Berichtigungen zu O. Schultze's jüngstem Aufsatz über die Bedeutung der Schwerkraft für die Entwicklung des thierischen Embryo und Anderes ¹⁾.

Von

W. Roux.

Der Autor versucht zunächst meine in Band IX pag. 479—499 dieses Archivs gegebene Widerlegung seiner theoretischen Auffassungen über die Wirkung der Schwerkraft zurückzuweisen.

Er giebt daher im ersten Theil seiner Abhandlung eine zusammenhängende und zwar klar verständliche Darlegung seiner Auffassung, aus der jetzt jeder Leser sich selber ein Urtheil bilden kann. Unsere Hauptdifferenz beruht danach aber noch ganz wie bisher darauf, dass SCHULTZE schließt: weil abnorme Wirkungen der Schwerkraft schädlich für die Entwicklung sein können, sind die normalen Wirkungen der Schwerkraft zur normalen Entwicklung nöthig; während ich schließe, dass bloß die Fernhaltung der abnormen Wirkungen der Schwerkraft nöthig ist. Darüber brauchen wir kein Wort mehr zu verlieren. Ebenso sehe ich von allerhand kleinen Unrichtigkeiten ab, wie sie bei Polemiken leicht sich einzustellen pflegen, um hier bloß einige Punkte, auf die ich mehr Werth lege, zu behandeln.

Die typische Anordnung der Dottermassen im Eierstockse bleibt nicht, wie SCHULTZE (pag. 311) angiebt, trotz der Umordnungstendenz der Schwerkraft ganz erhalten; sondern ich habe an schwimmend gemachten Eiern von *Rana fusca* beobachtet, dass die unbefruchteten Eier sich mit ihrer Eiachse in verschiedener Weise schief einstellen, und dass erst nach der Besamung die typische senkrechte Einstellung sich herstellt, was also auf vorher bestehende Abweichung der Dottermassen von der »typischen Anordnung« hinweist.

¹⁾ Archiv f. mikr. Anat. Bd. 56. pag. 309—334.

Auf pag. 313 sagt SCHULTZE: »Es würde keine Frösche mehr geben, wenn nicht die Eier drehbar in der Hülle wären, denn die abnorm angreifende Schwerkraft würde schonungslos die vorgebildete Anordnung der Eisubstanzen zerstören.« Das ist nicht zutreffend, denn erstens würden manche Eier zufällig mit den Eiachsen senkrecht stehen, und außerdem aber wissen wir, dass zwangsweise Schiefstellung von z. B. 40° gar nichts schadet.

Anzuerkennen ist, dass SCHULTZE jetzt Eier, die in so starkem Zwang gehalten sind, dass sie sich erst im Laufe von 11—14 Stunden nach der Umkehrung wieder ganz aufwärts drehen konnten, als in unvollkommener Zwangslage befindlich bezeichnet, während er vorher, um meine bezüglichlichen Angaben als unrichtig zu markiren, diese hochgradige Fixation stets »keine Zwangslage« nannte.

Von einer »Aufhebung der Wirkung der Schwerkraft« durch meine Rotationsversuche, wie O. SCHULTZE mir pag. 322 zuschreibt, habe ich natürlich nie gesprochen. Man wird oft »Aufhebung der richtenden Wirkung der Schwerkraft« erwähnt finden; und wenn, wie mir aber nicht bekannt ist, einmal dies Beiwort fehlen sollte, so wird aus dem Zusammenhang unfehlbar klar, dass nur die richtende, ordnende Wirkung als aufgehoben gemeint ist.

SCHULTZE theilt jetzt, meinen Bericht über seine Ansichten ergänzend, mit, dass er sich 1897 in Gent dahin ausgesprochen hat: »dass er von einer anderen als (NB. gleich mir von) der richtenden Wirkung der Schwerkraft nicht gesprochen hat«. Es wäre zu empfehlen gewesen, dass er dies Wesentliche auch in seiner ausführlichen Abhandlung erwähnt hätte; denn nach seinen Vorstellungen von der absoluten Nothwendigkeit der Schwerkraft zur Entwicklung konnte man wohl allerhand Räthselhaftes vermuthen. Dass mein, wie er sagt, »schlechter« Rotationsapparat geschlottert hat, ist bei diesem Versuche gerade ein Vorzug vor seinem ruhiggehenden »Klinostaten«. Denn wenn, nach SCHULTZE's Annahme, bei den Umdrehungen des ersteren Apparates wirklich »die Eiachsen gleichsam durch einander kollerten«, so verhinderte das die von ihm bemängelte Einstellung der Eiachsen in die Rotationsebene, welche übrigens für unsere Zwecke ohne Belang wäre.

