

MBL/WHOI



0 0301 0010573 0

TH- ...
...LEU
...ena...
...Z...

Zeit- und Streitfragen

Biologie.

Professor **Dr. Oscar Hertwig.**

Heft 2

Mechanik und Biologie.

Monatliche Abtheilung

Kritische Bemerkungen zu den entwicklungsmechanischen
Naturgesetzen von Roux.

• • • X •

Jena

Verlag von G. Fischer

1902

Zeit- und Streitfragen

der

Biologie.

Von

Professor **Dr. Oscar Hertwig,**

Director des zweiten anatomischen Instituts der Universität Berlin.

Heft 2.

Mechanik und Biologie.

Mit einem Anhang:

**Kritische Bemerkungen zu den entwicklungsmechanischen
Naturgesetzen von Roux.**



Jena.

Verlag von Gustav Fischer.

1897.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	1
Erfolge der Naturwissenschaft auf dem Gebiete der Mechanik	1
Bestrebungen, alle Naturwissenschaft in Mechanik umzuwandeln	2
Die neue Wissenschaft der Entwicklungsmechanik	7
1. Ziel und Aufgabe der Entwicklungsmechanik	9
a) Die tendenziöse Verwendung des Begriffes Mechanik in der Biologie durch Lotze	23
b) Die tendenziöse Verwendung des Begriffes Mechanik durch Roux	29
Descriptive und causale Forscher	33
Der Begriff der Causalität (Lotze, Schopenhauer)	39
Der Begriff der Kraft (Lotze, Schopenhauer, Nägeli, Du Bois-Reymond)	45
2. Die Methoden der Entwicklungsmechanik	62
Beobachtung und Experiment	63
Urtheil von Johannes Müller über den Werth des biologischen Experiments	80
Zusammenfassung und Schlussbetrachtung	83
Verschiedenartige Verwendung des Wortes Mechanik	83
Frühere Versuche der mechanischen Erklärung des Lebens	85
Ueberschätzung des Werthes mechanischer Betrachtungsweisen in der Biologie.	90
Uebertriebene Werthschätzung der Mathematik für die Biologie (Fechner).	94

	Seite
Anhang	98
Kritische Bemerkungen zu den entwicklungsmechanischen Naturgesetzen von Roux	98
Erste Studie. Die Mosaiktheorie	107
Zweite Studie. Die Copulationsbahn	132
Dritte Studie. Definitionen	146
Normale und anormale Entwicklung	147
Selbstdifferenzirung. Abhängige Differenzirung.	151
Vierte Studie. Der Cytotropismus.	160
Schlussbetrachtungen.	170
Das Ei als Zelle und als Anlage eines vielzelligen Organismus.	170
Zusätze und Literaturnachweise	197

Einleitung.

Die Entdeckungen des 16. und 17. Jahrhunderts auf dem Gebiete der Mechanik, die Feststellung der Fall- und der Pendelgesetze durch Galilei und seine Nachfolger, vor allen Dingen aber die Entdeckung der Bewegungsgesetze der Himmelskörper durch Newton haben auf die ganze naturwissenschaftliche Forschung einen so tiefen Einfluss ausgeübt, dass wir ihn noch bis in unsere Zeit verspüren. Es ist dies leicht erklärlich. Wer sich mit der Mechanik des Himmels beschäftigt, wird es auch jetzt noch als einen hohen Triumph menschlicher Geisteskraft empfinden, dass es möglich ist, die Bahnen und Umlaufzeiten der gewaltigen planetarischen Massen in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft mit mathematischer Sicherheit auf das Genaueste zu berechnen. Aber auch abgesehen von der Grossartigkeit dieses Naturgegenstandes zeigt sich die Mechanik in ihren verschiedenen Zweigen anderen Forschungsgebieten in vieler Hinsicht weit überlegen, in der Einfachheit und Sicherheit ihrer Gesetze, in der Möglichkeit, die durch Beobachtung und Experiment gewonnenen Ergebnisse einer mathematischen Betrachtungsweise zugänglich zu machen und sie in feste, mathematische Formeln einzukleiden. Daher wurde vielen Naturforschern

die Mechanik das Vorbild auch für andere Wissenschaftszweige, sie erschien ihnen als das Muster naturwissenschaftlichen Erkennens, welches man mit allen Kräften überall nachzuahmen habe; es bildete sich häufig eine Auffassung aus, welche Kant in den öfters genannten Ausspruch zusammengefasst hat, dass in jeder besonderen Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft sei, als darin Mathematik angetroffen werde.

Doch hiermit ist der weitgehende Einfluss der Mechanik noch nicht erschöpft; er zeigt sich auch in der Philosophie und hat hier zu der philosophisch-naturwissenschaftlichen Weltauffassung geführt, welche als die mechanische bezeichnet wird. Die Mechanik hat sich mit der alten Hypothese des Demokrit von den Atomen und mit der Corpuscularphilosophie von Descartes verbunden und den Versuch unternommen, die gesammte Natur aus den verschiedenen Bewegungen kleinster, verschieden geformter Körper, der Atome, mechanisch zu erklären und so die uns sichtbare Welt der Erscheinungen aus einer für uns freilich unsichtbaren Welt bewegter Atome abzuleiten.

„Die mechanische Erklärung der Natur,“ bemerkt Kant (Bd. IV S. 427), „hat zu Materialien ihrer Ableitung die Atome und das Leere. Ein Atom ist ein kleiner Theil der Materie, der physisch untheilbar ist. Physisch untheilbar ist eine Materie, deren Theile mit einer Kraft zusammenhängen, die durch keine in der Natur befindliche bewegende Kraft überwältigt werden kann. Ein Atom, sofern es sich durch seine Figur von anderen specifisch unterscheidet, heisst ein erstes Körperchen. Ein Körper (oder Körperchen), dessen bewegende Kraft von seiner Figur abhängt, heisst Maschine. Die Erklärungsart der specifischen Verschieden-

heit der Materien durch die Beschaffenheit und Zusammensetzung ihrer kleinsten Theile, als Maschinen, ist die mechanische Naturphilosophie.“

Ein berühmter Vertreter der mechanischen Naturphilosophie in der Gegenwart, Du Bois-Reymond (Bd. I S. 105), fasst ihre Aufgabe in kurzen Sätzen dahin zusammen:

„Naturerkennen — genauer gesagt naturwissenschaftliches Erkennen oder Erkennen der Körperwelt mit Hilfe und im Sinne der theoretischen Naturwissenschaft — ist Zurückführen der Veränderungen in der Körperwelt auf Bewegungen von Atomen, die durch deren von der Zeit unabhängige Centralkräfte bewirkt werden, oder Auflösen der Naturvorgänge in Mechanik der Atome. Es ist psychologische Erfahrungsthatsache, dass, wo solche Auflösung gelingt, unser Causalitätsbedürfniss vorläufig sich befriedigt fühlt. Die Sätze der Mechanik sind mathematisch darstellbar und tragen in sich dieselbe apodiktische Gewissheit, wie die Sätze der Mathematik.“ „Denken wir uns alle Veränderungen in der Körperwelt in Bewegungen von Atomen aufgelöst, die durch deren constante Centralkräfte bewirkt werden, so wäre das Weltall naturwissenschaftlich erkannt. Der Zustand der Welt während eines Zeitdifferentiales erschiene als unmittelbare Wirkung ihres Zustandes während des vorigen und als unmittelbare Ursache ihres Zustandes während des folgenden Zeitdifferentiales. Gesetz und Zufall wären nur noch andere Namen für mechanische Nothwendigkeit. Ja, es lässt eine Stufe der Naturerkenntniss sich denken, auf welcher der ganze Weltvorgang durch Eine mathematische Formel vorgestellt würde, durch Ein unermessliches System simultaner Differentialgleichungen, aus dem sich Ort, Bewegungs-

richtung und Geschwindigkeit jedes Atoms im Weltall zu jeder Zeit ergäbe.“

In den angeführten Sätzen von Kant und Du Bois-Reymond findet sich Aufgabe und Ziel der mechanischen Naturauffassung, welche aus dem Bunde von Mechanik und Atomistik hervorgegangen ist, klar und scharf ausgesprochen.

Nicht ohne Interesse ist es, zu verfolgen, wie die mechanische Naturerkenntniss häufig als das höchste anzustrebende Ideal für die verschiedensten Gebiete der Naturforschung hingestellt, wie der Schöpfer der Mechanik des Himmels, Isaak Newton, als das Ur- und Vorbild eines naturwissenschaftlichen Denkers verherrlicht und die Zeit herbeigewünscht oder prophezeit wird, in welcher auch auf den anderen Gebieten der Naturwissenschaft einmal ein Newton erscheinen werde.

Seitdem Kant den Ausspruch gethan hat, es sei für Menschen ungereimt, zu hoffen, dass noch dereinst ein Newton aufstehen könne, der auch nur die Erzeugung eines Grashalms nach Naturgesetzen, die keine Absicht geordnet hat, begreiflich machen werde, treten uns ähnliche Redewendungen häufig entgegen, welche dieselbe Frage allerdings in gerade entgegengesetztem Sinne beantworten.

In seinen Erörterungen über die Aufgaben der Botanik (Bd. I S. 53 u. 58) bezeichnet Matthias Schleiden als ihre allgemeinste naturwissenschaftliche Aufgabe, allen Wechsel der Erscheinungen auf Bewegungen zurückzuführen und nach mathematischen Gesetzen aus Grundkräften der Anziehung und Abstossung zu erklären und hierauf die „Construction des Bildungstriebes“ auszuführen. „Allerdings,“ so fügt er hinzu, „sei man von der Lösung

dieser Aufgabe noch so weit entfernt, wie man von der Construction der Gravitationsprocesse vor Newton, vielleicht selbst vor Kepler entfernt war; das thue aber der Richtigkeit der Aufgabe keinen Abbruch.“ „Denn bedenke man, welchen Zeitraum (nämlich von der Alexandrinischen Schule bis auf Newton) man gebraucht habe, um in den so einfachen Verhältnissen der kosmischen Formen von der Beobachtung der Erscheinungen bis auf die Erkenntniss der Grundkräfte vorzudringen, so werde man sich nicht wundern dürfen, wenn man bemerke, dass man in der Lehre vom Leben noch kaum über die ersten Anfänge hinaus sei, da hier die Verhältnisse so unendlich viel complicirter werden.“ „Hier fehle noch ein Newton.“

In einer seiner kleineren akademischen Reden (Bd. II S. 563) hebt Du Bois-Reymond von der modernen Chemie hervor, dass von ihr auf ihrer stolzen Höhe gelte, was Kant von der Chemie seiner Zeit sagte. „Sie ist eine Wissenschaft, aber nicht Wissenschaft; in dem Sinne nicht, in welchem es überhaupt nur Wissenschaft giebt, nämlich im Sinne des zur mathematischen Mechanik gediehenen Naturerkennens.“ „Wissenschaft in jenem höchsten menschlichen Sinne wäre Chemie erst, wenn wir die Spannkräfte, Geschwindigkeiten, stabilen und labilen Gleichgewichtslagen der Theilehen ursächlich in der Art durchschauten, wie die Bewegungen der Gestirne. Hierin ist freilich die Astronomie der Chemie weit voraus, welche, seit sie auf Berzelius' naive Erklärung verzichten musste, in abwartender Entsagung auf einer Stufe verharret, noch unter der Astronomie zu Kopernicus und Kepler's Zeit.“ Hierauf bezeichnet Du Bois-Reymond „die mathematisch-mechanische Darstellung eines einfachen chemischen Vorgangs als die Aufgabe, die der Newton der Chemie

anzugreifen habe, und er fügt hinzu: „Wann dieses Ziel erreicht wird, wer kann es sagen? Vielleicht übt jener Newton schon irgendwo auf Schulbänken jugendliche Kräfte; vielleicht auch befinden sich nach hundert Jahren noch unsere Nachfolger der Umwandlung der Chemie in Mechanik gegenüber so rathlos wie wir.“

In seiner Rede: „Die Entwicklungsmechanik der Organismen“ macht Roux (G. A. Bd. II S. 29) den Versuch, in der Entwicklungslehre der Thiere eine mechanische Richtung der Forschung zu begründen, und er bemerkt hierbei: „Die Ursachen der organischen Gestaltungen sind uns gegenwärtig weit weniger bekannt, als die Ursachen der Bewegung der Himmelskörper der Menschheit vor Newton. Und der zukünftige Newton der Bewegungen der den Organismus aufbauenden Theile wird wohl nicht in der glücklichen Lage sein, diese Bewegungen bloß auf drei Gesetze und zwei Componenten zurückführen zu können.“

Die Citate, welche sich bei einiger Belesenheit wohl noch leicht werden vermehren lassen, werden genügen, um eine Richtung in der Naturwissenschaft zu kennzeichnen, deren Alpha und Omega die mathematische Darstellung der Naturerscheinungen als Bewegungen grösserer und kleinster Stoffmassen ist; eine Richtung, welche nach dem Newton der Astronomie noch einen Newton der Botanik, einen Newton der Chemie, einen Newton der Entwicklungsgeschichte erscheinen und erst die wahre, eigentliche Naturerkenntniß auch auf diesen Gebieten begründen läßt.

Bei dem beherrschenden Einfluss der Naturwissenschaften im wissenschaftlichen Leben der Gegenwart und Angesichts der Bestrebungen von Benedikt und Lombroso wäre es nicht so unmöglich, dass auch einmal ein

naturwissenschaftlich geschulter Historiker auftreten, mechanische Principien in die historische Forschung einzuführen versuchen und die Zeit voraussagen wird, wo auch die Geschichte und Socialwissenschaft ihren Newton erhalten werden.

Nach dieser allgemeinen Kennzeichnung einer in unserem Jahrhundert weit ausgebreiteten Gedankenrichtung wollen wir uns etwas eingehender mit dem Thema dieser Schrift: „Mechanik und Biologie“, das heisst: mit dem Verhältniss der Mechanik zur heutigen Biologie, beschäftigen. Den Anlass zur Beschäftigung mit unserem Thema und zur Einreihung desselben in die Sammlung der Zeit- und Streitfragen gibt eine zeitgenössische Richtung, welche das Wort „Mechanik“ mit einer gewissen Ostentation auf ihre Fahne geschrieben hat. Einer ihrer eifrigsten Wortführer ist Wilhelm Roux, an dessen Schriften wir uns daher im Folgenden auch besonders halten wollen.

Seit Jahren ist Roux bestrebt, in der Morphologie eine besondere Wissenschaft zu begründen, welcher er den Namen „Entwicklungsmechanik“ gegeben hat.

In einer Festrede, gehalten zur Feier der Eröffnung des neuerbauten anatomischen Instituts zu Innsbruck (G. A. Bd. II S. 25) handelt er von ihr und nennt sie die „anatomische Wissenschaft der Zukunft“. „Freilich ist diese Wissenschaft, von der ich sprechen werde,“ so leitet er seinen Vortrag ein, „in keinem Stück diesem in Anlage und Ausführung gleich vollendeten Baue“ (nämlich dem anatomischen Institut in Innsbruck) „zu vergleichen;“ „denn sie ist nicht nur nicht vollendet oder der Vollendung nahe, sondern es fehlt zu ihr überhaupt noch der Bauplan; und was wir von ihr zur Zeit haben, ist nicht viel mehr als eine Anzahl regellos

gelagerter, zum Theil behauener, zum Theil auch noch unbehauener Steine.“

„Sie erkennen daraus, dass es eine Wissenschaft der Zukunft ist, von der ich zu sprechen beabsichtige; diese Wissenschaft ist die *Entwicklungsmechanik der Organismen*;“ „eine junge Wissenschaft, die,“ wie es an anderer Stelle heisst, „einen neuen Weg der Erkenntniss des Organischen anbahnt.“

Neue Wege und neue Ziele der Forschung, die dem menschlichen Wissensdrang gewiesen werden, erregen Hoffnungen, wecken Interessen. Besonders gross aber muss für die Morphologen das Interesse in diesem Falle sein, da es sich für sie nicht bloss um eine neue Richtung, sondern überhaupt um die Wissenschaft der Zukunft, um die „Zukunftswissenschaft“ handelt. Denn nach Roux wird „eine Zeit kommen, von der an dieser jetzt von Vielen gering geachtete, scheinbare Nebentrieb am Baume der anatomischen Wissenschaften zum Haupttrieb, zur Fortsetzung des Stammes werden wird. Die Entwicklungsmechanik wird alsdann einen Stamm darstellen, welcher rasch in die Höhe strebt und gegenwärtig noch nicht geahnte neue Seitenzweige treibt, deren Blätter die vier ersten Aeste in ihren Schatten nehmen und Nahrungsstoff zur Entfaltung neuer Knospen für sie bilden werden.“

So lade ich denn den freundlichen Leser ein, mit mir die nähere Bekanntschaft der neuen „Zukunftswissenschaft“ zu machen.

Eine neue Wissenschaft muss ein neues Ziel haben. Neu ist ein Ziel, wenn es wesentlich verschieden von den Zielen ist, welches die Forscher bisher verfolgt haben. Um zu einem neuen Ziel zu gelangen, werden auch neue Wege, die zu ihm hinführen, gezeigt werden müssen: des-

gleichen die Hilfsmittel und Methoden, die uns auf den neuen Wegen vorwärts und zum Ziel zu kommen ermöglichen. So fragen wir denn: Erstens, welches ist das neue Ziel oder die Aufgabe der neuen Zukunftswissenschaft? Zweitens, welches sind die neuen Wege, die neuen Hilfsmittel und die neuen Methoden?

1. Ziel und Aufgabe der Entwicklungsmechanik.

Als das allgemeine Ziel der Entwicklungsmechanik bezeichnet Roux (A. f. Entw. Bd. I S. 1) „die Ermittlung der Ursachen der organischen Gestaltungen“ oder „der gestaltenden Kräfte und Energieen“. Er nennt sie daher auch „die causale Morphologie der Organismen“.

Das Wort Mechanik hat Roux gewählt, weil man „in der Philosophie jedes der Causalität unterstehende Geschehen seit Spinoza's und Kant's Definition des Mechanismus als mechanisches Geschehen bezeichnet“ (A. f. Entw. Bd. I S. 1), und er dabei voraussetzt, dass „bei dem materiellen Ablaufe der Entwicklungsvorgänge des Embryo nichts Metaphysisches in Betracht zu kommen habe, dass vielmehr diese Vorgänge durchaus ein dem Gesetze der Causalität unterstehendes Geschehen darstellen“ (G. A. Bd. II S. 11). „Da nur letzteres,“ so führt Roux (A. f. Entw. Bd. I S. 1) des Weiteren aus, „erforschbar ist, also allein Gegenstand einer exacten Lehre sein kann, und da die Production von Gestaltung das Wesen der Entwicklung ausmacht, so ist es wohl zulässig, die Lehre von den Ursachen der Gestaltungen als Entwicklungsmechanik zu bezeichnen. Da ferner die Physik und Chemie

alles, auch das scheinbar verschiedenartigste, z. B. magnetische, elektrische, optische, chemische Geschehen auf Bewegungen von Theilen zurückführen, resp. zurückzuführen sich bestreben, so hat der frühere engere Begriff der Mechanik im Sinne des Physikers, als der ursächlichen Lehre von den Massenbewegungen, eine Erweiterung erfahren, welche sich mit dem, alles causal bedingte Geschehen umfassenden, philosophischen Begriff der Mechanik begegnet, so dass somit das Wort „Entwicklungsmechanik“ auch den neueren Begriffen der Physik und Chemie entsprechend die Lehre von den Ursachen alles gestaltenden Geschehens zu bezeichnen vermag.“

Aus diesen Sätzen stellen wir zunächst fest, dass Roux, abweichend von dem Standpunkt, welchen er ursprünglich im ersten Heft seiner Beiträge zur Entwicklungsmechanik des Embryo eingenommen hat (G. A. Bd. II S. 1—4) zur Charakteristik seiner Zukunftswissenschaft das Wort „Mechanik“ nicht in seiner physikalischen, sondern in einer allgemein philosophischen Bedeutung gebraucht. Er will damit nicht mehr und nicht weniger ausdrücken, als dass alle Entwicklungsvorgänge (und Roux beschränkt dies sogar sehr vorsichtig nur auf ihren materiellen Ablauf) dem Causalitätsgesetz unterworfen sind, daher im Verhältniss von Ursache und Wirkung oder in einem Causalnexus zu einander stehen und dass man daher auch nach den Ursachen forschen könne.

Roux selbst wird wohl schwerlich glauben, dass er in diesen Sätzen etwa eine neue Wahrheit gesagt oder der Forschung ein neues Ziel gesteckt habe. Wo sind denn die Forscher, welche sich bisher mit Entwicklungslehre beschäftigt haben, zu finden, welche nicht von dem Satz ausgingen, dass, wie alle Naturprocesse, so auch die thierische

Entwicklung allein dem Gesetz der Causalität unterliege und dass die Forschung nach den Ursachen der Formbildung eine ihrer Hauptaufgaben ist? Wer theilte etwa nicht die Ansicht, dass „bei dem materiellen Ablauf der Entwicklungsvorgänge des Embryo nichts Metaphysisches in Betracht zu kommen habe?“ Ist nicht in einer Zeit, welche so durch und durch von der mechanistischen, materialistischen Naturphilosophie beherrscht wird, ein derartiger Ausspruch schon an sich eine Trivialität? Was glaubt man denn überhaupt dadurch gewonnen zu haben, dass man dem Wort Entwicklung anstatt des gebräuchlichen Zusatzes Lehre jetzt plötzlich das Wörtchen „Mechanik“ im philosophischen Sinne (!) anhängt? Worin soll nach Roux's Definition fernerhin der Unterschied zwischen Entwicklungslehre und Entwicklungsmechanik bestehen? Soll etwa fortan die Entwicklungslehre darauf verzichten, nach den Ursachen der organischen Formbildung zu forschen, also ihrer eigentlichen Aufgabe abtrünnig werden, eine Lehre von den Gesetzen der Entwicklung darzustellen?

Durch die Vertauschung der Worte Lehre und Mechanik wird anstatt Nutzen nur Verwirrung angestiftet. Denn das Wort Mechanik wird in der Naturwissenschaft, in der Philosophie und im gewöhnlichen Leben in so verschiedenem Sinne gebraucht, dass es auch in der Verbindung mit dem Worte Entwicklung die verschiedensten Vorstellungsreihen wachrufen kann.

Schon in der Philosophie ist der Begriff des Mechanismus und der Mechanik durchaus kein scharf begrenzter und eindeutiger. Kant selbst gebraucht die Begriffe in einer engeren und in einer allgemeinen Fassung. Während er im vierten Band seiner Werke, wie schon in der Einleitung (S. 2) an-

geführt wurde, die mechanische Erklärung der Natur auf die Lehre von den Atomen und ihrer Bewegung gründet. bemerkt er im vierten Band (S. 101): „Eben um deswillen kann man auch alle Nothwendigkeit der Begebenheiten in der Zeit nach dem Naturgesetze der Causalität den Mechanismus der Natur nennen, ob man gleich darunter nicht versteht, dass Dinge, die ihm unterworfen sind, wirklich materielle Maschinen sein müssten. Hier wird nur auf die Nothwendigkeit der Verknüpfung der Begebenheiten in einer Zeitreihe, so wie sie sich nach dem Naturgesetze entwickelt, gesehen, man mag nun das Subject, in welchem dieser Ablauf geschieht, Automaton materiale, da das Maschinenwesen durch Materie, oder mit Leibniz spirituale, da es durch Vorstellungen betrieben wird, nennen.“

Philosophisch versteht man ferner auch unter Mechanismus (Kuno Fischer S. 485) ein jedes System von Objecten, die räumlich und zeitlich in einer nothwendigen Beziehung zu einander stehen. Hier kann man das Wort in der weitgehendsten Weise verwenden. Man kann die ganze Natur als einen Mechanismus bezeichnen und in ihr wieder jede zu einem System mehr oder minder abgeschlossene Gemeinschaft von Objecten; man kann endlich auch von einem Mechanismus des Staats, von einem Mechanismus der Gütervertheilung und Geldcirculation, sogar von einem Mechanismus der Ideenbildung etc. sprechen.

Philosophisch kann man also fast jede Naturwissenschaft, insofern nur ihre Gegenstände als ein System nothwendig verbundener Theile untersucht und dargestellt werden, zu einer mechanischen Wissenschaft stempeln.

Die Geologie wächst sich zur Geomechanik aus:

denn sie ist ja — um bei Roux's Definition zu bleiben — die „Lehre von den Ursachen der Gestaltungen“ der Erde, welche „durchaus ein dem Gesetze der Causalität unterstehendes Geschehen darstellen“ und „bei deren materiellen Ablauf“ „nichts Metaphysisches in Betracht zu kommen hat“.

Die schon alt gewordene Biologie tritt uns in neuem Kleide verjüngt als Biomechanik entgegen. Dieser Name ist schon zweimal und, wie ich glaube, unabhängig von einander in Vorschlag gebracht worden, schon vor Jahren von Benedikt(1) und ganz neuerdings wieder von Yves Delage(5).

Vielleicht wird nach solchen Vorgängen die Psychologie sich ebenfalls entschliessen, ihr Logos gegen Mechanik umzutauschen. Denn giebt es nicht auch hier ein Gesetz, nach dem sich die Vorstellungsreihen bilden? Von einer „Mechanik des Geistes“ hat schon der Philosoph Herbart gesprochen (Eucken(10) S. 164). Die anatomischen Grundlagen der Hirnanatomie, die Anordnung der Ganglienzellen und ihrer Leitungsbahnen bezeichnet man immer häufiger als Mechanismen. Einer der letzten Aufsätze des um die Erforschung des Nervensystems so hochverdienten Ramon Y. Cajal(43) lautet: Einige Hypothesen über den anatomischen Mechanismus der Ideenbildung, der Association und der Aufmerksamkeit.

Es bedarf nur eines Schrittes, und man bezeichnet die Lehre vom feineren Aufbau des Gehirns, insbesondere die Lehre vom Faserverlauf etc. nicht mehr als Hirnanatomie, sondern als Hirnmechanik.

Dass in den Fächern der Staatenlehre, der Nationalökonomie, der Statistik, der Geschichte sich auch grosse Gebiete befinden, deren Lehre sich als Mechanik darstellen liesse, wenn wir das Wort in einem allgemeineren philo-

sophischen Sinne gebrauchen, mag nur nebenbei noch angedeutet sein.

Durch die oben erwähnten Taufen werden allerdings die von ihr betroffenen Wissenschaften an innerem Werthe nichts gewinnen. Denn mit der Etiquette verändert sich von heute auf morgen ihr Inhalt nicht. Unter dem Namen der Astronomie, bei der man wohl niemals daran gedacht hat, sie Astromechanik zu nennen, birgt sich als Kern der Inhalt der Newton'schen Gesetze, in der That eine Mechanik des Himmels, wie sie Laplace genannt hat: dagegen sind die Entwicklungslehre und Biologie, die Geologie und Psychologie und welche Fächer man ihnen sonst noch anreihen will, auch wenn sie sich Entwicklungsmechanik und Biomechanik, Geomechanik und Psycho-mechanik etc. nennen, jetzt ebenso wenig wie zur Zeit Kant's im Stande, nach Newton'schen Gesetzen die Gegenstände ihrer Erforschung zu begreifen.

Mir scheint es daher nicht zu billigen und von keinem Nutzen für die Entwicklung der Naturwissenschaft zu sein, wenn man in ihrem Bereich den Begriff Mechanik nicht in der engeren und schärferen Fassung der Physik, sondern im allgemeineren und allumfassenden philosophischen Sinne verwendet.

Wer mit mir diese Meinung theilt, der wird mir auch beipflichten, dass in der Biologie nur sehr beschränkte Gebiete sich wirklich als Mechanik auch nur annäherungsweise darstellen lassen. Die meisten Angriffspunkte bietet hier für mechanische Untersuchungen das Skeletsystem mit seinen wie Hebelarme wirkenden Knochen; auch der feinere Bau der Knochen selbst, vornehmlich die Architectur der Spongiosa mit ihren Zug- und Druckcurven. Auf diesem

Gebiete hat sich denn auch wirklich eine strengeren Ansprüchen genügende, auf mathematische Berechnungen gegründete Mechanik der Gelenke und Gehwerkzeuge ausgebildet. Nächstdem kommt, obwohl in geringerem Maasse, das Muskelsystem mit seinen Sehnen und das Gefässsystem mit seiner Flüssigkeitscirculation als Gegenstand mechanischer Untersuchungsweise und Berechnung in Betracht. Desgleichen finden sich in der Botanik in das Bereich der Mechanik fallende Capitel. Ich erinnere an die von Schwendener (56) begründete Lehre der mechanischen Gewebe, die in den Wurzeln auf Zug und in den Aesten und Zweigen auf Biegungsfestigkeit eingerichtet sind; ich erinnere an die durch Osmose erzeugten oder durch Theilung der Zellen hervorgerufenen Druckkräfte, die sich in vielen Fällen in exacter Weise messen und berechnen lassen.

Inwiefern bietet nun die Entwicklung der Thiere Raum für mechanische Betrachtungsweisen? Die durch Theilung des Eies sich rasch in's Unzählbare vermehrenden Zellen gleiten und schieben sich in fest geordneten Bahnen an einander vorbei, hierbei vielfach den Plateau'schen Gesetzen folgend. Fast alle Organe entstehen durch Faltung und Ausstülpung von Zellenlamellen, innerhalb deren durch ungleiche Zellenvermehrung und ungleiches Wachstum an bestimmten Stellen bestimmt gerichtete Zug-, Druck- und Schubkräfte in's Leben gerufen werden. In den Augen des Mechanikers löst sich das ganze Problem der thierischen Gestaltbildung auf in die nach Gesetz geordnete, in genau bestimmten Bahnen und in wechselnden Geschwindigkeiten erfolgende Bewegung kleinerer und grösserer Raumgrössen, der embryonalen Zellen. Somit könnte man hier wenigstens theoretisch

sich die Möglichkeit einer wahren „Mechanik der Gestaltbildung“ construiren.

Gleichwohl wird der mathematische Physiker sofort einsehen, dass hier kein Feld für ihn ist und dass er für absehbare Zeit die Mechanik der Gestaltbildung nicht weiter und in anderer Weise, als es von Seiten der Biologie geschieht, wird ausbauen können. Gewiss finden in der Embryonalentwicklung Bewegungen kleinster Stoffmassen in ganz gesetzmässigen Bahnen statt. Aber mit welchen Mitteln und in welcher Weise wollte man die Bewegungen dieser kleinsten Massen, ihre genaue Grösse, die Kraft ihrer Bewegung und ihre Bahnen in Raum und Zeit berechnen? Und was sind das für complicirte Bewegungen, die zwar auch gesetzmässig, aber ganz discontinuirlich erfolgen? Und was sind das für complicirte eigenthümliche Stoffmassen, die sich fortwährend durch chemische Processe, durch Umwandlung von Reservestoffen in Protoplasma oder sogar durch Aufnahme von neuen Stoffen verändern und wachsen, Massen, die dann ab und zu in zwei kleinere Massen, in zwei Tochterzellen, zerfallen und von da ab neue, zwar auch gesetzmässige, aber oft sich trennende Bahnen in gleicher oder auch in ungleicher Geschwindigkeit einschlagen? Wie soll man ferner die bewegenden Kräfte in den kleinen Massen bestimmen und messen? Schon bei der Aufstellung einer mathematischen Formel für die ersten, noch gut überschaubaren, embryonalen Zellen wird der mathematische Physiker seinen Versuch scheitern sehen. Wie häufen sich aber die Schwierigkeiten von da ab Schritt für Schritt. Die Zahl der zu verfolgenden, in eigenen Bahnen discontinuirlich sich bewegenden, wachsenden, sich theilenden kleinen Stoffmassen, deren Grösse, Bewegungsbahn und Intensität der Bewegung bestimmt werden soll, ver-

mehrt sich in's Ungemessene, sie steigt auf 100, auf 1000, auf Millionen und viele Millionen, sie entziehen sich dem Auge des Beobachters, indem sie durch Einstülpung sich in übereinander gelegene Schichten anordnen. Der mathematische Physiker aber hat kein Mittel, die seinem Auge in tieferen Schichten entschwindenden Körperchen sich wieder sichtbar zu machen; denn wollte er das Verfahren des Embryologen einschlagen und das den Gegenstand seiner mathematischen Berechnungen bildende System in Alcohol oder Chromsäure einlegen, färben und schneiden, dann würde er das System zur Ruhe bringen, während er doch gerade es in seiner Bewegung untersuchen und messen will; und selbst von dem in gewaltsame Ruhe gebrachten System würde er noch nicht einmal Gelegenheit erhalten, die Verhältnisse während des Moments, wo es zur Ruhe kam, genau berechnen zu können, denn er hat nur noch die Trümmer des Systems vor sich, lauter Bestandtheile, die aus ihrer Lage gebracht, in ihrer Form und Grösse, in ihrem Aggregatzustand und ihrer chemischen Zusammensetzung tief verändert sind.

Der mathematische Physiker der Gegenwart, den wir um seine Hülfe gebeten haben, wird sich mit dem ihm vorgelegten Problem gewiss nicht lange den Kopf zerbrechen, sondern diese Aufgabe getrost und neidlos dem „zukünftigen Newton der Entwicklungsgeschichte“ überlassen; auch wird er gewiss keinen Einwand gegen den Ausspruch von Roux erheben: „Der zukünftige Newton der Bewegungen der den Organismus aufbauenden Theile wird wohl nicht in der glücklichen Lage sein, diese Bewegungen bloß auf drei Gesetze und zwei Componenten zurückführen zu können.“ Bis dahin wird dem Embryologen wohl nichts Anderes übrig bleiben, als nach seinem Ver-

mögen und mit seinen Methoden, die er hie und da noch verbessern wird, die Erkenntniss der thierischen Gestaltbildung weiter zu fördern.

In noch höherem Maasse als die eben erörterten entziehen sich alle übrigen Vorgänge der Entwicklungsgeschichte einer physikalisch - mechanischen Behandlungsweise, so fast ausnahmslos das grosse und wichtige Gebiet der histologischen Differenzirung, die Umwandlung der einzelnen Zellen in die specifischen Arbeitsorgane des Organismus, in Nerven- und Muskelzellen, in Drüsen-, Epithel-, Sinnes- und Bindegewebszellen u. s. w. Hier haben wir wohl eine viel grössere und tiefere Bereicherung unserer Erkenntniss in der Zukunft von der Seite der Biochemie, wenn sie sich mit der mikroskopischen Analyse enger als zur Zeit verbindet, als von Seiten der Biophysik zu erwarten.

Somit drängt Alles zu dem Schluss, dass die Biologie ein Gebiet ist, auf welchem Mechanik im Sinne des Physikers nur in sehr beschränkter Weise verwendbar ist, und dass die Entwicklungslehre der Organismen sich am allerwenigsten für eine exact mechanische Behandlungsweise geeignet erweist. Von diesem Standpunkt aus wird es den Biologen dann sonderbar anmuthen, wenn er in der modernen biologischen Literatur eine Umschau hält und liest, wie in manchen Schriften die Namen Mechanik und Mechanismus und ihre Varianten sich gehäufte finden, als in einem Lehrbuch oder in einer Abhandlung der physikalischen Mechanik, so dass ein der Sache ferner stehender Leser in der That auf den Gedanken kommen könnte, unsere Biologie habe es jetzt schon herrlich weit gebracht und sei im besten Zuge, eine mechanische Wissenschaft zu werden.

Denn wie häufig liest man vom Mechanismus der Zelle, vom Mechanismus des Eies, sogar selbst vom „Mechanismus

des Cytotropismus“, wobei freilich Niemand uns zu sagen weiss, was diese Mechanismen eigentlich sind, und in welcher mechanischen Anordnung von Theilchen sie bestehen. Oder man liest von der Mechanik der Kern- und Zelltheilung, der Protoplasmamechanik, von den Mechanismen der Selbstregulation, von den Mechanismen der Bildung der Individuen aus Keimplasma und vom Mechanismus der Vererbung. Dabei ist, was das Wesen des Keimplasma und der Vererbung betrifft, unsere thatsächliche Kenntniss bei Lichte besehen eine derartige, dass hier wie dort ganz entgegengesetzte Hypothesen bestehen, dass die complicirte Architektur, welche Weismann seinem Keimplasma gibt, nur in der Idee existirt, von anderer Seite aber als unbegründet bestritten wird, dass ferner die Vererbung erworbener Eigenschaften von einem Theil der Forscher in Abrede gestellt und wieder von einem anderen Theil mit Zähigkeit festgehalten wird. Wissen vielleicht die exacten Naturforscher, welche den Namen gebrauchen, uns den Mechanismus der Vererbung etwas genauer zu beschreiben? In allen diesen Fällen wird der Name Mechanismus angewandt, nicht weil man von dem Mechanismus der Zelle, des Eies, des Keimplasma, der Vererbung etc. etwas wüsste, sondern weil man in bequemer Weise mit einem Wort das Nichtwissen einhüllend, voraussetzt, dass, wie in allen Naturobjecten, so auch hier am guten Ende ein Mechanismus vorliegen müsse. Als Entschuldigung für den Missbrauch eines Begriffes, mit welchem man in den Naturwissenschaften sonst einen ganz scharf begrenzten und bestimmten Sinn zu verbinden pflegt, kann nur der Umstand dienen, dass man ja gar nicht die Mechanik des Physikers, sondern nur die Mechanik des Philosophen meint. Man will damit, so gewinnt es den Anschein, nicht mehr als das Glaubens-

bekennniss, was übrigens auch wir theilen, öffentlich ablegen, dass in der Biologie Alles in natürlicher, das heisst philosophisch-mechanischer Weise hergeht, und dass gewiss „dabei nichts Metaphysisches in Betracht zu kommen habe“.

Da also die Worte Mechanik und Mechanismus in den meisten Fällen, wo sie in der Biologie angewandt werden, keinen realen Inhalt haben, da sie für keine wirklichen, sondern nur für eingebildete Systeme mechanisch verbunden gedachter Theile gebraucht werden, sind sie für den Sinn biologischer Abhandlungen gewöhnlich überflüssig und können beim Lesen ohne Schaden für das Verständniss weggelassen oder durch andere Worte, wie Process und Organismus ersetzt werden; so völlig inhaltsleer sind sie, dass sie keine Lücke im Verständniss hinterlassen. Vererbung sagt genau so viel wie Mechanismus der Vererbung, Entwicklung oder Entwicklungsprocess so viel wie Entwicklungsmechanismus; für Mechanismus von Ei und Zellen können wir ebensogut das Wort Organismus gebrauchen oder noch kürzer und schlichter von Ei und Zellen reden.

Wie schon früher erwähnt, will Roux das Wort „Mechanik“ in seiner Verbindung mit Entwicklung in einem weiteren, philosophischen Sinne gebrauchen; dadurch hat er aber den Begriff „Mechanik“ für den Gebrauch des Naturforschers so verwässert, dass man unter dem Namen Entwicklungsmechanik die allerverschiedenartigsten und sonderbarsten Bestandtheile von ihm abgehandelt findet. Wem es Vergnügen macht, sich darüber zu unterrichten, braucht nur in einigen Bänden der anatomischen Jahresberichte die von Roux geschriebenen Referate über Entwicklungsmechanik zu durchblättern. Als Mechanik findet er dort abgehandelt (54 Bd. 16 und 17): Henking, Giebt es freie Kernbildung? Baumeyer, Das künstliche Ausbrüten und die

Hühnerzucht nach zwanzigjährigen Erfahrungen aus praktischem Betriebe der künstlichen Ausbrütung und der Hühnerzucht. Schwink, Weisse Froschlurche im Freien. Steudel, Zur Kenntniss der Regeneration der quergestreiften Musculatur. Vahl, Mittheilungen über das Gewicht nicht erwachsener Mädchen. Neisser, Zur Kenntniss der antibakteriellen Wirkung des Jodoforms. v. Bergmann, Ueber Echinocokken der langen Röhrenknochen. Korschelt, Ueber einen Fall von Hahnenfedrigkeit bei der Haussente. Strassmann, Experimentelle Untersuchungen zur Lehre vom chronischen Alkoholismus. Arndt, Ueber einige Ernährungsstörungen nach Nervenverletzungen. Miller, Der Einfluss der Nahrung auf die Zähne. Graser, Ueber Klumpfußbehandlung. Barfurth, Versuche über die parthenogenetische Furchung des Hühneries.

Ferner erfahren wir noch an anderer Stelle von Roux, dass vergleichende Anatomie und vergleichende Embryologie ebenfalls unter den Begriff der Entwicklungsmechanik fallen, allerdings mit einer gewissen Einschränkung (47 Bd. I, S. 24). „Soweit diese Disciplinen ursächliche Erkenntniss zu Tage fördern,“ heisst es nämlich, „so weit sind sie selber Entwicklungsmechanik; und da sie dies in ausgiebigem Maasse thun und gethan haben, so stellen sie nur historisch von letzterer gesonderte Disciplinen dar.“ Mit diesem wohl etwas unbedachtsam ausgesprochenen Satz scheint mir der Begründer der Zukunftswissenschaft mit anderen seiner Aussprüche in ernstlichen Widerspruch gerathen zu sein und sich selbst zwei nicht leicht zu lösende Aufgaben gestellt zu haben. Die eine Aufgabe ist, anzugeben, welchen Bestandtheilen der vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte

die Ehre der Aufnahme in die Entwicklungsmechanik zu Theil werden soll und welchen nicht. Denn bei der Aufnahmeberechtigung muss er prüfen, ob sie „ursächliche Erkenntniss“ zu Tage gefördert haben oder nicht. Hoffen wir, dass bei diesem Examen das „Approbatur“ recht freigebig ertheilt wird. Haben doch auch das künstliche Ausbrüten und die Hühnerzucht, Mittheilungen über das Gewicht nicht erwachsener Mädchen, ein Fall von Hahnenfedrigkeit bei der Hausente etc. in das Gebiet der Entwicklungsmechanik Aufnahme gefunden.

Noch schwieriger aber ist vielleicht die zweite Aufgabe, deren Lösung wohl allen Scharfsinn des Sophisten erfordern wird. Wenn vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte zum grossen Theil schon selber Entwicklungsmechanik sind, in wie fern ist dann letztere eine erst jetzt neu geborene Wissenschaft? Mit welchem Recht wird dem Leser der Roux'schen Abhandlungen fast in einer jeden mit allem Ernst versichert, dass wir überhaupt erst jetzt „am Anfang causaler Forschung“ stehen?

Wir haben bisher festgestellt, dass man in der biologischen Literatur seit einigen Jahren den Worten Mechanik, Mechanismus, mechanisch etc. häufiger begegnet, dass man sie mit einer gewissen Liebe anwendet, als ob eine besondere Kraft von diesen Wörtern ausginge und sie daher auch in Fällen gebraucht, wo sie gar keinen Inhalt haben. Wie erklärt sich diese Erscheinung? Nach meiner Meinung daraus, dass viele Forscher halb bewusster, halb unbewusster Weise mit dem Worte „Mechanik“ eine Tendenz verbinden oder dass sie, was nicht weniger häufig geschieht, eine Mode mitmachen. In tendenziöser Weise hat das Wort

Mechanik in der Mitte unseres Jahrhunderts gedient und dient jetzt wieder, in beiden Fällen allerdings in einem etwas verschiedenen Sinn. Ein kleiner historischer Excurs mag dazu dienen, uns mit diesem besonderen Verhältniss, in welchem Mechanik und Biologie zu einander stehen, bekannt zu machen.

a) Die tendenziöse Verwendung des Begriffes Mechanik in der Biologie durch Lotze.

