebenen als Varietäten zu bezeichnen. Die Eier mit solchen Abweichungen erzeugen aber normale Morulae, Gastrulae und Embryonen. Es besteht also zweifellos in der Norm ein gewisses Abhängigkeitsverhältniss der ersten Theilungsebene von der Symmetrieebene des ungefurchten Eies. Dieses ist aber ein ganz lockeres und nicht derart bedeutungsvoll, dass die Störung desselben zu abnormer Entwicklung oder gar zum Stillstand derselben führt, wie das der Fall sein müsste, wenn ein innerer und zwingender Zusammenhang zwischen Symmetrieebene und erster Furche bestände.

Fortfahrend in der äusseren Betrachtung der Eier kommen wir zu dem Stadium der Viertheilung. Schon aus dem bei der ersten Theilung Gesagten ergiebt sich, dass die vertical zur ersten verlaufende zweite Furche im Bereich der hellen Hemisphäre die erste Furche nicht in der Mitte des definitiven hellen Feldes,

sondern excentrisch in demselben schneiden muss. Das sieht man aus der Tafel XI, Abb. 4, wo, wie in Abb. 3 ein Ei in der Ansicht von unten dargestellt ist und die Stelle der aufgetretenen Vergrößerung des hellen Feldes nach dem oberen Tafelrand gerichtet ist. Die Abbildungen 5 und 6 stellen dasselbe Ei (wie Abb. 4) in der Ansicht von vorn (5) und von hinten dar (6). In der Ansicht von hinten läuft entweder, wie in dem gezeichneten Fall, der Pigmentrand nach oben ganz allmählich aus, oder es ist, indem bei der Bildung der 3. Furchung — der ersten Aequatorialfurchung — der Pigmentrand in die Aequatorialfurchung einbezogen wird, ein scharfer Gegensatz von pigmentirten kleineren oberen Zellen und hellen grösseren unteren entstanden. In anderen Fällen greift das definitive helle Feld von dieser Seite soweit nach oben über, dass die an die erste Furchung anstossenden untersten Randtheile der oberen kleinen Zellen noch grauweiss erscheinen. Nicht selten, aber in Ausnahmefällen — manchmal an sehr vielen Eiern einer Brut von *Rana fusca* — beobachten wir das in 7 und 8 dargestellte Verhalten. In diesem Falle ist die zweite Furchung schon excentrisch nach der späteren caudalen Seite hin verlaufen, und dadurch kommt es, dass nun, dem von Roux für *Rana esculenta* aufgestellten Schema entsprechend, zwei hintere kleinere obere und zwei vordere grössere obere Zellen unterschieden werden können. Das zeigt am deutlichsten die Ansicht des Eies von der rechten Seite her in Abb. 8. Man sieht hier also die kleinere rechte hintere obere und die grössere rechte vordere obere Zelle in der Seitenansicht. Abbildung 7 dagegen zeigt das Ei von hinten, wobei am oberen Rande der kleineren oberen Zellen noch ein Saum der grösseren oberen Zellen erscheint. Die zweite Furchung hatte in dem Ei mit der ersten Aequatorialfurchung eine Brechungsfurchung gebildet (s. Abb. 8), wodurch der sonst existirende, dem Verhalten der oberen Zellen entsprechende Grössenunterschied zwischen den hinteren unteren und den vorderen unteren Zellen nicht mehr hervortrat.

Im weiteren Verlaufe der Furchung fällt es bei genauer Untersuchung nicht schwer, eine gesetzmässige Symmetrie in dem Verhalten der Zellen zu beiden Seiten der durch den höchsten Punkt des Pigmentrandes und die Eiaxe gegebenen Ebene festzustellen. Schon eine einfache Ueberlegung ergibt, dass die gewöhnliche Auffassung der inaequalen Furchung bei *Rana* für das Morulastadium nicht

richtig sein kann. Uebrigens bin ich nicht von dieser Ueberlegung ausgegangen, da mir vorher das thatsächliche Verhalten auffiel. Wenn es richtig ist, dass, wie bisher angenommen, die Zellen der in Normalstellung ruhenden Morula von oben nach unten in horizontalen Ebenen abnehmen, so können die grössten Zellen infolge der gegen den Horizont geneigten Lage des Pigmentrandes nicht in dem Centrum des hellen Feldes liegen, sondern sie müssen sich da finden, wo der tiefste — excentrische — Punkt des hellen Feldes und des Eies überhaupt liegt. In diesem Punkt liegt der Schnittpunkt der beiden ersten Furchen (s. Abb. 4), und um diesen excentrisch in dem hellen Feld gelegenen Punkt sind die grössten Zellen der Morula gruppiert. Da es nun ganz richtig ist, dass im allgemeinen die Zellen an Grösse von oben nach unten zunehmen, so ist es klar, dass an dem tiefsten Punkt des Pigmentrandes, der nur in der Ansicht des Eies von vorn sichtbar ist (vergl. Schema Abb. A S. 177 und Abb. 8 Tafel XI) grössere Zellen oben und unten angrenzen werden, als an den nur in der Ansicht von hinten sichtbaren höchsten Punkt des hellen Feldes. Diese Thatsache ist sofort an den genauen Abbildungen 9 und 10 zu erkennen. Hier ist dasselbe Ei in der Vorderansicht (Abb. 9) und in der Hinteransicht (Abb. 10) von einem unbefangenen Zeichner genau dargestellt.

Das geschilderte Verhalten wird auch leicht aus der Untersuchung eines Eies des Morulastadiums in der Ansicht von unten herausgefunden. Ein solches ist in Abb. 11 wiedergegeben in gleicher Orientirung wie Abb. 4.

Die genauere Untersuchung der Morula ergibt aber noch eine weitere Abweichung von der bisherigen schematischen Auffassung. Bei Normalstellung des Eies steht die Eiaxe — d. i. die Verbindungslinie von schwarzem Pol und der Mitte des ursprünglichen hellen Feldes — senkrecht und fällt mit der Furchungsaxe — d. i. mit der Schnittlinie der beiden ersten Furchungsebenen — zusammen. Wenn es richtig wäre, dass die Grösse der Zellen in der Richtung der Parallelkreise von oben nach unten gleichzeitig abnähme, so müssten auf allen gegenüberliegenden Punkten irgend eines Parallelkreises immer gleich grosse Zellen liegen. Das ist nicht der Fall. In Abb. 9 und 10 steht die Eiaxe senkrecht zum längeren Tafelrand. Man sieht sofort, dass in der Ansicht von vorn (Abb. 9) auf dem am weitesten

nach vorn gelegenen Punkt des Aequators des Eies die Zellen doppelt so gross sind, als auf dem entsprechenden hintersten Punkt des Aequators in der Ansicht des Eies von hinten. Dasselbe Verhalten kann man aus Abb. 11 erkennen, wo der Aequator des Eies mit dem Aussenrand der Abbildung zusammenfällt. Es ergibt sich also: Auf ein und demselben Parallelkreise nimmt die Grösse der Zellen von der hinteren Seite des Eies nach der vorderen continuirlich 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 das also auf dem Morulastadium der Lage nach schon erkennbare Material für die zuerst auftretenden Embryonalorgane, vor allem für das Centralnervensystem auf einem verhältnissmässig kleinen Raum zusammengedrängt.