SCHULTZE kommt meiner Auffassung einen Schritt entgegen, indem er zugiebt, dass »permanente Normaleinstellung« (und NB. zwar stundenlang) nicht nöthig ist.

Auch schließt er sich jetzt, aber mit anderen Worten (pag. 324), meiner Auffassung an, dass bei meinen Rotationsversuchen wegen der

in jedem Moment wechselnden Richtung die Schwerkraft nicht Zeit hat, die verschieden schweren Dottertheile umzuordnen. Das war die Grundlage meiner im Jahre 1894 angestellten Versuche und ihrer Verwerthung.

Ferner nähert sich seine Zusammenfassung ein wesentliches Stück meiner wohl genügend bekannten Auffassung, indem er sagt (pag. 326):

»Die in der Richtung der Eiachse wirkende, die normale Struktur des befruchteten Eies ‚allein‘ sicher erhaltende Schwerkraft ist so lange für das Ei entbehrlich, als die in Folge ihrer Ausschaltung eintretende abnorme Schwerkraftwirkung keine Zeit gewinnt, die normale Anordnung der Substanzen von verschiedenem specifischen Gewicht zu zerstören.«

In diesem Satze habe ich diejenigen Stellen, welche ich noch nicht für richtig halte, gesperrt drucken lassen. Denn die in der Richtung der Eiachse wirkende Schwerkraft ist nicht die »die normale Struktur des befruchteten Eies allein sicher erhaltende Kraft«, sondern, sofern störende Einwirkungen nicht stattfinden, erhält sich diese Struktur des Froscheies von selber, schon nach dem Gesetz der Trägheit. Und da sie sich auch bei geringen störenden Einwirkungen wie Schiefstellungen von wenigen Graden, Wackeln der Eier und bei meiner Rotation mit je einer Umdrehung in etwa 2 Minuten erhält, so müssen auch noch die Anordnung direkt erhaltende Ursachen im Eie selber vorhanden sein und zur Wirkung gelangen.

Bei stark schief geneigter Zwangslage aber reichen, wie BORN's Untersuchungen¹⁾ erkennen lassen, diese die Anordnung erhaltenden Kräfte gegenüber den umordnenden Wirkungen der Schwerkraft nicht mehr aus; ebenso bei den später von SCHULTZE angewandten, überaus langsamen Umdrehungen; denn die Eier verfärbten sich dabei grau (ein Beweis, dass die hellen und dunklen Dottersubstanzen gänzlich durch einander kamen) und die Eier starben ab.

Obschon ferner die Eier von *Rana esculenta* sich mit ihrer Eiachse nicht senkrecht, sondern etwa 40° schief zur Richtung der Schwerkraft einstellen, formulirt SCHULTZE doch (pag. 326) den folgenden, diesem Verhalten direkt widersprechenden Satz:

»Es hat noch Niemand etwas vorgebracht gegen meine Beweis-

¹⁾ BORN, G., Über den Einfluss der Schwere auf das Froschei. Archiv f. mikr. Anat. Bd. 24. 1885.

führung, dass für die normale Entwicklung überall da, wo sich unter Einfluss der Schwerkraft Froscheier entwickeln, die Schwerkraft mit der Eiachse einen Winkel von 0° bilden muss, weil unter allen anderen Winkelstellungen zwischen 0° und 180° Missbildungen, der Größe des Winkels proportional, entstehen bezw. der Tod eintritt, oder dass, mit anderen Worten, der normale Schwerkrafteinfluss für das Ei nöthig ist. Sollte es aber Jemand unternehmen, so sehe er sich vor, dass er nicht gleichzeitig das fundamentale Princip experimenteller Forschung überhaupt verlache.«

Von dieser somit ganz irrthümlichen Ausführung interessirt uns hier nur noch das Wort »normale« Entwicklung. SCHULTZE betritt dadurch mit einem Fuße schon die Brücke, die ich ihm in meiner vorigen Schrift am Schlusse gebaut habe, indem ich (pag. 433) darauf hinwies, dass er nun vielleicht meine bisher von ihm ignorirte Unterscheidung einer typischen oder normalen und einer atypischen oder regulatorischen Entwicklung acceptiren und sagen werde: nur bei normaler Schwerkraftwirkung finde die normale Entwicklung statt, anderenfalls regulatorische Entwicklung. So spricht er an anderer Stelle auch bereits einmal von der regulatorischen Entwicklung.