In der Mitte unseres Jahrhunderts ist es der berühmte Philosoph Lotze gewesen, welcher sich des Wortes Mechanik in philosophischem Sinne als Kampfmittel gegen die unter Biologen und Aerzten weit verbreitete Richtung des Vitalismus bedient hat. Seine Kampfschriften sind: sein 1842 erschienenes Buch „Allgemeine Pathologie und Therapie als mechanische Naturwissenschaften“ (33), sein Artikel „Leben und Lebenskraft“ in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie (1842) (34) und schliesslich seine „Allgemeine Physiologie des körperlichen Lebens“ (1851) (35). An dieselben schliesst sich an, nach gleicher Richtung wirkend, Du Bois-Reymond's Vorrede zu den Untersuchungen über thierische Electricität, betitelt „Ueber Lebenskraft“ (9 Bd. 2).

Alle diese Schriften haben den klar ausgesprochenen Zweck, den Vitalismus durch die Leuchte des Mechanismus aus der Wissenschaft zu vertreiben. Wegen der ausserordentlichen Complication der Lebenserscheinungen, welche von den Erscheinungen der unorganischen Körper auf den ersten Blick so grundverschieden und durch eine weite Kluft getrennt zu sein scheinen, hatte sich unter Naturforschern vielfach die Meinung ausgebildet, dass die Kräfte der unbelebten Natur nicht ausreichten zur Erklärung der Lebensprocesse; man

müsse daher hier noch besondere Lebenskräfte oder auch eine Lebenskraft voraussetzen, die nur in den Organismen wirksam sei und das Eigenthümliche des Lebens ausmache. Sie war es, die zur Erklärung von Allem und Jedem diene, welche dem kranken Körper wieder zur Genesung verhalf, welche in den Stoffwechsel in besonderer Weise eingriff und die Ursache war, dass die organischen Substanzen von denen der unbelebten Natur so verschieden sind; sie ist es ferner, welche sich bei der Entwicklung des Eies zum Embryo regt und die Formbildungen hervorruft, durch deren Aufeinanderfolge aus dem scheinbar Einfachen das complicirte Geschöpf hervorgeht.

Der unklare und für die Wissenschaft wenig förderliche Begriff Lebenskraft spielt selbst in den Schriften von Joh. Müller und von Liebig eine Rolle. „Die Lebenskraft,“ heisst es bei Letzterem (31, S. 200), „giebt sich in einem belebten Körpertheil als eine Ursache der Zunahme an Masse, sowie des Widerstandes gegen äussere Thätigkeiten zu erkennen, welche die Form, Beschaffenheit und Zusammensetzung der Elementartheilchen ihres Trägers zu ändern streben.“ „Die Lebenskraft bewirkt eine Zersetzung dieser Nahrungsstoffe, sie hebt die Kraft der Anziehung auf, die zwischen ihren kleinsten Theilchen unausgesetzt thätig ist, sie ändert die Richtung der chemischen Kräfte in der Art, dass die Elemente der Nahrungsstoffe sich in einer andern Weise ordnen, dass sie zu neuen, den Trägern der Lebenskraft gleichen oder unähnlichen Verbindungen zusammentreten; sie ändert die Richtung und Stärke der Cohäsionskraft, sie hebt den Cohäsionszustand der Nahrungsmittel auf und zwingt die neuen Verbindungen zu Formen zusammentreten, welche keine Aehnlichkeit mit den Formen haben, welche durch die frei (ohne Widerstand) wirkende Cohäsionskraft gebildet werden“ etc.

In dieser Weise spielte die Lebenskraft in der Biologie die Rolle „eines Mädchens für Alles“; sie war ein unklarer, mystischer Begriff, der wohl die Forschung irre zu leiten im Stande war.

Hier klärend gewirkt zu haben ist ein grosses Verdienst von Lotze, indem er die mechanische Theorie als ein leitendes Regulativ gegen den Vitalismus in's Feld führte. Denselben Weg, auf welchem die mathematische Physik ihre Erfolge erreicht hat, will Lotze auch bei den Betrachtungen der Lebenserscheinungen eingeschlagen wissen. Er erblickt in den lebenden Körpern nichts Anderes als „ein System von zusammen geordneten Massen mit ihren proportionalen Kräften, aus deren Ineinanderwirken verbunden mit den Einwirkungen des Aeusseren eine Reihe von Bewegungen hervorgeht“ (33, S. 8). Den eigenthümlichen Charakter des Organischen erklärt er aus der Art der Zusammenfassung und Anordnung der allgemeinen Hilfsmittel, die ebenso sehr der todten Natur als der Kunst, sowie den Zwecken des Lebens dienen. Alles Organische bezeichnet er daher als eine bestimmte Form der Vereinigung des Mechanischen (33, S. 9). „Wenn irgend in der als ruhend vorausgesetzten Combination von Massen, die den Körper bilden, ein Anstoss geschehe, so sei es gewiss, dass er nur dadurch in ihm andere Wirkungen hervorbringen könne, dass er sich dieser physikalischen Instrumentation bediene, die durch den Zusammenhang der Massen und ihre mechanischen Gegenwirkungen gegeben ist, und nie und nirgends werde eine körperliche Veränderung vorgehen, ohne dass ihr Zustandekommen genau den Gesetzen der allgemeinen Physik folge“. „Das Geschehen im lebenden Körper unterscheide sich von dem unbelebten physikalischen Geschehen nicht durch die principielle Ver-

schiedenheit der Natur und Wirkungsweise der vollziehenden Kräfte, sondern durch die Anordnung der Angriffspunkte, die diesen dargeboten seien, und von denen hier wie überall in der Welt die Gestalt des letzten Erfolges abhängt“ (33, S. 7).

Durch derartige Betrachtungen sucht Lotze den Weg zu einer „exacten Physiologie“ anzubahnen, welche er allerdings noch sehr fernliegend erachtet. Den Entwurf zu einer solchen will er in seiner „allgemeinen Physiologie des körperlichen Lebens“ (1851) geben.

Für die Tendenz des Buches sind schon die Ueberschriften der einzelnen Capitel kennzeichnend: Von der Mechanik des Lebens und dem Haushalt der lebendigen Körper, vom Mechanismus des Stoffwechsels, von der Mechanik der ersten und zweiten Wege, der Mechanik der Assimilation und Secretion, von der Mechanik der Bewegungen, von der Mechanik der Gestaltbildung. In letzterem Capitel besonders behandelt Lotze ein Thema, welches seitdem das Leitmotiv zu Roux's Entwicklungsmechanik geworden ist. Das Ei bezeichnet er als eine grössere Substanzmasse, aus welcher sich im Beginn der Entwicklung die Anlagen aller Hauptabtheilungen des Körpers bilden. „Aber diese ersten Keime,“ heisst es dann weiter, „sind nicht nur innerlich noch ungegliedert und erwarten erst von der Zukunft eine Zerfällung in feinere Organisationselemente, sondern auch ihre gegenseitige Lage ist nur in weiten Umrissen bestimmt. Erst eine grosse Mannigfaltigkeit mechanischer Verschiebungen, Dehnungen, Verwachsungen, aus der ungleichförmigen Fortbildung einzelner Theile entspringend, rückt sie allmählich in die Lageverhältnisse, die sie später einnehmen sollen; und umgekehrt wirkt jeder dieser mechanischen Prozesse mitbestimmend

auf die Möglichkeit noch weiter fortschreitender Organisation der verschobenen Theile zurück. Hierin nun ist der Thierkörper während seiner ersten Bildung der Erdrinde einigermassen zu vergleichen; nur sind es nicht ungeordnete, vulkanische Eruptionen, welche die Schichten seines Bildungsmateriales in die unregelmässige Mannigfaltigkeit einer Landschaft verwerfen; sondern geordnete Impulse, die von einigen Bildungsherden ausgehen, bringen zuerst das gleichförmige Entwicklungsmaterial in differente Lagen, in denen es sich fernerhin auch zu differenten Gestalten umwandelt“ (Nr. 35, S. 342).

Und an einer anderen Stelle (Nr. 35, S. 353) heisst es: „Da alle Theile unter einander zusammenhängen, so erzeugt dieser primäre Vorgang eine Menge secundärer Lageveränderungen, die theils als Verschiebungen, Ausbuchtungen, Einstülpungen oder Dehnungen nur erscheinen, theils wirklich auf diesem Wege durch mechanischen Zug und Druck hervorgebracht werden. Diese Ortsveränderungen sind in der ersten Entwicklung von grosser Weite, und sie führen, indem sie früher entfernte Theile nähern, andere entfernen, wiederum Gelegenheiten zu Einwirkungen herbei, durch welche bald die Verwachsung der ersteren, bald eine Trennung der Continuität in den letzteren entsteht. Ein grosser Theil der spätern Gestaltsverhältnisse ist deshalb gar nicht auf irgend eine actualle Weise in der ersten Anlage begründet, sondern der Effect der Bewegungen, in welche das Gebildete durch den Fortgang seiner Entwicklung geräth.“

Im Uebrigen fielen Ideengänge, wie sie Lotze entwickelte, schon zu seiner Zeit auf einen sehr empfänglichen und vorbereiteten Boden. Seit Kant, seit Casp. Fr. Wolff's

Theorie der Generation, seit La Mettrie's Buch „L'homme machine“, welches bei seinem Erscheinen so viel Entrüstung hervorrief, seit der Schule der französischen Encyclopädisten hatte die materialistisch-mechanische Naturauffassung nicht nur unter Naturforschern, sondern auch im Laienpublicum kräftige Wurzeln geschlagen. Alle bahnbrechenden Forscher weisen auf dies Ziel. So erkennt Carl Ernst von Baer als die Aufgabe der Entwicklungslehre, „die bildenden Kräfte des thierischen Körpers auf die allgemeinen Kräfte oder Lebensrichtungen des Weltganzen zurückzuführen“. Desgleichen geht Schwann in seinen mikroskopischen Untersuchungen von der Voraussetzung aus (35, S. 226): „Einem Organismus liegt keine nach einer bestimmten Idee wirkende Kraft zu Grunde, sondern er entsteht nach blinden Gesetzen der Nothwendigkeit durch Kräfte, die ebenso durch die Existenz der Materie gesetzt sind, wie die Kräfte in der anorganischen Natur. Da die Elementarstoffe in der organischen Natur von denen der anorganischen nicht verschieden sind, so kann der Grund der organischen Erscheinungen nur in einer anderen Combination der Stoffe liegen“ etc. Jedenfalls hält es Schwann „für den Zweck der Wissenschaft viel erspriesslicher, nach einer physikalischen Erklärung wenigstens zu streben“.

Auf Schleiden's Auffassung wurde schon in der Einleitung hingewiesen. Und so bemerkt denn Du Bois-Reymond schon 1848 in seinen Untersuchungen über thierische Electricität wohl mit Recht, wie das der Lebenskraft zugeschriebene Gebiet von Erscheinungen mit jedem Tage mehr zusammenschrumpfe, wie immer neue Landstriche unter die Botmässigkeit der physikalischen und chemischen Kräfte gerathen, wie zu erwarten sei, dass dereinst die Physiologie

„ganz in die grosse Staateneinheit der theoretischen Naturwissenschaften aufgehe, ganz sich auflöse in organische Physik und Chemie“ (9 Bd. II, S. 23).

b) Die tendenziöse Verwendung des Begriffes Mechanik durch Roux.

Aussprüche von W. Roux: „Wir dürfen uns nicht verhehlen, dass die causale Erforschung der Organismen eine der schwierigsten, wenn nicht die schwierigste Aufgabe ist, an die der Menschegeist sich gewagt hat.“

Wilhelm Roux, A. f. E. S. 21.

„Die Entwicklungsmechanik muss sich, wie jede neue Richtung in der Wissenschaft, die ihr gebührende Stellung erst nach und nach erwerben.“

Wilhelm Roux, Ges. Abh. S. 90.

Nachdem im Jahre 1880 die Aufmerksamkeit auf Lotze's „Mechanik der Gestaltbildung“ durch Rauber (Zusatz I) neu hingelenkt worden ist, hat wieder Roux, welcher uns in seinen ersten entwicklungsmechanischen Schriften selbst mittheilt, eine grosse Anregung aus Lotze's „allgemeiner Physiologie des körperlichen Lebens“ erhalten zu haben, das Wort Mechanik in tendenziöser Weise benutzt. Allein die Tendenz ist jetzt eine ganz andere geworden!

Lotze hat in seinen oben angeführten Schriften die Stellung und Beziehung der Biologie zur Physik und Chemie erörtern und klarlegen wollen, dass im gesammten Erscheinungsgebiet der Natur dieselben allgemeinen Naturkräfte wirksam sind. Er bekämpfte daher den Vitalismus, eine zu seiner Zeit noch weit verbreitete Richtung, welche zur Erklärung des Lebens die Annahme besonderer, der Welt des Unorganischen fremder Lebenskräfte glaubte annehmen zu müssen. Im Gegensatz zur vitalistischen kennzeichnete Lotze seine Auffassung im philosophischen Sinne als eine mechanistische. Die mechanistische

Auffassung von Lotze hat sich rasch den Sieg in der biologischen Forschung errungen. Ohne auf Widerspruch zu stossen, kann ich wohl behaupten, dass die gesammte Biologie seit vielen Decennien auf dem Standpunkt von Lotze steht, dass das Organische nur eine höhere Form des Mechanischen ist. Hat doch diese mechanistische Auffassung eine mächtige Verstärkung ihrer Stellung durch die darwinistische Richtung erfahren, welche gleichfalls stets die Einheit aller Naturvorgänge (den Monismus) und den Ursprung der Lebewelt aus dem Anorganischen lehrt und sogar den Versuch gemacht hat, die Anpassung der Lebewesen an ihre Umgebung, die „Zweckmässigkeit“ und die Vervollkommnungsmöglichkeit ihrer Organisation ohne Zuhilfenahme von Teleologie durch den Kampf um's Dasein „mechanisch“ zu erklären. Es hiesse daher offene Thüren einrennen, wollte man jetzt noch, wie es Lotze gethan hat, für eine mechanistische Auffassung der Lebewelt zu Felde ziehen.

Darum sage ich: die Tendenz, die Roux mit dem Worte Mechanik verbindet, ist eine andere geworden! Aber welche? Die Tendenz besteht jetzt darin, dass Roux eine neue, höhere Art der entwicklungsgeschichtlichen Forschung inauguriren will, im Vergleich zu welcher ihm die bisher herrschende Arbeitsrichtung in der Anatomie nur als eine untergeordnete Vorstufe und als nicht mehr recht wissenschaftlich erscheint.

In jeder seiner Schriften spricht Roux diese Tendenz sehr unverblümt aus; so auch in folgendem charakteristischem Satz (47 Bd. I S. 29):

„Carl Gegenbaur hat in der Einleitung zu seinem „morphologischen Jahrbuch“ die erkenntnissvollen Worte gesprochen:

»Wohl wird die Zeit kommen, da auch für die Morphologie das Wandelbare der Ziele und damit auch des Strebens sich erweist und da andere Probleme und andere Methoden an die Stelle der gegenwärtigen treten werden.«
Dieses neue Ziel ist das der Entwicklungsmechanik.«

Das Wort Mechanik, welches Lotze als Waffe gegen den Vitalismus benutzte, will Roux zur Fahne machen, unter welcher sich Alles, was höhere biologische Wissenschaft, was Zukunftswissenschaft, was Entwicklungsmechanik treiben will, sammeln soll.

Analoge Erscheinungen sind in der Biologie, welche sich in unserem Jahrhundert wie wenig andere Wissenschaften in lebhaften Gärungsprocessen befindet, auch früher schon zu Tage getreten. Es sei an die Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie erinnert, in deren Titel das Wort „wissenschaftlich“ als Prädicat der Zoologie uns jetzt sonderbar anmuthet, da es doch selbstverständlich erscheint, dass die Wissenschaft „Zoologie“ als solche nicht unwissenschaftlich ist. Auch hier tritt in dem Titel eine Tendenz zu Tage, eine Opposition gegen die systematische Zoologie. Lassen sich aber etwa beide Forschungsrichtungen als wissenschaftlich und als unwissenschaftlich unterscheiden? Fast könnte jetzt der Tag schon nahe gerückt erscheinen, wo die in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie niedergelegten Arbeiten in den Augen einer jüngeren Schule als unwissenschaftlich gelten werden, und wo an Stelle der unwissenschaftlich gewordenen „wissenschaftlichen Zoologie“ sich eine Zoomechanik an

den Tisch der Wissenschaften setzen wird. Der Anfang ist gemacht. Vorläufig hat sich in der Anatomie die Entwicklungsmechanik gemeldet. Noch muss sie, wie Roux an einer Stelle bemerkt, „sich die ihr gebührende Stellung erst nach und nach erwerben“ (s. Aussprüche S. 29). Wohin ihre Ansprüche gehen, haben wir erfahren. Es wird jetzt unsere Aufgabe sein, dieselben noch auf ihre Berechtigung zu untersuchen. Wir fragen daher: Worauf soll die höhere Werthung der Entwicklungsmechanik gegenüber der bisher gepflegten Entwicklungslehre beruhen?

Roux will uns hierüber nicht in Zweifel lassen, sondern hat sich mehrfach hierüber deutlich ausgesprochen.

Für ihn bezeichnet die Entwicklungsmechanik die denkbar höchste Stufe der biologischen Forschung, weil sie die „causale Wissenschaft der Organismen ist“, „die Wissenschaft von den wirklichen Bildungsursachen, von den verae causae, den gestaltenden Kräften und deren Combinationen, denen das Organismenreich im Ganzen und in jedem Individuum seine Entstehung verdankt“ (G. A. S. 59). „Wir dürfen uns nicht verhehlen,“ bemerkt er (s. Aussprüche S. 29), „dass die causale Erforschung der Organismen eine der schwierigsten, wenn nicht die schwierigste Aufgabe ist, an die der Menscheng Geist sich gewagt hat, und dass sie, wie jede causale Wissenschaft, nie das Stadium der Vollendung erreichen wird, da jede Ermittlung einer Ursache neue Fragen nach den Ursachen dieser Ursache gebiert“ (A. f. E. Bd. I, S. 21).

Im Gegensatz dazu bezeichnet Roux die Entwicklungslehre, wie sie bisher betrieben wurde, als beschreibende oder descriptive. Denn er lässt sie nur auf Erforschung der Thatfachen, nicht der Ursachen gerichtet sein. Er

theilt denn auch die Forscherin zwei Gruppen ein, in „descriptive“ und in „causale“ Forscher (G. A. S. 75), das heisst: in Forscher, welche sich mit dem Studium der Entwicklungslehre in alter Weise, und in solche, welche sich mit ihm nach Roux'scher Methode beschäftigen. Ich glaube hier Roux'sche Methode sagen zu dürfen, da Roux öfters versichert, dass wir uns erst jetzt „am Beginn exacter causaler Forschungen“ befinden (G. A. S. 76), woraus folgt, dass früher causale Entwicklungslehre wohl nicht getrieben worden ist.

Die descriptiven Forscher müssen sich bescheiden, die Vorarbeiten für die causalen Forscher zu liefern. Zwar haben erstere sich schon häufig herausgenommen, selbst causal zu denken. Dafür werden sie aber auch von Roux in seinen Zielen und Wegen der Entwicklungsmechanik auf das Verkehrte ihres Beginnens aufmerksam gemacht (G. A. S. 75): „Nach der Anzahl der bereits über ursächliche Verhältnisse der individuellen Entwicklung vorliegenden Aufgaben wäre die Entwicklungsmechanik eine der am meisten gepflegten Wissenschaften und selber bereits auf einer hohen Stufe der Entwicklung; denn die Forscher auf dem Gebiete der beschreibenden Entwicklungsgeschichte haben über die Entstehung vieler formaler Bildungen schon recht bestimmte Urtheile ausgesprochen. Doch diesen Urtheilen fehlt fast ausnahmslos eine genügende sachliche Begründung; es fehlen die »Beweise« für die Richtigkeit gerade dieser speciellen Auffassung; wie denn mit den descriptiven Forschungsmethoden an normalen Objecten »sichere« Beweise für ursächliche Zusammenhänge überhaupt »nicht« erbracht werden können. Es wird übersehen, dass aus constanten Beziehungen zwischen normalen Erscheinungen oder

Vorgängen über die vermittelnde Ursache dieser Constanz deshalb keine sicheren Schlüsse gezogen werden können, weil wir die Complicirtheit der normalen Wechselwirkungen noch nicht annähernd übersehen können.“ „Obgleich diese so wichtige, für die Methode der causalen biologischen Forschung bestimmende Sachlage wiederholt hervorgehoben worden ist, so scheint sie doch bei manchen descriptiven Forschern nur sehr langsam Verständniss zu finden, denn sie fahren fort, ihre bloss descriptiven Beobachtungen causal zu verwerthen und die experimentell gewonnenen Ergebnisse unbeachtet zu lassen.“

In consequenter Festhaltung des Gedankens, dass die causale Forschung auf dem Gebiete der Entwicklungslehre erst jetzt beginnt, meint denn auch Roux, dass „die causalen Forscher einen Umweg einschlagen und sich selber ein Armuthszeugniss ausstellen würden, wenn sie ihr Werk damit anfangen wollten, diese mannigfachen, nicht bewiesenen Aussprüche descriptiver Forscher auf ihre Richtigkeit zu prüfen“. „Von diesen ganzen Urtheilen ist kaum mehr zu verwerthen, als die Einsicht, dass ungleiches Wachsthum eine der nächsten Ursachen der Gestaltbildung ist“ (l. c. S. 76).

In diesen und ähnlichen Aeusserungen zeigt Roux eine erstaunliche Verkennung dessen, was die Entwicklungslehre bis jetzt an wissenschaftlicher Erkenntniss zu Tage gefördert hat, und nicht minder eine Verkennung ihrer Aufgaben, der Mittel und Wege zu ihrer Lösung. Da nun zugleich dieser Forscher als Wortführer einer Richtung auftritt, für welche sein Archiv der Entwicklungsmechanik den Mittelpunkt abgeben soll, so ist es wohl nicht unangebracht, die von Roux mit so viel Emphase vorgetragene Unterscheidung einer

„descriptiven“ und einer „causalen entwicklungsgeschichtlichen Forschung“, einer alten, den Handlangerdienst verrichtenden und einer neuen, „die schwierigste Aufgabe, an welche sich der Menscheng Geist gewagt hat“, darstellenden Richtung noch einer kritischen Beurtheilung zu unterziehen.

Nach Roux lehrt die bisher geübte „beschreibende“ Richtung nur die nackten Thatsachen an Formen und Vorgängen. Eine ursächliche Erklärung davon zu geben und wirkliche Erkenntniss zu verbreiten, ist nach seiner Meinung die erst noch zu lösende Aufgabe der Entwicklungsmechanik. Es ist eine missliche und keineswegs erfreuliche Aufgabe, auseinander setzen zu sollen, von welchem Punkte an Kenntnisse zur Erkenntniss werden, wo das beschreibende Wissen aufhört, und wo das ursächliche Wissen beginnt. Noch fehlt uns ein Instrument für derartige subtile Unterscheidungen. Jedenfalls aber lässt sich eins sagen — denn es liegt klar auf der Hand — : die Entwicklungslehre, wie sie bisher ausgebildet ist, lehrt uns keineswegs nackte zusammenhangslose Thatsachen, sie lehrt uns vielmehr Reihen von Thatsachen, die in einem absolut nothwendigen, ursächlichen Verhältniss zu einander stehen.

Das Gesagte ergibt sich von selbst aus der besonderen Natur des dem Embryologen vorliegenden Untersuchungsobjectes. Denn der Entwicklungsprocess eines Organismus spielt sich in einer festgeordneten Reihe oder einer Stufenfolge zahlloser wechselnder Erscheinungen oder Thatsachen ab, deren Wechsel darin besteht, dass sich eine Erscheinung in die andere continuirlich umwandelt. Ihre Aufeinanderfolge und ihre Umwandlung ist aber unter gleichbleibenden Bedingungen eine absolut nothwendige, vollzieht sich ebenso nach einem unfehlbaren Naturgesetz, als der in die Luft geworfene Stein nach bestimmter Zeit und mit bestimmter

Geschwindigkeit nach dem Fallgesetz zu Boden sinkt oder die Himmelskörper ihre Bahnen beschreiben. Jede Erscheinung in einem Entwicklungsprocess verhält sich daher zu der ihr vorausgehenden Erscheinung wie die Folge zu ihrem Grund, wie die Wirkung zu ihrer Ursache, wobei wir allerdings, um uns eines logischen Fehlers und eines Uebersehens nicht schuldig zu machen, hinzufügen müssen, dass in jede folgende Erscheinung auch äussere Ursachen, die Umstände oder Bedingungen, fortwährend mit eingehen. Eine lebende Froschkeimblase ist der Grund, welcher mit unfehlbarer Nothwendigkeit zur Entstehung einer Froschgastrula als Folge führt, wenn sonst die äusseren Ursachen oder die Bedingungen zur weiteren Entwicklung erfüllt sind. Für die Worte Grund und Folge kann man ebenso gut auch die Worte Ursache und Wirkung setzen. Daher stellt die entwicklungsgeschichtliche Forschung, welche die Umwandlung der Froschkeimblase in die Gastrula beschreibt, ein ursächliches Verhältniss und, sofern sie das für alle Stadien der Entwicklung des Frosches aus dem Ei thut, das Entwicklungsgesetz des Frosches dar.

In dieser Richtung hat die Forschung seit fünfzig Jahren die wichtigsten causalen Erkenntnisse zu Tage gefördert. Ist nicht causal die Erkenntniss, dass die Eier und Samenfäden einfache Elementarorganismen oder Zellen sind, und dass sie schon als solche, wenn die geeigneten Bedingungen erfüllt sind, alle Ursachen (von den *causae externae* abgesehen) in sich vereinigen, welche zur Entstehung des neuen Geschöpfes erforderlich sind, und sie sofort auch in Wirksamkeit treten lassen? ist nicht causal die Erkenntniss, welche uns zeigt, in welcher Weise Stufe für Stufe Ursachen und Wirkungen (Zellvermehrung, ungleiches Wachsthum, Einfaltung, Aus-

stülpung etc.) sich in gesetzmässiger Weise abspielen und eine Entwicklungsform nach der anderen in's Dasein treten lassen; dass der Entwicklungsprocess in seinen ersten Gründen auf der fast in's Unendliche fortschreitenden Vermehrung der Eizelle auf dem Wege der Selbsttheilung beruht, dass die Zellen sich nach festen Gesetzen zu Keimblättern zusammenordnen, dass fast alle noch so complicirt gebauten Organe des erwachsenen Thieres nach einigen wenigen, einfachen Wachstumsprincipien durch Einfaltung und Ausstülpung der Keimblätter oder durch Auswanderung von Zellen aus dem epithelialen Verbande formal entstanden sind?

Rein theoretisch betrachtet liegt die Möglichkeit vor uns offen, dass bei der weiteren Verfolgung des eingeschlagenen Weges die Entwicklungslehre uns sogar zu einer — ich möchte fast sagen — astronomischen Erkenntniss des Entwicklungsprocesses führen könnte. Ich habe schon oben erörtert, welche Aufgaben sich von Seiten des mathematischen Physikers für die Erforschung des Entwicklungsverlaufs stellen lassen: genaue Bestimmung der Grösse und Schwere der Eizelle und der aus ihr hervorgehenden Embryonalzellen auf jedem einzelnen Stadium, desgleichen genaue, in mathematischen Formeln wiederzugebende Berechnung der Bahnen und der wechselnden Geschwindigkeit der Bewegung innerhalb ihrer Bahn für jede einzelne Embryonalzelle, Construction des Gesetzes in einer Entwicklungsformel, aus welcher sich dann für die zehnte, zwanzigste Zellengeneration etc. im Voraus sagen lässt, welche Stellung jede einzelne Zelle im System einnehmen und welche Bewegungsgeschwindigkeit sie in einem bestimmten Moment besitzen muss.

Die Schwierigkeit dieser Zukunftsaufgabe liegt nicht

auf dem Gebiete des „causalen Denkens“, auch nicht auf dem Gebiete der mathematischen Berechnung, da uns die Astronomie ja lehrt, welche Aufgaben hier mit jahrelanger Geduld sich bewältigen lassen, — sie liegt lediglich auf dem Gebiete der Beobachtung. Unserem Beobachtungsvermögen fehlt vor der Hand jede Möglichkeit, die zur Lösung einer solchen Aufgabe erforderlichen Thatsachen herbei zu schaffen. Im Uebrigen will ich auch ganz dahingestellt sein lassen, ob die Lösung einer derartigen Aufgabe überhaupt einen ihrer Schwierigkeit angemessen hohen Erkenntnisswerth in sich bergen würde. Denn nicht jedes in mathematische Formeln eingekleidete Wissen ist an sich schon ein höherer Grad von Wissen; es kann auch völlig werthloses Wissen sein, wie zum Beispiel die mathematische Berechnung der Bewegungen eines Mückenschwarms. Doch darüber an anderer Stelle (S. 94) mehr.

Die hier vorgetragene Ansicht, welche in der Entwicklung eines Organismus ein System ursächlich verbundener Erscheinungen erblickt und daher nicht zögert, die über sie handelnde Wissenschaft auch eine causale zu nennen, weil sie Erscheinungen in ihrem nothwendigen Causalnexus darzustellen hat, will Roux nicht gelten lassen. Er will die gegenwärtige Ableitung der Formbildungen von Faltungen und Ausstülpungen einer Zellmembran, von Verschmelzungs- und Abschnürungsvorgängen u. dgl. nicht als eine causale Analyse anerkennen, ebenso wenig die Zurückführung der genannten Vorgänge „auf Vergrößerung, Verkleinerung, Umgestaltung, Theilung und Umordnung der Zellen“. Roux nennt diese Unterscheidungen bloss gestaltliche; eine „Analyse aber der organischen Gestaltungsvorgänge nach den Ursachen und deren specifischen Combinationen“ lässt er noch ausstehen (G. A. S. 36, 37).

Derartige und andere höchst unklare Urtheile von Roux finden ihre Erklärung hauptsächlich darin, dass er dem Begriff „Ursache“ eine falsche Fassung gegeben hat. Für ihn ist Ursache gleich Kraft (A. f. E. S. 2 u. 3). „Da man die Ursachen jeden Geschehens Kräfte resp. Energieen nennt,“ bemerkt er, „so kann man als das allgemeine Ziel der Entwicklungsmechanik die Ermittlung der gestaltenden Kräfte oder Energieen“¹⁾ bezeichnen. In diesem einen Satze liegt wegen der aus ihm abgeleiteten Consequenzen die Quelle vieler Irrthümer und Selbsttäuschungen, liegt die ganze Unklarheit und eitle Selbstüberhebung des Roux'schen Standpunktes. Daher hat hier unsere Kritik an erster Stelle einzusetzen!

Das Wort Ursache ist nichts weniger als gleichbedeutend mit dem Worte Kraft.

Schon Lotze hat sich gegen die jetzt wieder von Roux beliebte Verwendung des Begriffes energisch ausgesprochen. „Man kann,“ bemerkt er, „die tiefen Irrthümer der Physiologie nicht kürzer beisammen finden, als in der oft gebrauchten Definition, dass die Kraft die unbekante Ursache der Erscheinungen sei. In ihr lernen wir nicht bloss die Kraft als ein Ding kennen, da sie doch immer nur der Grund eines Geschehens sein kann“ u. s. w. (34, S. XIX).

¹⁾ Eine ähnliche Definition des Zieles giebt Dreyer in seinen Zielen und Wegen biologischer Forschung in dem Satz (6, S. 78: „Einer ätiologisch-mechanischen Forschungsperiode wartet die Aufgabe, den verwickelten Kräftecomplex, den wir unter dem Namen des Lebens begreifen, in seine constituirenden elementaren Kräfte aufzulösen und die Lebenserscheinungen und -Formen(!) durch Zurückführung auf elementare, physikalisch-chemische Kräfte und womöglich mathematisch strenge Gesetze auf den festen Boden einer exacten Erklärung zu stellen.“

Nicht minder energisch hat bereits vor Lotze Schopenhauer an vielen Stellen den häufigen Missbrauch der Worte „Ursache und Kraft“ gerügt und sich über ihre Bedeutung eingehend und klar geäußert. „Die Verwechslung der Naturkraft mit der Ursache ist so häufig wie für die Klarheit des Denkens verderblich. Nicht nur werden die Naturkräfte selbst zu Ursachen gemacht, indem man sagt: die Elektrizität, die Schwere u. s. f. ist Ursache; sondern sogar zu Wirkungen machen sie Manche, indem sie nach einer Ursache der Elektrizität, der Schwere u. s. w. fragen, welches absurd ist“ (Bd. I S. 46). „Etwas ganz Anderes ist es jedoch, wenn man die Zahl der Naturkräfte dadurch vermindert, dass man eine derselben auf eine andere zurückführt, wie in unseren Tagen den Magnetismus auf die Elektrizität. Jede echte, also wirklich ursprüngliche Naturkraft aber, wozu auch jede chemische Grundeigenschaft gehört, ist wesentlich *qualitas occulta*, d. h. keiner physischen Erklärung weiter fähig, sondern nur noch einer metaphysischen, d. h. über die Erscheinung hinausgehenden.“ „Es ist unmöglich, mit seinem Denken im Klaren zu sein, solange darin Kraft und Ursache nicht als völlig verschieden deutlich erkannt werden. Zur Verwechslung derselben führt aber sehr leicht der Gebrauch abstracter Begriffe, wenn die Betrachtung ihres Ursprungs bei Seite gesetzt wird. Man verlässt die auf der Form des Verstandes beruhende, stets anschauliche Erkenntniss der Ursachen und Wirkungen, um sich an das Abstractum **Ursache** zu halten: bloss dadurch ist der Begriff der Causalität, bei aller seiner Einfachheit, so sehr häufig falsch gefasst worden.“ „Von der Kette der Causalität, welche vorwärts und rückwärts endlos ist, bleiben in der Natur zwei Wesen unberührt: die Materie und die

Naturkräfte. Denn das Eine (die Materie) ist das, an welchem die Zustände und ihre Veränderungen eintreten; das Andere (die Naturkräfte) das, vermöge dessen allein sie überhaupt eintreten können“ (Bd. III S. 52).

„Kein Begriff ist in der Philosophie so sehr gemissbraucht worden, als der der Ursache, mittelst des so beliebten Kunstgriffs oder Missgriffs, ihn durch das Denken in abstracto zu weit zu fassen, zu allgemein zu nehmen.“

Nach Schopenhauer ist „der allein richtige Ausdruck für das Gesetz der Causalität“ dieser (Bd. III S. 49): „Jede Veränderung hat ihre Ursache in einer anderen, ihr unmittelbar vorhergängigen. Wenn etwas geschieht, d. h. ein neuer Zustand eintritt, d. h. etwas sich verändert, so muss gleich vorher sich etwas Anderes verändert haben, vor diesem wieder etwas Anderes und so aufwärts in's Unendliche; denn eine erste Ursache ist so unmöglich zu denken, wie ein Anfang der Zeit oder eine Grenze des Raums.“

„Es ist von der höchsten Wichtigkeit, dass man von der wahren und eigentlichen Bedeutung des Causalitätsgesetzes wie auch vom Bereich seiner Geltung vollkommen deutliche und feste Begriffe habe, also vor allen Dingen klar erkenne, dass dasselbe allein und ausschliesslich auf Veränderungen materieller Zustände sich bezieht und schlechterdings auf nichts Anderes, folglich nicht herbeigezogen werden darf, wo nicht davon die Rede ist. Es ist nämlich der Regulator der in der Zeit eintretenden Veränderungen der Gegenstände der äusseren Erfahrung: diese aber sind sämtlich materiell. Jede Veränderung kann nur eintreten dadurch, dass eine andere, nach einer Regel bestimmte ihr vorhergegangen ist, durch welche sie aber dann als noth-

wendig herbeigeführt eintritt: diese Nothwendigkeit ist der Causalnexus“ (Bd. I S. 36).

Ursache und Wirkung bilden eine endlose Reihe, da jede Ursache selbst wieder die Wirkung einer noch früher vorausgegangenen Ursache und jede Wirkung selbst wieder Ursache einer später nachfolgenden Wirkung ist. Was sich verändert, sind die „Dinge, d. h. Zustände der Materie“; „denn nur auf Zustände bezieht sich die Veränderung und die Causalität. Diese Zustände sind es, welche man unter Form im weiteren Sinne versteht, und nur die Formen wechseln, die Materie beharrt. Also ist auch nur die Form dem Gesetz der Causalität unterworfen. Aber auch die Form macht das Ding aus, d. h. begründet die Verschiedenheit der Dinge, während die Materie als in Allem gleichartig gedacht werden muss“ (Bd. III S. 49). „Daher betrifft die Frage nach der Ursache eines Dinges stets nur dessen Form, d. h. Zustand, Beschaffenheit, nicht aber dessen Materie, und auch jene nur, sofern man Gründe hat, anzunehmen, dass sie nicht von jeher gewesen, sondern durch eine Veränderung entstanden sei. Die Verbindung der Form mit der Materie giebt das Concrete, welches stets ein Einzelnes ist, also das Ding, und die Formen sind es, deren Verbindung mit der Materie, d. h. deren Eintritt an dieser, mittelst einer Veränderung, dem Gesetze der Causalität unterliegt“ (Bd. III S. 50).

„Von der endlosen Kette der Ursachen und Wirkungen, welche alle Veränderungen leitet, aber nimmer sich über diese hinaus erstreckt, bleiben eben dieserhalb zwei Wesen unberührt: einerseits nämlich die Materie und andererseits die ursprünglichen Naturkräfte, jene, weil sie der Träger aller Veränderungen oder dasjenige ist, woran solche vorgehen; diese, weil sie das sind, vermöge dessen die Ver-

änderungen oder Wirkungen überhaupt möglich sind, das, was den Ursachen die Causalität, d. h. die Fähigkeit zu wirken allererst ertheilt, von welchem sie also diese bloss zu Lehen haben. Ursache und Wirkung sind die zu nothwendiger Succession in der Zeit verknüpften Veränderungen: die Naturkräfte hingegen, vermöge welcher alle Ursachen wirken, sind von allem Wechsel ausgenommen, daher in diesem Sinne ausser aller Zeit, eben deshalb aber stets und überall vorhanden, allgegenwärtig und unerschöpflich, immer bereit, sich zu äussern, sobald nur, am Leitfaden der Causalität, die Gelegenheit dazu eintritt. Die Ursache ist allemal, wie auch ihre Wirkung, ein Einzelnes, eine einzelne Veränderung: die Naturkraft dagegen ist ein Allgemeines, Unveränderliches, zu aller Zeit und überall Vorhandenes; z. B. dass der Bernstein jetzt die Flocke anzieht, ist die Wirkung: ihre Ursache ist die vorhergegangene Reibung und jetzige Annäherung des Bernsteins, und die in diesem Process thätige, ihm vorstehende Naturkraft ist die Electricität (Bd. I S. 45).

Wir haben somit von dem, was man unter Causalität und unter causalem Forschen zu verstehen hat, einen ganz anderen Begriff als Roux. Mit Schopenhauer, Lotze u. A. nennen wir causal die Forschung und die Wissenschaft, welche uns die Erscheinungen dieser Welt in ihren ursächlichen Zusammenhängen darstellt, das heisst: uns nachweist, dass Erscheinungen in nothwendigem Verhältniss von Ursache und Wirkung zu einander stehen. Wir nennen es daher, wie schon früher erwähnt wurde, ein causales Verhältniss erforschen und erklären, wenn gezeigt wird, wie sich die Gastrula durch Einfaltung aus einer Keimblase, das Rückenmark durch Zusammenfallen einer Zellenplatte zum Rohr anlegt u. s. w.

Soweit die Dinge, welche dem Causalitätsgesetz unterliegen, der sinnlichen Welt angehören, lassen sich ihre ursächlichen Zusammenhänge auch beschreibend darstellen. Wir denken daher von einer descriptiven Wissenschaft, welche, in ihrer Vollendung gedacht, den Causalnexus der Erscheinungen vollkommen beschreibt, sehr hoch und sind der Meinung von Schopenhauer: „Was wir aus seinen Ursachen verstehen, das verstehen wir, soweit es überhaupt für uns ein Verständniss der Dinge giebt.“ In diesem Sinne bezeichnet Kirchhoff (29 S. 1) die Mechanik selbst, welche doch allgemein als der am meisten vollendete Zweig der Naturwissenschaft und als das Vorbild aller übrigen Zweige gilt, „als eine beschreibende Wissenschaft“. „Er stellt als die Aufgabe der Mechanik hin, die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen zu **beschreiben**, und zwar vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben. Er will damit sagen, dass es sich nur darum handeln soll, anzugeben, **welches** die Erscheinungen sind, die stattfinden“; dagegen will er den Begriff „Kraft“, wegen der ihm anhaftenden Unklarheit, dabei ganz aus dem Spiel lassen.

Wie die Begriffe „Ursache und Wirkung“ ist jetzt auch der Begriff „Kraft“, welcher in der Definition der Entwicklungsmechanik eine so verhängnisvolle Rolle spielt, noch einer genaueren Analyse zu unterwerfen.

Die Kräfte, die wir in der uns umgebenden Welt wirken lassen, entziehen sich als solche vollständig unserer sinnlichen Wahrnehmung; sie sind *qualitates occultae*. Was wir wahrnehmen, sind allein die Dinge oder Erscheinungen der Körperwelt und die an ihnen sich in Raum und Zeit vollziehenden Veränderungen. Sie allein sind daher auch Gegenstand der naturwissenschaftlichen Erkenntniss. Der Begriff Kraft ist ein rein abstracter.

Wir legen in unserem Denken ein Etwas, das wir Kraft nennen, den Dingen bei, wenn wir an ihnen eine Veränderung eintreten sehen, oder anders ausgedrückt: aus einer eintretenden Veränderung schliessen wir auf ein Etwas, das gleichsam wie ein lebendiges Wesen an der ruhenden Erscheinung die Veränderung hervorbringt oder bewirkt. Was dieses Wesen aber eigentlich ist, bleibt dabei vollkommen im Dunkel, und wir können, um uns darüber zu verständigen, jedenfalls nicht mehr thuen, als dass wir auf die Veränderungen in den Zuständen der uns umgebenden Körperwelt hinweisen, welche eben unser Denken zur Annahme des Begriffes Kraft veranlasst haben. Darüber hinaus entzieht sich das Wesen der Kraft vollständig der naturwissenschaftlichen Erkenntniss und ist überhaupt kein Gegenstand ihrer Forschung mehr. Es beschäftigt sich daher, streng genommen, die Physik nicht mit der Erforschung der magnetischen und elektrischen Kraft etc., vielmehr mit der Erforschung von Erscheinungen, welche für unser Denken etwas Gemeinsames haben, das wir unter dem abstracten Begriff der magnetischen, der elektrischen Kraft etc. oder des Magnetismus und der Elektrizität zusammenfassen.

Die vollständige und erschöpfende Definition einer bestimmten Naturkraft ist daher nichts Anderes als die zusammenfassende und, soweit es geht, in eine Formel gebrachte oder in Gesetze gefasste Beschreibung einer Summe von Erscheinungen, welche in ihren Veränderungen für unser vergleichendes Urtheil eine Summe gemeinsamer Merkmale darbieten und uns daraus auf ein in ihnen wirkendes gleichartiges Etwas, — das ist eine Naturkraft, — schliessen lassen.

Mit vollem Recht hat daher Kirchhoff, wie oben

erwähnt wurde, als die Aufgabe der Mechanik bezeichnet: die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben, und hat daher die Mechanik als die Wissenschaft von der Bewegung bezeichnet. Denn über das Wesen der für das Zustandekommen der Bewegungen angenommenen Grundkräfte in der Mechanik kann uns die Forschung nicht mehr lehren, als es die auf die einfachste Weise gegebene Beschreibung von den Bewegungen der Körper schon thut.