Auch auf dem Blastulastadium bleibt die beschriebene bilaterale Symmetrie des Eies, wenn auch nur bei Benutzung ganz normaler und frisch zur Befruchtung kommender Eier, gut erkennbar. Da aber die pigmentirten Zellen nun allmählich zu klein werden, so ist zur Orientirung nur die untere helle Hälfte des Eies verwerthbar. Abb. 12 zeigt eine solche Blastula von unten in der gleichen Orientirung gezeichnet wie Abb. 11. Man erkennt ohne Mühe die bilateral-symmetrische Anordnung der Zellen. Die Symmetrieebene steht senkrecht auf der Tafel und den langen Tafelrändern.

Die äussere Untersuchung ergiebt: Bilaterale Anordnung der Eisubstanz ist bei *Rana fusca* von der Zeit kurz vor dem Auftreten der ersten Furche an erkennbar. Sie ist während des ganzen Verlaufes der Furchung vorhanden. Es wäre immerhin möglich, dass, wie Kopsch eingewendet hat¹⁾, trotz dieser Thatsache die Symmetrieebene bis zum Auftreten des Urmunds nicht dieselbe bleibt. Darum schneiden wir das Ei in der durch die äussere Betrachtung für jedes Stadium bis zur Urmundbildung gegebenen sagittalen und frontalen Richtung und blicken in sein Inneres — das hat bei obiger Methode keine Schwierigkeit und auch die Orientirung im warmen Paraffin in flacher Schale am

1) Verhandlungen der anatom. Gesellschaft in Basel. 1895.

besten in direktem Sonnenlicht gelingt, sobald man die Eier erst gut kennt.

2. Die bilaterale Symmetrie bei innerer Betrachtung des Eies mit Hilfe von Durchschnitten.

Der Schnitt in der Symmetrieebene kurz vor Auftreten der ersten Furche führt uns in der grössten Mehrzahl der Fälle, d. h. in der Norm, immer dasselbe Bild vor: Tafel XII Abb. 1. Die hintere Seite liegt im Bilde links. Die Pigmentrinde ist hier meist dünner als an der gegenüberliegenden. An dieser beginnt mit breiter Basis die von Van Bambeke als Bahn des eingetretenen Spermatozoons zuerst erkannte Pigmentstrasse. Ihr letztes Ende ist bei der betreffenden Schnittreihe grösstentheils in den nächstfolgenden Schnitt gelagert. Es handelt sich für uns jetzt darum, dass die Strasse in dem in angegebener Weise orientirten Medianchnitt durchaus typisch in besonders dunkel pigmentirtem Rindengebiet beginnt. Die Eintrittsstelle ist typisch genau diametral der späteren Anlagestelle des Urmundes, d. i. dem höchsten Punkt des Pigmentrandes gegenüber gelegen. Die betreffende Eiseite ist von Born und Roux bereits als Befruchtungsseite erkannt worden. Schneidet man nun frontal und beginnt an der hinteren Seite, sodass also die Gegend der sekundären Vergrösserung des hellen Feldes zuerst getroffen wird, so stösst man erst in der letzten Hälfte der Serie, wie leicht ersichtlich, auf die Pigmentstrasse. Jetzt erscheint sie anfangs quer getroffen ohne Zusammenhang mit der Rinde, bis schliesslich das Bild Tafel XII, Abb. 2 erscheint. Die Strasse liegt in oder dicht neben der Medianebene. Auch ergibt sich, dass die breite Basis der Strasse in der Rinde des Eies, die auf dem Medianschnitt typisch ist, auf dem Frontalschnitt fehlt. Die Basis ist also nicht pyramidenförmig, sondern senkrecht zur Medianebene abgeplattet. Auf weitere Einzelheiten der Strasse hoffe ich in einer speciellen Arbeit zurückzukommen.

Entsprechende Bilder giebt uns das Ei zur Zeit der ersten Furche. In den Abbildungen 3 und 4 ist ein Sagittal- und ein Frontalschnitt durch Eier, deren erste Furche erst die Hälfte der Eiperipherie umgriffen hatte, abgebildet. Die Orientirung des ersteren ist wie in Abb. 1. Man sieht wieder die von der Sameneintrittsstelle ausgehende Pigmentstrasse in der ganzen Länge getroffen. Die Eintrittsstelle des Spermatozoon ist, wie gewöhn-

lich, diametral der späteren Urmundstelle gegenüber gelegen. Der Schnitt hat oben links in der Rinde einige Falten des Faltenkranzes quer getroffen. Der Frontalschnitt durch das Centrum eines Eies des gleichen Stadiums (Abb. 4) zeigt zunächst Theile der Tochterkerne, oben die tiefe Furche, die davon ausgehende schwach angedeutete Zellplatte in der Theilungsebene¹⁾. Das Pigment der Rinde und im Innern ist im Gegensatz zu Abb. 3 symmetrisch angeordnet. Die Pigmentstrasse ist natürlich nicht zu sehen. Der Leser wird gebeten, das Bild des durch den Mittelpunkt des Eies gegangenen Frontalschnittes der Abbildung 4 auf den Sagittalschnitt (Abb. 3) zu beziehen. Die Bilder sind auch in Bezug auf die bilateral symmetrische Pigmentvertheilung genau wie die Schnitte.

Die Pigmentstrasse erhält sich nun in Resten meist während der ganzen Furchung, ja bis in die Gastrulation hinein. Das war freilich erst nachweisbar, sobald ich die Eier nach dem äusseren Bilde sagittal zu orientiren und zu schneiden gelernt hatte. In Abb. 5 sehen wir einen Sagittalschnitt einer Morula. Die Orientirung, die immer genau auf dem Objektträger vermerkt wurde, ist dieselbe, wie bei den Abbildungen 1 und 3. Das Pigment der Rinde hat sich mehr nach innen in die Zellen vertheilt. Der Medianschnitt zeigt aber rechts noch — wieder genau gegenüber der späteren Urmundgegend — einen unverkennbaren Rest der Spermatozoonbahn (*sp.*). Gleichfalls unterliegt es bei Betrachtung des Medianschnittes der Abbildung 6 keinem Zweifel, dass wir rechts im Bereich des seitlichen Dachbezirkes der Furchungshöhle die grössere Pigmentanhäufung auf das nun mehr in die Zellen vertheilte Pigment beziehen dürfen, das vom Spermatozoon gleichsam an sich gezogen war. Das sind Bilder, die bei guter Orientirung allerdings nicht immer, aber fast regelmässig wiederkehren, denn die Vertheilung des anfangs angehäuftten Pigments ist manchmal schon relativ früh so diffus, dass eine Beziehung auf die Spermatozoonstrasse nicht mehr angeht.