Aber der Satz bleibt doch selbst auch in dieser Beziehung unzutreffend; denn trotz der fehlenden normalen Schwerkraftwirkung entwickelten sich meine rotirenden Eier auf normalem Wege; es war nichts Abnormes während des Verlaufs der Entwicklung zu bemerken, sie fürchten sich auch ganz normal (Ges. Abh. II. pag. 269).

Auch entstehen in Folge abnormer Schiefstellung der Eiachse geringen Grades nicht nothwendig Missbildungen, wie SCHULTZE behauptet. Man sieht sogar direkt, dass die gestörte Anordnung unter der von mir beobachteten nachträglichen, symmetrisch zur ersten Furche erfolgenden Umordnung des Pigments der Eirinde wieder hergestellt wird (Ges. Abh. II. pag. 328). Das ist regulatorische Entwicklung, aber keine Missbildung.

Ferner berichtet SCHULTZE, ich hätte nach meiner Angabe schon 10 Jahre vor ihm versucht, durch Umkehrung von Froscheiern nach der ersten Furchung »Doppelbildungen zu erzielen«.

Das habe ich ebenso wenig »zu erzielen« versucht, wie O. SCHULTZE es gethan hat. Denn dass bei Umkehrung der Eier Doppelbildungen entstehen würden (oder dass nach SCHULTZE's damaliger Vorstellung von der Ursache der Doppelbildungen: sich dabei der Schwerpunkt theilen werde), vermoehte Niemand zu ahnen.

Ich hatte aber 10 Jahre vor SCHULTZE in PFLÜGER's Zwangslage gehaltene Eier nach der ersten Furchung umgedreht, bloß um zu sehen, was daraus werde, aber nichts besonders Bemerkenswerthes danach erhalten. SCHULTZE hat später die Umkehrung der Eier gleichfalls in dieser Phase vorgenommen, ohne von meinem Versuch etwas zu wissen; er fixirte die Eier jedoch durch Pressung zwischen wagrechte Platten und erhielt danach das überraschende Ergebnis.

Nach seinem Bericht in Straßburg machte ich SCHULTZE's Versuch nach, also natürlich mit Plattenpressung, wie ich Ges. Abh. II. pag. 936 und in meiner letzten Abhandlung (dieses Archiv. Bd. IX. pag. 484) genügend deutlich angegeben habe; daneben zum Vergleich wurden auch wieder, aber nicht allein, wie SCHULTZE berichtet, in PFLÜGER's Zwangslage gehaltene Eier umgedreht. In meiner Abhandlung über die Entwicklung isolirter erster Blastomeren (dieses Archiv. Bd. I. pag. 598) findet sich aber in der That eine Angabe, welche so gefasst ist, dass sie den Leser zu dieser Annahme veranlassen konnte oder musste; und diese Stelle hatte SCHULTZE wohl noch in der Erinnerung. Ich hätte dort der Mittheilung: »In Folge des Berichts SCHULTZE's wiederholte ich diesen früheren Versuch (NB. der Umkehrung der Eier in PFLÜGER's Zwangslage) im Juni 1894 an 45 Eiern« — die Worte: »nun aber natürlich nach SCHULTZE mit Zwang durch Plattenpressung« hinzufügen müssen. Ich habe damals (1894) mit großer Erwartung die Doppelplatten mit den zwischen ihnen liegenden platt gepressten Eiern von oben und unten beobachtet, letzteres indem ich sie, um die Umdrehung zu vermeiden, über den Kopf hielt. Da aber keine Doppelbildungen, sondern nur Halbbildungen und ganz todte Eier entstanden und da ich in der verspäteten Zeit der Laichperiode eine genügende Ursache für das abweichende Resultat erkannte, so begnügte ich mich mit dem kurzen, auf pag. 936 des zweiten Bandes meiner gesammelten Abhandlungen gegebenen Bericht über diesen Versuch.