Angesichts der Aussprüche von Roux und von manchen andern Forschern, welche die Erforschung der gestaltenden Kräfte oder Energien, der *causae verae*, als die wahre Aufgabe der Biologie hinstellen, scheint es uns an der Zeit, diese Verhältnisse wieder einmal klar zu legen. Etwas Neues sagen wir damit nicht, sondern wiederholen im Wesentlichen nur, was schon mehrfach von Philosophen und von philosophisch geschulten Naturforschern in klarer Weise auseinandergesetzt worden ist, von Schopenhauer, Du Bois-Reymond, von Lotze, Nägeli, Kuno Fischer u. A.

Auf einige ihrer Aussprüche sei noch hingewiesen, um den wichtigen Begriff „Kraft“ nach allen Richtungen zu beleuchten.

„Die Irrthümer, die sich in Betreff des Begriffes »Kraft« weit verbreitet finden,“ bemerkt Lotze, „üben auf die Auffassung der Physiologie im Ganzen ebensowohl wie auf die Gestaltung einzelner ihrer Lehren einen so schädlichen Einfluss aus, dass wir uns ein möglichst genaues Eingehen auf sie hier nicht ersparen können. Kräfte, welches auch die bestimmtere Bedeutung dieser Vorstellung sein mag, sind in der äusseren Natur niemals Gegenstände unmittelbarer Beobachtung; aber aus einer Wahrnehmung von Vor-

gängen in unserem eigenen Innern scheint sich überall ihr Begriff entwickelt zu haben“ (35, S. 85). Und an anderer Stelle (34, S. XVIII): „Kräfte zeigt keine Erfahrung, sie sind ein Supplement des Gedankens. Die vergleichende Abstraction leitet zuerst aus den Erscheinungen immer nur allgemeine Gesetze der Beziehung her; sie sagt uns z. B., dass alle im Raum gleichzeitig vorhandenen Körper sich mit zunehmender Geschwindigkeit nähern, deren Beschleunigung den Quadraten der Annäherung proportional ist. Nur Gesetze dieser Art fließen unmittelbar aus der analysirenden Kritik des Thatbestandes, und sie werden jeder philosophischen Forschung vollkommen genügen. Allein durch einen unwiderstehlichen Hang, über dessen Ursprung man sich aus der Metaphysik unterrichten mag, wird der denkende Geist angetrieben, dasjenige, was den Dingen in ihrem Zusammensein begegnet, als Verdienst oder Schuld, als That überhaupt eines Subjectes anzusehen und die bloss denkbare Möglichkeit, in gewisse Verhältnisse zu kommen, als eine reale Eigenschaft des Dinges zu betrachten und sie so in Gestalt einer den späteren Erfolg herbeiführenden Kraft in das Innere des Dinges zu verlegen. Wir wissen, dass über das Verhalten jedes Seienden gegen andere nicht von ihm selbst, sondern von allgemeinen Gesetzen entschieden wird; insofern ist es eine Fiction, wenn der Begriff der Kraft dennoch das, was dem Dinge nur in Folge der Gesetze unter gewissen Bedingungen zukommt, als ein ihm eigenthümliches Verdienst, Kraft und Tugend ihm zuschreibt.“ „Wir werden sagen müssen, dass Kräfte gar nichts in den Dingen wirklich Vorhandenes, noch weniger etwas Fertiges, ihnen ein für allemal Inhärirendes sind, sondern dass die Dinge solche Kräfte zuweilen erlangen, in dem Momente nämlich, wo aus dem Zusammenkommen

ihrer Eigenschaften mit denen anderer in irgend einer Beziehung eine Folge hervorgeht. Die Dinge wirken nicht, weil sie Kräfte haben, sondern sie haben dann scheinbare Kräfte, wenn sie etwas bewirken.“

Schopenhauer bezeichnet als Aetiologie die Wissenschaft von den Umwandlungen der Materie, von den Gesetzen ihres Uebergangs aus einer Form in die andere und rechnet zu ihr die Mechanik, Physik, Chemie, Physiologie. „Die Aetiologie lehrt uns, dass nach dem Gesetz von Ursache und Wirkung dieser bestimmte Zustand der Materie jenen anderen herbeiführt, und damit hat sie ihn erklärt und das Ihrige gethan. Indessen thut sie im Grunde nichts weiter, als dass sie die gesetzmässige Ordnung, nach der die Zustände in Raum und Zeit eintreten, nachweist und für alle Fälle lehrt, welche Erscheinung zu dieser Zeit, an diesem Orte nothwendig eintreten muss: sie bestimmt ihnen also ihre Stelle in Zeit und Raum nach einem Gesetz, dessen bestimmten Inhalt die Erfahrung gelehrt hat, dessen allgemeine Form und Nothwendigkeit jedoch unabhängig von ihr uns bewusst ist. Ueber das innere Wesen irgend einer jener Erscheinungen erhalten wir aber dadurch nicht den mindesten Aufschluss: dieses wird Naturkraft genannt und liegt ausserhalb des Gebietes der ätiologischen Erklärung, welche die unwandelbare Constanz des Eintritts der Aeusserung einer solchen Kraft, so oft die ihr bekannten Bedingungen dazu da sind, Naturgesetz nennt. Dieses Naturgesetz, diese Bedingungen, dieser Eintritt, in Bezug auf bestimmten Ort zu bestimmter Zeit, sind aber Alles, was sie weiss und je wissen kann. Die Kraft selbst, die sich äussert, das innere Wesen der mit jenen Gesetzen eintreten-

den Erscheinungen bleibt ihr ewig ein Geheimniss, ein ganz Fremdes und Unbekanntes, sowohl bei der einfachsten wie bei der complicirtesten Erscheinung. Denn wiewohl die Aetiologie bis jetzt ihren Zweck am vollkommensten in der Mechanik, am unvollkommensten in der Physiologie erreicht hat, so ist dennoch die Kraft, vermöge welcher ein Stein zur Erde fällt, oder ein Körper den andern fortstösst, ihrem inneren Wesen nach uns nicht minder fremd und geheimnissvoll, als die, welche die Bewegungen und das Wachsthum eines Thieres hervorbringt (Bd. II, S. 116).

„Die Mechanik setzt Materie, Schwere. Undurchdringlichkeit, Mittheilbarkeit der Bewegung durch Stoss, Starrheit u. s. w. als unergründlich voraus, nennt sie Naturkräfte, ihr vollständiges und regelmässiges Erscheinen unter gewissen Bedingungen Naturgesetz, und danach erst fängt sie ihre Erklärung an, welche darin besteht, dass sie treu und mathematisch genau angiebt, wie, wo und wann jede Kraft sich äussert, und dass sie jede ihr vorkommende Erscheinung auf eine jener Kräfte zurückführt. Ebenso machen es Physik, Chemie, Physiologie in ihrem Gebiet, nur dass sie noch viel mehr voraussetzen und weniger bieten. Demzufolge wäre auch die vollkommenste ätiologische Erklärung der gesammten Natur eigentlich nie mehr als ein Verzeichniss der unerklärlichen Kräfte und eine sichere Angabe der Regel, nach welcher die Erscheinungen derselben in Zeit und Raum eintreten, sich succediren, einander Platz machen: aber das innere Wesen der also erscheinenden Kräfte müsste sie, weil das Gesetz, dem sie folgt, nicht dahin führt, stets unerklärt lassen und bei der Erscheinung und deren Ordnung stehen bleiben“ (Bd. II, S. 117).

„Wir sehen, dass von aussen dem Wesen der Dinge
Hertwig, Zeit- und Streitfragen. II.

nimmermehr beizukommen ist: wie immer man auch forschen mag, so gewinnt man nichts als Bilder und Namen“ (Bd. II, S. 118). — „Mechanik, Physik, Chemie lehren die Regeln und Gesetze, nach denen die Kräfte der Undurchdringlichkeit, Schwere, Starrheit, Flüssigkeit, Cohäsion, Elasticität, Wärme, Licht, Wahlverwandtschaften, Magnetismus, Electricität u. s. w. wirken, d. h. das Gesetz, die Regel, welche diese Kräfte in Hinsicht auf ihren jedesmaligen Eintritt in Zeit und Raum beobachten: die Kräfte selbst aber bleiben dabei, wie man sich auch geberden mag, *qualitates occultae*“ (Bd. II, S. 145).

„Es ist ein ebenso grosser, wie gewöhnlicher Irrthum, dass die häufigsten, allgemeinsten und einfachsten Erscheinungen es wären, die wir am besten verstehen; da sie doch vielmehr nur diejenigen sind, an deren Anblick und unsere Unwissenheit darüber wir uns am meisten gewöhnt haben. Es ist uns ebenso unerklärlich, dass ein Stein zur Erde fällt, als dass ein Thier sich bewegt“ (Bd. II, S. 148).

Schopenhauer bezeichnet daher „ein Naturgesetz als die der Natur abgemarkte Regel, nach der sie, unter bestimmten Umständen, sobald diese eintreten, jedes Mal verfährt: daher kann man allerdings das Naturgesetz definiren als eine allgemein ausgesprochene Thatsache, un fait généralisé, wonach dann eine vollständige Darlegung aller Naturgesetze doch nur ein *complettes Thatsachenregister* wäre“ (Bd. II, S. 167).

Denselben Ideengängen wie bei Lotze und Schopenhauer begegnen wir bei Nägeli:

„Da alle Vorstellungen, welche wir von der Natur haben, uns durch die sinnliche Wahrnehmung vermittelt werden, so kann auch unser Erkennen nicht weiter gehen,

als dass wir die wahrgenommenen Erscheinungen mit einander vergleichen und sie mit Rücksicht auf einander beurtheilen“ (41, S. 578).

„Wir können nicht nur die verschiedenen Dinge mit einander vergleichen und durch einander messen, sondern wir können auch ein System, eine einheitliche Gruppe von zusammengehörigen Dingen, insofern sie sich verändert, in verschiedenen, auf einander folgenden Zeiten mit sich selbst vergleichen und mit sich selbst messen. Die Erkenntniss der Veränderung ist vollendet, wenn der spätere Zustand als die nothwendige Folge des früheren oder dieser als der nothwendige Vorgänger des späteren nachgewiesen, wenn einer aus dem andern construirt, wenn also die beiden Zustände in das Verhältniss von Ursache und Wirkung gebracht werden können“ (S. 580).

„Einen Naturvorgang begreifen heisst gleichsam nichts Anderes als ihn denkend wiederholen, ihn in Gedanken hervorbringen“ (S. 582).

„Wir können nur das Endliche, aber wir können auch alles Endliche erkennen, das in den Bereich unserer sinnlichen Wahrnehmung fällt“ (S. 585).

„Es wäre ein Irrthum, anzunehmen, dass wir das Zustandekommen des Naturlebens überhaupt aus seinen Ursachen begreifen. Die gleiche Schranke wie in den geistigen finden wir in allen rein materiellen Vorgängen. Wir wissen aus Erfahrung, dass in der unorganischen Welt die Ursache in der Wirkung aufgeht, aber es ist uns unfassbar, wie die Uebertragung geschieht. Wir wissen aus Erfahrung, dass ein in die Luft geworfener Stein auf die Erde fällt, und wir sagen, es geschehe deshalb, weil die Erde ihn anziehe; allein diese Anziehung ist für uns un-

begreiflich.“ „Was wir wissen, ist, dass zwei von einander entfernte Körper so auf einander wirken, dass sie, wenn kein Hinderniss entgegensteht, sich bis zur Berührung nähern. Worin aber diese Einwirkung besteht, wie dieselbe die gegenseitige Bewegung zu Stande bringt, ist uns gerade so unbegreiflich und wird uns gerade so ein ewiges Räthsel bleiben, wie das Zustandekommen der Empfindung und des Bewusstseins aus den materiellen Ursachen.“ „Das Nämliche finden wir bei allen materiellen, physikalischen und chemischen Vorgängen. Ein positiv und ein negativ elektrischer Körper bewegen sich gegen einander, zwei Körper mit gleichnamiger Elektrizität bewegen sich von einander weg. Wenn wir sagen, dass im ersten Fall Anziehung, im zweiten Abstossung stattfindet, so sind dies nur kurze Ausdrücke, welche Reihen von gleichartigen Vorgängen zusammenfassen, aber keine Erklärungen. Wir gewöhnen uns aber an solche Ausdrücke; sie werden uns nach und nach so geläufig, dass wir glauben, wir begriffen wirklich die durch sie bezeichneten Vorgänge. Deswegen ist denn auch die Ansicht ganz allgemein verbreitet, die Natur in ihren einfacheren unorganischen Erscheinungen biete unserer Erkenntniss keine Schwierigkeiten dar, während die Schwierigkeiten grundsätzlich überall die nämlichen sind“ (l. c. S. 595).

„Umfang und Grenze des Erkenntnissgebietes ist verschieden, je nach den mehr oder weniger strengen Anforderungen, die man stellt. Es lassen sich selbst diese Anforderungen so hoch schrauben, dass das Erkennen zur Unmöglichkeit wird.“ „Die Astronomie wäre nicht mehr Erkenntniss, sondern bloss Wissen und Kunst, wenn zur Erkenntniss auch das Begreifen der Gravitation und Be-

wegung gefordert würde.“ „Das mögliche ursächliche Erkennen begnügt sich damit, je auf die nächsten Ursachen zurückzugehen“ (l. c. S. 626. 627).

Auf den Selbstbetrug, dem man sich häufig hingiebt, indem man glaubt, durch den Gebrauch des Wortes Kraft eine Erscheinung besser begriffen zu haben, macht auch Kuno Fischer in seiner Logik aufmerksam (13 S. 373). „Die Erscheinung sucht man als Aeusserung einer Kraft zu begreifen, man muss mithin so viele Kräfte gelten lassen, als wir Erscheinungen haben. Die Welt der Erscheinungen wird in die Welt der Kräfte übersetzt. So braucht diesen Begriff überall das erklärende Denken. Es fasst den Inhalt einer ihm gegebenen Erscheinung in den Begriff der Kraft und erklärt dann durch diesen Begriff die gegebene Erscheinung. So werden die Bewegungserscheinungen übersetzt in bewegende Kräfte; die Erscheinungen des Magnetismus, der Elektrizität, der chemischen Verbindungen und Vorgänge werden erklärt durch magnetische, elektrische, chemische Kräfte, die Lebenserscheinungen durch Lebenskraft etc. etc.“

„Was also haben wir mit dem Begriff der Kraft gewonnen? Die Wissenschaft und das natürliche Denken wollen diesen Begriff nicht entbehren, der doch, näher betrachtet, so überflüssig und darum so entbehrlich zu sein scheint. Wir setzen, wie es scheint, eine unbekannt Grösse für eine andere und erklären x durch y . Ist etwa die Lebenskraft bekannter als die Lebenserscheinung, oder die magnetische Kraft bekannter als der Magnetismus? Was also richtet man in der Erklärung der Dinge mit dem Begriffe der Kraft aus?“

„In der That findet sich im Gebrauch dieses Begriffes eine Täuschung, die wir einleuchtend machen und zerstören müssen. Man übersetzt die Erscheinung in die Kraft, die ihr gleichkommt, dann übersetzt man diese Kraft zurück in die Erscheinung und meint jetzt, die letztere erklärt zu haben.“

Den Vortheil, den der Begriff Kraft bietet, sieht Fischer darin, dass er die Richtung auf die Einheit der Erscheinungen nimmt, dass er dazu führt, die Zahl der Kräfte zu vereinfachen und auf Grundkräfte zurückzuführen, dass er darin dem Begriff des Gesetzes folgt, der diese Richtung schon bezeichnet und eingeschlagen hat (l. c. S. 375).

Ich schliesse mit Du Bois-Reymond ab, der mehrfach die häufig wiederkehrende falsche Auffassung des Begriffes Kraft gerügt hat. „Die Kraft ist nichts Wirkliches, wie der Vitalismus es sich denkt, nicht ein mit dem materiellen Substrat zusammengefügtes, die Materie, wie sie unseren Sinnen erscheint, ausmachendes Wesen, welches auch von der Materie getrennt selbständig fortbestehen kann. Sie ist nichts als eine zur scheinbaren Befriedigung unseres Causalitätsbedürfnisses eingebildete Ursache von Veränderungen, welche selber das einzig Wirkliche sind, das wir wahrnehmen. Um nach fast einem halben Jahrhundert das Gleichniss zu wiederholen: die Atome sind nicht wie ein Fuhrwerk, davor die Kräfte als Pferde nun vorgespannt, dann davon abgeschirrt werden können ¹⁾“ (Bd. II, Nr. 1, S. 17).

¹⁾ Wie von einer Reihe biologischer Forscher in dem Gebrauch des Wortes Kraft wieder gesündigt wird, dafür liefert uns ein interessantes Beispiel Dreyer in seiner Gerüstbildungsmechanik

Nach diesem Excurs kehren wir wieder zu Roux zurück. In seinen Schriften begegnet uns auf Schritt und Tritt die von Schopenhauer und Lotze getadelte Verwendung der Begriffe „Ursache und Kraft“. In ihnen erhält ferner der Begriff der Causalität eine solche Fassung, dass man nicht weiss, was man auf dem Gebiete der Biologie überhaupt noch eine „ursächliche Forschung“ nennen soll. Denn wenn Roux als solche „die Ermittlung der gestaltenden Kräfte oder Energieen“ bezeichnet, so stellt er der Entwicklungsmechanik eine Aufgabe, welche, streng genommen, die Naturwissenschaft überhaupt nicht erforschen kann, und trägt in ihre Definition gleich alle die Unklarheiten hinein, welche dem Begriff der Kraft anhaften. Bei solcher Unklarheit kann es uns fürwahr nicht Wunder

(6, S. 90). Dreyer glaubt gefunden zu haben, dass den zierlichen Gerüsten der Rhizopoden trotz der Höhe ihrer morphologischen Ausbildung doch nur „eine einfache physikalische Bildungskraft, die Oberflächenspannung“ (!), zu Grunde liege. Hierdurch wird er zu folgenden Bemerkungen veranlasst: „Können wir hier nicht sagen: die Rhizopoden können gar nichts dazu, dass sie so schöne Skelette haben? Sind wir hier nicht Zeugen des seltsamen Schauspiels, dass der Organismus selbst nur Handlangerdienste versieht, indem er das Baumaterial nur beschafft und zubereitet, während eine elementare physikalische Kraft, ein fremder Eindringling von aussen, die Rolle eines intelligenten Baumeisters, eines Künstlers spielt und Formen hervorzaubert, die an Formenreichtum und Zierlichkeit alles in der organischen Welt Vorhandene bei Weitem überbieten? Dies wunderbare Symbioseverhältniss — wenn dieser Ausdruck hier noch erlaubt ist — zwischen Organismen und unorganischen Kräften der Aussenwelt scheint allen bisher gewonnenen Regeln der Erfahrung zuwider zu laufen.“ — Hier wird uns also die Kraft geradezu als eine leibhaftige, von aussen in den Organismus hinein gedrungene Person dargestellt. Eine passende Illustration zu dem von Du Bois-Reymond angeführten Gleichniss.

nehmen, wenn Roux von der gewaltigen Grösse der Aufgabe seiner Entwicklungsmechanik mit einer gewissen ehrfurchtsvollen Scheu redet, als dem „schwierigsten“ Unternehmen, „an welches sich der Menscheng Geist gewagt hat“ (A. f. E. S. 21). Die Schwierigkeit besteht eben darin, dass Niemand aus den genauer dargelegten Gründen näher angeben kann, was denn nun eigentlich erforscht werden soll. Es ist genau derselbe Zustand, der eintreten würde, wenn Jemand als die Aufgabe der gesammten Naturwissenschaft die Erforschung der weltbildenden Kraft angeben wollte.

Was sollen wir uns, bei Lichte besehen, unter Ermittlung von gestaltenden Kräften vorstellen? Physik und Chemie kennen solche vor der Hand nicht. Und mit Recht. Denn der Begriff „Kraft“ zielt, wenn er mit Nutzen verwandt werden soll, immer auf das Allgemeine der Erscheinungen, auf allgemeine Eigenschaften der Materie; daher er am meisten in der Physik, schon weniger in der Chemie gebraucht wird und in der Biologie ohne Schaden entbehrt werden könnte. Die Verbindung der beiden Worte „gestaltende Kraft“ insbesondere schliesst eine naturwissenschaftlich brauchbare Verwendung des Kraftbegriffes geradezu aus. Denn Gestalt ist stets etwas Besonderes, etwas Concretes, wodurch ein Ding sich vor einem anderen Ding auszeichnet. Der Ausdruck „gestaltende Kraft“ ist wissenschaftlich ebenso werthlos wie die „Lebenskraft“, welche Lotze durch seine mechanischen Lehren hatte beseitigen wollen.

Eine genauere Analyse des Begriffes „gestaltende Kraft oder Energie“ wird uns zeigen, wie wenig er leistet und wie wenig einer Erkenntniss durch ihn gedient wird.

Wer von gestaltenden Kräften redet, kommt in die Lage, so viele einzelne Gestaltungskräfte annehmen zu müssen, als es verschiedene Gestalten giebt. Eine Kraft, welche einen Kochsalzkrystall erzeugt, muss von der Kraft, welche einen Krystall von Glaubersalz schafft, ebenso verschieden sein, als das auskrystallisirte Kochsalz sich in seinen Eigenschaften vom auskrystallisirten Glaubersalz unterscheidet. Und Gleiches gilt von jeder thierischen, von jeder pflanzlichen Gestalt. An Stelle des Heeres der organischen Gestalten erhalten wir auf diese Weise nur ein Heer von gestaltenden Kräften.

Im Organismenreich zerfällt uns aber der Begriff „gestaltende Kraft“ unter unseren Händen noch weiter. Jede organische Gestalt entwickelt sich, wie wir wissen. Im Entwicklungsprocess eines Thieres folgen sich zahlreiche Gestaltungen auf einander, die sich eine in die andere gesetzmässig umwandeln. Folglich müssen wir, wenn wir die Besonderheit einer Gestalt als das Ergebniss einer gestaltenden Kraft bezeichnen, consequenter Weise auch so viele verschiedene gestaltende Kräfte, als es Formstufen in der Entwicklung giebt und eine Umwandlung derselben in einander annehmen; wir müssen zum Exempel der Froschblastula eine Froschgastrula bildende Kraft und dieser wieder eine Neurula bildende Kraft zuschreiben und so weiter jedem Entwicklungsstadium eine Kraft, welche sich in dem nachfolgenden verwirklicht. Es wird Jeder einsehen, dass wir auf diesem Wege mit dem Kraftbegriff in's Gedränge gerathen und dass hier für unsere Erkenntniss nichts gewonnen wird, wenn wir „die Welt der Erscheinungen in die Welt der Kräfte“ übersetzen.

Doch vielleicht hilft uns ein anderer Weg. Vielleicht haben wir mehr Glück, wenn wir, wie Roux auch vor-

schlägt, die Kraft, welche eine zusammengesetzte Gestalt erzeugt, in einzelne Componenten, in Combinationen von Energieen (?) zerlegen. Roux gebraucht dafür auch die Ausdrücke „gestaltliche Mannigfaltigkeit producirende Componenten“ oder „complexe Componenten von vorläufig unübersehbarer Complicirtheit“ oder besondere „gestaltend wirkende Combinationen von Ursachen“. „Da die organische Entwicklung in der Production wahrnehmbarer, typisch gestalteter Mannigfaltigkeit bestehe,“ heisst es, „so seien zur Entstehung typischer Mannigfaltigkeit selbstverständlich auch besondere typische Combinationen von Ursachen (s. Energieen) nöthig“ (A. f. E. S. 4). „Vermöge der Complicirtheit ihrer Zusammensetzung müsse man diesen Componenten Eigenschaften zuertheilen, welche von denen der anorganischen Wirkungsweisen oft so erheblich verschieden seien, dass sie den Leistungen dieser nicht nur sehr unähnlich seien, sondern ihnen zum Theil geradezu zu widersprechen scheinen“ (A. f. E. S. 5). Hierzu fügt Roux noch hinzu, dass es allerdings seiner unmittelbaren Auffassung entspreche, dass auch diese Componenten in letzter Instanz auf anorganischen Wirkungsweisen beruhen.

Eine Zerlegung des Begriffs „gestaltende Kraft“ in Componenten lässt sich wohl am bequemsten in der Weise erreichen, dass man die organische Gestalt in ihre verschiedenen Theile zerlegt und für diese die gestaltenden Kräfte setzt. Man erhält dann anstatt der allgemeinen Gestaltungskraft eine Schaar besonderer gestaltender Kräfte, wie muskelbildende, nervenbildende, leber-, knochenbildende Kraft u. s. w. Auf dem betretenen Wege noch weiter schreitend kann man alle Elementartheile, welche man durch anatomische Analyse und Methode dargestellt hat, als Träger gestaltender Kräfte bezeichnen und dadurch noch eine

weitere Zerlegung in besondere gestaltende Kräfte herbeiführen. In dieser Weise könnte man von einer gestalten- den Kraft der Zelle, des Kerns und der wieder im Proto- plasma unterscheidbaren Elementarkörnchen sprechen. (Roux's Isoplassonten, Autokineonten, Automerizonten, Idio- plassonten.)

Wird auf diesem Wege etwas gewonnen? Liegt nicht klar auf der Hand, dass der causale Forscher hier nichts Anderes thut, als nur die Ergebnisse des descriptiven Forschers in eine andere Sprache zu übersetzen und seinen durch Analyse gewonnenen Erscheinungen das Wörtchen „Kraft“ unterzuschieben?

Roux selbst hat eine Zerlegung der gestaltenden Kraft in Componenten in der consequenten Weise, wie wir es hier gethan haben, um den Gedanken durchzudenken, nicht ausgeführt. Dagegen spricht er, abgesehen von den schon oben angeführten allgemeinen Redewendungen, von Energieen der Entwicklung, der Erhaltung, der Rückbildung, der Zellen und ihrer Elementartheile. Als complexe Componenten führt er auf die elementaren Zellfunctionen: die Assimilation, die Dissimilation, die Selbstbewegung, Selbst- theilung, die Selbstdifferenzirung der Zelle etc., lauter Dinge, welche der descriptive Anatom auf Grund seiner Beobach- tungen den Zellen als Eigenschaften beigelegt hat. Erfahren wir etwa hieraus, was für eine Naturkraft denn nun eigent- lich die „gestaltende Kraft“ ist, was eine Combination von Energieen, was eine complexe und was eine einfache Componente von ihr ist? Namen, leere Namen und nichts weiter! Auf festen Boden gelangen wir nur da, wo Roux sich der Ergebnisse und Ausdrucksweisen der von ihm so gering geschätzten „descriptiven Biologie“ bedient.

Noch ein dritter Weg bleibt zu versuchen, die gestal-

tende Kraft direct in die Grundkräfte der Physik zu zerlegen und die organischen Gestalten direct aus complexen Componenten von Schwerkraft, Cohäsionskraft, chemischen, elektrischen, magnetischen Kräften zu erklären. Dass dieser Weg ebenfalls nicht der rechte ist, braucht kaum einer näheren Darlegung. Zwar sind die Grundkräfte der Natur wie in den unorganischen Körpern auch in den Organismen wirksam und können, wo sie sich in Erscheinungen zeigen, untersucht werden, aber wir können keine „gestaltende Kraft“ durch Combination von Schwerkraft, Cohäsionskraft, chemischer, elektrischer Kraft construiren oder durch Vereinigung von ein bisschen Schwerkraft, chemischer Kraft, Cohäsionskraft zur Symbiose à la Dreyer organische Gestalt produciren.

Somit fassen wir denn diese ganze Erörterung dahin zusammen, dass es sich mit dem Begriff der „gestaltenden Kraft“ oder „Energie“ in einer Beziehung genau so verhält, wie mit dem älteren Begriff der Lebenskraft; so wenig wie diese ist sie eine allgemeine Naturkraft, da es keine allgemeine Gestalt, sondern nur besondere Gestalten giebt. Weder die eine noch die andere lässt sich mit den Kräften der Physik vergleichen. Letztere sind wissenschaftlich brauchbare Begriffe, sie lassen sich in ihrer Bedeutung genauer definiren; mit dem Begriff „gestaltende Kraft“ lässt sich in der Naturwissenschaft ebenso wenig anfangen, als mit den unzähligen besonderen Kräften, die man im gewöhnlichen Leben jedem Dinge beilegen kann, wenn man von einem activen Zustand desselben reden will (Verdauungskraft des Magens und Darms, Nerven- und Muskelkraft, Kaufkraft des Geldes, Widerstandskraft eines Heeres etc.). Daher ist es naturwissenschaftlich richtiger, von den Erscheinungen, die sich, soweit die Beobachtung

reicht, genau definiren lassen, als von gestaltenden Kräften zu sprechen, die doch immer nur für jeden einzelnen Fall besondere sind, da die Gestalt oder Form stets etwas Concretes ist, durch welches sich ein Ding von anderen unterscheidet.

Wenn irgendwo, so trifft für die Verwerthung des Begriffes Kraft in der causalen Morphologie von Roux der schon früher citirte Ausspruch von Kuno Fischer zu: „In der That findet sich im Gebrauch des Begriffes Kraft eine Täuschung, die wir einleuchtend machen und zerstören müssen. Man übersetzt die Erscheinung in die Kraft, die ihr gleichkommt, dann übersetzt man diese Kraft zurück in die Erscheinung und meint jetzt, die letztere erklärt zu haben.“

Darum müssen wir das von Roux aufgestellte Ziel der Entwicklungsmechanik — die Erforschung der gestaltenden Kräfte oder Energieen der Organismen — als ein unklares und wissenschaftlich nicht genauer definirbares bezeichnen, als ein Ziel, bei dessen Bestimmung namentlich gegen den Gebrauch des Begriffes Kraft sich schwerwiegende Bedenken erheben.

Hiermit gehen wir zum zweiten Theil unseres Programms, zu einer Kritik der von Roux empfohlenen Mittel und Wege über, welche zur Erreichung des von ihm aufgesteckten Zieles der „causalen Morphologie“ dienen sollen.

2. Die Methoden der Entwicklungsmechanik.

Ausspruch von Roux: „Die Universalmethode des causalen Anatomen wird ebenso wenig die Anwendung des Messers wie des Farbstoffes oder des Maasses, sondern einzig die Geistesanatomie, das analytische, causale Denken sein“ (G. A. S. 23).

Als die Universalmethode des causalen Anatomen (G. A. S. 13) bezeichnet Roux „das analytische causale Denken“; er nennt sie auch die „Geistesanatomie“. Was dieser sonderbare Ausdruck bedeuten soll, entzieht sich unserem Verständniss; denn wie soll eine Zergliederung des Geistes eine Methode sein, um unsere Erkenntniss der Ursachen des organischen Entwicklungsprocesses zu fördern? Doch auch abgesehen von diesem besonderen Ausdruck waren wir bisher der Meinung, dass auf die Ursachen gerichtetes Denken für die Ausbildung aller Wissenschaften erforderlich ist, und dass die Anatomen, welche bisher den Bau der Anatomie zu seiner jetzigen Höhe aufgeführt haben, nicht blosse Messeranatomen, Färbekünstler etc. gewesen sind, sondern dabei des Denkens oder, um mit Roux zu sprechen, des causalen Denkens ebenso wenig als „Universalmethode“ haben entbehren können, als die Entwicklungsmechaniker, für welche Roux „das causale Denken“ in Privileg nehmen möchte.

Mit dieser wegen ihrer Absonderlichkeit kaum ernsthaft zu nehmenden Ansicht verknüpft Roux den nicht minder sonderbaren Gedanken, dass nur bei Einhaltung einer bestimmten Forschungsmethode in der Biologie mit Erfolg causal geforscht werden könne. Als die causale Forschungsmethode *κατ' ἐξοχήν* wird das Experiment bezeichnet (A. f. E. S. 10); das Experiment wird in allen Schriften gegen die Beobachtung ausgespielt.

Nach der Meinung von Roux lassen sich auf dem Wege der Beobachtung „mit den descriptiven Forschungsmethoden überhaupt keine sicheren Beweise für ursächliche Zusammenhänge erbringen“ (G. Abh. S. 75), und es sollen die „causalen Ableitungen descriptiver Forscher nur wesentlich darin bestehen, dass sie **glauben**, ihre Ableitung stelle den einfachsten Herstellungsmodus der betrachteten Bildung aus der vorhergehenden dar“ (G. A. S. 76). Roux legt daher so wenig Werth auf die Arbeiten seiner Vorgänger, dass er es für das Beste und Richtigste hält, über sie einfach zur Tagesordnung überzugehen und mit der „causalen“ Zukunftswissenschaft ganz von vorne anzufangen. Wie das Wort „Mechanik“, so hat ihn auch das Wörtchen „causal“ so in seinen Bann genommen, dass er in der Morphologie, in welcher er uns überhaupt erst jetzt am Beginn exacter causaler Forschungen stehen lässt (G. A. S. 76, A. f. E. S. 11), wie schon früher erwähnt wurde, zwei Gruppen von Anatomen unterscheidet: die eine Gruppe sind descriptive Forscher, welche vorwiegend durch Beobachtungen unsere Kenntniss an Thatsachen bereichern, die andere Gruppe sind causale Forscher oder causale Denker, welche sich von jetzt ab des analytischen Experimentes bedienen, die Ursachen der Entwicklung ergründen und durch Feststellung von Naturgesetzen unsere Erkenntniss vermehren (G. A. S. 75).

Es lässt sich daher nicht vermeiden, auf den wissenschaftlichen Werth von Beobachtung und Experiment und auf das Verhältniss beider zu einander hier näher einzugehen, zumal auf manchen Seiten die Neigung vorliegt, das Experiment auf Kosten der Beobachtung zu überschätzen. Demgegenüber kann

nicht genug betont werden, dass Beobachtung das allgemeine und einzige Mittel ist, durch welches sich unser Geist in bewusster Weise mit der Aussenwelt in Verbindung setzt. Ihr verdanken wir das unendliche Material von Vorstellungen, welche uns unsere verschiedenen Sinne von den uns umgebenden Dingen übermitteln haben, und welche uns für weitere Denkprocesse zum Ausgang dienen.

Aber nicht nur zusammenhangsloses That-sachenmaterial, auch ursächliche Erkenntniss vermittelt uns die Beobachtung. Denn indem wir die Dinge der Aussenwelt durch unsere Sinne wahrnehmen, beobachten wir auch ihre Veränderungen, die in Raum und Zeit vor sich gehen, und erfahren, indem die Veränderungen in unserem Gedächtniss haften, dass Gruppen von Erscheinungen regelmässig wiederkehren, und dass einzelne mit anderen regelmässig und ohne Ausnahme verknüpft sind. Wir beobachten, dass mit dem Aufgang der Sonne der Tag und mit ihrem Niedergang stets die Nacht anbricht, oder dass der Blitz den Donner zur Folge hat, und so zwingt die vielmals und stets in derselben Weise sich wiederholende Beobachtung unserem Denkprocess den Schluss ab, dass der Aufgang und der Niedergang der Sonne den Wechsel der Tageszeiten zur Folge haben, und dass der Blitz eine Ursache des Donners ist. So haben gewissermaassen, wie schon an anderer Seite hervorgehoben worden ist, die erhabenen, in steter Gleichmässigkeit sich wiederholenden Naturvorgänge unserem Denken das Causalitätsgesetz eingepägt. Je mehr in dieser Weise verschärfte Beobachtung uns mit einem stetig wachsenden Material causal verknüpfter Vorstellungen bereichert, um so mehr wächst auch die Kraft und das Streben, alle in der Erscheinungswelt vor sich gehenden Veränderungen an dem

Leitfaden der Causalität in das Verhältniss von Ursache und Wirkung zu einander zu setzen.

Nun ist aber klar, dass nur Dinge, soweit sie sich verändern, Gegenstand causalser Erkenntniss sein können. Denn Dinge, die in Raum und Zeit unserer Beobachtung unabänderlich als dieselben erscheinen, können sich unserem Denken weder als Ursache noch als Wirkung darbieten; sie erscheinen uns als todt und ohne Beziehung zu einander. Hier bietet sich unserer Beobachtung ein grosser Unterschied zwischen der unorganischen und der organischen Natur dar. Im Gegensatz zu letzterer sind die unorganischen Körper verhältnissmässig unveränderlich; sie gewähren daher für directe Beobachtung und darauf beruhende causale Erkenntniss nur selten Angriffspunkte. Hier hat sich der mit Bewusstsein beobachtende, d. h. der die Natur erforschende Geist des Menschen ein mächtiges Hilfsmittel in dem Experiment bereitet. Er zwingt die Stoffe, sich zu verändern, und gewinnt so die Möglichkeit, eine ganz neue Welt von Erscheinungen und gegenseitigen Beziehungen zu entdecken, welche der Beobachtung allein für gewöhnlich verborgen geblieben sein würden. Er lässt die Stoffe, indem er sie planmässig zusammenbringt, in zahllosen chemischen Verbindungen lebendig werden, sich trennen und vereinen, oder er lässt an ihnen, indem er sie unter bestimmte Bedingungen versetzt, diese und jene sonst nicht zu beobachtenden Erscheinungen zu Tage treten; er lässt das als Sammellinse geschliffene Glas das durchfallende Licht zu einem Brennpunkt vereinigen, das Glasprisma den Sonnenstrahl in die Farben des Regenbogens zerlegen, den geriebenen Bernstein oder das magnetisch gemachte Eisen plötzlich auf andere Dinge Wirkungen

ausüben, die das anscheinend Todte als mit Kräften begabt, als Sitz eines gewissermaassen lebendigen Principis der Electricität und des Magnetismus erkennen lassen.

Experiment und Beobachtung verhalten sich daher zu einander wie Mittel und Zweck. Das Experiment ist das Mittel, welches uns, indem es die Stoffe zu Veränderungen zwingt, neue Wege der Beobachtung erschlossen hat. Niemals ist, auch für den experimentirenden Physiker und Chemiker, das Experiment, sondern ohne Zweifel die auf die neu hervorgerufenen Erscheinungen gerichtete Beobachtung die Hauptsache. Daher Manche zwar experimentiren, aber dabei nichts zu entdecken im Stande sind, weil es ihnen an der geschärften Beobachtungsgabe fehlt.

Anders als die unorganische Natur tritt die Welt der Lebewesen dem Forscher entgegen. Sie ist die stets bewegliche, stets veränderliche. Ein Zustand folgt dem andern ohne Unterbrechung. Auf der einen Seite stetigem Untergang theilweise verfallen, erzeugt das Organismenreich sich auf der anderen Seite mit verjüngter Kraft von Neuem, so dass sich im Zerfallen und Neuentstehen der Lebensprocess beständig abspielt. So bietet das Organismenreich schon dem prüfenden Auge des Beobachters eine unerschöpfliche Fülle von Veränderungen dar, ein ergiebiges Feld für Entdeckungen. In seinem Bereich ist es gar nicht nothwendig, erst einen spröden Stoff durch das Experiment gewaltsam zu Veränderungen zu zwingen; man braucht nur die Veränderungen, die der Lebensprocess selbst im Körper von Pflanzen und Thieren fortwährend hervorruft, zu beobachten und in ihren ursächlichen Zusammenhängen zu begreifen. Daher kann die Biologie in ausgedehntem Maasse eine nur unmittelbar beobachtende Wissenschaft sein. Auch ohne

Experiment fehlt es ihr nie an würdigen Gegenständen zur Erforschung.

Vor Allem aber gilt das Gesagte von der Entwicklungslehre der Organismen. Vom befruchteten Ei bis zum fertigen Thier folgt ein Entwicklungsstadium auf das andere, das vorausgehende sich stetig und allmählich in das folgende umbildend; beide im Verhältniss von Ursache und Wirkung, von Grund und Folge zu einander stehend. Alle diese Entwicklungsvorgänge sind einem so strengen Gesetz unterworfen, dass die befruchteten Eier einer Thierart, wenn sie unter denselben Bedingungen sich befinden, an jedem Ort und zu jeder Zeit dem Beobachter die gleichen Entwicklungszustände darbieten. Der Entwicklungsprocess eines Thieres spielt sich mit derselben Nothwendigkeit wie der Umlauf der Gestirne ab. In ihm legt die Natur dem Forscher ihre Geheimnisse offen vor, bietet ihm eine Quelle unermesslicher Erkenntniss, die nicht erst durch das Experiment erschlossen zu werden braucht.

Indem wir in der Erforschung der leblosen und der lebenden Natur zwischen Physik und Chemie auf der einen Seite und zwischen Biologie auf der anderen einen Gegensatz hervorheben, soll nicht unbemerkt bleiben, dass auch die unorganische Natur uns Erscheinungen darbietet, die in ihrer stetigen und gesetzmässigen Veränderung Objecte directer Beobachtung sind. Ich brauche bloss an den Gegenstand der Astronomie, an den Umlauf der Himmelskörper zu erinnern, deren Erscheinungen und ihre Gesetze uns die unverdrossene, über Jahrhunderte sich erstreckende, zählende und messende Beobachtung enthüllt hat. Hier liegt ein Gebiet vor uns, welches dem Experiment unzugänglich ist, dessen Erforschung aber zur Mechanik des Himmels geführt hat, ein Gebiet, das durch die Spektralanalyse wieder

neuerdings der Beobachtung in einer neuen Richtung in wunderbarer Weise erschlossen worden ist.

Auf der anderen Seite kann selbstverständlicher Weise auch nicht in Abrede gestellt, im Gegentheil, es soll hier sogar auf das Nachdrücklichste hervorgehoben werden, dass auf dem Gebiete der Biologie das Experiment ein unschätzbares Mittel sein kann, welches in vielen Fällen der Beobachtung erst ermöglicht, noch tiefer in die Erscheinungen einzudringen. Wer wollte verkennen, dass mit Hilfe des Experiments in der Physiologie, in vielen Zweigen der Morphologie, in der Pathologie und Medicin schon ganz Hervorragendes geleistet worden ist? So auf dem Gebiete der Physiologie in der Lehre von den Sinnesempfindungen und den Hirnfunctionen, der Verdauung und der Excretion oder auf dem Gebiete der Medicin, auf welchem es genügt, an die Entdeckung der Krankheitsursachen durch Verimpfung von Mikroben, an die Entdeckung des Generationswechsels der Eingeweidewärmer durch die Fütterungsversuche, an die Entdeckung der zahllosen Arzneimittel zu erinnern, welche betäubend, erregend, schlafbringend, fieberstillend auf unsern Organismus einwirken, und so fort.

Aber man vergesse dabei auch nicht, dass in allen diesen Fällen das Experiment nur ein Hilfsmittel der Beobachtung bildet und keineswegs den zahlreichen anderen Hilfsmitteln überlegen ist, mit denen der Naturforscher zählend, wägend und messend, vergrößernd und zerlegend in die Erscheinungswelt tiefer einzudringen sucht. Den glänzenden Entdeckungen, welche mit Hilfe des Experiments gemacht worden sind, lassen sich nicht minder zahlreiche, wenn nicht zahlreichere und ebenso glänzende Entdeckungen entgegenstellen, welche durch directe Beobachtung oder unter

Benutzung anderer Methoden als des Experiments gewonnen worden sind.

Auch ist wohl zu beachten, dass die Beobachtung vermittelst des Experiments auf dem Gebiete der Biologie nicht immer den einfachsten und den sichersten Weg, Erkenntniss zu gewinnen, darstellt und häufig viel weniger als die einfache Beobachtung leistet.

Angesichts der weit verbreiteten und schädlichen Ueberschätzung der Bedeutung des Experiments für die Biologie mag das Gesagte noch an zwei Beispielen erläutert werden. Unter vielen anderen Beispielen greifen wir den Befruchtungsprocess und den Blutkreislauf heraus.