Wenn wir uns nun dem Ende der Blastula nähern, erhalten wir bei Medianschnitten Bilder wie in Abb. 7. Diese zeigt allerdings bereits den allerersten Beginn der Urmundbildung. Man

1) Die „Zellplatte“ ist bei den Blastomeren von *Rana constant* zu finden, bevor eine äussere Furche vorhanden.

sieht immer noch die stärkere Pigmentirung an der ursprünglichen Eintrittsstelle des Spermatozoons gegenüber der Urmundanlage, und nun tritt constant noch ein weiteres Zeichen bilateraler Symmetrie auf: Die an der Sameneintrittsstelle gelegene Stelle des Daches der Blastulahöhle ist im Endstadium der Blastula constant viel dicker, als die gegenüberliegende. Schneidet man dieses Stadium frontal — Abbildung 8 —, so erscheint neben symmetrischer Pigmentvertheilung das Dach der H6hle beiderseits von der Medianlinie bis zu der Randzone in gleicher H6hle gleich dick. Also ergibt sich: Die in der Regel genau diametral dem höchsten Punkt des Pigmentrandes gegenüberliegende Sameneintrittsstelle und die davon ausgehende Pigmentstrasse lassen sich bei innerer Betrachtung des Eies noch bis zur Zeit der Gastrulation nachweisen. Die Pigmentstrasse fällt in der Regel 1. in die vor Beginn der Furchung sichtbare Symmetrieebene, 2. in die durch die äussere Betrachtung des Eies nachweisbare Symmetrieebene der Morula und der Blastula und 3. in die Symmetrieebene der Gastrula, d. h. in die Medianebene des Frosches. Also findet während der Entwicklung in der Norm auch keine Verschiebung der drei genannten Ebenen statt und die Identität der vor der Furchung erkennbaren Symmetrieebene mit der Medianebene des Embryo ist morphologisch erwiesen.

II.

Warum fällt nun aber bei experimenteller Untersuchung die Medianebene des Froscheies oft nicht in die Ebene der ersten Theilung?

Wenn auch die Resultate von Pflüger und Roux die Auffassung des Zusammenfallens der ersten Theilungsebene und der Medianebene sehr begünstigten, so geht doch aus dem oben Gesagten (s. S. 172) hervor, dass spätere Untersucher sich nicht von der Thatsache des in der Regel stattfindenden Zusammenfallens überzeugen konnten. Wie erklärt sich das?

Zunächst ist zu bemerken, dass auch die morphologische Untersuchung lehrt, dass in vielen Fällen bei stark reifen Eiern die obige Regel nicht besteht, insofern die erste Furche nicht in die ursprüngliche Symmetrieebene fällt (s. o. S. 177). In diesen Fällen wissen wir nicht, ob die ursprüngliche Symmetrieebene oder die erste Furche zur Medianebene wird, oder ob die

letztere vielleicht überhaupt erst allmählich — bei schon bestehender Abweichung von der Regel — sich festlegt. In letzterer Hinsicht ist auch zu betonen, dass trotz in der Regel vorhandener bilateraler Symmetrie der Morula und Blastula auch hier einzelne Eier vorkommen, an denen man die beschriebene Grössen-Anordnung der Zellen nur sehr schwierig oder gar nicht findet, bei welchen also — wenigstens bei äusserer Betrachtung — die Medianebene entweder noch nicht oder nur mit Unsicherheit erkannt wird. Das lässt daran denken, dass die symmetrische Anordnung des Materials bei manchen Eiern während der Dotterzerklüftung erst allmählich erreicht oder wieder hergestellt wird. Doch hier kann nur genaue morphologische Untersuchung an reichlichem Material Entscheidung bringen.

Kopsch¹⁾ verfuhr bei der experimentellen Prüfung der Frage genau nach den Roux'schen Angaben und wandte ausserdem zur genauen Fixirung der jedesmaligen Bilder die Photographie an. Die Eier befanden sich nach mehr als einstündiger Quellung nicht in Zwangslage, konnten also Drehungen in den Hüllen ausführen, und solche wurden auch bemerkt. Die ausgeführte Controlle mit einer Definirlinie schützt nicht vor Uebersehen von Drehungen des Eies in den Hüllen. Auch ist die vorangegangene morphologische Bemerkung zu berücksichtigen, nach welcher es also für viele Fälle sehr möglich erscheint, dass die Medianebene nicht mit der ersten Theilungsebene identisch ist.

O. Hertwig²⁾ suchte die Frage des Zusammenfallens der Medianebene mit der ersten Furche an Zwangslageneiern zu entscheiden. Die Eier waren zwischen Glasplatten gepresst. Da aber, wie ich bereits kurz mitgetheilt habe³⁾ und in der folgenden Arbeit in diesem Archiv ausführlicher darstellen werde, auch die angeblichen Zwangslageneier bei *Rana fusca* trotz ihrer Abplattung in ihren Hüllen drehbar waren, so sind diese, wie alle eine absolute Zwangslage voraussetzenden Versuche, werthlos. Die vollständige Fixirung des Eies in Zwangslage ist mit der unbedingten Nothwendigkeit freier Entwicklung selbst bei so schwarzen Individuen, wie es die Eier von

1) l. c. p. 187.

2) Ueber den Werth der ersten Furchungszellen für die Organbildung des Embryo. Dies-Archiv Bd. 42.

3) Verhandl. der anatomischen Gesellschaft in Gent. 1897.

Rana fusca sind, völlig unvereinbar. — Zwar stimme ich mit O. Hertwig trotz des von mir morphologisch nachgewiesenen regulären Zusammenfallens der beiden Ebenen dennoch insofern überein, als ich einen zwingenden ursächlichen Zusammenhang von erster Theilungsebene und Medianebene bei *Rana* nicht anerkenne. Die Begründung O. Hertwig's ist aber unzureichend.

III.

Ist Roux berechtigt, auf Grund der thatsächlich in der Norm bei *Rana* bestehenden Coincidenz der Spermatozoonbahn und der ersten Theilungsebene mit der Medianebene ein allgemein gültiges Naturgesetz aufzustellen?

Nach Roux ist das unbefruchtete Ei in der Richtung aller durch die Eiachse legbaren Meridianebenen gleich gebaut, und das Spermatozoon entscheidet, welche dieser Ebenen zur Medianebene wird.

Woher aber haben die parthenogenetisch erzeugten Individuen ihre Medianebene? Doch wir wollen wie Roux jetzt darüber garnicht nachdenken. Ich handle zunächst vom Amphibienei.