Was die von SCHULTZE beregte Art der Polemik angeht, so darf ich wohl darauf hinweisen, dass ich, von einem einzigen Male, wo ich direkt einen thatsächlichen Irrthum sogleich bewiesen habe (s. u. pag. 254 Nr. 3), abgesehen, nie thatsächliche Angaben eines Autors als solche in Zweifel gezogen habe, sondern dass ich nur die Umstände, unter denen sie gewonnen worden sind, sowie die den Thatsachen gegebenen Deutungen oder die aus ihnen abgeleiteten Folgerungen bemängelt habe. Auch verschweige ich meinen Lesern nie die guten Argumente des Gegners.

O. SCHULTZE dagegen sowie O. HERTWIG, auf den er sich zu stützen sucht, vermochten sich in ihrer Polemik mit mir sehr oft nicht anders als mit der stereotypen Wendung zu helfen: diese Thatsache ROUX's existirt nicht, oder dadurch, dass sie ihren Lesern diejenigen Thatsachen und Argumente, die sie nicht widerlegen konnten, ganz verschwiegen. Beides habe ich ihnen schon oft vorzuhalten Veranlassung gehabt.

Wirklich falsche thatsächliche Angaben werden aber nur sehr selten als die Ursache von wissenschaftlichen Differenzen ermittelt; meist handelt es sich nur um die von mir erwähnten Irrthümer. Die genannten Autoren und manche Andere unterscheiden bei der leichtfertigen Zurückweisung thatsächlicher Angaben nicht einmal zwischen solchen Thatsachen, die, sofern sie bestehen, leicht und sicher zu beobachten sind, wie z. B. die früher von O. HERTWIG verneinte Existenz der Hemiembryonen des Frosches oder die von O. SCHULTZE bisher abgewiesene Rückenlage von Froschembryonen, Thatsachen, deren unrichtige Angabe auf grösster Leichtfertigkeit beruhen müsste, so dass die Verneinung einer derartigen Angabe überhaupt nur nach vollkommen sicherem Nachweis ihrer Unrichtigkeit geschehen dürfte.

Außer solchen giebt es aber viele andere Thatsachen, welche an sich sehr schwer zu beobachten sind, da ihre sie von bezüglichen anderen Thatsachen unterscheidenden Merkmale sehr feine oder auch fluktuirende und an der Grenze der Leistungsfähigkeit der angewandten Methode liegende sind, so dass man in Bezug auf sie ohne beleidigende Wirkung mit der Möglichkeit eines Irrthums des Gegners rechnen darf.

Wenn ferner eine Thatsache in neue Beziehungen gerückt wird oder eine andere Ableitung erfährt, dann kommen plötzlich sekundäre oder tertiäre feine Charaktere zur Geltung, die früher vielleicht als unwesentlich nicht oder nicht genügend beachtet und geprüft worden sind. Der Autor, der diese neue Auffassung vertritt, hat dann aber alle diese unterscheidenden Merkmale genau darzulegen, muss berichten, dass er sie in natura geprüft und die seine Auffassung beweisenden Merkmale vollständig vorgefunden hat.

Das hätte O. SCHULTZE thun müssen, wenn er beweisen wollte, dass die von ihm früher verneinte und nun endlich gesehene Lagerung des Froschembryo mit dem Rücken nach unten nicht, wie ich abgeleitet habe, durch Überwachsung, durch Epibolie der unteren Eihälfte, sondern durch Drehung des ganzen Eies hervorgebracht wird.

Aber auch hier fehlt wieder das Wesentliche, fehlt dieses Hauptkapitel in seiner Arbeit, es ist bloß durch ein Paar unzureichende Bemerkungen vertreten. Zudem beweist die von SCHULTZE als Hauptargument erwähnte weiße Beschaffenheit des Dotterpfropfes (pag. 330) an sich gar nichts gegen die Wanderung des Urmundes um 170° , denn der Dotter ändert seine manchmal graue Farbe auch sonst nicht selten lokal, sowohl vor wie während der Gastrulation; und das Übersiehen derartiger Änderung der Pigmentvertheilung auf früherer Stufe war die Ursache der irrthümlichen Behauptung SCHULTZE's, bei *Rana fusca* stände die Eiachse 45° schief¹⁾.