Vielfältige Beobachtung hat gelehrt, dass die Eier der meisten Organismen sich nur entwickeln, wenn sie mit dem Samen in Berührung kommen. Daraus erwuchs die Frage, worauf beruht die befruchtende Wirkung des Samens? welcher seiner verschiedenen Bestandtheile, die man unterscheiden kann, ist das befruchtende Princip? die Samenfäden, welche man lange Zeit für Parasiten, den Infusorien vergleichbar, gehalten hat, oder die Flüssigkeit oder gar die *Aura seminalis*? Man hat sich des Experiments zur Beantwortung der Frage bedient. Spallanzani und Leuckart haben Froschsamen filtrirt, sie haben dann mit dem Filtrat frisch herausgenommene Froscheier befruchtet, ohne dadurch den Entwicklungsprocess anzuregen, während andere Eier, die mit dem Filtrerrückstand, in welchem sich die Samenfäden befanden, betupft wurden, alsbald sich zu furchen begannen. Sie schlossen daraus, dass die Samenfäden das befruchtende Princip sind. Aber wie unsicher dieser wichtige Schluss ist, und wie die Auslegung des Experiments noch andere Möglichkeiten zulässt, das lehrt uns die Geschichte der Zeugungstheorien. Ausser den Samen-

fäden könnten ja beim Filtriren in dem Filtrerrückstand auch noch nicht filtrirbare, ihnen anhaftende, wirksame Stoffe zurückgeblieben sein; daher konnte die Meinung laut werden, dass die Samenfäden nicht als solche befruchten, sondern nur insofern sie durch ihre Bewegungen an das Ei einen befruchtenden Stoff heranbringen, welcher hierauf durch die Eihülle in den Dotter durch Diffusion eindringt und ihn zu den weiteren Processen anregt. Nach dieser Contacttheorie von Bischoff würden die Samenfäden bei der Befruchtung etwa nur die Rolle spielen wie die Bienen, welche den Pollenstaub von einer zur andern Blüthe tragen und dadurch die Bestäubung der Narbe vermitteln.

Wie viel weiter als das beschriebene Experiment hat uns die directe Beobachtung des Befruchtungsvorganges an hierfür geeigneten Objecten und mit dem Hilfsmittel des Mikroskops und der mikroskopischen Technik geführt! Die directe Beobachtung beseitigte erst die Parasitentheorie der Samenfäden, indem Kölliker von ihnen nachwies, dass sie thierische Elementartheile, metamorphosirte Zellen sind. Durch directe Beobachtung erfuhren wir dann weiter, dass die Befruchtung in der Verschmelzung zweier Zellen besteht, dass ein Samenfaden in das Ei eindringt, dass sein Kopf, in welchem die Beobachtung uns den Abkömmling eines Kernes der Samenbildungszelle kennen lehrte, sich in einen kleinen Kern umwandelt, welcher sich dem Eikern nähert und mit ihm verschmilzt.

Und noch tiefer sind wir schliesslich durch die häufig wiederholte und immer höhere Ansprüche erhebende Beobachtung in das Geheimniss der Zeugung hineingeführt und durch wahrnehmbare Thatsachen belehrt worden, dass Ei- und Samenkern äquivalente Mengen von Chromatin enthalten, welche bei der Furchung ebenfalls in gleichen

Mengen auf die Tochterzellen vertheilt werden, und dass vor der Befruchtung Ei- und Samenzelle, um für ihre Aufgabe geeignet zu werden, erst noch eine Reifeperiode durchmachen müssen, in welcher sich die eigenthümlichen Reductionstheilungen abspielen. So hat Beobachtung allein oder mit Hilfe nicht experimenteller Methoden ein grosses Erscheinungsgebiet der Entwicklungslehre in kurzer Zeit aufgeklärt und ein sicheres Fundament geschaffen, auf welchem die Lehre von der Vererbung weiter bauen wird.

Zu den grossen physiologischen Entdeckungen, welche zum Theil mit Hilfe des Experimentes gewonnen wurden, gehört die Lehre vom Blutkreislauf. Welche Schwierigkeit bereitete es den älteren Forschern, experimentell festzustellen, in welcher Richtung im Verhältniss zum Herzen das Blut in den Gefässen strömt, welche Bedeutung die Capillaren haben, wie überhaupt der Kreislauf zu Stande kommt! Auch hier enthüllt geschulte Beobachtung an einem geeigneten Object, an einer kleinen durchsichtigen Fisch- oder Amphibienlarve, unter Benutzung des Mikroskops unserem Auge direct das ganze Geheimniss des Blutkreislaufs.

Aus solchen Beispielen erhellt wohl zur Genüge, wie verkehrt es ist, die einfache Beobachtung gering zu schätzen und das Experiment als die causale Forschungsmethode *κατ' ἐξοχὴν* zu preisen. Dazu kommt noch, dass die Deutung der durch Experimente ermittelten Erscheinungen in der Biologie auf grössere Schwierigkeiten als in der Physik und Chemie stösst. Denn der Lebensprocess ist etwas so Verwickeltes, dass jeder künstliche Eingriff, der ja meistens das Wesen des Experimentes ausmacht, zahlreiche Störungen der verschiedensten Art hervorruft. Zwei in gleicher Weise angestellte Experimente ergeben nicht immer genau das gleiche Resultat. Der Zusammenhang der Er-

scheinungen, das Ergebniss des Experimentes, bleibt zweifelhaft; daher denn in der Biologie über Nichts so viel als über manche Arten von Experimenten gestritten wird. Wie vieldeutig sind die durch Abtragung und Zerstörung einzelner Hirnthteile gewonnenen Ergebnisse der Hirnphysiologie! Wie liefert uns die Geschichte der Medicin so manches lehrreiche Beispiel, dass ganze Epochen sich in der Bedeutung unzählige Male wiederholter Experimente geirrt haben, zum Beispiel in der Bedeutung des Aderlasses für die Heilung entzündlicher Krankheiten! Zeigt nicht auch in unseren Tagen die verschiedenartige Beurtheilung der zahllosen Experimente, die mit Tuberkulin und Heilserum an Thieren und kranken Menschen angestellt worden sind, wie vorsichtig man mit einem abschliessenden Urtheil sein muss?

Besonders aber auf dem Gebiete der Entwicklungslehre dürfen wir uns keinen Illusionen über den Werth und die Leistungsfähigkeit eines Experimentes hingeben, wenigstens jener Art von Experiment, welche am häufigsten gepflegt wird. In der Entwicklung eines Thieres aus dem Ei rufen Eingriffe, die wir zum Zweck eines Experiments vornehmen, häufig Störungen hervor, deren Natur und Umfang wir im voraus zu bestimmen ganz ausser Stande sind. Oft ist ihr Endproduct ein Monstrum. Dabei zeigt sich, dass die verschiedensten Eingriffe ähnliche Erscheinungen und Missbildungen bewirken. So haben zum Beispiel beim Froschei Druck, abnorme Temperaturen, mechanische Zerstörung einzelner Theile, Veränderung des Eies durch Centrifugalkraft, chemische Agentien, wenn sie auf einem bestimmten Stadium einwirken, sehr ähnliche Missbildungen zur Folge, obwohl die von aussen einwirkenden Ursachen (*causae externae*) so ganz verschieden von einander sind.

Somit besteht zwischen einem physikalischen oder chemischen Experiment mit seinen einfacheren Bedingungen und einem entwicklungsgeschichtlichen Experiment ein sehr grosser Unterschied.

Ein Vergleich wird zur Aufklärung des Sachverhaltes noch weiter beitragen. Ein Organismus befindet sich einem äusseren Eingriff gegenüber in einer ähnlichen Lage wie ein ausserordentlich complicirt gebautes mechanisches Kunstwerk oder eine Maschine. In einer Uhr kann eine Verlangsamung, eine Beschleunigung oder ein Stillstand des Zeigers durch die verschiedenartigsten Umstände veranlasst werden: dadurch, dass ich mit einer Nadel oder einem anderen passenden Instrument einen Druck gegen ein Rädchen ausübe, oder dadurch, dass ich an das Rädchen Säure bringe, wodurch sich Rost bildet, oder dass ich durch locale, in geeigneter Weise hervorgerufene Erhitzung ein Zähnechen am Rade wegschmelze oder dadurch, dass sich das Oel, welches die Reibung im Räderwerk verringern soll, eingedickt oder ein festes Partikelchen sich zwischen zwei Rädchen eingeklemmt hat etc. Auf mechanische, thermische, chemische Einflüsse reagirt die Uhr unterschiedslos durch Verlangsamung, Beschleunigung oder Stillstand des Zeigers. Dieselben Eingriffe angewandt auf ein Rädchen einer anderen Zwecken dienenden, complicirten Maschine können auch hier wieder eine Störung des Mechanismus bewirken, die uns ebenfalls die Natur des angewandten Eingriffes nicht erkennen lässt, aber von der Störung im Gange der Uhr ganz verschieden ausfällt. Jede Maschine reagirt also auf den gleichen Eingriff in ihrer besonderen Weise. Entscheidend in allen Fällen ist die ihr eigenthümliche Construction.

Will man über das Wesen und die Wirkungsweise

einer Maschine sich Klarheit verschaffen, so wird man nicht bald diesen, bald jenen Theil anhalten, anstossen und beschädigen, um auf Grund der experimentell erzeugten Störungen sich ein Urtheil zu bilden; ein Mechaniker wird vielmehr einen ganz anderen Weg einschlagen. Er wird die zur Ruhe gebrachte Maschine planmässig in ihre einzelnen Bestandtheile zerlegen, die Art ihrer Zusammensetzung und Aneinanderpassung beobachten, sich klar zu machen suchen, wie die aneinander gepassten Theile in Bewegung versetzt auf einander wirken müssen, und wird sich so ein Verständniss von der Construction der Maschine verschaffen und aus dieser auch die besonderen Wirkungsweisen verstehen lernen.

Nicht anders ist ein Verständniss des Organismus und seiner Entwicklung zu gewinnen.

Experimentelle Eingriffe in den Entwicklungsgang liefern im Grossen und Ganzen nur Material zur Pathologie der Entwicklung, welche allerdings ein ziemlich umfangreiches und auch nicht uninteressantes Forschungsgebiet ist; sie tragen so namentlich zur Erklärung der durch natürliche Zufälligkeiten erzeugten Missbildungen viel bei. Dagegen müssen wir entschieden in Abrede stellen, dass das Experiment das erfolgreichste Mittel für eine causale Erklärung des normalen Entwicklungsprocesses sein soll. Vielmehr wird stets das Studium der normalen Entwicklungsvorgänge selbst, namentlich auf der Grundlage der vergleichenden Embryologie, uns über das Entwicklungsgesetz besser aufklären, als das Studium experimentell erzeugter Missbildungen.

Daher können wir die Behauptung von Roux nicht gelten lassen: „Sicherheit über ursächliche Ableitungen vermöge allein das Experiment zu geben, sei es „das künst-

liche Experiment“ oder „das Naturexperiment“ als Variation, Missbildung oder anderes pathologisches Geschehen“ (A. f. E. S. 13). Desgleichen müssen wir ganz entschieden die weitere Behauptung zurückweisen, dass durch vergleichende Beobachtung des normalen Geschehens Wirkungsweisen wohl „ermittelt“, aber nicht „bewiesen“ werden könnten, und dass noch directe Beweise für sie erbracht werden müssten (A. f. E. S. 12). Das ist fast ähnlich, als wenn Jemand behaupten wollte, die Gesetze der Planetenbewegungen seien zwar durch hundertjährige Beobachtungen ermittelt, aber noch nicht bewiesen worden, weil das Experiment fehle. Wozu ein Verhältniss, wenn es wirklich ermittelt und daher über allen Zweifel erhaben ist, noch durch ein Experiment beweisen? Ist etwa das, was die Natur uns selber lehrt, weniger zuverlässig als die Lehren des Experimentators?

Um zu zeigen, in welchem Grade Roux die Bedeutung des Experimentes überschätzt, als ob allein mit seiner Hilfe es möglich sei, ursächliche Erkenntniss zu gewinnen, sei noch auf zwei einzelne Fälle näher eingegangen.

Roux hat beim Frosch, was vor ihm schon von Lereboullet und Oellacher an Hecht- und Forelleneiern geschehen war, Missbildungen beobachtet und durch künstliche Eingriffe hervorgerufen, bei welchen die Medullarplatte und die Chorda in eine linke und eine rechte Hälfte getrennt waren, die beide ringförmig eine central gelegene Dottermasse umgaben. Er hat die Missbildung „Asyntaxia medullaris“ genannt und von ihr in einer späteren Schrift bemerkt, dass „derartig ermittelte Thatsachen als die ersten festen Grundsteine unserer Erkenntniss von den Vorgängen der Entwicklung betrachtet werden müssen, derart zugleich, dass alle solche Ansichten, welche mit diesen That-

sachen wirklich unvereinbar sind, mit Sicherheit als unrichtig bezeichnet werden können“ (G. A. S. 89). Wir antworten darauf, dass eine Missbildung, um erklärt und verstanden zu werden, selbst erst von den Verhältnissen der normalen Entwicklung abgeleitet werden muss, hier zum Beispiel durch den Nachweis, dass der Gastrulationsprocess und die Urmundbildung in einer abweichenden und gestörten Weise verlaufen sind und eine Hemmung des Urmundverschlusses zur Folge gehabt haben. Erst aus Vergleichung der anormalen und der normalen Verhältnisse und aus einer kritischen Beurtheilung derselben erwächst uns das Verständniss. Für sich allein betrachtet ist die als *Asyntaxia medullaris* beschriebene Missbildung ein unverständliches Curiosum und nichts weniger als ein erster fester Grundstein der normalen Entwicklung. Ich kann nur wiederholen, was ich auch schon an anderer Stelle über den erklärenden Werth der sogenannten Hemmungsmissbildungen ausgesprochen habe: Nicht das *Coloboma iridis et chorioideae*, die *Fissura sterni*, die Kiefer- und Gaumenspalten, die doppelten Aorten haben uns gelehrt, dass das Auge als Becher mit einer Spalte an der unteren Fläche, dass das Brustbein aus zwei Hälften, die Kiefer- und Gaumengegend durch Verwachsung seitlicher Fortsätze mit einer medianen Anlage, die Aorta aus zwei Röhren entstehen etc., vielmehr das Studium der betreffenden Entwicklungsvorgänge selbst; und nur insofern lassen sich die genannten Hemmungsmissbildungen erklärend verwerthen, als sie uns zeigen, dass Zustände, die im Kleinen beim zarten Embryo auftreten und vorübergehender Natur sind, ausnahmsweise bestehen bleiben und dann in vergrössertem Maassstabe uns deutlicher zeigen, was einmal im Entwicklungsleben sich ab-

gespielt hat. In dieser Hinsicht sind die Hemmungsmissbildungen sehr lehrreich und haben namentlich für den Unterricht einen nicht zu unterschätzenden didaktischen Werth. Bei alledem will die normale Entwicklung durch sich selbst erklärt werden und nicht durch Artefacte und Monstrositäten. Wenn daher das Studium der normalen Entwicklung zu anderen Ergebnissen führt, als das Studium der Missbildungen, so liegt die grössere Beweiskraft auf der Seite des ersteren.

Der zweite Fall betrifft das Gesetz von der Aufeinanderfolge und Stellung der ersten Furchungsebenen zu einander. Schon im Jahre 1884 hatte ich (19), gestützt auf ein vergleichendes Studium von Eiern, die eine verschiedene Form und eine verschiedene Vertheilung von Protoplasma und von Deutoplasma zeigen, die allgemeine Regel aufgestellt, dass die beiden Pole der Kerntheilungsfigur in die Richtung der grössten Protoplasmanasse zu liegen kommen, etwa in derselben Weise, wie die Lage der Pole eines Magneten durch Eisentheile in seiner Umgebung beeinflusst wird. Es kann daher in einem kugeligen Ei, in welchem Protoplasma und Dotter gleichmässig vertheilt sind, die Axe der central gelegenen Kernspindel mit der Richtung eines beliebigen Radius, dagegen in einem ovalen Protoplasmakörper nur mit seinem längsten Durchmesser zusammenfallen. In einer kreisrunden Protoplasmascheibe stellt sich die Spindelaxe parallel zur Oberfläche in einen beliebigen Durchmesser, in einer ovalen Scheibe dagegen wieder nur in den längsten Durchmesser ein. Aus dieser Regel erklärte ich auch, warum die drei ersten Theilungsebenen eines Eies fast ausnahmslos in den drei Richtungen des Raumes alternirend erfolgen und dabei mehr oder minder senkrecht auf einander stehen.

Nach der Meinung von Roux wohnt nun gleichwohl auch diesem Satz so lange keine Sicherheit inne, als er nicht ausserdem noch direct durch das Experiment erwiesen ist; denn es könnten dieselben typischen Theilungsfolgen der Entwicklung durch andere, wenn auch vielleicht vielmal complicirtere, aber jedenfalls typische Wirkungen hervorgebracht sein. „Mehr als durch hundert weitere, beim normalen Geschehen aufgefundene Uebereinstimmungen mit dieser Regel,“ bemerkt Roux (A. f. E. S. 12), „wurde die annähernde Richtigkeit derselben durch ein einziges (ich füge hinzu: von Roux vorgenommenes) Experiment bewiesen, indem bei Pressung von Eiern zu abnormer Form die Richtungsfolge der ersten Theilungen in der Weise von der Norm abgeändert wurde, dass auch jetzt wieder die Kernspindeln in der bezeichneten grössten Dimension standen.“

Ich selbst habe auch solche Experimente in den verschiedensten Modificationen ausgeführt, zum Beispiel befruchtete Froscheier in enge Glasröhrchen eingesaugt, so dass sie sich in die Länge strecken und Tonnenform annehmen mussten. Wurden die Röhrchen horizontal gelagert, so erfolgte die erste Theilungsebene genau, wie es die Regel verlangt, senkrecht zur Oberfläche der Röhrchenwand und halbirte den Längsdurchmesser des tonnenförmigen Eies. Gewiss ist dies eine schöne Bestätigung der Regel. Warum aber die Thatsache, welche das von Menschen künstlich oval geformte Ei lehrt, lehrreicher sein und einen beweiskräftigeren Schluss gestatten soll, als die Thatsachen, welche die Natur uns lehrt, indem sie den Eiern verschiedener Thierarten ungleiche Formen und manchen auch eine ovale Form gab, kann ich nicht einsehen. Mir ist die Natur ein wenigstens ebenso zuverlässiger Lehrmeister als der

experimentirende Anatom. Ich möchte sogar dem Verfahren der Natur, welches uns in den verschiedenen, sich gegenseitig ergänzenden Naturobjecten und ihren Veränderungen entgegentritt, weil es stets absolut gleichartig ausfällt und die strengste Gesetzmässigkeit zeigt, einen höheren Werth als den menschlichen Experimenten beilegen, deren Ergebnisse immer geringe Variationen darbieten.

Indem ich in den vorausgeschickten Bemerkungen über das Verhältniss von Beobachtung und Experiment Uebergriffen einer einseitig experimentellen Richtung entgegen getreten bin, will ich keineswegs den Erkenntnisswerth eines guten physiologischen und biologischen Experimentes herabsetzen oder gering anschlagen. Wer meine Arbeiten kennt, weiss, dass ich selbst nach mehreren Richtungen Experimente ausgeführt und zumal in letzter Zeit mich viel auf experimentellem Gebiete beschäftigt habe. Um nicht missverstanden zu werden, verweise ich zum Ueberfluss noch auf die Literatur, welche uns in ihren Annalen ja genugsam lehrt, welche grossen Erfolge wir auf vielen Gebieten der Biologie der experimentellen Richtung verdanken, die ja schon sehr alten Datums ist. Ich erinnere an die Versuche über Bastardirung, Pfropfung und Transplantation, an die Studien über Regeneration abgetrennter Körpertheile, über Kreuz- und Selbstbefruchtung, an die experimentelle Erzeugung von Missbildungen, wie sie Dareste und Gerlach geübt haben, an Weismann's Experimente über den Saisondimorphismus der Schmetterlinge etc. Als glänzende Entdeckungen der letzten Jahre schätze ich die von Boveri (3^a) ausgeführte Bastardbefruchtung kernlos gemachter Eifragmente von Seeigeln,

die Entdeckungen von Driesch (8), Wilson (60), Morgan (38), Zoja (63) etc., dass mechanisch von einander getrennte Embryonalzellen der ersten Furchungsstadien bei Amphioxus, Seeigeln, Medusen etc. sich zu normalen Ganzlarven und bei unvollständiger Trennung zu Zwillingen züchten lassen, die Experimente von Oskar Schultze (53) und Wetzel (58) über künstliche Erzeugung von Doppelbildungen aus dem Froschei, die von Loeb (32) experimentell erzeugten Heteromorphosen bei Hydroiden, Actinien und Tunicaten, endlich das von Wolff (62) in geistreicher Weise ausgeführte, in meinem Laboratorium durch Erik Müller aus Stockholm (39) vollkommen bestätigte Experiment, welches uns lehrt, dass bei Tritonlarven die durch Operation entfernte Linse des Auges sich aus dem Epithel des Irisrandes, also aus Zellen des Augenbeckers, in vollkommen normaler Weise wieder regenerirt.

Es giebt gewiss viele Fragen, denen man sogar nur mit Hilfe des Experimentes auch in der Biologie näher treten kann; diesen aber einen höheren Erkenntnisswerth beizumessen, als Fragen, auf welche uns schon die Beobachtung der Natur mit anderen Methoden Auskunft giebt, liegt kein logischer Grund vor. Die Art des Hilfsmittels, mit welchem eine Entdeckung gemacht wird, entscheidet nicht über ihren grösseren oder geringeren Erkenntnisswerth.

Ich schliesse meine Betrachtung mit einigen Sätzen von Johannes Müller (40, S. 20), in welchen er sich über den Werth von Beobachtung und Versuch ausspricht. Das Urtheil ist ein wenig einseitig und hinsichtlich der Bedeutung des Versuchs zu ungünstig ausgefallen, enthält aber trotz alledem viel Beherrzigenswerthes auch für unsere Zeit,

in welcher das Experiment von mancher Seite über Gebühr in den Himmel gehoben oder, um einen Ausdruck von Joh. Müller zu gebrauchen, als das Wort Gottes in der Biologie (40, S. XIX) betrachtet wird.

„Der Umgang mit der lebenden Natur geschieht durch Beobachtung und Versuch. Die Beobachtung schlicht, unverdrossen, fleissig, aufrichtig, ohne vorgefasste Meinung; der Versuch künstlich, ungeduldig, emsig, abspringend, leidenschaftlich, unzuverlässig.“ „Es ist nichts leichter, als eine Menge sogenannter interessanter Versuche zu machen. Man darf die Natur nur auf irgend eine Weise gewalthätig versuchen; sie wird immer in ihrer Noth eine leidende Antwort geben. Nichts ist schwieriger, als sie zu deuten, nichts ist schwieriger als der gültige physiologische Versuch.“

„Was das Experiment in physiologischen Dingen unzuverlässig macht, ist dies, dass die Antwort der lebendigen Natur auf die Einwirkung des Reagens nicht die Natur des uns als bekannt vorausgesetzten Reagens als wesentlichen Theil in sich enthält. Denn alle Stoffe, alle Reize, auf den Organismus einwirkend, erregen in ihm nicht, was sie selbst sind, sondern ein von ihnen selbst Verschiedenes, die Lebensenergieen des Organismus.“ „Ueber den Grund der Lebenserscheinung kann demnach der Versuch selbst nicht Aufschluss geben; er kann nur den Bezug der Reize als Ursachen zu den von ihnen der Natur nach verschiedenen Wirkungen im Organismus vervielfältigen, erweitern, d. i. mit einer grösseren Menge ihrer Natur nach unbekannter Lebenserscheinungen vertraut machen.“

„Nicht die Natur der Lebenserscheinungen, nur der Umfang derselben wird offenbar durch

den Versuch. Wenn es also der Physiologie darum zu thun ist, den Einfluss der Stoffe und Reize in Wirkungen, welche von diesen selbst verschieden sind, kennen zu lernen, nicht so sehr den Grund dieser Wirkungen zu erforschen, als das System der Ursachen und Wirkungen in dem Conflict des Organismus und der äusseren Natur logisch zu erweitern, so ist dazu nichts passender als das Experiment. Aber auf diesem niederen Standpunkt sind wir selbst bei der grössten Vorsicht nicht einmal vor Irrthum gesichert. Es ist nichts leichter, als dass wenn wir dem Organismus fragende Bedingungen setzen, auf welche er uns in Wirkungen, die ihrer Natur nach uns unbekannt sind, antworten soll, er in der That gar nicht auf diejenigen Bedingungen antwortet, welche wir ihm zu setzen geglaubt, sondern auf eine ganz andere, die wir unwissend in dem complicirten Versuch mitgesetzt haben. Daher jene Verschiedenheit der Resultate in experimentellen Untersuchungen, jener häufige offenbare Widerspruch mit der leidenschaftslosen Beobachtung. Entweder experimentirt man in's Geradewohl und fängthinterher zu betrachten an, oder zum Wohl einer vorgefassten Meinung wird so lange experimentirt, bis die Erfahrung, wie man sich auszudrücken pflegt, mit der Theorie zusammenstimmt.“

„Die ruhige, einfache Beobachtung führt in's Innere der Probleme, während es ein gefährliches Spiel der Vorbereitung bleibt, einem unzuverlässigen Experimente vertrauensvoll sich hinzugeben.“ „Beobachten ist ja selbst die wichtigste physiologische Operation; was ist Beobachten Anderes, als das Wesentliche in den Veränderungen, das dem Beweglichen Immanente von dem Zufälligen zu trennen, da vielmehr das Experiment, hier und dorthin

greifend, das Zufällige mit dem Wesentlichen kunterbunt zusammen zu werfen oft genug Anlage zeigt“ (40, Einleitung S. XXI).

Zusammenfassung und Schlussbetrachtung.

Mechanismus, mechanisch und Mechanik sind Worte, die in sehr verschiedenem Sinne gebraucht werden und daher zu Missverständnissen, Unklarheiten und Täuschungen leicht Veranlassung geben, wenn man sich ihrer bald in dieser, bald in jener Bedeutung ohne Unterschied bedient. Erstens dienen die Worte, in philosophischem Sinne gebraucht, zur Bezeichnung der materialistisch-mechanischen Naturauffassung, welche in der Körperwelt ein einheitliches System erblickt, in dem sich alle Veränderungen nach unabänderlichen Naturgesetzen, nach dem Gesetz der mechanischen Causalität vollziehen. Da, wie die ganze moderne Naturwissenschaft im Allgemeinen, so insbesondere auch die Biologie auf diesem Standpunkt steht, kann sie in philosophischem Sinne ihre auf die einheitliche Erklärung der Natur gerichtete und zielende Forschung als eine mechanische bezeichnen; so betitelt zum Beispiel Nägeli (41) seine 1884 erschienene Abhandlung eine „mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre“.

Zweitens dient das Wort Mechanik in engerer Bedeutung zur Bezeichnung eines Theils der Physik, welche die Lehre von den Bewegungen der Körper, der grössten und der kleinsten bis herab zu den hypothetischen Atomen, zu ihrem Gegenstand hat. In Verbindung mit der Atomenlehre kann der engere Begriff der physikalischen Mechanik sich so sehr erweitern, dass er wieder eine allgemein philosophische Bedeutung gewinnt, indem man als letztes Ziel

der Naturforschung die Zurückführung aller Naturvorgänge auf die Bewegung von Atomen hinstellt.

In der schärferen physikalischen Fassung ist die Mechanik nur auf wenigen beschränkten Gebieten der Biologie verwendbar. Wie die Physik nicht in allen ihren Theilen Mechanik ist, so ist es noch viel weniger die Chemie, und am weitesten davon entfernt, ein Theil der Mechanik in diesem Sinne zu werden, ist die Biologie und ihr Bestandtheil, die Entwicklungsgeschichte.

Drittens endlich dient das Wort Mechanik, in tendenziöser Weise gebraucht, als Fahne für eine Richtung in der Biologie, welche auf die bisher errungenen Ergebnisse, auf die herrschende Arbeitsweise und ihre Aufgaben mit Geringschätzung herabblickt und sich in Ausmalung von Zielen ergeht, deren Verfolgung nach ihrer Prophezeiung eine unendlich erhabene Zukunftsbiologie herbeiführen soll. In dieser Richtung wird das zu vielseitiger Verwendung geeignete Wort Mechanik in wechselndem Sinne, aber mit solcher Liebe gebraucht, dass es bald, wenn es so weiter geht, zu einem ganz alltäglichen und zugleich nichtssagenden Begriff geworden sein wird, zu einem Begriff, der zugleich auch als Parteifahne unschädlich werden wird, wie Wein in einem Fass, dem man von Tag zu Tag etwas Wasser zusetzt. Indem man, um mehr Spielraum zu gewinnen, die Alles umfassende Mechanik des Philosophen meint, schaut man doch gern platonisch zur Mechanik des Newton empor und sucht von der Sonne ihres Ruhmes auch einen Strahl für die ihr noch so fremde Entwicklungsmechanik zu erhaschen. Um die Biologie zu einer „exacten Naturwissenschaft“ zu machen, bemüht man sich, die Lebenserscheinungen möglichst direct aus physikalisch-chemischen Vorgängen zu erklären, und nennt alle Sprünge in dieser Richtung eine

„ursächliche oder causale Morphologie“, wie denn überhaupt die ganze Richtung sich durch ein äusserst empfindlich gewordenes Causalitätsbedürfniss¹⁾ auszeichnet.

Wer in der Literatur bewandert ist, weiss, dass es auch vor dem Aufkommen der entwicklungsmechanischen Richtung an verwandten Bestrebungen in früheren Zeiten nicht gefehlt hat. Solange es Biologie giebt, hat man bald in dieser, bald in jener Weise versucht, das Organische aus dem Anorganischen direct herzuleiten und zu erklären, sowie die Grenzen zwischen beiden Reichen zu überbrücken, zumal in einer Zeit, in der man von der complicirten Beschaffenheit des Lebenssubstrats noch sehr wenig wusste. Alle aus derartigen Versuchen entstandenen Vorstellungen, auf welche man heutzutage gern das Wort „grob mechanisch“ anzuwenden pflegt, sind immer bald durch die kritisch beobachtende und experimentirende Forschung beseitigt worden. Mit gewissem Recht könnte man jetzt sogar sagen, dass die Kluft zwischen den beiden Naturreichen in demselben Maasse tiefer geworden ist, als sich unsere physikalische und chemische, unsere morphologische und physiologische Erkenntniss der Organismen vertieft hat.

Es ist lehrreich und nützlich zugleich, auch einmal von

¹⁾ So antwortet Dreyer auf den sich gemachten Einwurf, dass eine physikalisch-chemische Richtung der Forschung noch wenig Aussicht auf Erfolg habe, mit dem Satz: „Wäre dem wirklich so, so stände man vor der Alternative, entweder in historisch-speculativer Richtung weiter zu arbeiten oder — und so würden wir uns verhalten — sich von der Biologie als einer Disciplin, auf deren Gebiet man nie hoffen könnte, je zu einer befriedigenden causalen Erkenntniss zu gelangen, überhaupt abzuwenden und sich Disciplinen zuzuwenden, innerhalb deren man mehr Befriedigung seines Causalitätsbedürfnisses findet.“ „Dem das Causalitätsbedürfniss ist in der Tiefe des menschlichen Geistes begründet“ (6, S. 85).

diesem Gesichtspunkt aus sich die Geschichte der Biologie anzusehen.

Da war im 17. Jahrhundert die auf ungeschulter Naturbeobachtung beruhende Lehre weit verbreitet, dass aus faulenden Substanzen Organismen, wie Fliegenmaden etc., direct durch Urzeugung entstehen sollten. Es bedurfte der Untersuchungen und Experimente von Redi und Anderen, um zu zeigen, dass auch hier eine Entwicklung aus Eiern vorliegt. Ihre Zusammenfassung fanden diese Untersuchungen dann in Harvey's bekanntem Ausspruch: „Omne vivum ex ovo.“

Trotzdem haben sich in der Helminthologie die Vorstellungen eines directen Ursprungs von Organismen aus in Gärung begriffenen Stoffen bis in den Anfang unseres Jahrhunderts hinein erhalten; Echinocokken sollten direct in der Leber, Coenurus im Gehin, Finnen in den Muskeln, Bandwürmer im Darm durch pathologische und chemisch umgeänderte Zersetzungsprocesse in der Leber-, Hirn- und Muskelsubstanz entstehen. Es gehörten die bahnbrechenden Untersuchungen und Experimente über die Entwicklung und Lebensweise der Eingeweidewürmer von Siebold, Küchenmeister, Leuckart u. A. dazu, um auch hier das „Omne vivum ex ovo“ zur Geltung zu bringen.

Zuletzt flüchtete sich die Lehre von der Abiogenesis in das Reich der Mikroorganismen, der Infusorien und der Bakterien, um schliesslich auch aus dieser Verschauzung, aber erst in unseren Tagen, durch die glänzenden Experimente von Pasteur und die höchst vervollkommneten Untersuchungsmethoden von Koch vollständig und definitiv vertrieben zu werden. So ist die Kluft zwischen dem Unorganischen und der Organismenwelt durch Vernichtung der fälschlich construirten Brücken immer wieder geöffnet worden.

Wie hier, so sind auf vielen andern Gebieten der Biologie alle Vorstellungen, durch welche die Lebensprocesse in allzu einfacher, „grob mechanischer“ Weise erklärt werden sollen, nach einiger Zeit als irrthümlich und verfehlt nachgewiesen worden. Wie einfach stellte sich ein Caspar Friedrich Wolff (61) in seiner *Theoria generationis* die Neubildung von Organen oder von den Geschlechtsproducten vor. Nach seinen Beobachtungen sollten von den alten, schon fertig vorhandenen Theilen organische Säfte ausgeschieden werden und zum Beispiel bei den Pflanzen am Ende der Zweige die Vegetationskegel oder die Anfänge von Knospen bilden etc.: die abgesonderten Säfte sollten allmählich fester werden, worauf in ihnen durch weiter nachdringende Flüssigkeit Bläschen, Zellen und Gefässe entstehen. Daher sein Ausspruch: „Ein jeder organische Körper oder Theil eines organischen Körpers wird erst ohne organische Structur producirt, und alsdann wird er durch Formation von Bläschen und Gefässen organisch gemacht.“ Nach Wolff's Ansicht ist eine Leber, eine Niere oder irgend ein Pflanzenorgan nach Wegnahme der Gefässe weiter nichts als „ein Klumpen Materie, die zwar die Eigenschaften der thierischen oder pflanzlichen Substanz haben kann, in der aber noch so wenig Organisation oder Structur anzutreffen ist, als in einem Klumpen Wachs.“

Es sei ferner an den Vergleich der Zellbildung mit einer Krystallisation erinnert. Nach der Ansicht von Schleiden und Schwann (55) und vielen Andern sollen die von ihnen als Zellen bezeichneten Gebilde ähnlich wie Krystalle von Salpeter oder Glaubersalz aus einer organischen Mutterlauge, dem Cytoblastem, gleichsam herauskrystallisiren. Daher stellte denn Schwann, freilich mit grosser Reserve, als Leitfaden für weitere Untersuchungen

die Hypothese auf, „dass die Bildung der Elementartheile der Organismen nichts als eine Krystallisation imbibitionsfähiger Substanz, der Organismus nichts als ein Aggregat solcher imbibitionsfähiger Krystalle ist“. Manche Forscher glaubten schon auf experimentellem Wege künstliche Zellen bilden zu können, indem sie einen Tropfen Gummischleim in eine Gerbsäurelösung hineinfallen liessen.

Wie sind auch diese Versuche einer *biomechanischen* Erklärung fehlgegangen! Welche ganz andere Bahnen, als Schwann ahnte, hat die fortarbeitende Wissenschaft eingeschlagen! An die Stelle des organischen Krystalls trat die Auffassung der Zelle als eines Organismus, womit wieder eine der vermeintlichen Brücken fiel, die man schon in das Reich der anorganischen Natur geschlagen zu haben glaubte. An Stelle der Entstehung der Zelle durch eine Art Urzeugung aus plastischen Stoffen trat die Lehre von der Selbsttheilung der Zelle und der Satz: „*Omnis cellula e cellula*“. Umfassende biologische Arbeit, eine Fülle glänzender Beobachtungen und sich rasch folgender Entdeckungen auf dem Gebiete der Zellenlehre und der niederen Lebewesen ist zur Begründung der beiden wichtigen Hauptsätze erforderlich gewesen.

Auch in der Physiologie ist die Ernüchterung nicht ausgeblieben, als sie die Wirkungsweisen der Organe schon nach *einfach mechanischen* Gesetzen glaubte erklären zu können. Wir wissen jetzt, dass sich die Secretion der Drüsen und die Resorption der Darmwandungen nicht als einfache Prozesse physikalischer Diffusion und Endosmose erklären lassen, dass hier Zellenthätigkeiten mitwirken, welche wir weit entfernt sind als chemisch-physikalische Vorgänge darstellen zu können. Wir wissen jetzt, dass die Absonderung des Harns in der Niere kein einfacher

Filtrationsprocess ist, dass auch hier wieder besondere Zellen ihre eigenthümliche, spezifische Thätigkeit entfalten, indem sie einzelne, besondere Stoffe auch in minimalen Quantitäten aus der Blutbahn an sich ziehen und wieder in die Harnwege abgeben.

Der Entdecker des Gesetzes der Erhaltung der Kraft, Robert Mayer (37), verglich das Blut einer langsam brennenden Flüssigkeit und bezeichnete es als das Oel in der Flamme des Lebens; jetzt wissen wir durch die Versuche von Pflüger etc., dass die Oxydationsprocesse und die Wärmebildung nicht, wie Mayer und die Physiologen lange Zeit glaubten, innerhalb der Höhlen der Gefässbahn vor sich gehen, sondern überall in den Zellen, besonders während ihrer Thätigkeit.

In ähnlicher Weise hat man auf allen Gebieten der Physiologie erfahren müssen, dass die Processe des Lebens, je gründlicher man sie erforscht, complicirterer Art sind und sich keineswegs immer von physikalischen und chemischen Processen in so einfacher Weise, wie man glaubte, ableiten lassen. Und so wird auch bei manchen über das Ziel hinauschiessenden Bestrebungen der „Entwicklungsmechanik“ der Rückschlag nicht ausbleiben. Fühlt sich doch bereits Roux, welcher bisher das Lob der Entwicklungsmechanik als der causalen Morphologie, als der Zukunftswissenschaft, als des höchsten Zieles menschlicher Erkenntniss in allen Tonarten verkündet hat, als Herausgeber des Archivs veranlasst, „unseren jungen Stürmern“ (A. f. E. Bd. III S. 441) ein Glas Wasser zur Abkühlung zeitweise anzubieten. „Es fehlt, wie nicht zu verkennen ist,“ bemerkt er, von einigen anderen Stellen abgesehen, im dritten Band (S. 441), „unseren jungen Stürmern auf dem Gebiete der Entwicklungsmechanik, die in wenigen Jahren dasjenige an causalere

Einsicht in die Ursachen der wunderbaren organischen Gestaltungen erreichen möchten und erreichen zu können glauben, zu dessen Ermittlung mindestens Jahrhundert(!), wenn nicht Jahrtausende (!!) mühseliger Arbeit nöthig sind, das ausreichende Unterscheidungsvermögen, das richtige Werthurtheil für bloss Vermuthetes, Denkmögliches, Wahrscheinliches, ja (unbewusst) Erschliches(!) einerseits und Ermitteltes, Festgestelltes andererseits.“

An einer späteren Stelle (A. f. E. Bd. IV S. 41) kehrt dieselbe Klage in anderer Form wieder: „Da ein weiteres Beharren in solchem Vorgehen die junge causale Richtung der Biologie¹⁾ sowohl in ihren Leistungen, wie in ihrem Ansehen auf's Schwerste schädigen muss, so sei hier auf's Neue auf die Mängel dieses Verfahrens hingewiesen.“

Wem fällt dabei nicht die Klage des Zauberlehrlings von Goethe ein:

„ . . . Die Noth ist gross!
Die ich rief, die Geister
Werd' ich nun nicht los.“

Zur Unterstützung können vielleicht einige Betrachtungen dienen, welche schon vor einigen Jahrzehnten Lotze und Mach angestellt haben, welche mir aber auch noch in der gegenwärtigen Situation beherzigenswerth zu sein scheinen.

Unter der Ueberschrift: „Von der Brauchbarkeit der physikalischen Begriffe für die Erklärung des Lebens“

¹⁾ Bezüglich des „junge causale Richtung“ vergleiche man den folgenden Ausspruch von Lotze (S. 91), auch Joh. Müller.

bemerkt Lotze (35, S. 62—65): „Die mechanische Erklärung des Lebens ist eine Aufgabe, zu der sich gegenwärtig (1851!) immer mehr Kräfte drängen; auch wir haben sie als eine unerlässliche Forderung bezeichnet. Aber wenn wir beobachten, wie Vieles nicht ohne Geist gegen sie eingewendet zu werden pflegt, so drängt sich uns noch einmal die Frage auf, ob das, was wir wünschen, auch möglich und ausführbar sei. Gewiss, indem wir verlangten, dass das Leben mit allen übrigen Naturerscheinungen einem und demselben Reiche allgemeiner Gesetze des Wirkens untergeordnet werde, war damit noch nicht ausgesprochen, dass dieses Reich von Gesetzen bekannt sei, am wenigsten, dass es nur in denselben Regeln bestehe, deren sich die Physik bei Betrachtung des Unlebendigen bedient. Dass wir das Leben mechanisch erklären müssen, widerrufen wir nicht, dass es aber mit Hilfe und im Sinne dieser Mechanik geschehen müsse, können wir nicht unbesehen behaupten, wie leider so Viele thun, deren Vorliebe für diese Art der Untersuchung auf keiner Vorüberlegung über Entstehung und Gültigkeitsgrenzen der Voraussetzungen beruht, die in den Naturwissenschaften sich allmählich festgesetzt haben.“

Und gleich darauf fährt Lotze fort: „Es gehört zu den immer wieder hervortretenden Unbesonnenheiten der jetzt üblicher werdenden mechanischen Physiologie, unbesehen als wahr und sicher, ja als allgemein gültig hinzunehmen, was für ganz abweichende Gegenstände von der Physik bisher als Grundlage benutzt worden ist. Dass aber diese mechanischen Principien einer weiteren Aufklärung gar nicht unbedürftig sind, und dass sie nichts weniger als

zweifellos auf ihren eigenen Füßen stehen, das ist für Jeden leicht einzusehen, der sich der Geschichte ihrer Ausbildung erinnert.“ „Auch sind wir gänzlich damit einverstanden, dass die wenigsten der Grundbegriffe und Grundsätze der Physik eine wahrhafte objective Geltung besitzen; wir halten die meisten für Fictionen, durch welche die ohnedies schwer zu behandelnde Natur der Objecte und der Ereignisse unseren Untersuchungsmethoden zugänglich gemacht wird.“ Lotze warnt daher in einer Zeit, in welcher die Vorliebe für mechanische Erklärungen stärker im Wachsen begriffen sei, als das Verständniss ihres Zwecks und ihrer Mittel, allzu bewegliche und phantasiereiche Köpfe vor Ueberstürzung.