Es erscheint vielleicht manchem auffallend, dass ich nicht aus meinem morphologischen Nachweis in die Behauptung Roux's von der Bestimmung der Medianebene durch den Befruchtungsmeridian einstimme. Einfach deshalb: Mit der Bestimmung durch den Befruchtungsmeridian ist behauptet, dass am unbefruchteten Ei die Structur in allen Meridianebenen die gleiche sei. Das weiss Roux ebensowenig, wie irgend ein anderer, denn er hat es nicht bewiesen (s. S. 176). Er scheint auch in der That das Spermatozoon an einer anderen, als der von mir oben abgebildeten Sameneintrittsstelle in das Ei hineingejagt zu haben; es ist auch möglich — einen genauen, mich befriedigenden Beweis hierfür vermisse ich, wie O. Hertwig¹⁾, vollständig — dass nachher die erste Furche durch die von ihm gewählte Sameneintrittsstelle ging. Mit demselben Recht aber, mit dem er annimmt, eine vorher nicht vorhandene Struktur hervorgerufen zu haben,

1) Zeit- und Streitfragen der Biologie Heft 2. Mechanik und Biologie.

könnte ich, wenn ich einmal seine Experimente als gelungen voraussetze, annehmen, dass er eine vorhandene bilaterale aber sehr labile Struktur des unbefruchteten Eies zerstört hat. Doch ehe R o u x seine Experimente nicht besser mit morphologischem Nachweis und Abbildungen combinirt hat, kommen wir auf diesem Weg überhaupt nicht weiter.

Schon R o u x hat darauf aufmerksam gemacht, dass die Sameneintrittsstelle und die Pigmentstrasse („Penetrationsbahn und Copulationsbahn“) nicht immer in die Medianebene fallen und auch Michaelis¹⁾ hat dies hervorgehoben. Michaelis fand sogar nur ausnahmsweise Coincidenz. Geringe Abweichungen sind so häufig, dass ein genaues Zusammenfallen als selten bezeichnet werden kann. Häufig aber sind auch grössere Abweichungen. Diese erklärt R o u x, um seinem „Wirkungsgesetz“ die Gültigkeit zu sichern, als durch störende Komponenten verursacht. Der von ihm angeführte derartige Component ist Zwangslage bei der Befruchtung oder bei längerem Verweilen im Uterus, durch welche Substanzumlagerungen in dem Dotter entstehen sollen. Für meine künstlich befruchteten Eier fällt dieser Einwand von vorneherein weg, da ich die Eier im vorliegenden Falle immer sofort ganz mit samenhaltigem Wasser bedecke und Sorge, dass sie bedeckt bleiben. Dass ferner unbefruchtete Eier im Uterus bei längerem Verweilen durch die Schwere Umlagerungen ihrer Dottersubstanzen erfahren, ist nirgends bewiesen. Auch R. Fick²⁾ gegenüber wird die Zwangslage von Roux an den Haaren herbeigezogen, obgleich davon keine Rede war, wie ich selbst bezeugen kann, da ich die Arbeit entstehen sah. Aber auch wenn die Beschreibung von Fick für zwanglos entwickelte Eier zuträfe, sagt Roux, dann könnte dies die bei Rana constatirte Thatsache nicht umstossen. Sehr richtig, dann verliert aber auch die Thatsache bei Rana jegliche Berechtigung auf die übliche Posaunenbegleitung. Sie ist, wie viele andere der von Roux festgelegten „Grundsteine“, nur ein bald wieder verpuffender Raketenspuk. Im übrigen ist es eine Zumuthung an den trotz vielleicht redlicher Mühe vergeblich nach Befriedigung suchenden, thatsachendurstigen Leser hier weiter zu diskutieren. Wir halten es nicht für richtig,

1) Zur Richtungsbestimmung der ersten Furche des Eies. Inaug.-Dissertation. Berlin 1897.

2) Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie Bd. 56, Heft 4.

Mikrotom und Mikroskop zur Seite zu stellen, um uns, wie der Hallenser Anatom, am Schreibtisch in embryophilosopische Spekulationen zu verklusuliren.

Roux hat nun sein Gesetz von der Bestimmung der Medianebene des Froschemryo durch die erste Furchungsebene ohne weiteres verallgemeinert¹⁾. Hierzu fehlt aber nicht nur an und für sich jegliche Berechtigung, sondern die Thatsachen sprechen direkt dagegen.

Zunächst ist zu bemerken, dass E. van Beneden und Ch. Julin im Jahre 1884 an den Eiern der Ascidie *Clavelina*²⁾ nachgewiesen haben, dass das Ei während der Furchung eine deutliche bilaterale Symmetrie zeigt, und dass die mit der ersten Furchung zusammenfallende Symmetrieebene zugleich die Medianebene des Thieres wird. Die zweite Furchung trennt das Material zur vorderen und zur hinteren Hälfte des Embryo und theilt die beiden ersten Blastomeren in je zwei ungleiche Zellen, von denen die beiden kleineren dem hinteren Ende der Larve entsprechen. Seeliger³⁾ bestätigte die Zurückverfolgung der Medianebene bis auf die erste Theilungsebene. Nach E. B. Wilson⁴⁾ ist auch bei *Amphioxus* meist die Furchung bilateral-symmetrisch zur ersten Furchungsebene.

Die letztgenannten Fälle könnten also dem Roux'schen Gesetz günstig sein, soweit es sich um Bestimmung der Medianebene durch die erste Furchung handelt — von einer Beziehung des Befruchtungsmeridianes zur ersten Theilungsebene ist in allen diesen Fällen aber nichts bekannt.

Nun aber kommen andere Fälle.

Im Jahre 1876 hat C. Rabl⁵⁾ eine genaue Beschreibung der Furchung des Eies von *Unio pictorum* gegeben. Aus seiner Darstellung und aus seinen Abbildungen ergiebt sich, dass die erste Furchung eine vordere kleinere von einer hinteren grösseren Zelle trennt und also quer zur späteren Medianebene liegt.

1) S. z. B. Einleitung zum Archiv f. Entwicklungsmech. 1894 S. 18.

2) La segmentation chez la Ascidiens. Bulletin de l'Académie royale de Belgique 1894.

3) Die Entwicklungsgeschichte der socialen Ascidien. Jena 1885.

4) Anatomischer Anzeiger 1892 S. 736.

5) Ueber die Entwicklungsgeschichte der Malermuschel. Jenaische Zeitschrift f. Naturwissensch. Bd. X.

Desgleichen ergibt sich aus den Untersuchungen von E. B. Wilson¹⁾, dass bei dem Nematoden *Nereis* die erste Furche quer zur Medianebene der Trochophora verläuft.

Am Ende wird aber hier der Einwand gemacht, da sei ja doch die zweite Furche zuerst aufgetreten.

Es folgen weitere Fälle, wo die Medianebene typisch in einem Winkel von 45° zur ersten Theilungsebene steht. In dieser Beziehung wiederhole ich nur das auf der Anatomenversammlung in Tübingen Gesagte: „Aus den Angaben von Rabl²⁾ über die Furchung der Tellerschnecke geht hervor, dass hier die spätere Medianebene mit den beiden ersten Furchungsebenen Winkel von 45° bildet“. Hiermit stimmen die Angaben von Blochmann³⁾ über *Neritina fluviatilis* überein. Ebenso die von Kofoid⁴⁾ bei *Limax*. Dass die erste Furche bei Planorbis nicht der Medianebene entsprechen kann, ergibt sich aus der Thatsache, dass von den beiden ersten Zellen die eine nur Material für Ekto- und Entoblast, die andere aber für alle drei Blätter enthält. Derartige bestimmte Beziehungen der ersten Zellen zu den Keimblättern sind ja auch von anderen Fällen bekannt; so z. B. von *Ascaris megalocephala* nach O. zur Strassen⁵⁾. Hier führt die erste Theilung zur Erzeugung von zwei nicht ganz gleich grossen Zellen, von denen die grössere ausschliesslich Ektoblast bildet, die kleinere dagegen einen Theil des Ektoblast, den Mesoblast, den Verdauungstractus und die Geschlechtsanlage. Wie soll da die erste Theilung die Medianebene bestimmen?