Auch habe ich bereits bei der Verwerfung der oberflächlichen Pigmentfleckemarken O. SCHULTZE's mitgetheilt, dass die Pigmentvertheilung in der Eioberfläche sehr veränderlich ist, dass Pigmentanhäufung und Pigmentschwund an umschriebenen Stellen der Blastula zur Beobachtung kommt²⁾. Und an den einzelnen Zellen habe ich das Gleiche dargethan³⁾.

Zudem ist die Hauptsache zu berücksichtigen, dass ich meine Auffassung noch durch Anstichversuche gestützt habe und dass

¹⁾ Etwa um die Mitte der achtziger Jahre hatte ich Eier von *Rana fusca*, welche auf der Unterseite statt weiß dunkelgrau waren, gleichwohl aber später, sofern ich mich noch recht erinnere, in dem ringförmigen Urmund einen hellen Dotterpfropf darboten.

Ferner kommen bei dieser Species nicht selten Eier vor, deren weißer Pol oder sogen. weiße Hemisphäre sehr klein ist, etwa nur 50° umfasst, so dass die stets ein wenig unter dem Eiäquator (nicht aber, wie SCHULTZE sagt, immer am Pigmentrande, also an der ursprünglichen Grenze von schwarzem und weißem Pol) erfolgende erste Anlage des Urmundes ganz im Bereiche der ursprünglichen schwarzen Hemisphäre stattfindet. Daher müsste der Urmund sehr schwer zu sehen sein. Gleichwohl findet man ihn nach der Umkehrung einer Schale, so viel ich mich erinnere, leicht an allen Eiern, weil unmittelbar unterhalb der stets schwarzen dorsalen Urmundslippe die anstoßenden Dotterzellen eine Aufhellung erfahren haben.

Diese Verhältnisse müssen nunmehr aufs Neue geprüft werden, einmal weil ich sie früher nicht beschrieben und jetzt nur aus ziemlich entfernter Erinnerung vorgeführt habe, anderen Theils aber, weil sie durch die obige Behauptung O. SCHULTZE's über die Entstehung der Rückenlage des Froschembryo von Bedeutung geworden sind, ohne dass dieser Autor daraus Veranlassung genommen hätte, sein Hauptargument für die Drehung des Eies: die weiße Farbe des Dotterpfropfes selber auf seine Stichhaltigkeit zu prüfen, bevor er auf Grund desselben ein apodiktisches Urtheil abgab.

²⁾ Biol. Centralbl. VIII. 1888. pag. 408. Anat. Anzeiger. III. 1888. pag. 701 Ges. Abh. II. pag. 530.

³⁾ ROUX, W., Selbstordnung der Furchungszellen. Dieses Archiv. 1896. Bd. III. pag. 404.

diese Versuche sowie die aus ihnen gezogenen Folgerungen im vorigen Jahre von BERTACHINI¹⁾ durchweg bestätigt worden sind, derart, dass nach diesem Autor die Epibolie sich sogar noch etwas weiter ausdehnt, als ich es angegeben habe. Zugleich ist auf die bezüglichlichen Experimente BARFURTH's an Siredon zu verweisen²⁾.

Es war ein sehr unglücklicher Zufall, dass SCHULTZE, wie er jetzt sagt: von seinen »zahllosen« Versuchen mit Zwangslage normal gestellter Eier nur einen einzigen Versuch, und zwar gerade den vom 24. März (1897), also von einer Zeit der Verzögerung der Laichung, mittheilte, in der nach meinen Erfahrungen Stehenbleiben auf der Gastrulationsstufe zu den gewöhnlichsten Erscheinungen auch ohne Zwangslage gehört. Da er aber »zahllose« Versuche der Art gemacht hat, und da er außerdem normal, also ohne Zwang, gehaltene Kontrolleier daneben gehalten hat, die, wie er zwar nicht direkt sagt, aber doch dadurch suggerirt, dass sonst der Versuch für ihn werthlos wäre, sich (NB. trotz der vorgeschrittenen Zeit!) normal entwickelten, und da er auch Kontrolleier in Zwang hielt, welche nicht wie die anderen behufs Prüfung der Vollkommenheit der Zwangslage umgekehrt worden wären, welche sich aber ebenso entwickelten wie die probeweise 11—14 Stunden umgekehrten Eier, so entfallen die bezüglichlichen Einwendungen. Dessgleichen entfällt daher mein, übrigens zu seinen Gunsten, nämlich um seine thatsächlichen Angaben nicht bezweifeln zu müssen, gemachter Erklärungsversuch, dass erst durch diese 11—14stündige Umkehr die paradoxe Drehung der Eier statt aufwärts nach abwärts veranlasst worden sei.