In ähnlicher Weise äussert sich Mach (36) in seiner historisch-kritischen Darstellung der Geschichte der Mechanik im Capitel: „Beziehungen der Mechanik zur Physiologie“ in den bemerkenswerthen Sätzen (S. 476): „Alle Wissenschaft geht ursprünglich aus dem Bedürfniss des Lebens hervor. Mag sich dieselbe durch den besonderen Beruf, die einseitige Neigung und Fähigkeit ihrer Pfleger in noch so feine Zweige theilen, seine volle frische Lebenskraft kann jeder Zweig nur im Zusammenhang mit dem Ganzen erhalten. Nur durch diese Verbindung kann er seinem eigentlichen Ziele erfolgreich zustreben und vor monströsen, einseitigen Entwicklungen bewahrt bleiben.“ „Die Theilung der Arbeit, die Beschränkung eines Forschers auf ein kleines Gebiet, die Erforschung dieses Gebietes als Lebensaufgabe ist die nothwendige Bedingung einer ausgiebigen Entwicklung der Wissenschaft. Mit dieser Einseitigkeit und Beschränkung können erst die besonderen intellectuellen ökonomischen Mittel zur Bewältigung dieses Gebietes die nöthige

Ausbildung erlangen. Zugleich liegt aber hierin die Gefahr, diese Mittel, mit welchen man immer beschäftigt ist, zu überschätzen, ja dieselben, die doch nur Handwerkszeug sind, für das eigentliche Ziel der Wissenschaft zu halten.“ „Durch die unverhältnissmässig grössere formelle Entwicklung der Physik, gegenüber den übrigen Naturwissenschaften, ist nun ein derartiger Zustand unseres Erachtens wirklich geschaffen worden. Den Denkmitteln der Physik, den Begriffen Masse, Kraft, Atom, welche keine andere Aufgabe haben, als ökonomisch geordnete Erfahrungen wach zu rufen, wird von den meisten Naturforschern eine Realität ausserhalb des Denkens zugeschrieben. Ja man meint, dass diese Kräfte und Massen das eigentlich zu Erforschende seien, und wenn diese einmal bekannt wären, dann würde Alles aus dem Gleichgewicht und der Bewegung dieser Massen sich von selbst ergeben.“

„Wenn Jemand die Welt nur durch das Theater kennen würde und nun hinter die mechanischen Einrichtungen der Bühne käme, so könnte er wohl auch meinen, dass die wirkliche Welt eines Schnürbodens bedürfe, und dass Alles gewonnen wäre, wenn nur dieser einmal erforscht wäre. So dürfen wir auch die intellectuellen Hilfsmittel, die wir zur Aufführung der Welt auf der Gedankenbühne gebrauchen, nicht für Grundlagen der wirklichen Welt halten.“

Desgleichen bemerkt Mach an einer zweiten Stelle: „Wenn die französischen Encyclopädisten des 18. Jahrhunderts dem Ziele nahe zu sein glaubten, die ganze Natur physikalisch-mechanisch zu erklären, wenn Laplace einen

Geist fingirt, welcher den Lauf der Welt in alle Zukunft anzugeben vermöchte, wenn ihm nur einmal alle Massen mit ihren Lagen und Anfangsgeschwindigkeiten gegeben wären, so ist diese freudige Ueberschätzung der Tragweite der gewonnenen physikalisch-mechanischen Einsichten im 18. Jahrhundert verzeihlich, ja ein liebenswürdiges, edles, erhebendes Schauspiel, und wir können diese intellectuelle, einzig in der Geschichte dastehende Freude lebhaft mitempfinden.“

„Nach einem Jahrhundert aber, nachdem wir besonnener geworden sind, erscheint uns die projectirte Weltanschauung der Eneyklopädisten als eine mechanische Mythologie im Gegensatz zur animistischen der alten Religionen. Beide Anschauungen enthalten ungebührliche und phantastische Uebertreibungen einer einseitigen Erkenntniß. Die besonnene physikalische Forschung wird aber zur Analyse der Sinnesempfindungen führen. Wir werden uns dann der Natur wieder näher fühlen, ohne dass wir nöthig haben, uns selbst in eine uns nicht mehr verständliche Staubwolke von Molekülen oder die Natur in ein System von Spukgestalten aufzulösen.“

Mit der Ueberschätzung und Verkennung mechanischer Betrachtungsweise, vor welcher schon Lotze und Mach in den angeführten Sätzen gewarnt haben, findet sich sehr häufig verbunden eine nicht minder übertriebene Werthschätzung der Mathematik für die Behandlung biologischer Aufgaben. Es wird dabei ebenfalls übersehen, dass die Mathematik doch nur ein Denkmittel, nur ein vorzügliches Handwerkszeug des menschlichen Geistes ist, dass aber unendlich viel daran fehlt, dass alles Denken und Erkennen sich jemals nur in

dieser einseitigen Richtung bewegen und dass der Inhalt unseres Geistes jemals durch sie einen erschöpfenden Ausdruck finden könne. Wie selbst ein so geistreicher Forscher wie Fechner (11) den Wirkungsbereich der Mathematik weit über seine natürlichen Schranken ausdehnt, das lehren uns manche Bemerkungen in seinem Aufsatz: Ueber die mathematische Behandlung organischer Gestalten und Prozesse. Auf eine derselben soll hier eingegangen werden, da sie uns gerade in ihrer Uebertreibung so recht die Einseitigkeit und die Schranken einer mathematischen Erkenntniss vor Augen führt.

Fechner hält es für möglich, wenn man die Mühe nicht scheuen wolle, für jedes menschliche Gesicht eine Approximationsformel aufzustellen, nach welcher sich das Gesicht mit einem solchen Grade der Genauigkeit würde vorzeichnen lassen, dass es Jeder vollkommen getroffen nennen würde. „Jeder, der mit der analytischen Geometrie und den Methoden, Beobachtungen zu Formeln zu combiniren, etwas vertraut ist, wird wissen, dass die Methoden hierzu nicht fehlen. Es würde sich nur darum handeln, eine hinreichende Menge Messungen an dem Gesichte vorzunehmen und diese durch irgend eine Interpolationsformel zu combiniren.“ Selbst die Aufgabe hält Fechner für ausführbar, den verschiedenen Ausdruck eines Gesichtes in Schmerz, Freude, Zorn, Liebe u. s. w. mathematisch zu fassen und das noch Feinere, Individuellere des Ausdrucks in unbestimmbarer Annäherung zu verfolgen, sofern es nur auf deutlich wahrnehmbaren Unterschieden in der Gestaltung der Gesichtszüge beruhe. „So würde eine Sammlung Portraits berühmter Männer in vollem Ernst durch eine Reihe Formeln, aus $a, b, c, \dots x, y, z$, vertreten werden können, wonach Jeder, der die Sache versteht, im Stande wäre, die Portraits ganz treffend wieder herzustellen.“

Während Fechner durch das angezogene Beispiel die weitgehende Verwendbarkeit der Mathematik in der Morphologie zu veranschaulichen sucht, wollen wir uns denselben bedienen, um an ihm die Unzulänglichkeit mathematischer Formeln, die Einseitigkeit und Zwecklosigkeit des mathematischen Ausdrucks für viele Verhältnisse zu erläutern.

Wir wollen annehmen, dass es durch unsägliche Arbeit und durch bewundernswerthe Geduld und Ausdauer möglich ist, die von Fechner gewünschte Formel für ein von Freude oder Zorn bewegtes Gesicht zu entwerfen. Was wäre damit gewonnen? Der grösste Mathematiker würde auch bei fortgesetzter Uebung nicht im Stande sein, die Formel zu lesen, das heisst, sich aus dem Gewirr der ungeheuren Zahlenausdrücke auch nur ein blosses Bild des mathematisch dargestellten Gesichts im Geiste zu reconstituiren; er würde, wenn er zugleich auch ein Maler wäre, nicht aus der Formel das dazu gehörige Gesicht auf die Leinwand zu entwerfen vermögen. Er würde vielmehr eine unendliche Arbeit und Geduld verwenden müssen, um allmählich nach den Zahlenangaben die mathematische Formel in eine Zeichnung zu übersetzen; der Versuch ist auch in unserer Zeit, wo so viel versucht wird, meines Wissens wohl noch nie gemacht worden, aber sollte es einmal geschehen, so ist doch wohl zu erwarten, dass die durch Construction gewonnene Zeichnung viel weniger die Natur und Aehnlichkeit des Gesichtes wiedergeben würde, als irgend eine beliebige Photographie des gleichen Gegenstandes oder als ein Bild, das ein nur halbwegs geübter Maler im Laufe einiger Stunden mit Kreide auf Papier entwirft. Ein begabter Künstler erfasst in wenigen Augenblicken das durch die Augen seinem Geist über-

mittelte und einverleibte Bild eines Gesichtes und oft so genau, dass er schon bloss aus der Erinnerung ein wieder zu erkennendes Portrait entwerfen kann. Wie unendlich ist hier der Künstler dem construirenden Mathematiker, wie weit der menschliche Geist seinem einseitigen Werkzeug, der Mathematik, überlegen! Man wird nie nach mathematischen Formeln Gesichter malen; man wird stets sich des unmittelbaren Schauens und der unmittelbaren Darstellungsmethode bedienen und eine so gewonnene Sammlung von Portraits berühmter Männer einer Sammlung mathematischer Portraitformeln aus $a, b, c, \dots x, y, z$ unfehlbar vorziehen.

Anhang.

Kritische Bemerkungen zu den entwicklungsmechanischen Naturgesetzen von Roux.

In dem zweiten Bande seiner gesammelten Abhandlungen hat Roux 20 Aufsätze in einer neuen Auflage zusammengefasst unter dem gemeinsamen Titel „Zur Entwicklungsmechanik des Embryo“. Die 20 Aufsätze sollen Grundsteine zum Bau der Zukunftswissenschaft liefern, mit deren Aufgaben und Methoden wir in der vorangegangenen Studie bekannt geworden sind. Mehrere entwicklungsmechanische Naturgesetze werden in ihnen aufgestellt; es sind die Früchte von Reflexionen und damit verbundenen Experimenten, welche Roux während 14 Jahren zur Begründung seiner Entwicklungsmechanik ausgeführt hat.

Ueber diese angeblichen Naturgesetze ist seit einer Reihe von Jahren eine heftige literarische Fehde entstanden, welche besonders zwischen Driesch und Roux geführt wurde, in welche ich aber ebenfalls von Anfang an zu nicht geringem Theile mit verwickelt worden bin. Auf meine Einwände und auf meine Experimente, die an dem Roux'schen Untersuchungsobject selbst, am Froschei, angestellt wurden, hat Roux sofort in zahlreichen Entgegnungen ge-

antwortet, um meine Angaben als irrig und nicht beweisend darzuthun. Ich habe seine Entgegnungen und die damit verbundenen verschiedenen persönlichen Angriffe zunächst auf sich beruhen lassen und drei Jahre geschwiegen, wohl in der richtigen Annahme, dass schwerlich Jemand in meinem Schweigen ein stilles Zugeständniss wird erblickt haben. Wenn ich jetzt trotzdem auf die alte Fehde, welche zwischen Driesch und Roux inzwischen weiter gespielt hat und somit von der Tagesordnung nicht verschwunden ist, auch meinerseits noch einmal zurückkomme, so geschieht es, weil ich in einer besonderen Auseinandersetzung mit den Ergebnissen der Roux'schen Untersuchungen eine nicht unwichtige Ergänzung zu den vorausgegangenen allgemeinen Auseinandersetzungen erblicke. Das bisher von umfassenderen Gesichtspunkten aus erörterte Thema „Mechanik und Biologie“ soll hier an besonderen Fällen wie an einzelnen Beispielen noch einmal durchgeführt werden. So schliesst sich der zweite Aufsatz an den ersten in mehrfacher Hinsicht als Ergänzung an.

Die Aufgabe, auf deren Lösung Roux in einer grösseren Reihe von Untersuchungen viel Zeit und Arbeitskraft verwandt hat, bezeichnet er als das Problem der Richtungsbestimmung oder der Bestimmung der Richtungen des Geschehens während der ersten Entwicklung des Embryo (G. A. S. 96). Er will feststellen, an welchem Orte und zu welcher Zeit die Hauptrichtungen des Wirbelthierleibes, Hauptaxe und Medianebene, Kopfende und Schwanzende, Queraxe und Dorsoventralaxe, im Eikörper sich erkennen lassen, und durch welche Ursachen sie bedingt werden. Als Object für seine Untersuchungen benutzte er ausschliesslich

das Froschei, weil man hier im Stande ist, das ganze sichtbare Geschehen während der Entwicklung auf ein äusseres festes System von Richtungen zu beziehen. Die Quintessenz seiner Ergebnisse hat Roux dahin zusammengefasst, „dass die normale individuelle Entwicklung von Anfang an ein System bestimmt gerichteter Vorgänge ist, welches in festen Beziehungen zu den Hauptrichtungen des späteren Embryo steht, derart, dass jede der ersten vier Furchungszellen nicht bloss einem bestimmten Viertel des Embryo räumlich entspricht, sondern auch für sich im Stande ist, dieses Viertel hervorzubilden“ (46, S. 873.) Ein derartiges Geschehen bezeichnet er als Mosaikarbeit.

Indem die Frage nach der Bestimmung der Richtungen des embryonalen Geschehens bis zum befruchteten Ei zurückgeführt hat, hängt sie zusammen mit der noch allgemeineren und umfassenderen Frage nach der Organisation des Eies am Beginn seiner Entwicklung. Das ist das Feld, auf welchem Roux und ich von verschiedenen Ausgangspunkten her einander begegnet und in die literarische Fehde verwickelt worden sind.

Mit der Organisation der Zelle und den hiermit zusammenhängenden Fragen, mit dem Process der Befruchtung, der Bildung der Richtungskörper, der Kern- und Zelltheilung, der Ei- und Samenbildung bei Nematoden etc. habe ich mich seit mehr als 20 Jahren vielfach beschäftigt und bin auf diesem Wege auch zur Erörterung allgemeinerer Probleme geführt worden; ich nenne nur die Erklärung der gesetzmässigen Aufeinanderfolge der Theilebenen in der Eizelle, die Bedeutung der Kernsubstanz und meine Theorie der Vererbung u. s. w.

Ich gebe daher zunächst, soweit es für die Beurtheilung der literarischen Fehde mit Roux von Wichtigkeit ist, einen kurzen Abriss meiner Ergebnisse, wie ich sie im Jahre 1884 veröffentlicht habe in den kurz hinter einander erschienenen zwei Schriften: Welchen Einfluss übt die Schwerkraft auf die Theilung der Zellen? und: Das Problem der Befruchtung und der Isotropie des Eies, eine Theorie der Vererbung.

In der ersten Arbeit (19) besprach ich (Abschnitt I) die schon früher von Haeckel, Balfour u. A. gewürdigte Erscheinung, dass die Eier im Thierreich ausser ihrer verschiedenen Form und Grösse eine sehr verschiedene Organisation zeigen, welche durch die ungleiche Vertheilung mehrerer Substanzen von ungleichem specifischem Gewicht (Eiprotoplasma und Reserve- oder Dotterstoffe) hervorgerufen ist. (Alecithale, centroleithale, telolecithale, meroblastische Eier etc.) Dabei wies ich nach, dass die Sonderung der verschiedenen Substanzen im Eiraume nicht nur unter dem Einfluss der Schwere erfolgt, sondern vor allen Dingen durch Prozesse, welche mit der Entwicklung des Eies zusammenhängen, in hohem Grade gefördert wird. Solche Prozesse sind: 1. die nach Auflösung des Keimbläschens erfolgende Bildung der Richtungskörper und 2. der Befruchtungsact. Denn um die Kerne, wenn sie activ werden (Richtungsspindel, Samenkern), sammelt sich das Protoplasma frei von Dotterkörnern an und kommt bei polar differenzirten Eiern in die Umgebung des nach oben gerichteten animalen Poles zu liegen.

Im zweiten Abschnitt wies ich nach, dass die Lage des befruchteten Kerns im thierischen Ei eine streng gesetzmässige ist und durch zwei Factoren bestimmt wird: 1. durch die äussere Form des Eies und 2. durch die Art

und Weise, wie Protoplasma und Nahrungsdotter im Ei vertheilt sind. Denn „der Kern, von welchem auf das Protoplasma Kraftwirkungen ausgehen, wie die strahlenförmige Anordnung der Plasmatheilchen um ihn lehrt, sucht stets die Mitte seiner Wirkungssphäre einzunehmen.“ (l. c. S. 19.)

In einem dritten Abschnitt stellte ich einige Regeln auf, welche den regelmässigen Verlauf der ersten Furchungsebenen beherrschen: Die Theilungsebene der Zelle wird durch die Stellung der Axe der Kernspindel bestimmt. Denn die erstere muss die letztere immer rechtwinklig schneiden. „Es ist daher a priori richtiger, anstatt nach der Ursache für die Richtung der Theilungsebene der Zelle, nach der Ursache zu forschen, von welcher die Stellung der Kernaxe abhängt, da diese die andere bedingt.“ (l. c. S. 19.) Die Enden der Kernaxe oder Kernspindel, die jetzigen Centrosomen mit ihren Attractionssphären, nannte ich „die Kraftcentra, um welche sich die Plasmatheilchen in zwei Strahlensystemen anordnen, wie die Eisenfeilspäne um die Spitze eines Magneten.“ (Zusatz 2.)

Für die Stellung der Kernaxe fand ich dieselben Factoren wie für die Lage des befruchteten Eikerns maassgebend, nämlich die Form und das Massenverhältniss des im Ei gleichmässig oder ungleichmässig vertheilten Protoplasma, und so formulirte ich den Satz, welchen ich an mehreren Beispielen im Einzelnen erläuterte und als gültig nachwies: „An dem Furchungskern bilden sich die zwei vor jeder Theilung auftretenden Kraftcentra in der Richtung der grössten Protoplasma-Ansammlungen der Eizelle.“ (l. c. S. 20.)

Das Gesamtergebniss fasste ich in die kurze Formel zusammen: „Die Richtung und Stellung der Theilungsebenen hängt in erster Linie von der Organisation der

Zellen selbst ab; sie wird direct bestimmt durch die Axe des sich zur Theilung anschickenden Kerns. Die Lage der Kernaxe aber steht wieder in einem Abhängigkeitsverhältniss zur Form und Differenzirung des sie umhüllenden protoplasmatischen Körpers.“ (l. c. S. 29.)

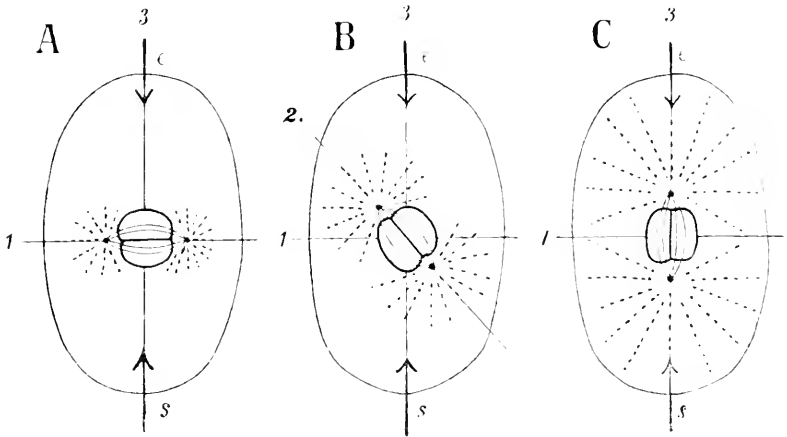


Fig. I. Drei Schemata des befruchteten Eies von *Ascaris nigrovenosa*, um die Drehung des copulirten Kernpaares zu erläutern. Die Pfeile *e* und *s* zeigen die Richtung an, in welcher sich Ei- und Samenkern auf einander bewegt haben. Richtung *1* ist die Queraxe des Eies, mit welcher die Theilebene später zusammenfällt. Die Linie *2* zeigt die Richtung der Copulationsfläche auf einem Zwischenstadium *B* an.

In den erläuternden Ausführungen habe ich noch weiter hinzugefügt, dass Protoplasma und Kern ihr Lageverhältniss zu einander reguliren können, indem sie wechselseitig auf einander einwirken, ähnlich wie der Magnet und die in seiner Umgebung befindlichen Eisentheilchen. (Zusatz 3.)

Als vorzügliches Beispiel zur Erläuterung dieses Verhältnisses bot sich die interessante Beobachtung von Auerbach dar, auf welche ich schon öfters hingewiesen habe:

Die länglich ovalen Eier von *Ascaris nigrovenosa*, welche im Eileiter einzeln hinter einander aufgereiht sind (Fig. I.), werden beim Eintritt in die Gebärmutter an ihrem vorangehenden Pol befruchtet, während am entgegengesetzten Pol die Richtungskörper entstehen. Eikern und Samenkern bilden sich daher an zwei entgegengesetzten Enden des ovalen Eies und wandern darauf unter allmählicher Vergrößerung einander entgegen, bis sie, zwei Blasen von ansehnlicher Größe, in der Mitte sich treffen, sich fest zusammensetzen und an den Berührungsflächen abplatteln. Die abgeplattete Copulationsfläche fällt daher Anfangs mit der Querebene des ovalen Eies zusammen, dreht sich dann aber so, dass sie in seine Längsaxe zu liegen kommt. Die so eigenthümliche Rotationsbewegung des copulirten Kernpaares wies ich als eine nothwendige Regulirung seiner Lage durch gegenseitige Beeinflussung von Protoplasma und Kern in folgender Weise nach (l. c. S. 21):

Nach den 1883 erschienenen ausgezeichneten Untersuchungen von Ed. van Beneden ist von jedem der conjugirten Kerne die Hälfte seiner Substanz für je einen Kern der beiden Tochterzellen bestimmt. Jede erhält von Ei- und Samenkern gleich viel weibliche wie männliche Tochtersegmente. Die mehrfach bestätigte und ohne Zweifel allgemein gültige Beobachtung schlage ich vor das van Beneden'sche Gesetz zu nennen. Eine derartige Substanzvertheilung, so folgerte ich damals, ist nur möglich, wenn das Kernpaar durch eine Ebene halbirt wird, welche ihre Berührungsfläche (Copulationsfläche) rechtwinklig schneidet. Folglich müssen sich an zwei opponirten Punkten der letzteren die Attractionscentren, welche die Lage der Kernaxe bedingen, entwickeln und somit ebenfalls in die

Querebene des Eies zu liegen kommen. Hieraus würde sich wieder ergeben, dass die erste Theilungsebene das Ei der Länge nach halbiren müsste, was die unzweckmässigste und mit der grössten Arbeit verbundene Richtung wäre und den oben aufgestellten Regeln widerspräche. Daher muss die durch den Befruchtungsverlauf bedingte Ausgangsstellung des copulirten Kernpaares geändert werden, sowie mit dem Auftreten der zwei Attractionscentren Kern und Protoplasma in regulirende Wechselwirkung treten. Die Attractionscentren müssen sich nach dem von mir entwickelten Gesetz unter Drehung des Kernpaares so einstellen, dass sie in die Richtung der grössten Protoplasmaansammlungen zu liegen kommen, wodurch die Kernaxe mit der Eiaxe zusammenfällt. Erst auf Grund einer derartigen nothwendigen Regulirung der Stellung des Kernpaares kann im ovalen Ei von *Ascaris nigrovenosa* die Theilung des Dotters entsprechend der von mir aufgestellten Regel und die Vertheilung der Tochterkernsegmente von Ei- und Samenkern entsprechend dem van Beneden'schen Gesetz vor sich gehen.

In einer zweiten, gleich darauf veröffentlichten Abhandlung (20) suchte ich, gestützt auf die Erscheinungen der Befruchtung und der Kerntheilung und anknüpfend an die Nägeli'sche Idioplasmatheorie, den Beweis zu führen, dass der Kern der Träger der Eigenschaften ist, welche von den Eltern auf ihre Nachkommen vererbt werden, dass er zumal in seinem Chromatin das von Nägeli geforderte hypothetische Idioplasma enthält. Gleichzeitig und unabhängig von mir wurde diese Theorie auch von Strasburger entwickelt; sie ist bald darauf von Kölliker, Weismann, Roux u. A. angenommen, dabei aber von

Weismann und Roux in abweichender Weise weiter ausgeführt und verwerthet worden. In meiner Abhandlung schloss ich mich auch zum Theil der von Roux 1883 ausgesprochenen Ansicht über die Bedeutung der Kerntheilungsfiguren sowie seiner Darlegung an, dass der Kern aus einer complicirten und mit zahlreicheren Qualitäten ausgestatteten Substanz als das Protoplasma bestehen müsse. Für das Protoplasma des Eies nahm ich auf Grund der von Pflüger angestellten Experimente und in Uebereinstimmung mit seinen Schlussfolgerungen eine Isotropie an. Mit diesem Worte will ich wie Pflüger die Thatsache bezeichnen, dass die einzelnen Organe des Embryo nicht auf besondere, im Ei schon gesetzmässig vertheilte Substanztheile zurückzuführen sind, welche die Anlagen für sie darstellen. Ich verwende das Wort Isotropie also nur im Gegensatz zum Princip der organbildenden Keimbezirke und zur Negation desselben; dagegen will ich nicht etwa darunter verstanden haben, dass dem Ei als Zelle in der Vertheilung von Protoplasma, Dotter, Pigment etc. nicht eine besondere, ihm eigenthümliche Art von Organisation zukäme; habe ich doch gerade diese Art von Organisation zu derselben Zeit, wo ich über Vererbung schrieb, verwerthet, um daraus die Regeln für die Lage des befruchteten Eikerns und für die Richtung und gesetzmässige Aufeinanderfolge der Theilungsebenen herzuleiten. Man muss die hier gegebene Definition wohl im Auge behalten, denn sonst können die Worte Isotropie und isotrop leicht zu dem Missverständniss Veranlassung geben, als ob dem Ei überhaupt eine Organisation abgesprochen werden solle, was, wie gezeigt, von meiner Seite wenigstens in keiner Weise der Fall ist.

Zu den im Jahre 1884 veröffentlichten Ergebnissen bin ich durch Vergleichung und kritische Beurtheilung zahlreicher Betrachtungen gelangt, welche theils von anderen Forschern, theils von mir selbst gemacht worden waren. Ich versuchte die mannigfaltigen, in der ersten Entwicklung des Eies an vielen verschiedenen Objecten beobachteten Erscheinungen auf einige wenige gemeinsame Regeln zurückzuführen.

Roux dagegen hat mehr den Weg des Experimentes eingeschlagen, als er sich zu derselben Zeit mit der Erklärung der ersten Entwicklungsprocesse zu beschäftigen begann, und hat zum ausschliesslichen Gegenstand seiner Untersuchungen das Froschei gewählt. Die Vorstellungen, welche er sich auf diesem Wege von der Bedeutung der ersten Entwicklungsprocesse gebildet hat, sind in ihrer ursprünglichen Fassung von den meinigen so wesentlich verschieden, dass eine Auseinandersetzung nicht ausbleiben konnte. Den Anstoss zu einer solchen gaben hierauf die schon erwähnten Experimente von Driesch (7). Die hauptsächlichsten Differenzpunkte, um welche es sich in der vor vier Jahren begonnenen literarischen Fehde handelt, will ich in vier kritischen Studien besprechen, wobei ich mich an den historischen Gang der Roux'schen Untersuchungen halten werde.

Erste Studie. Die Mosaiktheorie.

„Entweder experimentirt man in's Geradewohl und fängt hinterher zu betrachten an, oder zum Wohl einer vorgefassten Meinung wird so lange experimentirt, bis die Erfahrung, wie man sich auszudrücken pflegt, mit der Theorie zusammenstimmt.“ Johannes Müller.

Roux hat sich zuerst die Frage gestellt: Besteht zwischen der Richtung der ersten Furchungsebene und der Richtung der Medianebene des späteren Embryo eine constante Beziehung?

Nach einem hier nicht näher anzugebenden Verfahren zeichnete er an isolirten Eiern, die in Ruhelage beobachtet wurden, die Richtung der ersten Theilung auf ein Stück Papier auf, desgleichen später die Richtung des Urmundes und der Medullarwülste, an welchen die Medianebene des Embryo zuerst deutlich erkannt wird. Er verglich die so ermittelten Richtungen unter einander und fand, dass die beiden Richtungen selten zusammenfielen, meist kleinere oder grössere Winkel von 0 bis 9° mit einander bildeten, dass aber bei länger fortgesetzten Versuchsreihen unter Vermeidung etwaiger Fehlerquellen eine immer grössere Zahl von Eiern das Bestreben zeigte, die Richtungen der ersten Theilungsebene und der späteren Medianebene zusammenfallen zu lassen.

Die durch Ausschluss von Fehlerquellen besser gewordenen Versuchsergebnisse und die „Ueberzeugung, dass doch irgend eine feste Beziehung zwischen den bezüglichen Richtungen bestehen müsse, dass unmöglich die Continuität der Richtungen des normalen, embryonalen Geschehens an einer Stelle unterbrochen sein könne“ (G. A. S. 104), veranlassten Roux, unermüdlich die Fehlerquellen aufzusuchen und zu vermeiden; sie bestimmten ihm dann ferner, die gefundenen kleineren und grösseren Abweichungen nicht auf Abweichungen von dem Gesetz, sondern auf die noch restirenden Fehlerquellen des Versuchs zurückzuführen und somit das Gesetz aufzustellen: „Mit der Ebene der ersten Furchung wird (unter normalen Verhältnissen) beim Froschei zugleich auch die zukünftige Medianebene des Individuums bestimmt, und zwar fallen beide zusammen“ (l. c. S. 109—110).

Somit stand im Urtheil von Roux das Gesetz schon von vornherein fest, ehe noch das Experiment ein entscheidendes Ergebniss ge-

liefert hatte. Da nun, wie bekannt, die zweite Theilebene die erste senkrecht und rechtwinklig schneidet, die dritte Theilebene dann wieder in der dritten Richtung des Raumes erfolgt und horizontal zu liegen kommt, so ergibt sich aus dem ersten Gesetz als weitere Consequenz, dass am Beginne der Entwicklung gleich alle Hauptrichtungen des Embryo normirt werden, und „dass die normale embryonale Entwicklung in diesen Beziehungen von Anfang an ein festes System von Richtungen ist, welches keine Unterbrechung zeigt, und wo einem späteren Zufall in dieser Beziehung nichts mehr zur Bestimmung überlassen bleibt“.

Denn die ziemlich zahlreichen Abweichungen, die in jeder Versuchsreihe vorkamen und mit „dem Gesetz“ nicht übereinstimmen wollten, wurden einfach als „Versuchsfehler“ ausgesondert, was ein ganz willkürliches und durch nichts gerechtfertigtes Verfahren ist, oder sie wurden in das Gebiet anomaler Entwicklung verwiesen. Die bei *Rana esculenta* häufig ermittelte Erscheinung, dass die erste Furche mehr mit der Querebene als mit der Medianebene des weiter entwickelten Embryos zusammenfällt, veranlasst Roux, die Hypothese des Anachronismus (G. A. S. 164) zu erfinden; er nimmt an, dass in diesen Fällen der normaler Weise zweiten Furche der Vortritt vor der ersten Furche gelassen worden ist.

An sein vermeintliches Gesetz hat Roux die naheliegende und bedeutungsvolle Frage angeknüpft: Wodurch wirken die Richtungen der ersten Theilebenen auf die Lage der späteren Organe des Embryo von Anfang an ursächlich bestimmend ein? Er hat schon früh im Verlauf seiner Untersuchungen hierauf mit der Hypothese geantwortet (G. A. S. 331):

„Das Wesen der normalen Furchung besteht (abgesehen von der Zerlegung des Eies in kleinere Zellen) darin, dass sie das (durch die Befruchtung activirte) Keimmaterial »qualitativ« scheidet und es zugleich in einer Weise zu einander »ordnet«, welche die Lage der späteren differenzirten Organe des Embryo im Voraus bestimmt. Die qualitative Scheidung und bestimmte Lagerung betrifft »vorzugsweise« das »Kernmaterial« und wird durch die »indirecte« Kerntheilung vermittelt.“

Einen hohen Grad von Gewissheit gewann für Roux diese gleichfalls a priori gewonnene Hypothese durch Experimente, welche er im Anschluss an Untersuchungen aus dem Jahre 1885 im Jahre 1887 anstellte und 1888 veröffentlichte. Schon 1885 (G. A. S. 146) hat Roux durch Anstich mit zugeschärfter Nadel am Froschei kleine Verletzungen angebracht, entweder bald nach der Befruchtung oder auf einzelnen Stadien der Furchung, der Keimblase und der Gastrula etc.; er hat so an bestimmten Theilen des Eies Marken gesetzt, welche sich im Weiterverlauf der Entwicklung zuweilen noch erkennen liessen. Er wollte sehen, ob localisirte Defecte eintreten, und ob sich aus ihnen der Schluss würde ziehen lassen, dass „das Keimplasma zur Zeit der ersten Furchungen schon entsprechend den späteren Einzelbildungen different beschaffen und bestimmt localisirt sei“ (l. c. S. 154).

Seine ersten Versuche haben an sicheren speciellen Ergebnissen, wie Roux selbst hervorhebt (S. 189), nur erst wenig geboten. Namentlich sind die Embryonen, welche nach Verletzung einer der ersten Furchungszellen erhalten wurden, sehr verschieden ausgefallen, theils normal, theils mit diesen und jenen Defecten versehen.

In der zusammenfassenden Beurtheilung (S. 181) heisst

es: „Man wird vielleicht geneigt sein, aus den Versuchsergebnissen auch schon speciellere Schlüsse, besonders über die eventuelle Verschiedenheit und über die Localisation des Keimmaterials im Ei, sowie über die Selbstdifferenzirung der Eitheile zu ziehen, doch würden diese Folgerungen zur Zeit verfrüht sein und müssten gewärtigen, durch die weiteren Versuche widerlegt zu werden. Ich behalte mir daher die Entscheidung nach diesen Richtungen hin vor, bis ich einerseits die Ursache des häufigen Ausbleibens jedes Defects am Embryo sicher ermittelt habe, und bis andererseits die Methode der Localisation so verbessert ist, dass die Resultate der Wiederholung desselben Eingriffes constant geworden sind, und es sich danach verlohnt, die künstlichen Missbildungen genau mikroskopisch zu untersuchen und so alle Alterationen der Entwicklung, nicht bloss die äusserlich sichtbaren, festzustellen.“

Noch ehe indessen Roux seine zweite Untersuchungsreihe 1888 veröffentlichte, hat der inzwischen verstorbene französische Naturforscher Chabry (4. Zusatz 4) an den sehr kleinen Ascidieneiern ähnliche Experimente ausgeführt, welche in einer 1877 erschienenen Doctorarbeit mitgetheilt sind. Wegen der sehr geringen Grösse des Eies hat Chabry mit äusserst feinen Glasnadeln und besonders construirten Instrumenten, die dazu dienen, die Nadel auch sicher auf einen bestimmten Theil des Eies unter dem Mikroskop hinzuführen, eine der ersten Furchungszellen anzustechen und abzutöden versucht. Im Unterschied zum Froschei hat hier eine Verletzung der kleinen Zellen sofort ihren Tod durch Zerfall und körnige Gerinnung zur Folge. So konnten auf dem Stadium der Zweitheilung entweder die linke oder rechte Eihälfte,

auf dem Stadium der Viertheilung eine oder zwei von den vier Zellen wirklich vollständig aus dem Entwicklungsgang ausgeschaltet werden. Die nicht verletzten Zellen des Ascidieneies entwickelten sich weiter und lieferten je nach den Zellen, die durch Anstich entfernt waren, nach der Beurtheilung von Chabry, Missbildungen; er nannte sie linke oder rechte Halbembryonen, Dreiviertel- oder Viertel-embryonen (*demi-individus droits*, *demi-individus gauches*. *Trois-quarts d'individu antérieur droit* s. *antérieur gauche*. *Trois quarts d'individu postérieur gauche* s. *droit*. *Deux quarts antérieurs*. *Deux quarts postérieurs*. *Quarts d'individu*).

Die Namen sind recht unglücklich gewählt und geeignet, ganz falsche Vorstellungen wachzurufen. Denn wie die Beschreibungen und namentlich die Abbildungen von Chabry selbst lehren, und wie es später auch Driesch (7^b) durch Untersuchung des gleichen Objects noch besonders festgestellt hat, entstehen bei der Zerstörung von einer der zwei oder von dreien der vier ersten Furchungszellen keine Hälften und keine Viertel von Embryonen, sondern im Ganzen normale Embryonen von halber oder Viertelgrösse, die nur hie und da noch einen geringen Organdefect (Fehlen eines Pigmentflecks) aufweisen.

In seinen 1887 neu aufgenommenen Experimenten hat Roux die zum Anstich benutzte Nadel erwärmt, da früher die Verletzung mit kalter Nadel, auch wenn Dottersubstanz ausgetreten war, häufig keine Störung in der Weiterentwicklung ergeben hatte. Durch die Erwärmung hoffte er die verletzten Zellen ganz abzutöden oder intensiver zu schädigen. Das Ergebniss war jetzt ein besseres und lieferte nach dem Urtheile von Roux nach Zerstörung der linken oder rechten Hälfte des zweigetheilten Eies einen

Hemiembryo dexter oder sinister, nach Zerstörung der zwei hinteren Viertel des viergetheilten Eies einen Hemiembryo anterior (l. c. S. 419).

Aus den so gewonnenen Ergebnissen schliesst Roux, dass jede der vier ersten Furchungskugeln sich unabhängig von den anderen durch Selbstdifferenzirung zu einem bestimmten Stück des Embryo entwickelt, dass sie nicht nur das Bildungsmaterial, sondern auch die gestaltenden und differenzirenden Kräfte zu einem solchen enthält. Er sieht seine schon früher a priori aufgestellte Hypothese hinsichtlich der Bedeutung der ersten Furchungen zur Gewissheit erhoben und erklärt:

1) „Die Furchung scheidet den die directe Entwicklung des Individuums vollziehenden Theil des Keimmaterialies, insbesondere des Kernmaterialies, „qualitativ“ und bestimmt mit der dabei stattfindenden „Anordnung“ dieser verschiedenen gesonderten Materialien daher zugleich die „Lage“ der späteren differenzirten Organe des Embryo“ (l. c. S. 450).

2) „Es liegt nahe, den Schluss bezüglich der „qualitativen Materialscheidung“ auch auf die folgenden Furchungen auszudehnen“; eine Auffassung, deren Berechtigung indessen Roux erst noch durch weitere Versuche darthun will.

3) „Die Gastrulation vollzieht sich in jeder Antimere selbständig, und das Gleiche ist auch in der caudalen und cephalen Hälfte der Fall. Demnach gilt es auch für die betreffenden Viertel.“ „Die Entwicklung der Froschgastrula und des zunächst daraus hervorgehenden Embryo ist von der zweiten Furchung an eine **Mosaikarbeit**, und zwar aus mindestens »vier« verticalen, sich selbständig entwickelnden Stücken“ (l. c. S. 455). Unter **Mosaikarbeit** versteht Roux „einen Bildungsvorgang, bei welchem „ein Ganzes

aus mehreren oder vielen sich selbständig differenzirenden Theilen“ entsteht, so dass „es ähnlich einer Mosaik aus einzelnen, für sich gebildeten Theilen zusammengesetzt ist“ (l. c. S. 821).

Bei seinen Experimenten erhielt Roux noch ein Nebenresultat. Er beobachtete häufig an operirten Eiern, die sich zu einem Hemiembryo entwickelt hatten, dass sich die fehlende Hälfte noch nachträglich aus dem Material der durch Anstich verletzten Furchungskugel anlegte. Er bezeichnete den Vorgang im Unterschied zur Regeneration als *Postgeneration* (l. c. S. 484).

Auf die mitgetheilten Experimente und Folgerungen von Roux wurde ausführlicher eingegangen, weil sie gewissermaassen das Centrum seiner ganzen Stellung bilden, an welches sich seine übrigen Untersuchungen anlehnen. Daher muss auch die Kritik hier in besonders eingehender Weise einsetzen. Ich werde sie damit beginnen, dass ich den von Roux formulirten Lehrsätzen die von mir gewonnenen abweichenden Ergebnisse in der Form kurzgefasster Thesen gegenüberstelle und dann zu ihrer Begründung übergehe.

Die Richtung und Aufeinanderfolge der drei ersten Theilungsebenen wird durch die Organisation der Eizelle bestimmt, durch ihre Form und durch die besondere Vertheilung und Anordnung der in ihr enthaltenen Zellsubstanzen (Protoplasma, Dottermaterial etc.). 2) Die Richtungen der ersten Theilungsebenen haben keinen directen ursächlichen Bezug auf die Lage der drei Hauptrichtungen des weiter differenzirten embryonalen Körpers; sie bestimmen sie nicht; ebenso

wenig besteht die Aufgabe der ersten Theilungen darin, eine Sonderung in spezifische Materialien für bestimmte Stücke des zukünftigen Embryo herbeizuführen und zu dem Zwecke die Kernsubstanz in qualitativ ungleiche Tochterkerne zu zerlegen. 3) Durch den Furchungsprocess wird vielmehr nichts mehr und nichts minder erreicht, als dass die ursprüngliche Eizelle sich Schritt für Schritt in zwei, vier und mehr Tochterzellen vermehrt, die sich von einander eventuell nur durch Grösse, Form, Gehalt an verschiedenen Zellmaterialien (Protoplasma, Dotter, Pigment etc.) und durch ihre Lage unterscheiden.

Wegen der ersten These, welche 1884 von mir aufgestellt, trotz einiger Einwände auch durch andere Forscher von Jahr zu Jahr mehr bestätigt worden ist, verweise ich auf das früher Gesagte und auf meine oben genannte Abhandlung (19). Für die zweite These, welche sich direct gegen Roux wendet, lassen sich folgende Argumente geltend machen.

Das Zusammenfallen einer der ersten Theilungsebenen des Eies mit der Medianebene des Embryo stellt ein mögliches, aber kein ursächlich nothwendiges Verhältniss her. Hier gilt der Satz: Es kann sein, es kann aber auch anders sein, es braucht nicht so zu sein. Als ein ursächlich nothwendiges Verhältniss aber hat Roux das Zusammenfallen von erster Theilungsebene und Medianebene des Embryo angesehen und nachzuweisen versucht. Bezeichnet er es doch als einleuchtend, dass, wenn die ersten beiden Furchungskugeln das Material für die linke und rechte Körperhälfte enthalten, bei der geringsten Unvollkommenheit der „qualitativen Halbiring“ die eine Körper-

hälfte früher oder später entsprechend anders werden muss (Halbseitigkeit mancher Bildungs- und Erhaltungsabweichungen bis zu dieser Ebene, frühzeitiges Ergrauen der Haare einer Seite, Riesenwuchs einer Kopfhälfte etc.) (l. c. S. 450).

Es ist leicht nachzuweisen, dass solche ursächlich nothwendige Beziehung zwischen der Lage der Medianebene mit einer der ersten Furchungsebenen nicht existirt. Wie schon das vergleichende Studium des Furchungsprocesses bei verschiedenen Thieren lehrt, handelt es sich um variable Erscheinungen. Zum Beispiel verschieben sich während der Furchung die Zellen an einander, wenn auch in geringem Maasse, wodurch aber immerhin die ursprüngliche Lage der Theilebenen allmählich sehr verändert wird. (Brechungsfurche des Zweitheilungsstadiums, Veränderung der Lage der vier oberen animalen Zellen gegen die vier vegetativen.) Noch mehr aber zeigen experimentelle Eingriffe (Plattdrücken der Eier zu einer Scheibe zwischen horizontal oder vertical gestellten Objectträgern, Umformung durch Einführen in eine enge Röhre oder momentaner, kurz vor einer Theilung ausgeübter Druck, durch welchen die Kernspindel aus ihrer Stellung gebracht wird), dass Richtung der Theilflächen, Lage derselben zu einander, Grösse der Theilstücke sich im weitesten Umfang ändern lassen. Durch derartige Experimente kann man unschwer vollkommen gut entwickelte Embryonen erhalten, deren Medianebene nachweisbar überhaupt mit keiner der drei oder vier ersten Theilebenen des Eies zusammenfällt, aus dem sie entstanden sind.