Nach Conklin⁶⁾ und Heymons⁷⁾ fällt bei den Gastropoden *Crepidulina* und *Umbrella* die erste Furche mit der Transversalebene zusammen.

1) The Cell-Lineage of *Nereis*. Journal of Morphology Vol. VI Nro. 3.

2) Ueber die Entwicklung der Tellerschnecke. Morph. Jahrb. 1879.

3) Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie Bd. 36. 1882.

4) Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College XXVII Nr. 2.

5) Embryonalentwicklung der *Ascaris megalocephala*. Archiv für Entwicklungsmech. Bd. 3.

6) Zool. Anzeiger 1892 Nr. 391.

7) Zeitschr. für wissenschaft. Zoologie Bd. 56. 1893.

Bei der Cirripedie *Pollicipes* bilden sich nach Nussbaum¹⁾ die beiden ersten Furchungskugeln nicht in je eine der späteren Körperhälften um.

Bezeichnend sind dann noch die Angaben von Whitman²⁾ über die erste Entwicklung von *Clepsine* und von A. Lang³⁾ über *Discocelis tigrina*. Bei *Clepsine* zeigte Whitman schon 1887, dass das Ei durch zwei senkrecht zu einander stehende meridionale Furchen derart getheilt wird, dass eine der vier Zellen durch die Grösse sich vor den übrigen auszeichnet. Sie entspricht dem hinteren Ende des Embryo, die gegenüberliegende dem Vorderende. Die erste und zweite Furche bilden also mit der Medianebene Winkel bis zu 45°. Auch die von Lang in seiner Monographie der Polycladen des Golfes von Neapel gegebene Darstellung der Furchung von *Discocelis* ist von Wichtigkeit für unsere Frage. Die erste Theilung erzeugt zwei etwas ungleiche Blastomeren. Jede von beiden theilt sich in zwei wiederum ungleich grosse Blastomeren, und es erfolgt eine Umlagerung derart, dass die beiden kleinsten Zellen sich mit den beiden grossen über Kreuz lagern, wobei die beiden kleineren über die beiden grossen zu liegen kommen. Erstere bezeichnen den oralen, letztere den aboralen Pol. Schon auf dem Vierzellenstadium kennzeichnet nun die grössere der beiden grossen Blastomeren das Hinterende, die kleinere das Vorderende, und die beiden kleinsten entsprechen den Seiten des zukünftigen Embryo. Es ergibt sich, dass jede Körperhälfte $\frac{3}{4}$ des Materials der einen und $\frac{1}{4}$ dessen der anderen Zelle erhält.

Aus den eingehenden Untersuchungen von Jennings⁴⁾ über die Furchung der Rotatorie *Asplachna Herrikkii* ergibt sich gleichfalls, dass hier von einer festen Beziehung der ersten oder zweiten Furche zu der Medianebene keine Rede ist.

1) Anatomische Studien an Californischen Cirripedien. Bonn 1890. Seite 79.

2) The embryology of *Clepsine*. Quart. Journ. of micr. science Vol. 18. 1888.

3) Die Polycladen des Golfes von Neapel. XI. Monographie der Fauna und Flora des Golfes von Neapel. Leipzig 1884.

4) The early developement of *Asplachna Herrikkii* de Gueme. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College. 1896.

Nur Ueberschätzung des Werthes der eigenen Arbeit kann unter solchen Umständen die Aufstellung jenes allgemeinen Gesetzes erklären.

Es wird also nicht, wie Roux meint, die Medianebene des thierischen Embryo durch die erste Furche bestimmt.

IV.

Welches sind unsere gegenwärtigen Kenntnisse von dem Auftreten der späteren Medianebene in dem sich entwickelnden Ei?

Nachdem sich ergeben hat, dass allgemein keine feste Beziehung zwischen den ersten Furcheu und den Hauptebenen des Körpers besteht, möchte ich an dieser Stelle zunächst folgende Bemerkungen einschalten, da diese zu obigem Ergebuiss in nächster Beziehung stehen.

Im Anschluss an meinen auf der heurigen Anatomen-Versammlung in Tübingen gehaltenen Vortrag über die bilaterale Symmetrie des Amphibieneies wurde mir von befreundeter Seite der Einwurf gemacht, ich hätte das Ei eine Mutterlauge genannt. Wenn ich mich auch erinnerte, dass ich in dem Kapitel über Furchung des Eies in meiner Neubearbeitung des Kölliker'schen Grundrisses der Entwicklungsgeschichte von Mutterlauge geredet hatte, so war mir der Zusammenhang, in welchem dies geschehen, doch nicht gegenwärtig; soviel konnte ich jedoch entgegenen, dass ich das Ei nicht eine Mutterlauge genannt habe und vermied vor genauerer Einsicht in jene Stelle weitere Discussion.

Die betreffende Stelle lautet¹⁾: „Der Zweck der Furchung ist der, für die in Entwicklung begriffenen Organismen die ersten Bauelemente zu liefern. Diese sind alle von nahezu gleichartigem Baue und besitzen in ihrer Struktur keinerlei Beziehung zu bestimmten Organen des späteren Organismus, wie man sich dies früher vorstellte, indem man bereits in dem Ei gleichsam in schlummerndem Zustande, etwa wie in der Knospe die Blüthe, die Organanlagen vorgebildet annahm. Man glaubte, dass durch die Entwicklung die in dem Ei gleichsam eingewickelten Anlagen zur Auswicklung, Evolution, kommen. Dass diese Auffassung unrichtig ist, hat sich mit Hilfe des Experimentes nachweisen lassen. Es hat sich ergeben, dass es zur Erzielung normaler Embryonen gleichgiltig ist, ob die ersten Zellen diese oder jene

1) l. c. S. 21 u. 22.