Wenn SCHULTZE alle die wesentlichen Umstände, die zur Beurtheilung jedes dieser Versuche gehörten, im Zusammenhange und vollständig mitgetheilt hätte, hätte ich mir die Mühe dieser Deutungen sparen und sogleich die nachstehend folgende Deutung seiner bezüglichlichen Versuche geben können.

Da durch meine früheren Rotationsversuche zur Genüge bewiesen ist, dass die normale richtende Wirkung der Schwerkraft zur Entwicklung der Froscheier nicht nöthig ist, so leite ich seinen Befund, dass seine in normaler Stellung aufgesetzten und durch entsprechende

¹⁾ BERTACHINI, P., Morfogenesi e Teratogenesi negli Anfibi anuri. II^a Serie: Blastoporo e organi assili dorsali dell'embrione. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Phys. 1899. Bd. 16. Heft 11/12.

²⁾ BARFURTH, D., Über die organbildenden Keimbezirke und künstlichen Missbildungen des Amphibieneies. Anat. Hefte. 1893. pag. 355—389.

Trockenhaltung in stärkster, nach SCHULTZE allein vollkommener Zwangslage erhaltenen Eier auf der Gastrulastufe stehen blieben, nicht wie SCHULTZE von der fehlenden normalen Wirkung der Schwerkraft, sondern von den durch die starke Trockenhaltung bedingten Momenten des Luftmangels und zu starker Pressung ab. Der Umstand, dass die Eier nach Wasserzusatz sich weiter entwickelten, ist eher von der Aufhebung dieser Schädlichkeiten abzuleiten als davon, dass die Eier sich nun ein wenig drehen und genau nach der Richtung der Erdachse einstellen konnten. Letztere Begründung ist schon dadurch als unzutreffend charakterisirt, dass bei der nach SCHULTZE zwar nur »unvollkommenen« Zwangslage, welche aber bedingt, dass der Embryo mit dem Rücken sich nach unten statt nach oben lagert, die Entwicklung ganz gut verläuft.

SCHULTZE steht ferner bereits auf dem Punkte, dass er sagt (pag. 327): »Die Eier von ROUX aber bildeten das Medullarrohr, was ich als ein sicheres Zeichen nicht vollkommener Zwangslage erwiesen habe.«

Damit läuft die Differenz in dieser Hinsicht auf einen Streit hinaus über das, was SCHULTZE vollkommene und unvollkommene Zwangslage nennen will.

Die Frage, ob SCHULTZE's »vollkommene« Zwangslage wirklich die allein vollkommene Zwangslage ist, während die von mir für vollkommen gehaltene, nach SCHULTZE unvollkommen ist und daher statt durch Epibolie auch durch paradoxe Drehung die Medullarplatte nach unten gelangen lassen kann, ist eine Frage für sich, die SCHULTZE, wie wir sahen, leider nicht genügend geprüft hat, um sein Urtheil begründen zu können. Neben dieser Frage interessirt uns die angeblich allein vollkommene Zwangslage nur in so fern, als sie vermuthlich das Ei durch Pressen und Luftmangel schädigt, ohne etwas für die Schwerkraft zu beweisen.

Es ist nach meiner Meinung sehr bedenklich, dass SCHULTZE annimmt und annehmen muss, Froscheier, welche in so starker, nach ihm früher »keiner«, jetzt »unvollkommener« Zwangslage gehalten werden, dass sie dem natürlichen starken Drang zur Aufwärtsdrehung, der dadurch bedingt ist, dass die Medullarplatte aus protoplasmatischen Zellen besteht, die specifisch leichter sind als die Dotterzellen, nicht folgen können, nun aber, weil sie an dieser Drehung verhindert sind, plötzlich die Fähigkeit erlangen, trotz dieses Zwanges sich mit den specifisch leichteren Theilen abwärts zu drehen.