Durch experimentelle Abänderung des Furchungsprocesses kann man sogar, wie Driesch (7) zuerst für das Seeigelei, ich selbst darauf für das Froschei nach-

gewiesen habe (25), die durch die ersten fünf Theilungen gebildeten 32 Kerne im Eiraum gleich Kugeln verlagern, die man durch einander würfelt, wie sich Driesch in bezeichnender Weise ausgedrückt hat (Zusatz 5).

Bei Gültigkeit des Roux'schen Gesetzes müssten die zahlreichen, künstlich zu erzeugenden Varianten des Furchungsprocesses, welche im höchsten Grade einander unähnlich sind, lauter abnorme Embryonen liefern mit ungleicher Grösse einzelner Körpertheile und Verlagerung der einzelnen Organe. Im Falle, dass durch die erste Theilung das Ei in eine kleine und eine viel grössere Zelle gesondert ist, wäre ein Embryo zu erwarten mit einer übermässig grossen und einer kleinen Körperhälfte. Bei durch einander gewürfeltem Kernmaterial müssten Monstra entstehen mit Organen, die, gleichfalls durch einander gewürfelt, keinen Bezug mehr auf einander haben. In Wirklichkeit entwickeln sich indessen aus allen Eiern, mögen sie sich gefurcht haben, wie sie wollen, stets wohlgebildete Embryonen; zwar sind sie auf frühen Stadien, wie die zum Experiment verwandten, noch ungetheilten Eier, dorsoventral oder von links nach rechts plattgedrückt oder tonnenförmig gestaltet, wenn die Eier in eine Röhre gebracht worden waren; aber hiervon abgesehen sind sie sowohl in Bezug auf die Zusammensetzung ihrer Organe als auch in Bezug auf die Lage derselben zu einander und zu der Symmetrieebene, die keiner der ersten Furchungsebenen entspricht, durchaus normal ausgefallen.

Nachdem Pflüger gleichzeitig mit Roux das häufige Zusammenfallen der ersten Theilebene mit der Medianebene des Embryo bei *Rana esculenta* beobachtet, dann aber auch die Abweichungen von dieser Regel bei Eiern in Zwangslage gefunden hatte, zog er daraus auch sofort den richtigen Schluss: „Die Furchung soll das Bildungsmaterial

in kleine Bausteine verwandeln, und es ist ziemlich gleichgültig, in welcher Reihenfolge die vorschreitende Zerkleinerung sich vollzieht“ (42, S. 35).

Roux hat Gelegenheit gehabt, abnorme Furchungserscheinungen, überhaupt Ausnahmen von seinem angeblichen Naturgesetz auch häufig zu beobachten, wie er denn gleichzeitig mit Pflüger zuerst durch experimentellen Eingriff den Furchungsverlauf abgeändert hat; er liess sich aber hierdurch ebenso wenig wie durch den unsicheren Ausfall seiner Experimente in seiner einmal gefassten Meinung irre machen; in den Gedanken, dass es sich bei dem Zusammenfallen der ersten Theilungsebene und der Medianebene um eines jener Naturgesetze handeln müsse, deren experimentelle Begründung er sich zur Lebensaufgabe machen wollte, hat er sich von Anfang an so hineingelebt, dass er Ausnahmen entweder auf Fehler des Experiments zurückführte oder durch Hilfshypothesen zu erklären suchte. Auf letztere kommen wir später zurück.

Als ich in meiner Abhandlung über den Werth der ersten Furchungszellen etc. im Jahre 1893 der Roux'schen Lehre ein umfangreiches, zumeist gleichfalls auf experimentellem Wege gewonnenes Beobachtungsmaterial gegenüberstellte, erfolgte auch von seiner Seite sofort die Entgegnung, dass meine abweichenden Ergebnisse auf Versuchs- und Beobachtungsfehler zum grossen Theil zurückzuführen seien. „Ich zweifle nicht,“ heisst es, „dass O. Hertwig, wenn er gleich mir die bezüglichen Versuche drei Frühjahre nach einander bei nicht zu starker Pressung (und sorgfältiger Beobachtung) wiederholt haben wird, auch zu denselben Resultaten gekommen sein wird.“ (G. A. S. 925.) Bei seinen Deformationsversuchen giebt er an, zuletzt 80% Übereinstimmungen mit seinem Gesetz erhalten zu haben.

und fügt zur Erklärung der 20^o betragenden Abweichungen hinzu, dass „bei diesen Versuchen überhaupt mehrere nicht ganz zu beseitigende und durch eingehende Erwägung und Abrechnung aller störenden Componenten nur theilweise zu reducirende Fehlerquellen vorhanden sind“.

Mit gleicher, durch nichts zu beirrender Consequenz hat Roux an seinem Standpunkt festgehalten, als Born (3), der gleichzeitig und unabhängig von mir ähnliche Compressionsversuche an Froscheiern vorgenommen und veröffentlicht hatte, auch seinerseits erklärte, dass bei Eiern, die zwischen schräg oder senkrecht aufgestellten Platten comprimirt wurden, sich absolut keine Beziehung zwischen der Lage des Urmundansfangs und der ersten Furche auffinden liess. „Die Richtigkeit dieses „absolut keine Beziehung“, bemerkt hier wieder Roux (l. c. S. 961), „könnte nur durch Messung der Winkel zwischen der ersten Furche und der Medianebene festgestellt werden und wäre bloss dann erwiesen, wenn diese Winkel sich auf alle Decaden von 0^o—90^o gleich vertheilten; Born erwähnt aber solcher Winkelmessungen nicht. Es scheint mir daher doch noch nicht ganz erwiesen, ob nicht auch in diesen abnormen Verhältnissen noch ein, wenn auch vielleicht geringes Vorherrschen der Winkel um 0^o und um 90^o vorkommt... Ein solches Vorherrschen könnte aber theoretisch von sehr erheblicher Bedeutung werden, denn gerade von diesen feinen Unterschieden hängt jetzt die ganze Deutung der ersten Entwicklungsvorgänge ab.“

So wird denn „zum Wohl einer vorgefassten Meinung“ — wie Johannes Müller in dem zum Motto gewählten Satz treffend sagt — „so lange experimentirt, bis die Erfahrung mit der Theorie zusammenstimmt“.

Wir wenden uns zur Kritik der Mosaiktheorie von Roux, welche mit der theoretisch weiter ausgebauten und in ihren Consequenzen weiter durchgeführten Keimplasmatheorie von Weismann (57) manches Gemeinsame aufweist. Roux und Weismann nehmen, wie auch ich, die Hypothese an, dass der Kern der Träger der Erbmasse (Idioplasma, Keimplasma) sei; beide weichen aber in einem wesentlichen Punkte von meiner Auffassung ab: sie lassen bei der Vermehrung der Zelle die mit zahlreichen Qualitäten ausgestattete Kernsubstanz qualitativ ungleich getheilt werden, derart, dass die einzelnen Zellen des Embryo mit Kernen von verschiedener Qualität ausgerüstet und dadurch für besondere Leistungen beim Aufbau des Embryo vorausbestimmt werden. Gegen eine derartige Auffassung des Kerntheilungsprocesses hatte ich mich schon 1890 in meiner Schrift „Vergleich der Ei- und Samenbildung der Nematoden“ in dem Abschnitt „Die Keimplasmatheorie von Weismann“ (S. 86—100) sehr bestimmt ausgesprochen und auf Grund der Erscheinungen der Zeugung und Regeneration im Thier- und Pflanzenreich die Ansicht zu begründen versucht, „dass der Kern sich qualitativ gleich theilt, und jede Zelle daher in ihrem Kern die gleiche Erbmasse erhält, dass durch den Besitz dieser Erbmasse jede Zelle in sich die Möglichkeit trägt, unter geeigneten Bedingungen aus sich das Ganze zu reproduciren“.

Eine entscheidende Wendung in der Streitfrage führte darauf Driesch (7), selbst ursprünglich ein Anhänger der Roux'schen Lehre, durch sinnreich und vorurtheilslos durchgeführte Experimente herbei und betrat dadurch einen neuen Weg der Forschung. Er trennte an Seeegelleiern, die sich in 2 oder 4 oder 8 Stücke getheilt hatten, durch

Schütteln die einzelnen Stücke von einander und stellte die seitdem vielfach bestätigte Thatsache fest: „Eine isolirte Furchungszelle entwickelt sich, wenn sie überhaupt lebt, stets zu einem Gebilde, das sich nur durch seine Grösse vom normalen untercheidet.“ Es entsteht aus einer der beiden ersten Theilhälften des Eies nach ihrer Isolirung keine Halbbildung im Sinne Roux's, sondern wieder „ein ganzes Individuum halber Grösse, eine Theilbildung“.

Zu gleichen Ergebnissen führten zahlreiche Experimente an anderen Objecten. Ich erinnere an die Untersuchungen von Wilson (60) am Amphioxus, von Zoja (63) an Medusen, von Morgan an Teleostiern, von Driesch (7^b) an Ascidien, dem Untersuchungsobject von Chabry.

Selbst an Roux's eigenstem Untersuchungsobject, dem Ei des Frosches, liess sich zeigen, dass seine Mosaiktheorie, seine Lehre von den Hemiembryones laterales, anteriores und posteriores und seine Lehre von der Postgeneration auf ebenso einseitiger Beurtheilung der Experimente und unvollkommener Beobachtung beruhen, als seine Lehre von der Bedeutung der Furchungsebenen. Seine Anstichversuche beim Frosch prüfte ich nach (25). Wenn eine mehr oder minder vollständige Zerstörung von einer der beiden ersten Theilhälften des Eies durch eine erwärmte Nadel oder durch den galvanischen Strom gelungen und dadurch die Dottermasse theilweise geronnen und für weitere Entwicklung unbrauchbar geworden war, erhielt ich in der Regel aus der andern überlebenden Hälfte des Eies im Ganzen wohlgebildete Embryonen, welche aus zwei Antimeren aufgebaut, mit einem ganzen Kopf und Rumpf versehen waren und nur an ihrem hinteren Ende und besonders auch an der ventralen Fläche Defecte aufwiesen.

Die Defecte aber waren dadurch entstanden, dass das entwicklungsfähige Zellmaterial sich in Folge der eng anliegenden Dotterhaut nicht frühzeitig von der abgetödteten Dottermasse hatte abgrenzen können, wesshalb Gesundes und Todtes unmittelbar in einander übergingen.

Ich habe, indem ich operirte Eier von Tag zu Tag einlegte und eine grössere Zahl in Schnittserien in querer und sagittaler Richtung zerlegte, die durch die Operation herbeigeführten Veränderungen auf dem Stadium der Keimblase und der Gastrula, sowie an Embryonen, die schon den Kopf, Nervenrohr, Chorda und Ursegmente enthielten, genau untersuchen können.

Wer sich die Mühe giebt, meine Beschreibung und Beurtheilung der Befunde genau durchzulesen, wird sehen, dass sich die Entwicklung der Eier in anderer Weise vollzieht, als es Roux dargestellt hat.

Die absonderlichen, ganz ohne Analogie dastehenden Vorgänge, welche Roux für die Postgeneration annimmt, aber nur erschlossen, nicht beobachtet hat, musste ich gleichfalls in Abrede stellen. Ich kann noch jetzt Wort für Wort die Kritik von Weismann unterschreiben: „Dass in jenen Fällen, in welchen die andere Hälfte des Embryo sich nachträglich ergänzte, diese Ergänzung auf dem Wege einer Art von Zelleninfection stattgefunden habe, derart, dass das bloss Anstossen z. B. an Ektodermzellen die noch undifferenzirten Zellen der operirten Eihälfte bestimmte, sich ebenfalls zu Ektodermzellen auszugestalten, das Anstossen an Mesoblastzellen aber sie zu Mesoblastzellen bestimmte, — einer solchen, alle unsere bisherigen Anschauungen über den Haufen werfenden Annahme könnte ich nur zustimmen, wenn unwiderlegliche Thatsachen sie bewiesen“ (57, S. 192).

Wie stellt sich nun Roux zu meinen abweichenden Ergebnissen? Er hilft sich in seiner sofort erschienenen Erwiderung (G. A. S. 940) in der einfachsten und bequemsten Weise; er veröffentlicht eine lange, in's kleinste Detail eingehende Beschreibung seiner Methoden zur Hervorbringung halber Embryonen und behandelt meine Untersuchung als einen vergeblichen Versuch, seine Experimente mit Erfolg nachzumachen. Meinen angeblichen Misserfolg führt er dabei unter Anderem darauf zurück, dass ich gewöhnlich nicht nur die operirte, sondern auch die zweite Zelle mit angestochen und „angesengt“ habe. Wie kommt Roux zu dieser so offenbar aus der Luft gegriffenen wohlfeilen Behauptung und zu dem nicht minder wohlfeilen Zusatz, dass das Anstechen und Ansengen der zweiten Zelle zwar ihre Entwicklung, wenn der Kern unversehrt blieb, nicht ausschliesse, jedoch die Bildung eines normal gestalteten Hemiembryo unmöglich mache? Hat etwa gar der vielgeschäftige Experimentator auch darüber Experimente angestellt, was für besondere Folgen das „Ansengen der zweiten Zelle“ nach sich zieht, was man aus seinem Zusatz schliessen sollte? Und woher will er überhaupt wissen, ob der Kern unversehrt geblieben ist oder nicht, während doch Jeder weiss, dass beim undurchsichtigen und grossen Froschei die Einwirkung der Operation auf den Zellkern sich in keinem Fall berechnen und feststellen lässt. Solche wichtigen Ausreden sollte man doch einem urtheilsfähigen Leserkreis nicht bieten.

Einen anderen Grund des Misserfolges meiner Untersuchungen will Roux in dem Umstande finden, dass ich in der kritischen Zeit, in welcher sich das Wunder der Postgeneration vollzieht, nicht continuirlich oder wenigstens alle Stunden einmal, Tag und Nacht, die operirten

Eier beobachtet und deswegen das Stadium der reinen Halbbildung verpasst habe (Zusatz 6). Auch diese Einrede verstehe ich nicht, da ich mir doch einen Einblick in die Beschaffenheit der wichtigen Entwicklungsstadien, auf die es ankommt, einen Einblick in die Beschaffenheit der Blastula, der Gastrula, der ersten Anlage der Rückenwülste, des geschlossenen Medullarrohrs an dem in gleicher Weise operirten Eimaterial verschafft habe. Bei den operirten Eiern, die ich auf dem Stadium der Gastrula abgetödtet und untersucht habe, ist es nach den bereits feststehenden Verhältnissen der Organisation einfach unmöglich, dass sich auf dieser Grundlage ein Embryo mit nur halber Medullarplatte entwickeln könnte.

Wer die auf 15 Seiten von Roux nachträglich im Jahre 1894 veröffentlichten, peinlich genauen Vorschriften zur Hervorbringung halber Froschembryonen (G. A. S. 943) liest und damit seine Angaben über die Versuchsmethoden aus dem Jahre 1888 vergleicht, mit welchen das Material für seine hier allein in Betracht kommende und von mir nachgeprüfte Abhandlung gewonnen wurde, der wird sich gewiss mit mir eines Lächelns nicht erwehren können. Denn mit den wohlgemeinten Rathschlägen für Andere hat Roux selbst seine Hemiembryonen nicht erhalten.

Bei seinen ersten Versuchen im Jahre 1888 (G. A. S. 428) wurden zwar die Eier vom grünen Frosch in Glasschalen einzeln aufgesetzt, in ihrer Stellung controlirt, gezeichnet, operirt, verglichen und noch einmal gezeichnet, Anstichstelle und ausgetretener Dotter in das Bild eingetragen, leider entwickelten sich aber die meisten Eier in diesen ersten Versuchen entweder gar nicht oder trotz grosser Substanzverluste durch ausgetretenen Dotter

normal. Da nun Roux überhaupt erst „nach Abschluss zeitraubender anderer Versuche“ den noch verbliebenen Rest der Laichperiode für die fraglichen Experimente verwandte, so that Eile noth, denn schon entwickelten sich einzelne nicht operirte Controleier zu Missbildungen (*Asyntaxia medullaris*). Daher operirte jetzt Roux „gleich grosse Massen nicht isolirter, sondern in der Schale beisammen liegender Eier nach Bildung der ersten Furche“ (l. c. S. 429). Nach einigen Stunden oder am nächsten Tage las er die Eier heraus, bei welchen sich die operirte Furchungskugel nicht gefurcht hatte.

Wer selbst die Eier verschiedener Amphibien auf ihre Entwicklung untersucht hat, weiss recht gut, dass die Eier von *Rana fusca*, welche ich zu dem Experiment verwandt habe, für Schnittpräparate viel geeigneter sind als von *Rana esculenta*; sie geben ungleich deutlichere Bilder. Denn in Folge ihres Pigmentgehaltes grenzen sich bei *Rana fusca* die Zellen scharf von einander ab und ebenso die verschiedenen Keimblätter und die sich aus ihnen entwickelnden Organe. Roux hat zu seinen Experimenten *Rana esculenta* benutzt. In welcher Verfassung sich ausserdem die von ihm zu Schnitten verwandten Eier befunden haben werden, kann man einigermaassen aus seinen eigenen Angaben errathen.

Die in Alkohol gehärteten, in Boraxcarmin gefärbten, dann entwässerten Eier wurden einige Minuten in Toluol übertragen, nach Belieben mehrere Stunden oder Tage in dickes, verharztes Terpentinöl gebracht und dann, nach Entfernung des anhaftenden Terpentins von der Oberfläche mittels eines in Toluol getränkten Pinsels, Monate lang trocken aufbewahrt (S. 431). Auf der Naturforscherversammlung in Wiesbaden wurden sie so demonstrirt. Da die

meisten Eier steinhart und für das Schneiden zu spröde geworden waren, wurden sie später 2—3 Tage in einer 30 procentigen Lösung von kohlsaurem Kali „eingeweicht“, wieder entwässert, mit Terpentin durchtränkt und in Paraffin eingebettet. Mehrere waren „dabei aussen so stark erweicht worden, dass sich von ihnen nur noch Reste verwerthen liessen“, welche indessen „glücklicher Weise noch die wichtigsten Stellen darboten“. Nach diesen Angaben scheint mir jedes weitere Wort über den Werth des von mir und von Roux benutzten Beobachtungsmaterials überflüssig.

In dem 1894 veröffentlichten Aufsatz von Roux über die Methoden sind mir noch drei Bemerkungen von besonderem Interesse, da sie Manches erklären.

Von den in Masse operirten Eiern, bei denen eine der zwei ersten Furchungszellen angestochen wurde, erhielt Roux sowohl Hemiembryones laterales als H. anteriores — in welchem Procentverhältnisse, wird leider nicht gesagt. Dass an Stelle der erwarteten Hemiembryones laterales auch H. anteriores sich bildeten, erklärt Roux wieder aus der Zwangslage der Eier bei der Operation und mit der willkürlichen Lehre vom Anachronismus der Furchen, welche er stets als Retter aus der Noth zur Verfügung hat. Nun besitzen aber leider, wie ich in meiner Arbeit nachgewiesen habe, die sogenannten Hemiembryones anteriores an ihrem hinteren Ende die für dieses charakteristische Organisation, den Urmandrand und die Wachstumszone, an welcher sich ein Ursegment nach dem andern neu sondert; sie sind daher ganze, nur in der Gegend, wo der zerstörte Dotter liegt, mit Defecten versehene Embryonen. Davon wusste freilich Roux zur Zeit seiner ersten Publication nichts in Folge seiner ungenauen Untersuchung mangelhafter und

für Erkennung dieser Details vielleicht überhaupt unbrauchbarer Präparate. Solche Embryonen habe ich nun aber am häufigsten in meinen Untersuchungen erhalten. Nach Roux ist dies nur so zu erklären, dass bei meinen Experimenten merkwürdiger Weise fast immer ein Anachronismus der zwei ersten Furchen stattgefunden haben muss. Anstatt der ersten Furchen, welche links und rechts von einander sondert, muss sich die zweite als erste angelegt und so Kopf- und Schwanzmaterial gesondert haben. Indessen reicht auch diese Erklärung, wenn wir einmal mit Roux den Anachronismus als Retter aus der Noth anrufen wollen, noch nicht vollständig aus. Ein noch merkwürdigerer Zufall muss es ferner gefügt haben, dass meine Nadel nie eine Zelle mit dem Kopfmaterial getroffen hat. Da nun auch Roux bei seinen zahlreichen Operationen niemals einen Hemiembryo posterior erhalten und beschrieben hat, so scheint das Anstechen der das Kopfmaterial einschliessenden Zelle mit nicht geringeren Schwierigkeiten verbunden zu sein, als in einer Lotterie das grosse Loos zu ziehen.

Erwähnenswerth ist wohl auch eine zweite Bemerkung, betreffend die „Hervorbringung im Voraus bestimmter Hemiembryonen“ (l. c. S. 954). Hat man sich nämlich nach den Angaben von Roux auch genau darüber orientirt, was am zwei- oder viergetheilten Ei vorn und hinten, links und rechts werden soll, hat man darauf nach dieser Bestimmung eine Zelle oder auf dem Stadium der Viertheilung zwei Zellen zerstört und gleich nach jeder Operation die Eier in etikettirte Schälchen gesondert, je nachdem sie linke oder rechte oder vordere oder hintere(?) Hemiembryonen liefern sollen, so bereitet uns Roux trotzdem darauf vor, dass leicht Irrthümer vorkommen. Denn — die eigene Erfahrung hat es ihm wohl genugsam

gelehrt — „der Erfolg der Operation ist nicht selten ein anderer, als man beabsichtigte; einmal, weil eine Zelle, die getödtet werden sollte, nicht oder nicht ganz abstarb, oder indem eine Zelle, die unversehrt bleiben sollte, angesengt oder durch Druck zum Theil entleert wurde und sich gar nicht oder nur theilweise entwickelte“ (S. 955).

Roux empfiehlt daher am meisten, die Eier einzeln zu isoliren und so zu controliren, dass man von Zeit zu Zeit immer wieder neue Zeichnungen von ihnen anfertigt; dabei sei besonders darauf zu achten, „ob wirklich die Zerstörung unserer Absicht entsprochen hat; denn nur bei denjenigen Eiern, bei welchen dies der Fall war, könne sich unsere Prognose nach der Medullarwulstbildung bestätigen“ (l. c. S. 957). Das will nach meiner Meinung nichts Anderes besagen, als: Nur bei solchen Eiern bestätigt sich die Prognose, welche sich der Prognose gemäss entwickelt haben; sie sind gut, die anderen sind schlecht operirt. Man vergleiche auch hier das dem Abschnitt vorgesetzte Motto: „Zum Wohl einer vorgefassten Meinung wird so lange experimentirt, bis die Erfahrung mit der Theorie zusammenstimmt.“

Eine dritte Bemerkung von Roux theilt endlich noch mit, dass man gegen Ende der Laichperiode viel leichter reine Hemiembryonen erhalte, als sonst. Die Bemerkung ist mir von Interesse, weil sie ganz offenbar zu Gunsten der Erklärung spricht, welche ich für die bei meinen Versuchen, allerdings nur in geringer Anzahl, erhaltenen Hemiembryones laterales gegeben habe. Ich leitete sie von Eiern ab, die so geschädigt sind, dass sie sich nach Art von Eiern entwickeln, welche *Spina bitida* liefern. Betreffs

der genaueren Erklärung verweise ich auf meine frühere Abhandlung (S. 768—69). Das Untersuchungsmaterial für die Abhandlung von Roux ist nun seiner Angabe nach erst am Ende der Laichperiode gewonnen worden und besass ganz ausgesprochene Neigung zu Spina bifida, da unter den wenigen nicht operirten Controleiern sich schon derartige Monstrositäten vereinzelt zeigten. Ueberhaupt rufen alle schädigenden Momente (thermische, chemische, mechanische Einflüsse), namentlich wenn sie die vegetative Hälfte der Froscheies treffen, leicht eine Entwicklung mit Spina bifida hervor.

Das erste charakteristische Merkmal für diese Art der Entwicklung besteht darin, dass auf dem Stadium der Gastrulation sich an der Grenze des Dotterfeldes und in seinem ganzen Umfang ein ausserordentlich weiter Urmundring bildet, der keine Neigung hat, sich von vorn nach hinten durch Verwachsung seiner Ränder zu schliessen. Nun stelle man sich vor, dass an solchen Eiern in Folge irgend einer localisirten Schädlichkeit (Anstich, Austritt von Dottermaterial etc.) ein zum Kreis geschlossener Urmundring in der Peripherie des Dotterfeldes nicht hat entstehen können, so muss ein Hemiembryo lateralis zu Stande kommen, wenn der angelegte Theil des Urmundrings sich in Chorda und halbe Medullarplatte weiter zu differenziren beginnt.

Auch die Fälle, welche Roux als Postgeneration beschrieben hat, erklären sich auf diesem Wege in einfacher Weise. Wenn bei Eiern mit Neigung zu Spina bifida ein Theil des Dottermaterials durch den Eingriff zwar geschädigt, aber nicht entwicklungsunfähig gemacht worden ist, so werden sich auf der einen Seite die Zellen schneller, auf der anderen Seite viel langsamer theilen. Auf dem

Stadium der Gastrulation wird der eine Theil des Urmundrings rechtzeitig, der andere mehr oder minder verspätet gebildet werden; dort werden sich die halbe Medullarplatte und die Chorda schon differenzirt haben, während hier noch der Urmundrand in undifferenzirtem Zustand besteht. Ist das nicht ein Vorgang, der uns Befunde liefert, welche den von Roux als Postgeneration beschriebenen sehr ähnlich sind? Wir erhalten Embryonen, welche auf der gesunden Seite schon Chorda und eine halbe Medullarplatte besitzen, während sie auf der geschädigten Seite noch undifferenzirt erscheinen und erst nach vielen Stunden oder am nächsten Tage das Stadium der anderen Seite erreichen. Ist unsere Erklärung richtig, dann haben wir zwar gestörte Vorgänge vor uns, aber nicht Vorgänge, die aus dem Rahmen des gewöhnlichen Geschehens ganz heraustreten, wie die von Roux als Postgeneration beschriebenen Prozesse.

Aus diesen Gründen muss ich in der Deutung der Halb- und Viertelembryonen und in der ebenso strittigen Frage der Postgeneration Punkt für Punkt an meinen früheren Erklärungen festhalten.

Gegen Roux haben inzwischen auch die von Oscar Schultze (53), von Wetzel (58) und von Herlitzka (17) neu gewonnenen Erfahrungen gesprochen.

Oscar Schultze hat Froscheier zwischen horizontalen Objectträgern gepresst und unmittelbar nach der Zweitheilung umgekehrt. In jeder Theilhälfte macht sich hierauf das Bestreben geltend, die animale pigmentirte Hälfte durch Umkehrung wieder mehr nach oben zu bringen; in Folge dessen wird allmählich der normale Zusammenhang in der gegenseitigen Lage der beiden Furchungshalbkugeln gelockert und aufgehoben. Dies wird dann wieder die Ur-

sache, dass jede der aus dem natürlichen Zusammenhang gebrachten Hälften sich mehr selbständig für sich und zu einem vollständigen Embryo entwickelt. Aus dem einfachen Ei entstehen zwei, zum Theil unter einander verbundene Zwillinge.

In meinem Laboratorium hat G. Wetzel die Entdeckung von Oscar Schultze bestätigt und ist in Einzelheiten des Vorgangs noch tiefer eingedrungen. So hat sich wider Erwarten in kurzer Zeit erfüllt, was ich 1892 in dem Satze aussprach: „Wenn man die beiden ersten Furchungszellen des Froscheies in der Theilungsebene durch einen Isolator trennen könnte, so würde sich eine jede zu einem vollständigen Embryo entwickeln“ (22, S. 480).

Von Herlitzka ist seitdem die Richtigkeit des Satzes auch noch am Tritonei durch ein zweites Verfahren bestätigt worden. Seinem Geschick und seiner Ausdauer gelang, was ich selbst zu erreichen mich vor ihm schon vergeblich bemüht hatte. Mit einem feinen Coconfaden konnte er mit Hilfe eines zu dem Zwecke von ihm erfundenen Instrumentes das zweigetheilte Tritonei in der Theilungsebene durchschneiden und in einer Reihe von Fällen die beiden ersten Furchungskugeln vollständig von einander isoliren. Eine jede entwickelte sich zu einem ganzen Embryo von halber Grösse.

Solche Ergebnisse bedürfen keines weiteren Commentars. Sie widerlegen durch sich selbst die Mosaiktheorie.

Zweite Studie. Die Copulationsbahn.

Ausspruch von W. Roux: „Die causalen Forscher würden einen Umweg einschlagen und sich selber ein Amnuthszeugniss ausstellen, wenn sie ihr Werk damit anfangen wollten, die mannigfachen nicht bewiesenen Aussprüche descriptiver Forscher auf ihre Richtigkeit zu prüfen.“

Das Gesetz der Richtungsbestimmungen im Froschei, dem unsere Kritik seither gegolten, hat von Roux noch einen Zusatzparagraphen erhalten. Denn es weist noch eine Lücke auf. Wodurch wird die Richtung der ersten Furchungsebene, welche die Lage der späteren Medianebene des Embryos bestimmt, bei ihrer Ausbildung selbst bestimmt? Lässt sich das ganze System der Richtungen auch noch auf eine erste richtungsbestimmende Ursache zurückführen?

Schon in seiner ersten Arbeit aus dem Jahre 1883 wirft Roux, von einer Beobachtung Auerbach's an *Ascaris nigrovenosa* ausgehend, die Frage auf, ob die Befruchtung irgendwie richtungsbestimmend wirken könne; er fügt aber gleich die Bemerkung hinzu, „es müsse vor einer Ueberschätzung des vermuthlichen Einflusses des Befruchtungsvorganges auf die Richtungsbestimmung die Erwägung schützen, dass es Thiere giebt, bei denen sowohl befruchtete als unbefruchtete Eier vollkommen entwicklungsfähig sind“ (G. A. S. 121).

Trotz seines gewiss ganz richtigen Argumentes geht Roux gleichwohl im nächsten Jahre an die experimentelle Prüfung seiner Vermuthung. Er versucht isolirte und in Ruhelage gebrachte Froscheier von einer bestimmten Stelle aus zu befruchten. Die ersten Versuche fallen wieder nicht zu Gunsten aus. Dagegen liefern im nächsten Jahre erneuerte Untersuchungen ein positiv günstiges Ergebniss.

Bei künstlich localisirter Befruchtung (Fig. II A) ging die erste Furche und mit ihr die Medianebene des Embryo bei senkrecht stehender Eiaxe in 50 oder 66 Fällen durch die vom Experimentator gewählte Eintrittsstelle des Samens in das Ei, und „die Seite dieser Eintrittsstelle wurde in 10 von 11 Fällen zu immer derselben, nämlich ventralen (richtiger caudalen) Seite des Embryo“ (G. A. S. 352).

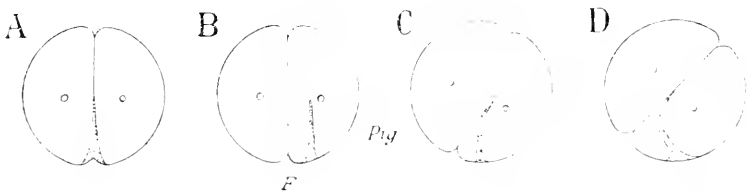


Fig. II. Vier Schemata von Roux zur Veranschaulichung des verschiedenen Verhaltens der Pigmentstrasse zur Lage der ersten Theilebene im Froschei. *Pig* Pigmentstrasse. *F* Erste Theilebene.

Weitere Versuche im Jahre 1886, welche nun gar bloss 10—15% betragende Abweichungen ergaben, führten zur Aufstellung der beiden Naturgesetze (l. c. S. 357): 1) „Bei Eiern von *Rana fusca* und *esculenta*, welche keinem äusseren Zwang unterworfen sind, wird die Richtung der ersten Furche und der Medianebene des Embryo durch die beliebig gewählte Lage der Sameneintrittsstelle bestimmt.“ 2) „Die Seite der Eintrittsstelle des Samenkörpers in das Ei, die Befruchtungsseite des Eies, wird (bei normaler Stellung der Eiaxe) zur ventricaudalen Seite des Embryo.“

Die von Roux aufgeworfene Frage kann am Froschei auch noch auf dem Wege reiner Beobachtung aufgeklärt werden; man braucht nur Schnittserien durch gewöhnlich befruchtete und am Ende der Zweitheilung stehende Eier

anzufertigen. Der in das Ei eindringende und mit dem Eikern sich verbindende Samenkörper durchläuft nämlich im Dotter einen Weg, der längere Zeit an einer schwärzlichen, zuerst von Bambeke entdeckten Pigmentirung kenntlich bleibt. Das Pigment rührt von der bräunlich-schwarzen Eirinde her, von welcher der Samenkern eine Partie an sich zieht und auf seiner Wanderung im Ei mit sich nimmt (Fig. II A—D, Fig. III A und B p).

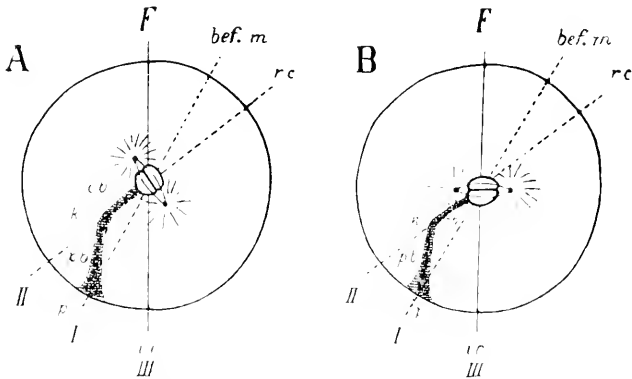


Fig. III. Zwei Schemata über das Verhalten der Pigmentstrasse in Froschei, wenn sie mit der Theilebene nicht zusammenfällt, über die Unterscheidung des Befruchtungsmeridians (*bef. m*), die reelle Copulationsbahn (*rc*) und die icelle oder immanente Copulationsbahn (*ic*). *F* Theilebene. *pb* Penetrationsbahn. *k* Knie. *cb* Copulationsbahn. *I*. Theilung in der Richtung des Befruchtungsmeridians, *II*. Theilung in der Richtung der reellen, *III*. Theilung in der Richtung der icellen oder immanenten Copulationsbahn.

Aus seinem nachträglich vorgenommenen Studium der Schnittpräparate lernte Roux noch Einiges mehr als aus seinen Experimenten. Er fand, dass der Samenkörper keinen geraden Weg im Dotter nimmt. Die Pigmentstrasse stellt eine mehr oder minder gebogene, gewöhnlich am Ende hakenförmig gekrümmte Linie dar (Fig. II C und D, Fig. III A und B p). Eine

krumme oder gar hakenförmige Linie ist aber zur Bestimmung einer Richtung nicht gerade sehr geeignet. Roux sieht sich daher jetzt zu einer genaueren Analyse des Vorgangs veranlasst. Er unterscheidet ausser der Befruchtungsstelle selbst an der Bahn noch zwei Strecken, die Penetrationsbahn (pb) und die Copulationsbahn (cb). Unter ersterer versteht er die grössere Wegstrecke, welche von der Durchbrechungsstelle der Eirinde bis nahe zum Eikern führt, unter letzterer das Endstück, innerhalb dessen Ei- und Samenkern bis zu völliger Berührung und gegenseitiger Abplattung zusammengeführt werden.

Noch eine zweite Lehre gab das Studium der Schnittpräparate. Es zeigte sich noch, dass die erste Theilebene mit der Sameneintrittsstelle und mit der Penetrationsbahn in manchen Fällen einen bald grösseren, bald kleineren Winkel bildete und nur mit dem letzten Theil der Bahn zusammenfiel (Fig. II *C* und *D*, l. c. S. 366). Hierdurch wurde Roux genöthigt, seinem früher auf Grund von Experimenten aufgestellten Gesetz eine etwas andere Fassung zu geben. Er hält sich jetzt für berechtigt — wir wollen seine eigenen Worte gebrauchen —, „die ersteren Theile (Sameneintrittsstelle und Penetrationsbahn), wenn sie überhaupt einen bezüglichen Einfluss ausüben, so doch als minderwerthig gegenüber dem letzteren Moment (Copulationsbahn) aufzufassen und zu sagen:“

„Unter normalen Verhältnissen wird die specielle Richtung der ersten Theilungsebene des Froscheies durch die Richtung der Copulationslinie der beiden Vorkerne bestimmt“ (l. c. S. 383).

Mit diesem Satz, welcher das durch Experi-

mente zuvor ermittelte und formulirte Gesetz wieder aufhebt, stehen wir vor einer vollständig veränderten, durch den Haken der Pigmentstrasse herbeigeführten Sachlage.

Ich habe die Experimente von Roux nicht nachgeprüft. Dazu dürfte sich überhaupt nicht so leicht Jemand veranlasst fühlen, wenn er sich der Bemerkung von Roux erinnert, dass man insbesondere seine Versuche von der localisirten Befruchtung erst drei Frühjahre nach einander nachgemacht haben müsse, um zu denselben Resultaten wie er zu gelangen (G. A. S. 925 und diese Schrift S. 118). Indessen scheint mir schon eine genauere Analyse der Beobachtungen und Schlüsse von Roux klärend zu wirken und daher nicht ohne Interesse zu sein. Versuchen wir sie also!

Nach der zweiten Fassung des Gesetzes wird die Richtung der ersten Theilebene des Froscheies und damit auch die Medianebene des Embryo durch die Richtung der Copulationslinie von Ei- und Samenkern bestimmt. Hierzu ist dreierlei zu bemerken:

Erstens. Die Bezeichnung: Richtung der Copulationslinie führt leicht zu Missverständnissen, die wir klarlegen müssen. Gewöhnlich wird der Leser der Abhandlung von Roux, wie es zum Beispiel Fick in seiner sogleich zu erwähnenden Untersuchung ergangen ist, der Ansicht sein, dass die Richtung der Copulationslinie (Fig. III A, II *rc*) das umgebogene Ende der Pigmentstrasse oder, allgemein ausgedrückt, das letzte Ende der durchlaufenen Wegstrecke sei, welches Roux als Copulationsbahn (*cb*) von der Penetrationsbahn (*pb*) unterschieden hat. Weit gefehlt. Roux hat auch diesen Begriff noch feiner ausgearbeitet und umgestaltet. Er versteht nämlich, wie man bei sorgfältiger Lectüre aus seiner Abhandlung herauslesen kann, unter dem

Worte „Copulationsrichtung“ nichts Anderes als eine ideelle Linie, welche man als Senkrechte auf die Fläche, die durch Berührung und Abplattung des Ei- und Samenkerns entsteht, oder auf die Copulationsfläche errichtet. Er spricht daher auch an einer Stelle von einer „immanenten Copulationsrichtung des Kernes“.

Und nun beachte man: Bei obiger Definition kann zwar die Copulationslinie mit der Copulationsbahn, dem letzten Ende der Pigmentstrasse, zusammenfallen, sie braucht es aber nicht nothwendiger Weise. Sie fällt zum Beispiel mit ihr nicht zusammen, wenn das Kernpaar nach der Copulation seine Stellung im Ei verändert, oder wenn es auch nur sich mit seiner Copulationsfläche um seine Axe herumdreht. In beiden Fällen wird eine auf der Copulationsfläche senkrecht errichtete Linie alle möglichen Winkel mit der wirklichen Copulationsbahn (Pigmentstrasse) beschreiben können. Man vergleiche Fig. III, in welcher das Stadium *A* sich in das Stadium *B* durch Drehung des Kernpaares umgewandelt hat, und die Theilung anstatt in der Richtung *I bef m.* oder *II re* in der Richtung *III ic* erfolgt ist.

Das lehrreichste Beispiel hierfür bietet das Ei von *Ascaris nigrovenosa*, welches ich gerade in Bezug auf diesen Punkt schon im Jahre 1884 genau analysirt habe (Fig. IV). Ei- und Samenkern wandern in gerader Linie, welche durch Pfeile (*e, s*) bezeichnet ist, von den Polen des längs-ovalen Eies auf einander zu und platten sich in seiner Mitte an der quergestellten Copulationsfläche ab. Die Befruchtungsrichtung, der Weg, welchen beide Kerne, um sich zu treffen, zurückgelegt haben, oder die wirkliche Copulationsbahn (Fig. IV *A 3 e s*) fällt mit der Längsaxe des Eies genau

zusammen. In dieser Richtung erfolgt aber die erste Theilung nicht. Das Kernpaar dreht sich mit seiner Copulationsfläche (*B* und *C*) um 90 Grad herum, so dass jetzt die auf ihr senkrecht errichtete Linie (Copulationsrichtung) mit der Querebene des Eies (*C*₁) zusammenfällt, in welcher sich dann die Theilung vollzieht. Nur unter Annahme meiner oben gegebenen Definition des Begriffes „Copulationslinie“ konnte Roux sagen: „Bei *Ascaris nigrovenosa* theilt sich der Furchungsstern in der durch Drehung nachträglich quergestellten Copulationsrichtung, entspricht also zugleich meinem Gesetz“ (l. c. S. 412).

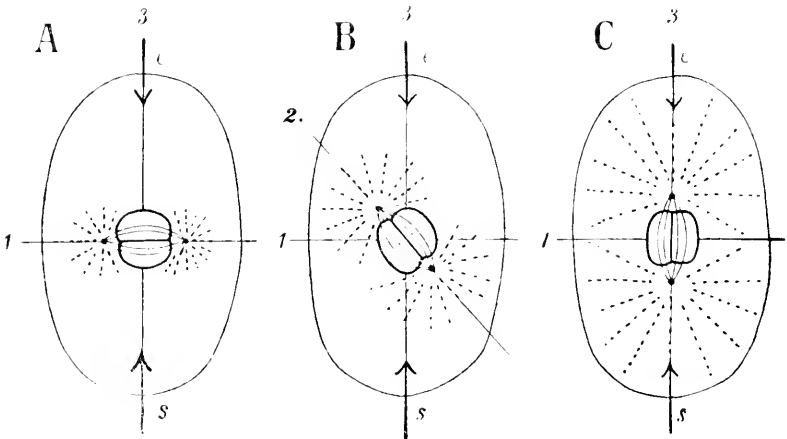


Fig. IV. Drei Schemata des befruchteten Eies von *Ascaris nigrovenosa*, um die Drehung des copulirten Kernpaares und ihr Verhältniss zur ursprünglichen reellen Copulationsbahn zu erläutern. Die Pfeile *e* und *s* zeigen die Richtung, in welcher sich Ei und Samenkern auf einander bewegt haben, die reelle Copulationsbahn (*3*), an. Richtung *1* ist die Queraxe des Eies, mit welcher die Theilebene später zusammenfällt. Die Linie *2* zeigt die Lage der Copulationsfläche auf einem Zwischenstadium *B* an.

Aus dem citirten Satz, sowie aus der weiteren Fassung, welche Roux dem Begriff „Linie der Copulationsrichtung“ gegeben hat, lässt sich der gewiss naheliegende und selbst-

verständliche Schluss ziehen: Wenn die Linie der Copulationsrichtung durch Ortswechsel oder Drehungen des copulirten Kernpaares in erheblichem Umfang nachträglich verändert werden kann, so wird durch den vom Samenkörper durchlaufenen Weg die Richtung der ersten Theilebene überhaupt nicht mehr bestimmt (Fig. III und IV). Wir thun mit diesem Schluss nur einen ganz kleinen Schritt noch über Roux hinaus. Wie dieser selbst schon, durch das Studium seiner Schnittpräparate veranlasst, bezweifelte, ob die Sameneintrittsstelle und die Penetrationsbahn auf die Lage der ersten Theilebene einen Einfluss ausüben, und sie wenigstens als minderwerthig bezeichnete, so können wir jetzt auch dem Rest des Weges, der Copulationsbahn, einen Einfluss nicht mehr einräumen.