Lagebeziehung zu einander haben (Driesch). Man hat durch äussere Eingriffe die Furchungskugeln gleichsam durcheinandergewürfelt und trotzdem normale Embryonen erhalten. Man hat den kugeligen Haufen der Furchungszellen in zwei Haufen getheilt und aus jedem Haufen einen Embryo von halber Grösse gezüchtet (Driesch u. a.), ähnlich wie man durch Theilung eines für den Bau eines Hauses bestimmten Steinhaufens in zwei Haufen das Material für zwei Häuser von halber Grösse gewinnen kann. Man hat aus jeder der Zellen eines mehrfach gefurchten Eies durch Isolation der Zellen einen ganzen, entsprechend kleinen Embryo gezüchtet. Von einer Vorbildung der Organanlagen in den einzelnen Zellen im Sinne der sogenannten Evolutionstheorie kann sonach keine Rede sein. Die Eisubstanz ist vielmehr während der Furchung einer Mutterlauge vergleichbar, aus der sich unter geeigneten Bedingungen ein Krystallkörper gewinnen lässt, unter anderen Bedingungen jedoch viele von gleicher Form, aber von geringerer Grösse.“

Da durch meine auf obigen Einwand meines Freundes Barfurth gemachte Entgegnung, ich hätte das Ei nie und nimmer eine Mutterlauge genannt, der Eindruck entstehen kann, als ob ich den letzten (im Original nicht gesperrt gedruckten) Vergleich zurücknahme, sehe ich mich genöthigt zu erklären, dass ich ihn im Gegentheil völlig aufrecht erhalte, ebenso wie den ganzen Zusammenhang, in dem er gezogen ist. Nach meiner Auffassung liegt hier einfach ein Missverständniss vor. Ich habe das Ei nicht eine Mutterlauge genannt, sondern es mit einer solchen verglichen und wird man, wenn ich gleichfalls (s. oben) von bestimmtem Gesichtspunkte aus die Furchungskugeln mit Steinen verglichen habe, nicht behaupten dürfen, ich hätte gesagt, die Furchungskugeln seien Steine.

Nach meiner Anschauung ist die Eisubstanz isotrop (Pflüger, O. Hertwig), indem sowohl aus jedem Theil des Eies jeder Theil des Organismus werden kann, als es auch möglich ist, durch äussere Eingriffe aus einem Ei statt eines Individuums zwei Individuen, statt eines Individuums mit einem Kopfe, einem Centralnervensystem, einer Wirbelsäule, einem Darm u. s. w. ein Individuum mit zwei Köpfen etc. zu erhalten. Und dieser durch das Experiment reichlich gestützten Auffassung gemäss und nur von diesem Gesichtspunkte aus ist der obige Vergleich mit der Mutterlauge, aus der man bei geeigneter Versuchsanordnung einen grossen oder mehrere entsprechend geformte und entsprechend kleinere Krystalle gewinnen kann, ganz gerecht-

fertigt. In beiden Fällen liegt es in der Hand des Experimentators auf Grund des relativ einfachen Baues des Substrates die Gestaltung in dem angegebenen Sinne zu beeinflussen. Doch ich kehre nach dieser Abschweifung zu unserm Thema zurück.

Nachdem ich gezeigt, dass es nicht möglich ist, die Behauptung, dass die bilateral-symmetrische Struktur des Körpers durch das Spermatozoon geschaffen wird, anzuerkennen, erscheint es mit Rücksicht auf das Allgemeininteresse der Frage der Mühe werth, von rein morphologischem Standpunkte aus das zusammenzustellen, was die vereinte Arbeit mit dem ganzen morphologischen Handwerkszeug festgelegt hat¹⁾. Ich kann allerdings bei der Zerstretheit der Literatur keinen Anspruch auf Vollständigkeit machen; immerhin wird das Folgende genügen, um das Thatsächliche festzulegen.

Es sei mir gestattet, von dem Objekt, dass dieser Arbeit zu Grunde gelegen hat, auszugehen.

Wir haben gesehen, dass die Medianebene des Embryo von *Rana fusca* nicht erst, wie bisher angenommen, von dem Auftreten des Urmundes an für die ganze weitere Entwicklung morphologisch bestimmt ist, sondern dass dies bereits von der Zeit kurz vor Auftreten der ersten Theilung an bei äusserer Betrachtung des Eies und bei Untersuchung an Durchschnitten möglich ist. Wir sehen auch mit Roux, dass eine ganz bestimmte Beziehung zwischen Sameneintrittsstelle, erster Theilungsebene und Medianebene in der Regel besteht. Wir erfahren aber auch, dass ohne irgend welche Störungen in der Entwicklung diese bestimmte Beziehung abgeändert wird. Daraus ergibt sich, dass hier noch keine fest normirten, die ganze Organisation zwingend beeinflussenden Entscheidungen getroffen werden. Nehmen wir zu diesen Beobachtungen hinzu, dass es gelegent-

1) Ich muss mich bei der Gelegenheit ernstlich gegen den von Roux mir, wie andern, gemachten Vorwurf verwahren, dass ich dem Experiment jeden Werth abspreche. Solch thörichte Behauptung habe ich niemals ausgesprochen. Ueberschätzung des Experimentes bei gleichzeitiger Vernachlässigung morphologischer Arbeit sowie Verwerthung von Befunden an manchen Missbildungen zu Schlüssen auf normales Geschehen — dafür habe ich allerdings keinen Sinn.

lich selbst zur Zeit der Furchung an später ganz normale Embryonen liefernden Eiern kaum oder gar nicht gelingen will, die beschriebene bilaterale Symmetrie aufzufinden; so werden wir auf Grund des reichlichen Beobachtungsmaterials für *Rana fusca* sagen: In der bilateral-symmetrischen Anordnung des Eimateriales haben wir es in diesem Falle mit einer anfangs sehr labilen Struktur zu thun, die bis zur Zeit der Gastrulation ganz allmählich den definitiven, festen Ausdruck findet. Das ist der Eindruck dessen, was wir sehen.

Diese Auffassung wird nun auch durch die vergleichende Betrachtung gestützt und verallgemeinert.

Unter den Turbellarien besitzt das Ei von *Discocelis tigrina* nach A. Lang¹⁾, auf dessen Angaben ich nochmals eingehen, einen Sinnespol (aboraler Pol), an dem die ersten Ektodermzellen entstehen. Ihm gegenüber liegt der Pol, an dem sich der Blastoporus bildet und an dem die ersten Entodermzellen sich finden. Die beiden Pole werden durch die Hauptaxe verbunden.

Die erste Furche enthält diese Axe und theilt das Ei in eine grössere und kleinere Zelle. Jede von beiden theilt sich in zwei wiederum ungleich grosse Blastomeren, und es erfolgt eine auch von Molluskeneiern bekannte Umlagerung derart, dass die beiden kleinsten Zellen sich mit den beiden grossen über Kreuz lagern, wobei die beiden kleineren über die grösseren zu liegen kommen. Sie bezeichnen den aboralen, die grösseren den oralen Pol.

Auf dem Vierzellenstadium entspricht nun die grössere der beiden grossen Blastomeren dem Hinterende, die kleinere dem Vorderende, und die beiden kleinsten entsprechen den Seiten des zukünftigen Embryo. Die bilaterale Symmetrie wird also zu Beginn der Furchung sichtbar.

Whitman²⁾ zeigte schon 1878, dass zu Beginn der Furchung von *Clepsine* die bilaterale Symmetrie auftritt. Die beiden ersten Furchen laufen meridional über

1) A. Lang, Die Polycladen des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meeresabschnitte. XI. Monogr. der Fauna und Flora des Golfes von Neapel. Leipzig 1884.