Obgleich nun nach meiner Auffassung dieser Zwang ausreichend ist, um ebenso wie die Drehung nach aufwärts auch die von SCHULTZE angenommene und nicht erwiesene, jedenfalls aber wohl viel schwächere, Drehungstendenz nach abwärts an der Vollziehung zu hindern, so braucht dieser Zwang damit nicht auch zugleich die Überwachsung der Unterseite zu verhindern, da diese immer nur mit oberflächlichen Materialumlagerungen an cirkumskripten Stellen (vorzugsweise in der Umgebung des Urmundes) vor sich geht, während bei Drehung des Eies in toto, von den Umdrehungspunkten abgesehen, an allen Stellen der Oberfläche zugleich Verschiebung gegen die das Ei pressende Gallerthülle stattfinden müsste (siehe ROUX, Biol. Centralbl. VIII. pag. 409).

Zugleich möchte ich darauf hinweisen, dass aus meiner Annahme der Epibolie durchaus nicht zu folgern ist, dass die Überwachsung mit der Innen- und Außenseite der Medullarplatte ganz gleichmäßig geschehen müsse, dass also dabei nicht etwa durch stärkeres Wachstum auf der Außenseite äußere Zellen über den Umschlagsrand nach innen gelangen könnten, wie es aus KOPSCH's photographischen Aufnahmen des gastrulirenden Froscheies abgeleitet worden ist. Diesen letzteren Vorgang kann man wohl auch als Einstülpung, Invagination bezeichnen, wenn man eine Vorliebe für dieses Wort hat. Ich habe aber, wie sich ergibt, das Wort seiner Zeit in anderem Sinne gebraucht, als ich sagte, dass die Gastrulation des Froscheies, abgesehen vom ersten Beginne an, der nach meiner Beobachtung eine wirkliche Einstülpung oberflächlicher Zellen in ihre Unterlage hinein darstellt, sowie von der nachträglichen Ausweitung des platten primären Urdarmraumes¹⁾, nicht durch Einstülpung, sondern durch Überwachsung der Unterseite stattfindet, also ohne Einsenkung oberflächlicher Zellen in ihre Unterlage vor sich geht. Hier dagegen findet Einwärtslagerung von Zellen über einen eben erst eine freie Fläche bedeckenden Rand statt, was doch etwas Anderes ist.

O. SCHULTZE hat sich bisher begnügt gehabt, einzelne meiner Thatsachen als nicht existirend zu bezeichnen. In der jetzigen Lage kann er sich nur noch durch einen Massenmord von thatsächlichen Angaben retten, den wir zur Erheiterung mittheilen und aufbewahren wollen.

¹⁾ Biol. Centralbl. VII. pag. 425. ROUX's Referat über O. SCHULTZE's erste bezügliche Arbeit.

Er sagt (pag. 333), dass niemals ein objektiver, mit dem Objekt genügend vertrauter Forscher meine beiden Beiträge 3 und 4 zur Entwicklungsmechanik, die er als vorgefasste Gedanken und nachträgliche oberflächliche Eier- und Spermatozoenspielerlei bezeichnet, sowie manche andere meiner Beiträge ernst nehmen wird; und dass auch der Cytotropismus wohl keine Berechtigung auf bleibendes Dasein haben werde.

Zum Verständnis dieser Massenhinrichtung von Thatsachen ist es nöthig, mitzuthellen, dass in diesen Arbeiten Nr. 3 und 4 schon bevor O. SCHULTZE aus nicht beweisfähigen deskriptiven Thatsachen die Anlage der Symmetrie des Embryo im noch unbefruchteten Eie ableiten zu können glaubte, durch eine lückenlose Serie von Versuchen die Unrichtigkeit dieser Auffassung vollständig erwiesen war. SCHULTZE kannte aber damals meine Versuche wohl nicht genügend, danach vermochte er sie nicht genügend zu verstehen, ebenso wie es ihm, wohl weil es analytische Versuche sind, auch nicht möglich gewesen ist, sie richtig nachzumachen. Ich bin aber überzeugt, dass Letzteres, wenn auch wohl nicht mehr O. SCHULTZE, so doch manchem anderen Autor mit der Zeit vollkommen gelingen wird.