Das von Roux über die Wirkung der Befruchtung formulirte Gesetz kann in seiner ersten Fassung nach keiner Richtung mehr Giltigkeit beanspruchen. Roux hat sich zu diesem Schluss selbst nicht entschlossen, sondern vorgezogen, dem Begriff „Richtung der Copulationslinie“ unter der Hand eine feinere, umfassendere Bedeutung in der dargestellten Weise zu geben. Er hat dadurch freilich nur Verwirrung gestiftet. Denn die Leser seiner Schriften werden die Richtung der Copulationslinie meist auf die reelle Copulationsbahn, auf den letzten Theil des vom Samenkörper zurückgelegten Weges, beziehen und sich enttäuscht sehen, wenn sie die Richtigkeit des so aufgefassten Roux'schen Gesetzes an irgend einem Object nachprüfen wollen.

So ist es Fick ergangen bei seiner ausserordentlich sorgfältigen Untersuchung des Axolotleies (14, S. 568 bis 577, 602).

Beim Axolotl ist die Eintrittsstelle und der erste Weg des Samenfadens im Ei ebenfalls an Schnittpräparaten leicht zu beobachten; „der weitere Weg des Samenfadens aber seine complicirten Drehungen und Wendungen konnten nur mit grosser Schwierigkeit von Fick durch Combinationszeichnungen aufgeklärt werden.“ Dabei hat sich herausgestellt, „dass die Richtung der Biegung in der Pigmentstrasse beim Axolotl keineswegs direct als die Copulationsrichtung angesehen werden kann“. Fick hat sich sehr bemüht, durch Reconstruction bei einer grossen Zahl von Eiern eine Gesetzmässigkeit in der Richtung der Pigmentumbiegung, des „Pigmentstiefels“ zu ergründen; aber seine Mühe war eine vergebliche: „es besteht beim Axolotl keine Gesetzmässigkeit in dem erwähnten Verhältniss; das umgebogene Ende ist ohne Beziehung zum Eikern“; auch kann schon desswegen „von einem directen Zielen“ des Knieses auf den Eikern natürlich gar keine Rede sein, weil ja der letztere zur Zeit der Knieausbildung noch ganz an der Peripherie liegt“ (l. c. S. 576).

Nach Klärung der Sachlage gestatten wir uns eine zweite Bemerkung. Wenn man von der oben gegebenen allgemeinen Definition des Begriffes „Copulationsrichtung“ ausgeht, welche sich allein als die zutreffende aufrecht erhalten lässt, dann ist das Roux'sche Gesetz in seiner zweiten Fassung nur ein anderer, aber ungenauerer Ausdruck für den allbekannten Satz: „Die Theilebene des befruchteten Eies erfolgt rechtwinklig zur Axeder Kernspindel und wird von der Lage und Stellung der Spindel als der früher vorhandenen bestimmt.“

Der Beweis ist leicht zu führen. Die descriptiven Forscher wissen schon aus der Zeit, wo man zum ersten Mal

mit den im Ei sich abspielenden Vorgängen der Befruchtung bekannt wurde, dass die Attractionscentren (Centrosomen) für die erste Theilungsfigur (Fig. III und IV) an zwei opponirten Punkten in der Peripherie der Copulationsfläche von Ei- und Samenkern auftauchen, und dass zwischen ihnen die Kernspindel entsteht. Schon in meiner Abhandlung aus dem Jahre 1884 sagte ich bei der Erklärung der Rotation der conjugirten Kerne im Ei von *Ascaris nigrovenosa* (siehe auch S. 104), dass die Kernaxe in die Abplattungsfläche, das ist in die Copulationsfläche der beiden Kerne zu liegen kommt (Fig. IV A_1), dass die Attractionscentren sich an zwei opponirten Punkten der Copulationsfläche entwickeln müssen, dass das Kernpaar halbirt werde durch eine Ebene, welche die Copulationsfläche rechtwinklig schneide (19, S. 21).

Es ist ohne Weiteres klar, dass eine Linie, welche die Mitte der Kernspindel rechtwinklig schneidet, nichts Anderes als die Richtung der Copulationslinie in der oben beschriebenen weiteren Fassung von Roux ist (Fig. III *A re, B ic*). Der Ausdruck „Die Richtung der ersten Theilung des Furchungskernes wird durch die Copulationsrichtung der Vorkerne bestimmt“ lässt sich daher ersetzen durch den Satz: „Die Richtung der ersten Theilung wird durch die Lage der Kernspindel des copulirten Kernpaares bestimmt, derart, dass sie die Axe der Kernspindel in ihrer Mitte rechtwinklig schneidet.“ Ohne Frage ist diese Fassung, welche ich schon 1884 entwickelt habe, und deren Priorität ich hiermit geltend mache, die bessere und genauere; sie beseitigt ein- für allemal die Vorstellung, durch welche die Forscher bisher in der Irre herungeführt worden sind, als ob die Pigmentstrasse, die vom Samenkörper im Ei eingeschlagene Richtung, auf die Lage der Theilungsebene von Einfluss sein könne.

Was ferner die Bedeutung des ermittelten Theilungsmodus des copulirten Kernpaares betrifft, so hob ich 1884 schon hervor, dass er nach den schönen Untersuchungen von van Beneden nothwendig sei, damit von der Substanz der conjugirten Kerne von jedem die Hälfte einem Tochterkern zugetheilt werde (19, S. 21).

Roux hat später gleichfalls die Frage nach der functionellen Bedeutung seines Gesetzes (?), dass die erste Theilung des Furchungskernes normaler Weise in der Copulationsrichtung der Vorkerne erfolge, aufgeworfen. (G. A. S. 390—394.) Nachdem er alle verschiedenen Möglichkeiten der Mischung und Vertheilung der männlichen und weiblichen Kernsubstanzen auf die Tochterkerne erörtert, stellt er das Gesetz auf, dass die ermittelte Art der Theilung bei der Annahme einer „fehlenden“ oder „unvollkommenen Vermischung“ der Substanzen der Vorkerne allein diejenige ist, welche keine in der Copulationsrichtung vor sich gegangene Aneinanderlagerung oder Vermischung der beiden Kernmaterialien wieder aufhebt. Er bezeichnet den Vorgang als „den einfachsten, ökonomischsten Mechanismus der Theilung durch Copulation verbundener, aber nicht oder nur unvollkommen vermischter Materialien“.

Auch dieser Satz ist nur eine Umschreibung und eine ungenauere Wiedergabe des schon zuvor durch van Beneden ermittelten Gesetzes. Schon vor den Erörterungen und der Erwägung der verschiedenen Möglichkeiten durch Roux war über diesen Punkt durch die glänzende Entdeckung eines descriptiven Forschers helles Licht verbreitet worden. Das seitdem mehrfach bestätigte van Beneden'sche Gesetz, dass Ei- und Samenkern gleichviel Kernsegmente zur Bildung der ersten Kernspindel liefern, dass das Muttersegment sich in Tochtersegmente spalte, welche darauf in gleichem Verhält-

nisse sich auf die Tochterkerne vertheilen, hat uns einen vollkommen erschöpfenden Einblick in den Process und seine Bedeutung gewährt. Wem es Vergnügen macht, mag meinerwegen den Vorgang „den einfachsten, ökonomischsten Mechanismus der Theilung durch Copulation verbundener, aber nicht oder nur unvollkommen vermischter Materialien“ heissen. Mehr, als wir durch van Beneden's Gesetz wissen, erfahren wir hierdurch nicht. Ueber dasselbe hinaus hat bis heute unserer Erkenntniss nichts Neues hinzugefügt werden können.

Noch eine dritte Bemerkung. Ich bezeichnete oben die von mir gegebene Fassung, dass die erste Theilungsebene des Eies die Kernspindel des copulirten Kernpaares rechtwinklig schneide und daher in ihrer Richtung durch die Lage der letzteren bestimmt werde, als die bessere und genauere im Vergleich zu der von Roux gegebenen Fassung, dass die Richtung der ersten Theilebene des Froscheies durch die Richtung der Copulationslinie von Ei- und Samenkern bestimmt werde. Die Roux'sche Fassung ist nämlich mathematisch falsch und daher einfach unhaltbar. Jeder weiss, dass die Lage einer Ebene durch die Richtung einer einzigen geraden Linie nicht bestimmt werden kann. Denn ich kann die Ebene um eine einzige gerade Linie als Axe herumdrehen und ihr so unzählige Lagen geben. Das Froschei kann in der Copulationsrichtung durch eine verticale, horizontale und unzählige schräg zur verticalen gestellte Ebenen getheilt werden. Von diesem Fehler ist die von mir gegebene Fassung frei, da eine begrenzte gerade Linie (Axe der Kernspindel) nur durch eine einzige Ebene in ihrer Mitte rechtwinklig halbirt werden kann.

Durch meine Fassung ist zugleich auch das sich anschliessende Problem als Frage klar gestellt: Wodurch wird

die Lage der Kernspindel im Ei bestimmt? Hierauf gab ich die meiner Meinung nach zutreffende und erschöpfende Antwort: „Die Lage der Kernaxe steht wieder in einem Abhängigkeitsverhältniss zur Form und Differenzirung des sie umhüllenden protoplasmatischen Körpers.“ Unter Differenzirung verstehe ich die besondere Art und Weise, wie Protoplasma und Dotterbestandtheile im Ei vertheilt und angeordnet sind. Auch wies ich verschiedene Factoren nach, welche auf eine stärkere Ansammlung von Protoplasma an einzelnen Stellen des Eikörpers hinwirken, wie die Bildung der Richtungskörper und die Befruchtung. Mit anderen Worten ausgedrückt: ich machte die Lage der Kernaxe von dem Bau der Eizelle vor dem Beginn der Theilung abhängig.

Auch Roux war im weiteren Verlauf seiner Experimente 1887 genöthigt, dem Dotter einen grossen Einfluss auf die Richtung der ersten Theilebene einzuräumen. Bei Eiern von *Rana esculenta*, die er in schiefer Zwangslage befruchtete, sah er die Theilebene ausser jeder Beziehung zum Befruchtungsmeridian stehen, und er erkannte an, „dass die durch die Zwangslage bilateral-symmetrisch geordneten Dottermassen einen »drehenden«, bestimmt einstellenden Einfluss auf den Furchungskern, sei es schon während seiner Bildung oder nach derselben, ausüben, und dass dann der so eingestellte Kern, indem er sich in seiner Copulationsrichtung theilt, bewirkt, dass auch der Dotter sich in dieser Richtung theilt“ (G. A. S. 411). Er findet in den Ergebnissen der Befruchtung bei Zwangslage eine neue Bestätigung seiner Ansicht, „dass weder die Lage der Eintrittsstelle, noch die Substanzen der Pigmentstrasse des Samenkörpers das Bestimmende für die Richtung« der ersten Theilung des

Dotters sind, sondern dass das Moment in der Richtung der Copulation der Kerne zu suchen ist“ (S. 406), dass aber „bei genauerer Prüfung auch letzteres Moment nicht die einzige bestimmende Componente sein kann“ (S. 406), sondern der richtende Einfluss der Dottermasse.

In diesen und anderen Sätzen ist denn schliesslich Roux nach mannigfachen Kreuz- und Querfahrten auf demselben Standpunkt angekommen, welchen ich schon 1884 eingenommen hatte, freilich ohne dieser Beziehungen irgendwie zu gedenken, getreu seinem Ausspruch, welcher diesem Abschnitt vorgesetzt ist: „Die causalen Forscher würden einen Umweg einschlagen und sich selber ein Armuthszeugniss ausstellen, wenn sie ihr Werk damit anfangen wollten, die mannigfachen, nicht bewiesenen Aussprüche descriptiver Forscher auf ihre Richtigkeit zu prüfen.“

Wir wollen dem causalen Forscher diesen Standpunkt lassen und nur zum Schluss noch einmal kurz das Ergebniss unserer analytischen Studie in einigen Sätzen zusammenfassen, in welchen sich eine interessante Metamorphose entwicklungsmechanischer Gedanken und Gesetze wie eine Verwandlung von Nebelbildern vollzieht.

Erstes Bild, im Jahre 1882. Vor einer Ueberschätzung des vermuthlichen Einflusses des Befruchtungsvorganges auf die Richtungsbestimmung der ersten Furche muss die Erwägung schützen, dass es Thiere giebt, bei denen sowohl befruchtete als unbefruchtete Eier vollkommen entwicklungsfähig sind (G. A. S. 121).

Erste Verwandlung. 1883. Die Befruchtung wirkt trotzdem richtungsbestimmend. Die Richtung der ersten Furche und der Medianebene des Embryo wird durch die

beliebig gewählte Lage der Sameneintrittsstelle bestimmt (G. A. S. 357).

Zweite Verwandlung. 1887. Die Sameneintrittsstelle und die Penetrationsbahn sind im Vergleich zur Copulationsbahn (Haken der Pigmentstrasse) für die Bestimmung der Richtung der ersten Furche minderwerthig, wenn sie überhaupt einen bezüglichen Einfluss ausüben (S. 383).

Dritte Verwandlung. 1887. Die Richtung der ersten Theilungsebene wird auch nicht durch die reelle Copulationsbahn (Haken der Pigmentstrasse), sondern durch die Richtung der ideellen oder immanenten Copulationslinie der beiden Vorkerne bestimmt (S. 412).

Vierte Verwandlung. 1887. Die Richtung der ersten Theilungsebene wird nicht ausschliesslich durch die Richtung der Copulationslinie der beiden Vorkerne (erste Componente), sondern auch durch die Anordnung der Dottermasse und ihren richtenden Einfluss (zweite Componente) bestimmt (S. 407).

Das Schlussbild (1895) liefern die in der neu aufgelegten Sammlung der Abhandlungen über Entwicklungsmechanik gleichfalls neu formulirten Naturgesetze § 1—4 (S. 1025).

Wie verhält es sich bei diesen Verwandlungen mit der Richtigkeit der Ergebnisse der von Roux zuerst angestellten Experimente und seiner Beobachtungen?

Dritte Studie. Einige Definitionen.

Ausspruch von W. Roux: „Ich ersuche zugleich die Herren bequemen Abschreiber à la M. V., dasjenige, was sie für meine Ansichten ausgeben wollen, ebenso wenig aus den Schriften H. Driesch's wie aus denen O. Hertwig's zu entnehmen, sondern bitte sie, hartes Holz zu bohren und die Originale zu studiren.“

A. f. Entw. Bd. III S. 428.

Da Roux selbst viele Erscheinungen, die mit seinen „Naturgesetzen“ nicht übereinstimmen wollten, zu beob-

achten Gelegenheit hatte, da er ferner seit einer Reihe von Jahren immer mehr Widerspruch von verschiedenen Seiten erfuhr, und zwar auf Grund zahlreicher Experimente und Beobachtungen, so musste er wohl oder übel sich mit der veränderten Sachlage abzufinden suchen. Er hat sich denn öfters bemüht, seine Gesetze, ohne sie preiszugeben, den neuen Verhältnissen anzupassen. Dazu mussten Hilfsypothesen ersonnen, sowie entwicklungsmechanische Definitionen und Begriffe gebildet werden.

Eine sehr ausgiebige Verwendung finden in den Schriften von Roux namentlich einige künstliche und willkürliche Begriffsbestimmungen. Als solche bezeichne ich 1. die Unterscheidung einer normalen oder typischen und einer anomalen oder atypischen Entwicklung, wie sie Roux sich zurechtgelegt hat; 2. die Unterscheidung einer Selbstdifferenzirung und einer abhängigen Differenzirung.

1. Die Definition der typischen und atypischen Entwicklung ist ein classisches Beispiel einer Definition, durch welche so gut wie nichts definirt wird. So lesen wir an einer Stelle (G. A. S. 914, 915): „Die verschiedenen, nicht von einer einzigen Bildungsweise ableitbaren That-sachen haben mich veranlasst, zwei entsprechend verschiedene Bildungsmodi aufzustellen.“ „Erstens einen Bildungsmodus für die normale Entwicklung, den ich als Modus der directen s. typischen Entwicklung bezeichne, weil er typisch verläuft“, „zweitens den Modus der indirecten s. atypischen s. regulatorischen Entwicklung etc. Dieser ist im Gegensatz zu ersterem charakterisirt durch entsprechend atypischen, aber von einem stets vorhandenen, wenn auch nur kleinen „typischen“ Theile aus geleiteten Verlauf“; oder an einer andern Stelle (S. 844): „Das Wesen

der typischen Entwicklung ist bezeichnet vornehmlich durch stets denselben typischen Ausgang von einer (ihrer Herkunft nach typischen) äusserlich „undifferenzirten“ ganzen Zelle und durch in allen Fällen denselben typischen Verlauf.“ „In allen Fällen“ wird dabei wieder eingeschränkt durch den in Klammern gesetzten Zusatz, „von geringen Variationen und ihnen entsprechenden directen Anpassungen, Selbstregulationen, abgesehen“. Oder an dritter Stelle (S. 813): „Ist die typische Entwicklung, wie wir annehmen, Bildung von typisch Geordnetem aus typisch Geordnetem unter vollkommen typischem Verlaufe, und zwar Entwicklung eines typischen formal Complicirten aus einem typischen formal Einfacheren, so ist sie also etwas in ihrem Principe durchaus Verständliches(!), sofern wirklich der Verlauf in allen seinen Theilen, nicht bloss in den Hauptzügen, typisch bestimmt sich vollzieht, und sofern die eventuellen »atypischen« Einzelvorgänge doch durch »typische« Regulationsmechanismen vermittelt werden.“ „Die »atypische Entwicklung« ist dagegen Bildung von Geordnetem aus einem in sich Geordneten, aber atypisch Begrenzten, und zwar Bildung eines typischen Ganzen aus einem atypisch begrenzten Theile eines solchen“ etc. „Aus der atypischen Begrenzung des sich zum typischen Ganzen umbildenden Theiles folgt, dass diese Umbildung sich im Speciellen auf einem jedem Einzelfalle angepassten Wege vollziehen muss.“ „Diese Anpassung ist es, die, sofern sie eine directe ist, den Anschein des Wunderbaren, Metaphysischen (sic!) hat“ (S. 814). Daher soll überhaupt der atypischen Entwicklung „beim gegenwärtigen Stand unserer Erkenntniss etwas Metaphysisches (!!) anhaften“ (S. 813).

Um in den Sinn der Definitionen noch tiefer einzu-

dringen, mag uns ein Beispiel dienen. Wir wählen das Froschei, da ja sein Studium den Anstoss zu den Begriffsbestimmungen gegeben hat, denen Roux, nach den mehrfachen Wiederholungen zu schliessen, besonderen Werth beimisst, und fragen uns; was ist bei ihm typische und atypische Entwicklung? Auf die Frage würde nach den Definitionen von Roux die Antwort lauten:

Das normale, kuglige Froschei ist ein typisch begrenztes und entwickelt sich typisch, weil Alles typisch zugeht; seine Entwicklung ist im Princip durchaus verständlich. Ein Froschei dagegen, das ganz wenig durch Druck abgeplattet ist und daher im Furchungsprocess einige Abweichungen zeigt, ist ein atypisch begrenztes und entwickelt sich atypisch zu einem typischen Ganzen; seine Entwicklung hat den Anschein des Wunderbaren, Metaphysischen an sich, weil sie sich wegen der „atypischen Begrenzung des sich zum typischen Ganzen umbildenden Theiles“ „im Speciellen auf einem jedem Einzelfalle angepassten Wege vollziehen muss.“

Mehr als aus den Definitionen, dass typische oder atypische Entwicklung darin besteht, dass sich etwas typisch oder atypisch entwickelt, wird uns das Geheimniss der typischen Entwicklung aus folgender Stelle klar (l. c. S. 844):

„Typische Entwicklung ist entwicklungsmechanisch bis jetzt charakterisirt in den ersten Stadien (beim Frosch) durch die Bestimmung der ersten Theilungsebene durch die Befruchtungsebene, durch die Anlage der Schwanzseite des Embryos auf der Befruchtungsseite des Eies, durch die Lage der Medianebene in der ersten Furchungsebene etc., durch die erwähnte Selbstdifferenzirung der ersten Furchungszellen zu bezüglichen Theilstücken der Morula, Gastrula

und des Embryo, in etwas späteren Stadien gleichfalls durch einige wenige, von mir nachgewiesene Selbstdifferenzirungen (Selbstschluss des Medullar- und des Darmrohrs), ferner durch einige aus den Missbildungen erschlossene Selbstdifferenzirungen, sowie durch mehrere, bereits ermittelte Arten von Correlationen.“ Also ohne Umschweife, klipp und klar gesagt: die typische Entwicklung ist charakterisirt durch die Roux'schen Naturgesetze, während Alles, was sich diesen Gesetzen nicht fügt, atypisch ist.

Leider sind diese Roux'schen Gesetze nach der Aussage ihres Urhebers selbst in ihrer Wirkungssphäre und Giltigkeit sehr eingeschränkt. Denn die „vollkommen“ typische, nicht der „geringsten“ Störung unterliegende Entwicklung soll nach Roux „ganz rein für sich wohl überhaupt nicht vorkommen“ (G. A. S. 980), und sie soll auch nicht möglich sein, weil das Ei bei seiner Entwicklung von äusseren Bedingungen abhängig ist (l. c. S. 981). In seiner jüngsten Abhandlung (A. f. E. S. 333) macht daher Roux noch eine weitere, feinere Unterscheidung zwischen typischer und normaler Entwicklung, welche man nicht mit einander verwechseln dürfe; denn die typische Entwicklung entspräche nur einer »ganz normalen« Ontogenese, die aber in Folge der ungleichen äusseren Einwirkungen und vielleicht auch in Folge von Variationen im Bau des Eies resp. Samenkörpers wohl nie vorkomme“. Bei der normalen Entwicklung kann es mithin auch atypisch zugehen¹⁾.

¹⁾ So ist auch auf S. 982 zu lesen: „Obschon also nie ein Individuum ganz allein durch die directe s. typische Entwicklung“ entsteht, so muss „diese Art der Entwicklung doch möglichst streng von der indirecten s. regulatorischen Ent-

Uns scheint es sich mit den Begriffen der typischen und der atypischen Entwicklung wie mit den Worten Gesundheit und Krankheit, Leben und Sterben zu verhalten. Auch über diese gegensätzlichen Begriffe kann ein scharfsinniger und phantasievoller Doctorand, wie viele andere Theorien, so auch die Theorie aufstellen, dass vollkommene Gesundheit wohl überhaupt nicht vorkommt, da doch irgend ein Theil immer krank ist, und dass das Leben, da Zellen in unserem Körper fortwährend zu Grunde gehen, eigentlich ein fortwährendes Sterben ist.

Wir aber wollen, ohne in eine Disputation weiter einzugehen, uns darauf beschränken, aus den Definitionen von Roux den naheliegenden Schluss zu ziehen, dass seine entwicklungsmechanischen Naturgesetze, weil sie nur für „die vollkommen typische“ oder „ganz normale“ Entwicklung, welche aber „wohl nie vorkommt“, gelten, mit der wirklichen Entwicklung, welche zum guten Theile eine atypische ist, sich bald hier, bald da in Widerspruch befinden; es sind daher, was ja auch mit den Ergebnissen dieser Studien in bester Harmonie steht, weniger Gesetze, die zeigen, wie es in dieser unvollkommenen Welt eigentlich zugeht, als Gesetze, die uns lehren sollen, wie die atypische Entwicklung in der Natur werden müsste, um vollkommen typisch zu sein.

2. In ähnlicher Weise wie über die bisher besprochenen Begriffe, „typische“ und „atypische“, „normale“, „ganz normale“ und „anomale Entwicklung“, hat Roux Definitionen, denen er für sein Lehrgebäude hohen Werth beilegt, über die Worte Selbstdifferenzirung und abhängige Diffe-

wicklung geschieden werden, da die Prozesse beider wesentlich verschieden sind.“

renzung aufgestellt und ihr Verhältniss zu den verschiedenen Arten der Entwicklung erörtert.

Die typische Entwicklung des Eies ist für Roux hauptsächlich „Selbstdifferenzierung“. Alle Vorgänge sind so genau normirt, dass jedes Stück des Eies, jede Furchungszelle etc. zu einem bestimmten Theil des Embryos zu werden im Voraus bestimmt ist (Mosaiktheorie) und sich unabhängig von anderen Theilen durch Selbstdifferenzierung dazu entwickelt. Ihren besonderen, von Anfang an vorgezeichneten Charakter während der Entwicklung erhalten die einzelnen Zellen aufgeprägt durch die Kernsubstanz, welche durch den Theilungsprocess qualitativ ungleich getheilt wird.

Bei der atypischen Entwicklung dagegen tritt die Selbstdifferenzierung der Theile mehr in den Hintergrund und wird durch abhängige oder correlative Differenzierungen der Theile unter einander ersetzt. Es werden neue Mechanismen der Selbstregulation durch jede Störung des normalen Zustandes, schon durch die geringsten Abweichungen, wie z. B. die so häufigen Verschiebungen der Furchungszellen, geweckt. Es werden dadurch die abnorm gelagerten oder abnorm beschaffenen Theile unter die regulatorischen differenzirenden Wirkungen ihrer Umgebung gestellt (G. A. S. 980. 981). Sie werden undifferenzirt. An Stelle des Kernmaterials, welches in Folge qualitativ ungleicher Theilung von Haus aus nur für eine ganz besondere einseitige Art der Entwicklung fest vorausbestimmt war (typisches Idioplasma), tritt jetzt ein in jeder Zelle gleichsam noch in Reserve gehaltenes Kernmaterial, welches in undifferenzirtem Zustand jeder Zelle noch neben dem qualitativ ungleich getheilten Kernmaterial für unvorhergesehene Fälle bei der Theilung mit auf den Weg gegeben wird, das Reserve-Idioplasma.

Da ich die Mosaiktheorie von Roux und die ihr nahe verwandte Keimplasmatheorie von Weismann, besonders die Lehre der qualitativ ungleichen Kerntheilung und des Reserve-Idioplasma, schon im ersten Heft der „Zeit- und Streitfragen“ eingehend besprochen habe, verweise ich auf das früher Gesagte (besonders S. 27—80) und gehe hier nur noch auf Gebrauch und Bedeutung der beiden Worte „Selbstdifferenzirung“ und „abhängige Differenzirung“ ein. Denn Roux bedient sich ihrer als Schlagworte, um mit ihnen das seiner Meinung nach grundverschiedene Wesen der typischen und atypischen Entwicklung zu bezeichnen. Er nennt sie schwierige, aber für seine causale Forschung nothwendige Begriffe.

Selbstdifferenzirung findet nach Roux in der Entwicklung eines Organismus oder eines seiner Theile statt, wenn „eine Veränderung sich durch gestaltende oder qualitativ differenzirende Energien vollzieht, welche in dem »veränderten Ganzen« resp. in dem veränderten Theile gelegen sind“ (G. A. S. 821). Abhängig oder correlativ ist dagegen die Differenzirung, wenn „bei der Gestaltung eines Gebildes ausserhalb desselben gelegene differenzirende Ursachen mitwirken.“ Die Unterscheidung der beiden Entwicklungsweisen gründet Roux „auf den Sitz der differenzirenden Ursachen;“ er nennt sie daher auch kein actives, sondern ein topographisches Princip (l. c. S. 823).

Noch etwas genauer wird an einer andern Stelle die Definition ausgeführt (l. c. S. 978): „Unter »Selbstdifferenzirung« eines von der Natur oder in Gedanken von uns abgegrenzten Theiles verstehe ich, dass die Ursachen des »Specificischen der Differenzirung dieses Theiles in ihm selber gelegen sind. Vorbedingungen dieser Veränderungen, d. h. Componenten, welche nicht das Specificische:

die Qualität, den Ort, die Zeit und die Intensität der Veränderung bestimmen, wie z. B. die Zufuhr von Wärme, Sauerstoff und sonstiger Nahrung, können dabei von aussen zugeführt werden, ohne dass die Veränderung dadurch den Charakter der Selbstdifferenzirung in meinem Sinne verliert. Als abhängige resp. correlative Differenzirung bezeichne ich die Veränderung eines ungrenzten Theiles, sofern resp. soweit die das spezifische Verhalten nach Qualität, Ort, Zeit und Grösse dieser Veränderung bestimmenden Ursachen ausserhalb dieses Theiles gelegen sind.“

Wie mit den Worten typische und atypische Entwicklung hat Roux auch hier wieder die Biologie mit zwei unklaren Begriffen beschenkt, deren Verwendung im besonderen Fall in höchstem Grade von dem Belieben und der Willkür des einzelnen Forschers abhängt.

Streng genommen kann ja von einer Entwicklung durch Selbstdifferenzirung überhaupt nicht gesprochen werden. Denn auch die geringste Veränderung eines Organismus oder eines seiner Theile setzt stets die Mitwirkung äusserer Ursachen voraus.

Das hat auch Roux eingesehen und bemerkt daher (l. c. S. 822): „Um Irrthümern vorzubeugen, ist stets gegenwärtig zu halten, dass es Selbstdifferenzirung im *analytischen* Sinne, also in Bezug auf das *Geschehen* selber, auf die Veränderung bloss des gerade veränderten Theiles nicht giebt und nicht geben kann, da entsprechend dem Beharrungsgesetz nichts seinen Zustand von selber zu verändern vermag. Die Entwicklung besteht also ihrem Wesen nach in Wechselwirkungen, in gegenseitigen Beeinflussungen.“

„Die Veränderung oder Differenzirung an sich beruht stets auf Wechselwirkung von Theilen, da nichts ganz von selber sich verändern kann“ (l. c. S. 979).

Gewiss ist es schon von vornherein misslich, einen Ausdruck, von dem man selbst sagt, dass er wissenschaftlich eigentlich auf eine Sache nicht zutrifft, sogar als Mittel zur Unterscheidung und Erklärung zweier grundverschiedener Entwicklungsweisen zu verwenden. Soll es trotzdem geschehen, dann muss der Begriff wenigstens so klar definirt sein, dass über seine Verwendung kein Zweifel mehr bestehen kann. In diesem Fall kann nach meiner Meinung das Wort Selbstdifferenzirung einzig und allein in folgender Weise und unter folgender Motivirung gebraucht werden:

Eine Selbstdifferenzirung kann der Entwicklungsprocess eines Eies insofern genannt werden, als das Ei ein so complicirter Organismus, meinerwegen auch Mechanismus ist, dass von seiner Structur das Eigenthümliche oder Specifiche des Entwicklungsprocesses vorwiegend abhängt, während die äusseren Einwirkungen (*causae externae*) zwar gleichfalls unbedingt nothwendig sind, aber doch für das Zustandekommen der besonderen Art des Endproducts weniger ins Gewicht fallen.

Es spielt bei der Erklärung, um mich eines Beispiels zu bedienen, die complicirte und specifiche Organisation der Eizelle dieselbe Rolle wie bei der Erklärung der Leistung einer Maschine ihre complicirte Structur. In dem einen wie in dem anderen Falle sind äussere Ursachen oder Umstände zwar unbedingt nothwendig, dort, damit die Entwicklung des Eies in Gang kommt und unterhalten wird, Sauerstoff, Wärme, Licht etc., hier, damit die Maschine in Thätigkeit gesetzt und erhalten wird, eine äussere Kraftquelle. Aber diese äusseren Ursachen können variiren und haben besonders auf das Specifiche der Entwicklung des Eies oder der Leistung der Maschine nur sehr untergeordneten Einfluss. Eine Buchdruckmaschine arbeitet in derselben Weise.

mag sie durch eine Dampfmaschine, einen Electromotor oder eine andere Kraftquelle getrieben werden. Ebenso wird ein Froschei zum Frosche, mag es sich bei 5—10 oder 20 Grad Wärme, bei reicher oder beschränkterer Sauerstoffzufuhr, in feuchter Atmosphäre oder im Wasser etc. entwickeln.

Will man in diesem schärfer präcisirten Sinne das Wort Selbstdifferenzirung gebrauchen, dann liegt auf der Hand, dass die Entwicklung eines Eies, die unter anderen als den gewöhnlichen Bedingungen vor sich geht, gleichfalls als Selbstdifferenzirung bezeichnet werden muss, auch wenn jetzt einige Störungen mit unterlaufen. Mögen die Bedingungen variiren, wie sie wollen, mögen sie die gewöhnlichen oder aussergewöhnlichen sein, jedes Mal tritt das Ei in den Entwicklungsprocess mit der ihm eigenthümlichen, specifischen Organisation hinein. Seine Theilnahme kann nicht das eine Mal als Selbstdifferenzirung, das andere Mal als abhängige Differenzirung bezeichnet werden. Auch verrichten die äusseren Umstände in dem einen Fall nicht mehr als in dem andern. In beiden Fällen greifen sie in den Entwicklungsgang ohne Unterbrechung mit ein, ermöglichen und beeinflussen ihn.

Die Entwicklung eines kugeligen Froscheies zum Beispiel ist ihrem Wesen nach keine andere, als wenn es zwischen zwei Glasplatten etwas gepresst wird. Jedes Mal ist es die specifische Organisation des Eies, welche das Resultat in der Entwicklung vorwiegend bestimmt und bei der Pressung veranlasst, dass die Furchungsebenen eine geringe Abänderung erfahren. Unter veränderten Umständen bethätigt sich die Selbstdifferenzirung des Eies nur in einer etwas anderen, aber für seine specifische Organisation nicht minder eigenthümlichen Weise. Eine Thonkugel, zu einer Scheibe gepresst, würde sich nicht durch

Theilebenen in Stücke zerlegen. Es ist ebenso unlogisch wie wissenschaftlich unzulässig, das eine Mal die Entwicklung des Eies als eine Selbstdifferenzirung, das andere Mal als eine abhängige Differenzirung nach reiner Willkür bezeichnen zu wollen. Das Verfehlt eines solchen Beginnens wird jedem Leser sofort einleuchten, wenn ich das Beispiel etwas anders wähle und die äussere Ursache, welche sich ändert, die Wärme sein lasse. Je nachdem die Froscheier sich bei 5, bei 10 oder 20 Grad entwickeln, beginnen sie sich nach sehr verschiedenen Zeiträumen zum ersten Male zu theilen. Wenn ich die Entwicklung bei 5 Grad eine Selbstdifferenzirung nenne, so muss ich es auch in den anderen Fällen thun. Hier würde Niemand auf den Gedanken kommen, das eine Mal von Selbstdifferenzirung, das andere Mal von abhängiger Differenzirung zu reden — so offenkundig ist die Inconsequenz und die Willkür bei der Unterscheidung. Trotzdem ist der Entwicklungsprocess in jedem Falle ein verschiedener, entsprechend der Verschiedenheit der äusseren Ursachen. Den Standpunkt aber, den wir gegenüber der Verschiedenheit der Entwicklung bei verschiedenen Temperaturgraden einnehmen, können wir nicht nach Belieben ändern, wenn es sich um Verschiedenheiten handelt, die durch andere äussere Ursachen, wie durch ungleichen Druck etc., hervorgerufen werden. Hier hat man nur die Wahl, den Entwicklungsprocess stets Selbstdifferenzirung zu nennen, unter Einhaltung der oben gegebenen Definition, oder man muss ihm, was ich vorziehe und allein wissenschaftlich berechtigt halte, abhängige Differenzirung nennen.

Aber — so könnte man mir einwerfen — zwischen beiden Beispielen besteht doch ein Unterschied. Bei ungleichen Temperaturen bleibt die Art des Entwicklungsprocesses dieselbe; nur ihre Dauer wird abgeändert; bei

Druck der Eier dagegen ändert sich das Wesen des Entwicklungsprocesses, indem die Furchungsebenen eine andere Lage annehmen, und die Theilstücke ganz andere Form und Grösse erhalten.

Darauf erwidern wir: Dass im zweiten Falle das Wesen des Entwicklungsprocesses eine Aenderung erleide, können wir nimmermehr zugeben. Wie die Veränderung in der zeitlichen Aufeinanderfolge der Theilungen, so ist auch eine Aenderung in der Lage der Theilebenen und in der Grösse und Form der Theilproducte für das Zustandekommen des Endresultats eine ganz unwesentliche Erscheinung im Entwicklungsgang; das Wesentliche und Nothwendige ist nur, dass die Eisubstanz in Zellen zerlegt wird. Zu einer Haupt- und Staatsaction im Entwicklungsprocess ist die Richtung und Aufeinanderfolge der Theilebenen nur durch Roux gemacht worden, welcher auf ihre Erforschung langjährige Arbeit verwandt hat in dem Glauben, durch das Studium des „Richtungsgeschehens“ die ersten Fundamente seiner Zukunftswissenschaft zu legen.

Mit derselben Willkür, mit welcher die unklaren Begriffe Selbstdifferenzirung und abhängige Differenzirung zur Beurtheilung des Entwicklungsprocesses aufgestellt worden sind, hat Roux noch weitere, ähnliche und damit zusammenhängende Unterscheidungen getroffen (G.A.S. 908). Ausser von Selbstdifferenzirung und abhängiger Differenzirung spricht er noch von passiver (?) Differenzirung, von vollkommener und unvollkommener Selbstdifferenzirung, von gemischter Differenzirung. Die Gebilde, welche sich selbst differenziren oder differenzirt werden oder auf andere differenzirend einwirken, nennt er Differenzirungsgebilde

und unterscheidet hier wieder „Selbstdifferenzierungsgebilde, abhängige oder gar völlig passive Differenzierungsgebilde, temporäre und permanente Selbstdifferenzierungsgebilde, temporär abhängige und permanent abhängige Differenzierungsgebilde“ und Gebilde, welche auf andere differenzierend wirken, als „Anderdifferenzierungsgebilde“, und letztere theilt er wieder ein, je nachdem sie stärker oder schwächer auf andere differenzierend einwirken, als Differenzierungs-Hauptgebilde und Differenzierungs-Nebengebilde. Es sind dies lauter wissenschaftlich unhaltbare und unbrauchbare Begriffe, weil sie sich gegen einander gar nicht abgrenzen, und Niemand anzugeben weiss, wie und inwieweit die vielen Millionen embryonaler Zellen einer Gastrula zum Beispiel auf einander einwirken und an welchen Merkmalen ihre Einwirkung erkannt werden könnte. Was vom Alleinselbstdifferenzierungsgebilde schon gesagt wurde, gilt noch viel mehr vom passiven Differenzierungsgebilde. Wie keine Zelle sich aus sich selbst allein verändern kann, so verhält sich auch keine Zelle, wenn sie sich in Folge einer äusseren Einwirkung differenziert, passiv; vielmehr hängt der schliessliche Erfolg immer von der besonderen Art ab, wie die Zelle oder der Organismus auf eine Ursache reagirt.

Der Leser, welcher die Definition von Roux über Selbstdifferenzierung des Eies und seiner Theile bei der Entwicklung sich eingeprägt hat und dann hört, dass es aber Selbstdifferenzierung eigentlich nicht giebt, weil alle Theile in Abhängigkeit und Beziehung zu einander sich entwickeln, welcher dann reiflich prüft, in welchen Fällen er von Selbst- und von abhängiger Differenzierung sprechen soll, welche Theile des sich entwickelnden Eies er als temporäre oder permanente Selbstdifferenzierungsgebilde oder abhängige Differenzierungsgebilde, welche er als Alleinselbstdifferenzierungsgebilde und

Ander-Differenzierungsgebilde, als Differenzierungs-Haupt- und Differenzierungs-Nebengebilde wissenschaftlich bezeichnen und an welchen Merkmalen er sie mit Erfolg von einander unterscheiden soll, wird dem Verfasser der Gesammelten Abhandlungen darin Recht geben, dass er ihm beim Studium seiner Originale allerdings sehr „hartes Holz zu bohren“ zumuthet.

Dem Wunsch von Roux (Zusatz 7), welcher diesem Abschnitt wörtlich vorgedruckt ist, glauben wir nachzukommen, indem wir unsere Leser betreffs noch eingehenderer Information auf die Originale verweisen, aus denen wir nur die uns besonders interessirenden Sätze wörtlich angeführt und zum Gegenstand der Kritik gemacht haben.

Vierte Studie. Der Cytotropismus.

Ausspruch von W. Roux: „Es ist überhaupt eine Eigenschaft der entwicklungsmechanischen Forschung, dass es meist leichter ist, eine neue Thatsache festzustellen, als ihre Bedeutung richtig zu ermitteln.“ A. f. Entw. Bd. I S. 168.

In dem Bemühen, Regulationsmechanismen zur Erklärung der atypischen Entwicklungserscheinungen aufzufinden, hat Roux eine neue Entdeckung gemacht, welche seitdem als Selbstordnung der Furchungszellen und als Cytotropismus in der Literatur ihr Wesen treibt (G. A. S. 987; A. f. E. Bd. I S. 43, 161; Bd. III S. 381). Als ich die Roux'schen Darstellungen in seinen verschiedenen Abhandlungen las, konnte ich mich des Zweifels nicht erwehren, ob die Namen Cytotropismus und Selbstordnung hier wohl am Platze seien. Unter Tropismus versteht man bekanntlich eine Lebensäußerung der Zelle (oder eines Organismus), die darin besteht, dass die Zelle sich nach einer Stelle, von welcher aus ein thermischer, chemischer etc. Reiz auf sie wirkt, activ hinbewegt, oft aus

sehr grossen Entfernungen. Mir schien eine derartige Lebensäusserung nicht vorzuliegen, vielmehr wurde ich mehr an die Aehnlichkeit mit Phänomenen erinnert, wie man sie an Fetttropfen beobachtet, die sich auf der Oberfläche einer Suppe hin und her bewegen. Hier kann man auch zwei Fetttropfen, wenn sie zufällig einander nahe kommen, sich erst mit einer kleinen Stelle berühren, sich dann gegenseitig abplatteln und schliesslich auch zu einem grossen Fetttropfen verschmelzen sehen.

Schon von anderen Forschern hörte ich bei gelegentlicher Unterredung über den angeblichen Cytotropismus der Furchungszellen Zweifel äussern. Driesch hat sich bereits auch öffentlich darüber ausgesprochen (A. f. E. Bd. III S. 363). Es erscheint ihm durchaus nicht als ausgeschlossen, dass Roux an seinen Zellen „capillare Näherungserscheinungen“ beobachtet habe, welche sich auch an unorganischen Gebilden möchten demonstrieren lassen. Besonders die Abhängigkeit des Eintretens der Näherung von der Grösse des Abstandes scheint ihm für seine Vermuthung zu sprechen. Driesch macht Roux „für alle Verirrungen verantwortlich, welche voraussichtlich daraus entspringen werden“, dass er das begrifflich wohl begründete Wort Tropismus oder Taxis in ganz neuem Sinne verwende (A. f. E. Bd. IV S. 78).

Was versteht Roux unter der von ihm neu entdeckten Erscheinung des Cytotropismus? Er versteht darunter eine Einwirkung benachbarter Zellen auf einander, welche zur Folge hat, dass sie sich bis zu gegenseitiger Zusammenlagerung langsam nähern. Er verbindet damit die Hypothese, dass die Zellen eine chemotaktische Substanz ausscheiden, durch welche sie sich gegenseitig beeinflussen, lässt aber die Beeinflussung in etwas anderer Weise als bei der von Pfeffer entdeckten Chemotaxis zu Stande kommen,

was nothwendig ist, weil ja beide sich anziehenden Zellen das Chemotacticum absondern. Die hierin liegende Schwierigkeit glaubt er durch die Hilfsannahme umgehen zu können, dass die unter wechselseitigem Einfluss stehenden Zellen sich, statt nach der Richtung der stärksten Zunahme nach der Richtung der geringsten Abnahme in der Concentration der chemotaktischen Substanz hinbewegen (A. f. E. Bd. I S. 182—189, 201).