2) Whitmann, Ch. O., The embryology of *Clepsine* Quart. Journ. of micr. Science Vol. 18. 1878.

das Ei und stehen vertikal zueinander. Es wird jedoch eine der 4 Zellen und zwar die nach dem hinteren Ende hin gelegene grösser als die anderen. Die Symmetrieebene der Blastula bildet mit den beiden ersten Furchen Winkel von je 45° . Sie wird zur Medianebene des Wurmes.

Grobbe¹⁾ hat schon im Jahre 1879 gezeigt, dass das Ei von *Moina rectirostris* schon zur Zeit der Furchung deutlich die spätere bilaterale Symmetrie erkennen lässt.

Bei Insekten geht die bilaterale Symmetrie sogar auf das unbefruchtete Ei zurück.

Nach Blochmann²⁾ haben nämlich die Eier von *Blatta* einen stumpfen, dem Hinterende und einen spitzen, dem Vorderende des Embryo entsprechenden Pol. Auch ist die gewölbte Dorsalseite von der flachen Unterseite zu unterscheiden. Der Keimstreif entsteht stets an der im Cocon nach innen gerichteten Unterseite. Auch die Anordnung des Dotters lässt die bilaterale Symmetrie deutlich erkennen.

Schon 1876 wies Rabl³⁾ die bilaterale Symmetrie der Blastula bei Unioniden nach. Dass die Symmetrieebene der späteren Medianebene entspricht, ist zwar sehr wahrscheinlich, geht aber aus der Beschreibung nicht sicher hervor. Kurz vor der Gastrulation, sobald sich an der späteren Urmundstelle die zwei Urmesodermzellen zeigen, ist hier, wie bei anderen Molluskeneiern, die bilaterale Symmetrie in ihrer Uebereinstimmung mit der Medianebene der Embryo zweifellos.

Für die Cephalopoden hat Vialleton⁴⁾ den Nachweis geliefert, dass die Furchungskugeln sich bis in späte Furchungsstadien symmetrisch zur ersten Theilungsebene gruppieren. Für spätere Stadien steht der Nachweis noch aus.

Wie in dem Ei von *Blatta* und *Musca*⁵⁾ ist auch bei

1) Die Entwicklungsgeschichte der *Moina rectirostris*. Wien 1879.

2) Ueber die Richtungskörper bei Insekteneiern. *Morph. Jahrb.* Bd. 12. 1887.

3) Ueber die Entwicklungsgeschichte der Malermuschel. *Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss.* Bd. X. 1876.

4) *Recherches sur les premières phases du développement de la seiche.* *Annales des sc. nat.* T. VI. 1888.

5) *Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der wirbellosen Thiere* von Korschelt und Heider S. 763. 1893.

Loligo nach Watasé bereits im unbefruchteten Ei die bilaterale Struktur, soviel wir sehen, durch die äussere Form des Eies und die Lage der Keimscheibe vorgebildet¹⁾. Einer abgeplatteten Seite des ovalen Eies liegt eine stärker gewölbte Seite gegenüber. Erstere entspricht dem Hinterende, diese dem Vorderende des Embryo, während der spitze Pol des Eies mit der Keimscheibe die dorsale Fläche, der gegenüberliegende stumpfe Pol die ventrale Fläche kennzeichnet. An der Vorderseite des Eies reicht die Keimscheibe weiter herunter, als an der Hinterseite.

Für die Ascidien wurde bereits oben der Nachweis der bilateralen Symmetrie der Furchung nach Van Beneden und Julin sowie nach Seeliger und der Uebereinstimmung von erster Theilungsebene mit der Medianebene gedacht.

Nach E. B. Wilson²⁾ ist auch bei Amphioxus meist, wie bei den Ascidien, die Furchung, bilateral-symmetrisch zur ersten Furchungsebene.

Diesen zahlreichen Fällen reihen sich entsprechende Beobachtungen bei Wirbelthieren an.

H. V. Wilson³⁾ beschreibt deutliche doppelseitige Symmetrie an den Eiern des Knochenfisches *Serranus atrarius*, erwähnt jedoch nichts bezüglich der Frage des Zusammenfallens der Symmetrieebene mit der Medianebene.

Bei *Torpedo* beschreibt Sobotta⁴⁾ eine deutliche bilaterale Symmetrie während der Furchung. Er hält es für möglich, dass der langsamer gefurchte Theil dem vorderen Ende des Embryo entspricht.

Bei *Amia* macht die erste Furche verschiedene Winkel mit der Embryonalanlage nach Whitman und Eycleshymer⁵⁾, und fehlt sonach noch eine constante Beziehung.

1) Lehrbuch von Korschelt und Heider S. 1098. Das Original ist mir nicht zur Hand.

2) Anatomischer Anzeiger S. 736. 1892.

3) The embryology of the Sea Bass, *Serranus atrarius*. Bull. of the U. S. Fish Commission Vol. IV. Washington 1891.

4) Die Furchung des Wirbelthiereies. Ergebnisse von Merkel und Bonnet S. 562. 1897.

5) The eggs of *Amia* and its cleavage. Boston 1896.

A. Agassiz und C. O. Whitman¹⁾ fanden an den sich furchenden Eiern von *Ctenolabrus adpersus* Wall. eine deutliche bilateral zur 1. Furche angeordnete Symmetrie.

Auf Grund seiner Untersuchungen der Furchungsvorgänge bei *Triton cristatus* kommt V. von Ebner²⁾ zu dem Schluss, dass von einer constanten bilateralen Symmetrie des sich furchenden Eies nicht die Rede sein kann und dass demgemäss die Medianebene erst später erkennbar wird. „Sehr gewöhnliche“, von von Ebner beobachtete Typen der Furchung führten den Autor jedoch dahin, bilaterale Furchungsschemata auch für das Tritonenei aufzustellen und sich weiterhin in Uebereinstimmung mit O. Hertwig dahin zu äussern, dass „wahrscheinlich“ die erste Furche vorn und hinten, die zweite rechts und links scheidet.

E. O. Jordan³⁾ findet bei der amerikanischen Urodelenart *Diemyctylus viridescens*, dass die erste Furche in der Regel quer zur Medianebene des Embryo gelagert ist, doch kommen Abweichungen bis zu 50° vor.

Vay⁴⁾ benutzte unter meiner Leitung die sich darbietende Gelegenheit gefurchte Keimscheiben von *Tropidonotus natrix* zu untersuchen. Sie liessen eine deutliche bilaterale Symmetrie erkennen, indem eine Stelle der Keimscheibenrandes im Vergleich mit der diametral gegenüberliegenden sehr kleine Zellen zeigte. Der Autor sprach daher die Vermuthung aus, dass, wie beim Vogelei, derjenige Punkt des Randes der Keimscheibe, welcher die kleinsten Zellen führte, dem Hinterende des Embryo bez. der Urmundanlage entspreche.

Kölliker hat bekanntlich schon vor langer Zeit in seiner Entwicklungsgeschichte beschrieben und abgebildet, dass die Furchung des Hühnereies derart „excentrisch“ ist, dass an einer Seite der Keimscheibe kleine Zellen, gegenüber grosse liegen, und

1) Proceedings of the americ. Assoc. of Sciences Vol. XII. New-Series 1885.