Schließlich nennt es SCHULTZE eine Entstellung, dass ich sagte, er habe eine ganze Reihe meiner Angaben früher angezweifelt und danach als richtig erkannt. Er erinnert sich selber nur noch daran, dass er behauptet hat, meine (und NB. seines eigenen Vaters) Angabe, dass die Eiachse bei *Rana fusca* sich senkrecht einstelle, sei falsch. Er nennt das jetzt ein Missverständnis, obschon es auf Beobachtungsversäumnis SCHULTZE's beruhte, denn er machte mir Einwendungen gegen meine bestimmt lokalisierte Befruchtung, weil die Eiachse schief stünde. Es handelte sich somit um den Anfang der Entwicklung, während sich dann herausstellte, dass SCHULTZE seine Eier überhaupt erst einige Stunden später beobachtet hatte, erst zu einer Zeit, als schon die von mir entdeckte nachträgliche Aufhellung des Dotters auf einer Seite eingetreten war. (Biol. Centralbl. VIII. pag. 402—405.)

Außerdem hat er weiterhin seine Angaben den meinigen entsprechend berichtigt darin:

2) dass die Froscheier einen centralen, feinkörnigen (oft braunen) Dotter haben (s. Biol. Centralbl. VIII. pag. 406);

3) dass die Dotterkörner des Froscheies überhaupt nicht, wie er behauptet und abgebildet hatte, in jeder Horizontalebene gleich groß sind (Biol. Centralbl. VII. pag. 432 u. VIII. pag. 406);

4) dass nicht derjenige Punkt des Pigmentrandes, welcher dem verschwindenden Keimbläschen am nächsten liegt, die Stelle der Anlage des Urmundes bezeichnet, da ich zeigte, dass der Meridian der Furchungsebene nicht durch die Lage der Fovea germinativa bestimmt wird (Biol. Centralbl. VIII. pag. 401);

5) dass oberflächliche Pigmentflecke des Eies nicht als Marken brauchbar sind, weil sie wandern und verschwinden können (Ges. Abh. II. pag. 533). (SCHULTZE verwendet in den letzten Arbeiten die mit dieser Methode gewonnenen Ergebnisse nicht mehr.)

6) dass die Symmetrieebene des grauen, nachträglich aufgehellten Saumes der Unterseite des Froscheies meist mit der ersten Furchungsebene zusammenfällt (Archiv für mikr. Anat. Bd. 55. pag. 176);

7) dass die Pigmentstraße des Samenkörpers im Ei in oder dicht neben der Medianebene liegt (l. c. pag. 183);

8) dass Froschembryonen mit dem Medullarrohr nach unten liegen können, wie er jetzt endlich auch gesehen hat.

Zuletzt findet es O. SCHULTZE »überflüssig«, dass ich seine erste Ableitung der von ihm erhaltenen Doppelbildungen von einer Theilung des Schwerpunktes erwähnt habe, obschon er danach eine andere Ableitung vertreten habe, welche sich, wie auch die spätere Ableitung WETZEL's, mehr an die sogleich in der Diskussion von mir gegebene Ableitung anschließt, ohne dass diese Autoren sich dessen bewusst zu sein scheinen.

Die Auffrischung geschah, weil diese Ableitung zusammen mit SCHULTZE'S Auffassung von der absoluten Nothwendigkeit der normalen Schwerkraftwirkung zur Entwicklung und mit seinem Nichtverstehen der Bedeutung meiner Rotationsversuche ein seine physikalischen Vorstellungen sehr bezeichnendes Bild giebt. Hoffentlich wird er später die beiden letzteren seiner Auffassungen einst ebenso zurückweisen, wie jetzt die erstere.

Es wäre aber in Bezug auf diese angemessener gewesen, wenn er die Wiedererwähnung der angeblichen »Entstehung der Doppelbildungen durch Theilung des Schwerpunktes« nicht deshalb zurückgewiesen hätte, weil er eine andere Erklärung acceptirt hat, sondern weil er eingesehen habe, dass sie eine physikalische Unmöglichkeit ist.