2) Die äussere Furchung des Tritoneneies und ihre Beziehungen zu den Hauptrichtungen des Embryo. Jena 1893.

3) The habits and developpement of the newt. Inaug.-Dissert. Boston 1893.

4) Zur Segmentation von *Tropidonotus natrix*. Anatom. Hefte Bd. II. 1893.

er nahm an, dass der sich schneller furchende Theil zum hinteren Ende würde. D u v a l¹⁾ wies dann die Richtigkeit der K ö l l i k e r ' s c h e n Vermutung nach, indem er zugleich zeigte, dass vom Beginn der Furchung an zu erkennen ist, wo das hintere Ende des Embryo liegen wird.

Zusammenfassung.

1. An dem Ei von *Rana fusca* ist von der Zeit kurz vor dem Auftreten der 1. Furche an in der Regel, sowohl bei äusserer Betrachtung als bei Schnittuntersuchung, ein bilateral-symmetrischer Bau nachzuweisen. Die Symmetrieebene ist die Medianebene des Frosches. Ob die bilaterale Symmetrie schon vor der Befruchtung besteht, ist unbekannt, aber nicht unmöglich.
2. Die Sameneintrittsstelle liegt in dem Ei von *Rana fusca* in der Regel diametral gegenüber der Anlagestelle des Urmundes, und die Pigmentstrasse verläuft in oder ungefähr in der Symmetrieebene. Doch kommen bei sonst normaler Entwicklung mancherlei Abweichungen von der Regel vor. Niemand weiss, ob eine unbekannte Struktur des Eies von *Rana fusca* dem Spermatozoon einen in der Regel von diesem gewählten aber nicht unbedingt für normale Weiterentwicklung erforderlichen Weg vorschreibt.
3. Die Behauptung, dass die Symmetrieebene der Bilaterien durch ein Spermatozoon geschaffen wurde, ist ganz unbewiesen.
4. Die Symmetrieebene wird zu verschiedenen Zeiten der ersten Entwicklung erkennbar. Sie kann — nach unseren heutigen Kenntnissen — schon im unbefruchteten Ei liegen oder erst vor der Furchung oder während der Furchung oder endlich erst mit dem Auftreten des Urmundes (Primitivstreifens) sichtbar werden.
5. Das in manchen Fällen thatsächliche Vorkommen des Zusammenfallens von erster Theilungsebene und Medianebene hat keinerlei Anspruch auf die Bezeichnung eines allgemeinen Entwicklungsgesetzes.

1) De la formation du blastoderme dans l'oeuf de l'oiseau. 1884.
Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 55

6. Die Furchung des Eies der Bilaterien besteht in sehr zahlreichen Fällen nicht in einer Zerlegung des Eies in einen Zellenhaufen von regelloser Anordnung, sondern von ganz bestimmter, bereits zur Medianebene des werdenden Geschöpfes symmetrischer Gruppierung der Zellen.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XI und XII.

Tafel XI.

Eier von *Rana fusca* während der Furchung nach Conservirung in 2%iger Formalinlösung von 75° C. *h* = Hinten, *v* = Vorn, *r* = Rechts, *l* = Links.

- Fig. 1. Ei in der Ansicht von vorn, nachdem die erste Furche das Ei bis zum Aequator getheilt hat.
- Fig. 2. Dasselbe Ei in der Ansicht von hinten. Der höchste Punkt des hellen Feldes entspricht der Anlagestelle des Urmundes.
- Fig. 3. Ei mit vollendeter erster Furche. Diese hat das Ei abnormer Weise quer zur Symmetrieebene getheilt und verlief in der Richtung der normalen zweiten Furche. Das helle Feld war hier ursprünglich sehr klein und ist noch ziemlich scharf gegen das Grau der in dem Bild nach oben gelegenen Zelle abgegrenzt.
- Fig. 4. Ei mit normaler Achttheilung in der Ansicht von unten. Die erste Furche (*II I*) theilt das helle Feld symmetrisch, die zweite (*II II*) dagegen nicht, sodass der Schnittpunkt der beiden Furchen excentrisch im hellen Felde liegt. Die caudale Seite mit der Anlagestelle des Urmundes liegt nach dem oberen Tafelrande hin.
- Fig. 5. Dasselbe Ei in der Ansicht von vorn.
- Fig. 6. Dasselbe Ei in der Ansicht von hinten.
- Fig. 7. Ei in Achttheilung in der Ansicht von hinten. Hier waren, wie das häufiger der Fall ist, die beiden oberen hinteren Zellen etwas kleiner, als die beiden oberen vorderen, sodass an dem Rande der ersteren ein Saum der letzteren sichtbar wird.
- Fig. 8. Dasselbe Ei in der Ansicht von der rechten Seite. Hinten liegt im Bilde links, Vorn liegt rechts.
- Fig. 9. Morula in der Ansicht von vorn.
- Fig. 10. Dasselbe Ei in der Ansicht von hinten.

Fig. 11. Morula in der Ansicht von unten.

Fig. 12. Blastula in der Ansicht von unten.

In beiden Fällen steht die Symmetrieebene vertical zum langen Tafelrand und liegt die caudale Seite nach dem oberen Tafelrand hin.

Tafel XII.

Durchschnitte von Eiern nach Conservirung in heisser Formolösung.

Fig. 1. Sagittalschnitt des Eies kurz vor dem Auftreten der ersten Furche. Von der stark pigmentirten Rindenschicht der vorderen Eiseite geht diametral gegenüber der späteren Urmundanlagestelle in der Richtung der Medianebene die von dem Spermatozoon herrührende Pigmentstrasse.

Fig. 2. Dasselbe Stadium im Frontalschnitt durch die vordere Eihälfte. Die Spermatozoonbahn ungefähr in der Richtung der Medianebene.

Fig. 3. Sagittalschnitt wie Abb. 1, doch kurz nach erstem Auftreten der ersten Furche. Spermatozoonbahn in der sagittalen Ebene. Links oben sind einige Falten des Faltenkranzes der ersten Furche quer getroffen.

Fig. 4. Ei desselben Stadiums wie Abb. 3. Frontalschnitt durch das Centrum des Eies. Symmetrische Vertheilung des Pigmentes. Die Pigmentstrasse ist nicht getroffen.

Fig. 5. Sagittalschnitt der Morula. Bei *sp* ein Rest der Pigmentstrasse.

Fig. 6. Sagittalschnitt der Blastula. Pigmentansammlung in der Gegend der Sameneintrittsstelle (vgl. Abb. 1 und 3).

Fig. 7. Sagittalschnitt des Eies vom Ende der Furchung mit bereits aufgetretener erster Spur der Urmundanlage (*U*). Die Stelle der Wand der Furchungshöhle, welche der Sameneintrittsstelle entspricht, ist dicker als die gegenüberliegende. Die stärkere Pigmentirung an der ursprünglichen Sameneintrittsstelle ist noch schwach erkennbar.

Fig. 8. Frontalschnitt des Stadiums der Abb. 7. Das Dach der Höhle ist von gleichmässiger Dicke und symmetrisch pigmentirt.