Meine Zweifel an der Existenz eines derartigen Cytotropismus stützen sich auf folgende Gründe:

Dem aufmerksamen Leser der bezüglichen Abhandlungen von Roux wird es nicht entgehen, dass Roux sich selbst an verschiedenen Stellen immer wieder neu auftauchender Zweifel bezüglich der Deutung seiner Beobachtungen nicht erwehren kann (l. c. S. 167, 168). Da bei *Bombinator igneus* und *Rana esculenta* kein Cytotropismus der Furchungszellen bemerkt werden konnte, wurde in ihm unwillkürlich die Vorstellung erweckt, dass die früher bei *Rana fusca* beschriebenen Näherungen doch nur auf Täuschungen, d. h. auf äusseren Einwirkungen, beruht hätten, und „nur die genaue Durchsicht seiner Journale konnte ihm unter Berücksichtigung aller Momente dies Gefühl wieder bannen“ (l. c. S. 167). Roux hebt des Oefteren hervor, dass es sehr schwierig sei, zu unterscheiden, inwieweit die beobachteten Näherungen der Zellen auf ihren eigenen Leistungen beruhen oder ob sie etwa als passive Folgen äusserer Einwirkungen aufzufassen sind. Dass man auf letzterem Wege eine gruppenweise Vereinigung der durch Zerzupfen von einander getrennten Zellen einer Froschmorula erreichen kann, steht ausser Zweifel. Denn Roux selbst berichtet es uns als eine feststehende Thatsache: „Die isolirten Zellen haften auch bei bloss passiver

Berührung leicht an einander; schon mehrfache Erschütterung des Objectes oder öfteres Umrühren desselben mit den Präparirnadeln genügt, um die isolirten Zellen wieder mit einander in Verband zu bringen, so dass man danach nur noch wenige, in geringem Abstand von einander befindliche Zellen mehr vorfindet (l. c. S. 47). Sie verhalten sich also in diesem Falle wie Fettaugen auf einer Suppe, welche zusammenhaften, wenn sie sich begegnen. Roux empfiehlt daher, bei der Anfertigung des Präparates mit den Nadeln nicht mehr Bewegungen zu machen, als zur Isolirung nöthig sind, den Objectträger vorsichtig zu verschieben und dafür zu sorgen, dass im Flüssigkeitstropfen keine Strömungen entstehen. Ob er die letzteren hat wirklich ganz vermeiden können, bezweifle ich. Denn er hat zum Theil die isolirten Zellen im offenen Flüssigkeitstropfen untersucht, bei welchem eine Verdunstung des Wassers nicht zu vermeiden ist; theils hat er den Tropfen mit einem Deckglas, das mit vier hohen Wachsfüsschen versehen war, bedeckt, wobei der Tropfen den capillaren Zwischenraum nicht ganz ausfüllte und daher wohl auch nicht als absolut ruhig zu betrachten war.

Angesichts dieser Untersuchungsbedingungen mahnt ferner zur Vorsicht bei der Beurtheilung der Ergebnisse der Umstand, dass eine Näherung zweier Zellen bis zur Verschmelzung sich überhaupt nur feststellen liess, wenn von Anfang an ihre Entfernung von einander nur eine minimale, 0,03—0,06 mm war und durchschnittlich den Zellenradius nicht überstieg (S. 64). In den einzelnen genauer beschriebenen Fällen dauerte es zehn Minuten bis mehr als eine Stunde, bis die Vereinigung eintrat, wenn sie überhaupt nicht ganz ausblieb.

Auch die Art der gegenseitigen Annäherung

scheint mir nicht dafür zu sprechen, dass die Zellen eine anziehende Wirkung auf einander ausübten. Sie bewegen sich nicht constant und gleichmässig auf einander zu, wie durch eine auf ein bestimmtes Ziel gerichtete Kraft getrieben, sondern mehr stossweise. „Nach jedem Schritt vorwärts findet gewöhnlich ein mehr oder weniger grosses Zurücksinken statt“ (l. c. S. 53). Roux nennt daher „die Bewegung eine rhythmisch-schrittweise und mit Zurücksinken verbundene“ (S. 189). Dann kam auch vor, dass die beiden Zellen, anstatt sich zu nähern, auseinander rückten, oder dass eine Zelle sich nur näherte, während die andere unbeweglich blieb, oder dass zwischen zwei Zellen mit minimalem Abstand trotz langer Dauer der Beobachtung eine Annäherung überhaupt nicht stattfand. Fälle der letzteren Art führt freilich Roux auf den Umstand zurück, dass die Zellen an der Unterlage festgeklebt waren.

Ausserordentlich bedenklich kommt mir der kleine Kunstgriff vor, welchen Roux als ein sehr wesentliches Hilfsmittel empfiehlt, um widerstrebende Zellen doch noch nachträglich zu glücklicher Vereinigung zu bringen. Der Experimentator, welcher, um alle Fehlerquellen zu vermeiden, den Objecttisch des Mikroskops unter Benutzung der Wasserwaage wagerecht eingestellt hat (S. 46) etc., sucht erst durch schwächeres, dann durch stärkeres Blasen auf den Wassertropfen Zellen, die nach seiner Vermuthung auf dem Objectträger festsitzen, wieder los zu bekommen; er hat sie auf diese Weise auch häufig noch zur Vereinigung — durch Zusammenblasen — gebracht (S. 62). Nicht minder bedenklich erscheint mir ein zweites Mittel, „säumige Zellen zur Vereinigung zu bringen“, nämlich die Erwärmung des Wassertropfens bis auf 28° C. durch eine elektrische Glühlampe, welche man dem Objectträger

nähert (S. 64); denn da durch die Annäherung einer stärkeren Wärmequelle das Wasser stärker zu verdampfen beginnt, müssen lebhaftere Strömungen im Tropfen ohne Zweifel entstehen. Der Experimentator ruft also selbst das hervor, was er durch sorgfältige Vorkehrungen an anderer Stelle als Fehlerquelle zu vermeiden warnt.

Auf Grund der eigenen Darstellung von Roux halte ich daher den Zweifel wohl berechtigt, ob nicht in vielen Fällen die stossweise erfolgende Annäherung zweier durch minimalen Abstand getrennter Zellen passiv durch Erschütterung und Strömung im Wasser herbeigeführt worden sei. Das erst nach längerer Zeit eintretende Resultat wäre so im Grund dasselbe, wie es in wenigen Minuten durch starke Erschütterung des Tropfens oder Bewegung desselben mit Nadeln herbeigeführt wird.

Indessen soll diese Erklärung, wie schon bemerkt, nicht für alle Fälle dienen. Denn wenn ich mich an die Darstellung von Roux halte, liegt noch eine zweite Möglichkeit vor, welche aber mit Cytotropismus ebenfalls nichts zu thun hat. Es verändern nämlich die Furchungszellen von *Rana fusca*, nach der Isolirung in einem geeigneten Medium, langsam ihre Gestalt, indem sie während längerer Zeit amöboide Bewegungen ausführen. Hie und da senden sie kleine Höckerchen hervor („protoplasmatische und paraplasmatische Pseudopodien“). Durch solche Formveränderungen können natürlich auch stossweise und rhythmisch erfolgende Annäherungen zwischen zwei Zellen zu Stande kommen, und es kann die Distanz von 0.03—0.06 mm. zumal im Zeitraum einer vollen Stunde, allmählich so verkleinert werden, bis einmal an zwei Punkten die Zellen zusammenstossen. Solche Verbindung ist natürlich, wie die

passiv hervorgebrachte, ebenfalls eine zufällige. Wenn auch die Zellen sich dabei activ verhalten und Bewegungen ausführen, so kann man doch nicht von Cytotropismus sprechen, da das Merkmal fehlt, dass die Bewegung der einen Zelle durch die andere veranlasst ist und eine directe und nothwendige Richtung auf sie hat. Roux hat selbst auch solche Bedenken gehabt. Bei Beschreibung des Verhaltens isolirter Furchungszellen in Kochsalzlösung bemerkt er (l. c. S. 162):

„Schon sogleich nach der Isolirung sieht man, dass die meisten der in geringem Abstand befindlichen Zellen sich zur Berührung zusammenschliessen. Doch kann man dabei in Zweifel sein, ob hier directer Cytotropismus vorliegt oder etwas Anderes, da nicht, wie beim reinen Cytotropismus, die Zellen bloss gegen einander hin sich bewegen, sondern jetzt nach vielen Seiten paraplastische Pseudopodien aussenden, die bei nahen Zellen auch schon zufälliger Weise oft sich berühren müssen. Solche sich berührenden Pseudopodien lösten sich jedoch häufig sogleich wieder von einander, so dass also dadurch keine Verbindung der Zellen hergestellt wurde; manchmal aber blieben sie vereinigt.“ „In vielen Fällen zeigte sich, dass der dauernden Berührung der paraplastischen Pseudopodien rasch die Näherung auch des ganzen Zelleibes bis zur Berührung der beiderseitigen Zellrinde folgte.“ Auf der anderen Seite wurde bei stark amöboïden Furchungszellen auch beobachtet, dass sie sich dicht an einander vorbei bewegten, ohne sich zu vereinigen (l. c. S. 177).

Wenn ich jetzt alle von Roux beschriebenen Erscheinungen noch einmal Revue passiren lasse, so kann ich nichts an ihnen entdecken, was uns berechtiget, den

Furchungszellen ein neues, besonderes Vermögen, das man Cytotropismus heissen könnte, beizulegen, bin vielmehr der Meinung, dass zwei Furchungszellen mit minimalem Abstand entweder passiv wie zwei Oeltropfen durch Erschütterung und Strömung im Wasser oder unter bald rascher, bald auch sehr langsam erfolgender amöboïder Veränderung ihrer Form durch Zufall zur Berührung und Zusammenlegung gebracht werden.

Etwas Gesetzmässiges kann ich auch schon deswegen aus der ganzen Darstellung von Roux nicht herauslesen, weil das Verhalten der durch minimale Zwischenräume getrennten Furchungszellen von *Rana fusca* (von *Rana escul.* und *Bombinator* ganz abgesehen) ein sehr verschiedenartiges ist und überhaupt mehr den Charakter des Zufälligen an sich trägt.

Die meisten Forscher würden das Regellose in den sich darbietenden Erscheinungen sehr unbequem empfinden und darin ein Hinderniss für die Feststellung eines gesetzmässigen Verhaltens erblicken. Merkwürdiger Weise sucht Roux sogar noch diesen Umstand zu Gunsten seiner Auffassung auszubeuten und für sich einen Vortheil herauszuschlagen.

„Wenn allen Zellen des Eies,“ bemerkt er, „derselbe Cytotropismus zu einander zukommt, dann kann diesem Princip kein besondere Gestalten producirender Einfluss, also kein erheblicher Antheil an der individuellen Entwicklung zukommen; wenn dagegen der Cytotropismus zwischen den Zellen desselben Eies sehr verschieden ist, und wenn diese Verschiedenheiten typische sind, dann kann der ordnende und der gestaltende Einfluss des Cytotropismus an der Ontogenese ein sehr bedeutender sein“ (S. 176,

193). So glaubt denn schliesslich Roux im Cytotropismus, der Ordnungswirkung entfernter Zellen auf einander, ein Mittel gefunden zu haben, durch welches die Zellen bei atypischer Entwicklung sich derartig umordnen können, „dass sie ihren bezüglich inneren Qualitäten nach am besten zusammenpassen“ und wieder ein normales Entwicklungsproduct liefern (A. f. E. Bd. III S. 453). Dieses Mittel soll sogar innerhalb eines Zellenaggregates noch eine grössere Wirksamkeit entfalten können, weil Roux des Glaubens ist, dass zwischenliegende Zellen als Träger cytotropischer Wirkungen für andere Zellen dienen können (warum?), und dass in diesem Falle der Nahrungsabstand sogar um das Mehrfache grösser sein kann, als bei bloss flüssigem Medium (warum?) (A. f. E. Bd. III S. 456).

Mit dem Begriff des Cytotropismus und des Selbstordnungsvermögens der Furchungszellen hat Roux wieder eine sehr brauchbare Formel zur Hand, welche über manche Fährlichkeit hinweghilft, zumal in Verbindung mit seinen Definitionen der typischen und atypischen Entwicklung, der Selbstdifferenzirung und abhängigen Differenzirung etc. Wenn irgend eine Erscheinung, wie wir in den beiden ersten Studien sahen, mit den Roux'schen Naturgesetzen der typischen Entwicklung auch unter Berücksichtigung aller möglichen Beobachtungsfehler nicht übereinstimmen will, so gehört sie sehr einfacher Weise der atypischen Entwicklung an. Wenn dann ein atypisch sich entwickelndes Ei ein normales Endproduct liefert, so erklärt sich dies in nicht minder einfacher Weise aus den Mechanismen der Regulation.

Unter diesen Mechanismen der Regulation aber spielt neben den temporär und permanent abhängigen Differenzirungsgebilden, neben den Andersdifferenzirungsgebilden,

neben den Differenzirungshaupt- und Nebengebilden, dem Reserveidioplasson und anderen derartigen dunkeln Existenzen eine Hauptrolle der Mechanismus des Cytotropismus, „das Vermögen der Selbstordnung der Furchungszellen“ (A. f. E. Bd. III S. 462) oder „die Ordnungswirkung von einander entfernter Zellen auf einander“ (l. c. S. 456).

Man sieht: so schliesst sich Glied an Glied, so fügt sich Stein auf Stein zum Zukunftsbau zusammen. Nur leider fehlt uns noch der Glaube, wie an die meisten Roux'schen Naturgesetze überhaupt, so auch an seinen Mechanismus des Cytotropismus und an andere Formeln, wie Reserveidioplasson, typische und atypische Entwicklung etc. Wir glauben in den Roux'schen Abhandlungen häufig zu bemerken, wie der Experimentator seine vorgefassten Meinungen, seine Empfindungen und seine Wünsche in die Gegenstände seiner Experimente hineinträgt und ihnen Eigenschaften beilegt, die wir, von Natur etwas nüchterner angelegt, an ihnen nicht entdecken können. Wenn Roux zum Beispiel, die Näherungsbewegungen von Zellenpaaren, die nur durch 0,03 mm Abstand getrennt sind, längere Zeit vergeblich verfolgend, manche Furchungszellen „unruhig werden lässt“ (G. A. S. 992) oder ihnen Unruhe zuschreibt (A. f. E. Bd. I S. 187), weil sie durch angebliche Fixation an der Unterlage in ihrem Bemühen zusammenzukommen verhindert wurden, und wenn er sie dann nach Ueberwältigung des Hindernisses sich um so ungestümer vereinigen lässt, so können wir uns einiger Zweifel hinsichtlich der Richtigkeit solcher Interpretationen nicht erwehren. Wir meinen, der Experimentator rechnet hier wie in anderen Fällen Lageveränderungen, welche im Wassertropfen vertheilte Furchungszellen des Froscheies durch das Zusammen-

treffen irgend welcher zufälliger Umstände passiv erfahren, ihnen als ihr eigenes Verdienst an, als ein Streben, sich zu nähern, wenn der Abstand zwischen zwei Zellen sich verringert, als ein Sich-Fliehen, wenn das Gegenteil eintritt, als eine gegenseitige Indifferenz, wenn sich ihre Lage nicht verändert, als das Erwachen einer Neigung, wenn nach längerer Ruhe nachträglich noch eine Annäherung eintritt; er schiebt ihnen ein einseitiges und ein gegenseitiges Begehren zu, je nachdem nur eine Zelle oder beide sich auf einander zu bewegen, und das ganze, den Stempel des Regellosen und Zufälligen an sich tragende Geschehen nennt er Selbstordnen der Zellen nach ihren inneren Qualitäten.

So scheint sich mir, wie schon in anderen Fällen, so auch in diesem Fall, die Wahrheit des der vierten Studie vorgedruckten Ausspruchs von Roux zu bestätigen: „Es ist überhaupt eine Eigenschaft der entwicklungsmechanischen Forschung, dass es meist leichter ist, eine neue Thatsache festzustellen, als ihre Bedeutung richtig zu ermitteln.“

Schlussbetrachtungen.

Das Ei als Zelle und als Anlage eines vielzelligen Organismus.

Im Anschluss an die Kritik der entwicklungsmechanischen Naturgesetze von Roux soll es unsere Aufgabe noch sein, im Zusammenhang darzustellen, wie sich die Erscheinungen, welche Roux zum Gegenstand seiner experimentellen Studien gemacht hat, vom Standpunkte des die Thatsachen vergleichenden Embryologen und descriptiven Forschers erklären lassen (Zusatz 8). Zwar ist eine Erklärung von mir

schon zum Theil in früheren Arbeiten (19, 20, 25, 27) gegeben worden, trotzdem möchte eine zusammenfassende Darstellung auch hier noch einmal am Platze sein, einmal, weil hie und da noch andere Auffassungen bestehen, zweitens, weil ich hoffe, dass beim öfteren Durchdenken des vorliegenden Problems sich dieses und jenes Verhältniss besser, als es früher geschehen ist, wird klar legen lassen. —

Das unentwickelte Ei ist eine Zelle und hat als solche keine andere Organisation als diejenige einer Zelle. Es hat daher auch auf den Bau des aus ihm entstehenden Geschöpfes keinen anderen Bezug, als dass es Zelleneigenschaften besitzt, welche für eine bestimmte Species und für ein bestimmtes Individuum derselben specifisch sind. Das Ei ist in dieser Beziehung von der männlichen Fortpflanzungszelle oder dem Samenfaden nicht verschieden, in welchem die Charaktere der Species und die Besonderheiten des Individuums als Zelleneigenschaften ebenso gut enthalten sind, als im Ei. Die Thatsache, dass die beiden Geschlechtszellen zu den Merkmalen des neu entstehenden Geschöpfes gleich viel beitragen, und dass sie in ihren Zelleneigenschaften keinen directen, sondern nur einen durch den Entwicklungsprocess vermittelten Bezug auf die Organisation des späteren Geschöpfes besitzen, dessen Organe und Eigenschaften ja aus dem Zusammenwirken vieler Zellen ihren Ursprung nehmen, nannte ich mit Pflüger die Isotropie des Protoplasma. Durch diese einfachen Schlussfolgerungen, welche sich mir aus den Thatsachen der Entwicklungslehre unmittelbar zu ergeben scheinen, halte ich alle Präformationstheorien für widerlegt, welche bestimmte Substanztheile des Eies als Anlagen für später hervortretende

Organe des Embryo in Anspruch nehmen wollen (Theorie der organbildenden Keimbezirke).

In einem Punkte allerdings unterscheidet sich meist das Ei von anderen Zellen, nämlich durch die ganz ausserordentliche Grösse, welche es durch eine gewaltige Ansammlung entwicklungsfähiger Substanz erfährt. Die hierauf beruhende Eigenthümlichkeit der Eizelle ist es denn wohl auch hauptsächlich gewesen, welche viele Forscher veranlasst hat und noch immer veranlasst, in dem Ei etwas mehr als eine einfache Zelle zu sehen und es noch mit einer besonderen, gewissermaassen höheren Organisation auszustatten. Ein solches Streben, welches schliesslich immer in die Bahn der Präformationstheorien überleitet, macht sich auch wieder in einem jüngst erschienenen, interessanten und lesenswerthen Aufsatz von Whitman (59) geltend, so besonders in den Sätzen: „In Ei ist schon vor aller Zellenbildung eine bestimmte Organisation vorhanden“ oder: „die Organisation des Eies wird durch alle Wandlungen des Entwicklungsprocesses hindureh als eine ungetheilte Individualität übertragen.“ Daher wollen wir auch solchen Aeusserungen gegenüber betonen, dass durch die beträchtliche Stoffansammlung der Charakter des Eies als einfacher Zelle nicht im Geringsten geändert wird. Denn Massenzunahme eines Protoplasmakörpers bedingt an sich noch keine höhere Stufe der Organisation. Das mit unbewaffnetem Auge kaum sichtbare kleine Ei des Säugethieres hat als Anlagesubstanz denselben Werth wie das gewaltige Straussenei. Trotz seines colossalen Wachsthums bleibt letzteres doch nur eine Zelle, und wenn es in dieser Art auch noch weiter fortwüchse, bis es an Volumen dem Thiere gleichkäme, zu dem es werden soll, es wäre damit seinem Ziel, den Körper

eines Straussen zu bilden, auch nicht um eines Haares Breite näher gerückt. Das Wachstum des Eies durch Substanzaufnahme ersetzt nicht, was nur durch den Entwicklungsprocess, welcher auf Zellvermehrung und Zelldifferenzirung beruht, geleistet werden kann. Die Individualität des Eies als Zelle muss sich in viele Zellenindividualitäten umwandeln, wenn das Ziel der Entwicklung erreicht werden soll.

Auch die nach der Befruchtung des Eies beginnende Zellenbildung kann man, wenn man will, und wie ich in einem Aufsatz: „Ueber die Tragweite der Zellentheorie“ (27) auszuführen versucht habe, eine Art des Wachstums der organischen Substanz nennen; allerdings ist es, verglichen mit der Massenzunahme der Eizelle vor der Befruchtung, eine ganz besondere und viel complicirtere Art des Wachstums, eine Art, welche sogar das Eigenthümliche zeigt, dass der wachsende Organismus in vielen Fällen an Masse und Gewicht nicht zuzunehmen braucht. Das eben befruchtete Hühnerei zum Beispiel hat ungefähr das gleiche Gewicht wie ein Ei am sechsten Tage der Bebrütung, an welchem bereits alle wesentlichen Organe des Körpers eines Hühnchens zwar klein, aber deutlich sichtbar angelegt sind.

Ein Wachstum ohne Gewichts- und Grössenzunahme mag auf den ersten Blick als Widerspruch erscheinen. Der Widerspruch wird sich aber sofort lösen, wenn man in Betracht zieht, dass der Zellenleib sich aus vielen verschiedenartigen kleinen Stoffeinheiten aufbaut, von denen manche, wie insbesondere die Kernsubstanzen, das Vermögen haben, selbstthätig zu wachsen und sich durch Theilung zu vervielfältigen. Wenn daher das Ei auch als Ganzes nicht wächst, so können doch verschiedene Stofftheilchen in ihm auf

Kosten anderer wachsen und sich vermehren. Eine derartige complicirte chemische Arbeit vollzieht sich nun in der That in dem sich entwickelnden Ei. Denn nach der Befruchtung beginnt nur der Kern der Eizelle zu wachsen und sich durch indirecte Theilung in zwei Tochterkerne zu vermehren, welche sich gewöhnlich in die sie umgebende Eisubstanz zu gleichen Mengen theilen. Die Tochterkerne wachsen von Neuem und zerfallen wieder in zwei gleiche Hälften; und so geht der Process nach einem gewissen Rhythmus unausgesetzt fort, so dass die Kernsubstanz auf Kosten der anderen Eistoffe und unter Mitwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs an Masse ausserordentlich zunimmt und sich in Form von Bläschen durch den Eiraum nach bestimmten Regeln vertheilt.

Mag nun während des Ablaufs der Kerntheilung gleichzeitig auch der Dotter um die einzelnen Kerne in kleinere Stücke zerlegt werden, wie es gewöhnlich der Fall ist, oder mag die Zerlegung, wie im Anfang der Entwicklung der Insecteneier, unterbleiben, in dem einen wie in dem andern Falle bezeichnet man den ganzen Wachsthumsvorgang als Zellenbildung. Im Unterschied zu dem auf blosser Massenzunahme beruhenden oder dem quantitativen Wachsthum der Eizelle vorder Befruchtung kann man das in Zellenbildung sich äussernde Wachsthum nach der Befruchtung, in welchem eine Massenzunahme und Vertheilung der Kernsubstanz auf Kosten des aufgespeicherten Dottermaterials vor sich geht, als formatives oder organisatorisches oder qualitatives bezeichnen; denn es verändert Schritt für Schritt Charakter, Organisation und Qualität des Eies, indem bestimmte Stofftheilchen auf Kosten der

anderen sich vermehren und dabei ganz gesetzmässige Gestalt- und Lageveränderungen der ganzen Stoffmasse zur nothwendigen Folge haben.

Durch das Wachsthum der Eizelle durch Stoffaufnahme vor der Befruchtung (Nahrungsdotter) ist das formative oder organisatorische Wachsthum derart vorbereitet worden, dass es nach der Befruchtung sofort in beschleunigtem Tempo ablaufen kann, weil es an dem zur Stoffmetamorphose geeigneten Material zur Kern- und Zellenbildung nicht fehlt.

Hiervon abgesehen ist der Umstand, dass die Eizelle das Bildungsmaterial für unzählige Zellengenerationen im Voraus in sich aufgespeichert hat, noch die Ursache für viele eigenthümliche Erscheinungen in den ersten Zeiten des Entwicklungsprocesses, um deren richtige Beurtheilung es sich vornehmlich bei den Streitfragen, die uns hier beschäftigen, handelt. Denn ihre falsche Deutung hat zum Princip der organbildenden Keimbezirke, zur Mosaiktheorie und zu verschiedenen entwicklungsmechanischen Gesetzen von Roux die Veranlassung gegeben.

Somit erwächst für uns die Aufgabe, jetzt noch genauer auseinander zu setzen, welche Erscheinungen die gewaltige Ansammlung von Dottermaterial in dem Entwicklungsprocess zur Folge hat.

Hier ist zuerst hervorzuheben, dass schon die Eizelle während ihrer Reifung durch die Ansammlung von Dottermaterial eine besondere Art von Organisation erhält, welche in den einzelnen Thierclassen nicht unwichtige Verschiedenheiten darbietet. Das sich ansammelnde Dottermaterial setzt nämlich aus verschiedenartigen Substanzen von ungleichem specifischem Gewicht und von sehr verschiedenem Werth für

die Lebensprocesse, aus Protoplasma und aus Dottereinschlüssen etc., zusammen. Diese werden ihrer Schwere nach im Eiraum ungleich vertheilt. Hierdurch erhalten in manchen Thierklassen die Eier eine Organisation, welche man als polare Differenzirung bezeichnet hat. In ihrer einen Hälfte haben sich die schwereren Dottereinschlüsse, in der andern das leichtere Protoplasma angesammelt. Da in Folge dessen ihr Schwerpunkt excentrisch zu liegen kommt, müssen die Eier, sofern nicht andere Momente der Schwerkraft entgegenwirken, eine feste Ruhelage im Raume einzunehmen suchen.

Ausser der polaren Differenzirung scheint sich bei manchen Eizellen zugleich noch eine bilateral-symmetrische Organisation auszubilden, indem die Substanzen von ungleicher Schwere und verschiedenem physiologischem Werth sich zu beiden Seiten einer Symmetrieebene gleichmässig vertheilen. Da die Symmetrieebene sich stets der Schwere nach senkrecht einstellen wird, kommt ihr auch noch die Bedeutung einer Gleichgewichtsebene zu.

Eine bilateral-symmetrische Organisation scheinen die Eier der Amphibien zu besitzen, was sich namentlich am Ei von *Rana esculenta* erkennen lässt, wenn es sich nach der Befruchtung so einstellt, dass an einer Seite der un-pigmentirte Dotter in Form eines Halbmondes zu sehen ist. Ob das Ei der Amphibien schon vor der Befruchtung oder erst nach ihr eine bilateral-symmetrische Organisation, eine Symmetrie- und Gleichgewichtsebene hat, ist nicht so leicht zu entscheiden. Bekanntlich findet zwar eine Einstellung des Froscheies der Schwere nach erst einige Zeit nach der Befruchtung statt, doch wäre es verfehlt, hieraus zu

schliessen, dass erst jetzt durch die Befruchtung eine Sonderung in eine leichtere und eine schwerere Hälfte herbeigeführt worden sei. Vielmehr spricht Manches dafür, dass schon vorher, wenn auch vielleicht weniger scharf durchgeführt, eine Sonderung bestanden hat, und dass nur die Einstellung der Schwere nach behindert ist. Denn es liegt zuerst die Dotterkugel mit ihrer Oberfläche dicht der Dotterhaut an, welche ihrerseits wieder mit der Gallerte fest zusammenhängt. Erst nach der Befruchtung kann sich die Dotterkugel innerhalb der Eimembran frei beweglich drehen, weil in Folge des Eindringens eines Samenfadens das Protoplasma sich contrahirt, sich von der Membran zurückzieht und von ihr durch einen immer grösseren Zwischenraum getrennt wird, welcher sich mit ausgepresster perivitelliner Flüssigkeit anfüllt.

Wie Eier mit bilateraler Symmetrie, giebt es vielleicht auch Eier, in welchen Protoplasma und Dotter nach einem radiären Typus vertheilt sind, oder in welchen ein solcher sich nach den ersten Furchungen ausbildet. Vielleicht gehören die Eier der Ktenophoren hierher (Zusatz 9).

Bei der Ansammlung von Dottermaterial gewinnen ausserdem die Eier je nach den Thierarten eine kugelige oder eine ovoide oder eine tonnenförmige oder eine cylindrische Gestalt.

Die in der Form des Eies und in der Differenzirung seines Inhalts gegebenen Verhältnisse üben auf eine ganze Reihe von Entwicklungsprocessen, am meisten aber auf die ersten Stadien, einen sehr eingreifenden, gewissermaassen richtenden Einfluss aus, welcher schon von Haeckel (15) in seiner Gastraeatheorie bei der Erklärung der verschiedenen Formen der Keimblase und

Gastrula in ausgezeichnete Weise verwerthet, seitdem von vielen Forschern als Ursache für diese und jene Erscheinung erkannt, aber in seiner sehr verschiedenartigen und grossen Tragweite doch nur zum Theil genügend gewürdigt worden ist.

Erstens bestimmen Form und Differenzirung der Eizelle die mit einem hohen Grade von Gesetzmässigkeit auftretenden Richtungen ihrer ersten Theilebenen. Es kommen hierbei die auf S. 72 u. 102 auseinandergesetzten Regeln zur Geltung, welche ich schon im Jahre 1884 formulirt habe (Zusatz 10).

Zweitens üben die Form und Differenzirung der Eizelle einen Einfluss auf die Grösse und Beschaffenheit der sich entwickelnden Embryonalzellen aus. Denn bei dem formativen Wachsthum, wie ich oben den unter Zellenbildung einhergehenden Entwicklungsprocess des Eies genannt habe, sind die einzigen Stofftheilchen, welche eine Zunahme und zugleich eine Verlagerung im Eiraum erfahren, die Kernsubstanzen. Sie ändern die Lage, weil nach jeder Theilung die Tochterkerne in entgegengesetzter Richtung auseinander rücken, als ob sie sich wie die gleichnamigen Pole zweier Magnete gegenseitig abstiessen. Hiervon abgesehen wird durch die Zerlegung der grossen Eizelle in immer kleiner werdende Tochterzellen die von vornherein gegebene räumliche Vertheilung der Stofftheile von verschiedener Schwere und von verschiedenem Werth im Ganzen wenig geändert. Daher sind bei polar differenzirten Eiern die nach unten gelagerten Zellen auch auf späteren Entwicklungsstadien reicher an Dottermaterial, die nach oben gelegenen dagegen reicher an Protoplasma. Ferner hängt mit der Verschiedenheit ihres Inhaltes stets auch noch ein Unterschied in ihrer

Grösse zusammen. Denn wie ich gleichfalls schon im Jahre 1884 nachgewiesen habe, bewegt sich der Kern stets nach den protoplasmareichen Abschnitten der Zellen hin; er sucht, indem Protoplasma und Kern ja in den mannigfachsten Wechselwirkungen stehen, wie ich mich ausdrückte, stets die Mitte seiner Wirkungssphäre einzunehmen. Daher rückt nach der Befruchtung der Kern im polar differenzirten Ei nach dem animalen Pole hin und kommt excentrisch zu liegen; in Folge dessen werden beim Amphibienei durch die dritte Theilung Zellen von sehr ungleicher Grösse, vier kleine animale und vier grosse vegetative Zellen, gebildet. Ausserdem wird die Ungleichheit der Zellen noch weiter dadurch gesteigert, dass nach der von Balfour aufgestellten Regel protoplasmareiche Zellen sich rascher theilen, als protoplasmaärmere. In Folge beider Momente müssen sich im Ei verschiedene Bezirke ungleich grosser und mit verschiedener Geschwindigkeit sich vermehrender Zellen ausbilden, Bezirke, welche schon vorder Theilung gewissermaassen der Anlage nach in der dargestellten Organisation der Eizelle angedeutet sind. Nur werden die Ungleichheiten, die Anfangs zum Theil kaum wahrnehmbar sind, im Laufe der Entwicklung immer schärfer ausgeprägt.

Drittens beeinflussen Form und Differenzirung der Eizelle den Ort, an welchem innerhalb der Substanzmasse spätere Entwicklungsprocesse ihren Ausgang nehmen, und die Richtung, in welcher sie sich selbst vollziehen. So wird am meroblastischen Ei der Fische, Reptilien und Vögel der embryonale Entwicklungsprocess auf eine kleine Stelle des gewaltigen Eies, auf die Keimscheibe, beschränkt; von ihrem Rand geht die Gastrulaeinstülpung aus. Ebenso voll-

zieht sich die Urmundbildung am Ei der Amphibien stets an der Uebergangsstelle der animalen in die vegetative Hälfte der Keimblase innerhalb der sogenannten Randzone. Ja, es lassen sich sogar, wie es scheint, noch genauere Localisationen vornehmen, indem der Bereich, wo die kleinsten und am raschesten sich theilenden Embryonalzellen liegen, zum Ort der Gastrulaeinstülpung wird. Ist dieser aber einmal gegeben, so ist über die Lage und Richtung, in welcher sich eine Reihe anderer Organdifferenzirungen vollziehen müssen, entschieden, so über den Ort, an welchem sich die vordere Hirnplatte und das vordere Chordaaende anlegen müssen; es ist gewissermaassen ein fester Krystallisationsmittelpunkt für die thierische Formbildung gegeben. Von beiden Enden der Rinne aus setzt sich der Einstülpungsprocess continuirlich fort und zieht einen Zellenbezirk nach dem andern in die von einer kleinen Stelle aus eingeleitete Substanzbewegung mit allen ihren weiteren Folgen mit hinein. Von hier aus verlängert sich die vorder erste Urmundrinne differenzirte Medullarplatte und die Chordaanlage continuirlich nach hinten, setzt sich Ursegment an Ursegment in continuirlicher Folge an. Auch hierbei hängt es natürlich immer noch von den Umständen ab, in welcher Weise das an den Ort vorgeschrittener Differenzirung angrenzende Zellenmaterial in den Entwicklungsprocess hineingezogen und an das bereits weiter Differenzirte angegliedert oder gleichsam ankrystallisirt wird.

Als Beispiele für derartige Localisationen erwähne ich das Hühner- und das Froschei. An der Keimscheibe des Hühnereies zeigen schon während des Furchungsprocesses vordere und hintere Hälfte unterscheidende Merkmale. Denn vorn verläuft die Furchung an der Keimscheibe etwas langsamer als hinten. Dort findet man grössere, hier kleinere

und zahlreichere Embryonalzellen (Oellacher, Koelliker, Duval). Am kleinzelligen Rand entsteht später die Sichelrinne, auf dem vor ihr gelegenen Feld die Medullarplatte.

In ähnlicher Weise gibt Oscar Schultze (53, S. 293) für das Froschei an, dass auf dem Morulastadium zwei gegenüber liegende Bezirke in der Randzone sich finden, ein Bezirk mit den kleinsten und ein Bezirk mit erheblich grösseren Embryonalzellen. Innerhalb des ersteren beginnt sich später der Urmund anzulegen.

Wenn man, durch äussere Momente geleitet, die Stelle erkennen kann, an welcher am Ei des Hühnchens oder des Frosches vor Beginn der Furchung das Protoplasma in stärkster Concentration angesammelt ist, so kann man auch annähernd voraussagen, in welcher Gegend sich später die erste Urmundeinstülpung zeigen wird. Denn an dieser Stelle werden beim Furchungsprocess später die kleinsten Zellen entstehen, und wird weiterhin die Wand der Keimblase die zur Einfaltung geeignetste Beschaffenheit annehmen. Daher ist auch die Möglichkeit gegeben, dass man am Froschei durch äussere Eingriffe den Ort der Urmundbildung beeinflussen kann. Wenn man ein Froschei zwischen zwei horizontalen Glasplatten ein wenig comprimirt und diese dann schräg geneigt aufstellt, so kommt die Uebergangsstelle der pigmentirten in die unpigmentirte Hälfte oder die Randzone an einer Seite höher als an der anderen zu liegen, und zwar entsprechend dem nach oben gekehrten Rand der Glasplatten. In Folge dessen sehen wir hier den Urmund an der höchsten Stelle des hellen Feldes sich bilden. Dasselbe wird durch einfache Zwangslage der Eier in der von Pflüger ausgeführten Weise erreicht, wie zuerst von Roux nachgewiesen worden ist. Der nach oben gekehrte Theil der Randzone ist eben protoplasma-

reicher und wird sich daher rascher und in kleinere Zellen abfurchen, als ihr tiefer gelegener und daher dotterreicherer Theil.

Wie den Ort, so nannte ich auch die Richtung, in welcher sich die Entwicklungsprocesse vollziehen, als abhängig in gewissem Grade von der Form der Eizelle und der Differenzirung ihres Inhaltes. Denn durch die Zerlegung des Eikörpers in immer zahlreichere Zellen wird am Anfang der Entwicklung weder die Form des Eies noch die ursprünglich gegebene, ungleiche Vertheilung seiner verschiedenen Substanzen in nennenswerther Weise verändert, wie schon auf S. 178 auseinandergesetzt wurde. Daher müssen das ungefurchte Ei und die aus ihm hervorgehende Keimblase in beiden Beziehungen Uebereinstimmungen aufweisen. **Die in der sich entwickelnden Stoffmasse enthaltenen Richtungen und Unterschiede gehen einfach von dem einen auf das nächste Stadium über.** Ein ovales Ei liefert eine ovale Keimblase; ein kugeliges, polar differenzirtes und eventuell bilateral symmetrisches Ei geht in eine Keimblase mit denselben Eigenschaften über. Ungefurchtes Ei und Keimblase müssen daher annähernd auch dieselbe Symmetrie- und Gleichgewichtsebene besitzen, da es für dieses Verhältniss gleichgültig ist, ob die durch ihre Schwere unterschiedenen Substanzen den Raum einer einzigen grossen Zelle erfüllen oder auf den Inhalt vieler, denselben Raum einnehmender Zellen vertheilt sind.

Die Form der Keimblase und die ihr vom Ei überkommene ungleiche Massenvertheilung ihrer Substanzen muss naturgemäss auch wieder auf die nächst anschliessenden Entwicklungsstadien von Einfluss sein, auf die Gastrula und auf die aus dieser sich entwickelnde Embryonalform, an

welcher die ersten charakteristischen Organe des Wirbelthierembryo, Chorda und Nervenrohr, zum Vorschein kommen. Es kann daher nicht Wunder nehmen, wenn auch diese sich in einem gewissen Grade gemäss der ersten Organisation der Eizelle im Eiraum annähernd orientirt zeigen, und wenn die Symmetrie- und Gleichgewichtsebenen der ungetheilten Eizelle und der Keimblase annähernd auch zur Symmetrieebene der Gastrula und des Embryo mit den sichtbar werdenden Rückenwülsten wird.

Am deutlichsten treten solche Beziehungen an Eiern hervor, bei denen eine Axe an Länge überwiegt. Bei den längsgestreckten Insecteneiern fällt die Längsrichtung des Embryo stets mit der langen Eiaxe zusammen, ebenso am ovalen Ei von *Ascaris nigrovenosa* und am ovalen Ei der Tritonarten. Da letzteres zugleich polar differenzirt ist, und die Längsaxe nicht mit der Verticalaxe zusammenfällt, so besitzt es schon von Anfang an alle drei Hauptaxen, welche im Ganzen auch mit den drei Axen des Embryo in ihrer Lage später übereinstimmen. Unter diesen Bedingungen entwickelt sich bei Triton die Längsaxe der Gastrula und weiterhin des Embryo in der Richtung der längsten Axe des Eies. Mit einem Wort: Mit der Anfangs gegebenen Massenvertheilung der unentwickelten Substanz stimmt auch die Massenvertheilung der weiter entwickelten Substanz überein. Ein solches Zusammenfallen wird a priori als das natürlichste und einfachste erscheinen. Denn sollte der spätere Längsdurchmesser des Embryo in die Richtung des Anfangs kürzesten Eidurchmessers zu liegen kommen, so müsste während der Entwicklung die ganze Eisubstanz

umgelagert werden, was jedenfalls ein wenig zweckentsprechender Vorgang sein würde.

Bei manchen Thierarten kann man auf diese Weise vor der ersten Theilung, wie von verschiedenen Forschern beobachtet worden ist, dem Ei ansehen, wie später der Embryo in ihm orientirt sein wird; man richtet sich hierbei nach der Form des Eies, nach kleinen, äusserlich sichtbaren Unterschieden in der Substanzvertheilung, in der Pigmentirung und nach anderen derartigen Merkmalen.

In diesem Sinne bezeichnete ich in einer Abhandlung, in der ich auf die oben besprochenen Beziehungen aufmerksam gemacht habe (25), das eben befruchtete Ei gewissermaassen als eine Form, welcher sich der werdende Embryo, besonders auf den Anfangsstadien der Entwicklung, in vielfacher Beziehung anpassen muss; oder an einer anderen Stelle: Die in der Form des Eies und in der Differenzirung seines Inhaltes gegebenen Verhältnisse üben auf eine ganze Reihe von Entwicklungsprocessen, am meisten aber auf die ersten Stadien, einen sehr eingreifenden, gewissermaassen richtenden Einfluss aus.

Nach der Darlegung meiner Ansichten über die ursprünglichen Beziehungen zwischen erster Organisation der Eizelle und einer langen Reihe von Entwicklungsprocessen muss ich noch Stellung nehmen zu einigen Missverständnissen, die bei der etwas verwickelten Streitfrage entstehen können.

Man könnte mir einmal einwerfen, dass in manchen meiner Sätze das His'sche „Princip der organbildenden Keimbezirke“ und der „Mosaiktheorie von Roux“ zugegeben sei, oder dass wenigstens ein erheblicher Unterschied zwischen den verschiedenen Auffassungsweisen überhaupt

nicht bestünde. So bemerkt Oscar Schultze (53, S. 289): „Ein Jeder, der die Ableitungen von His im Original durchliest und den Standpunkt desselben Gelehrten zur Evolutionstheorie berücksichtigt, muss die Ueberzeugung gewinnen, dass His genau denselben Gedanken ausgedrückt hat, den O. Hertwig, welcher sich gegen die His'sche Auffassung wenden zu müssen glaubt, mit den Worten niederschrieb: »In Folge der Continuität der Entwicklung muss ja natürlicher Weise jede ältere Zellengruppe sich auf eine vorausgegangene jüngere Gruppe und so schliesslich bestimmte Körpertheile auf bestimmte Furchungszellen zurückführen lassen.«“ Ebenso, meint Schultze, widerstritten die von Driesch, mir und Anderen ermittelten Thatsachen nicht der Mosaiktheorie von Roux oder seiner Lehre von der „Specification der Furchungszellen“, weil beide nur für die normale Entwicklung Geltung besitzen sollen. Schultze schliesst seine Erörterung mit folgenden Sätzen, welche die wissenschaftlichen Fragen, um die gestritten wird, verwischen: „Dass für die normalen, d. h. die immer in derselben Weise in natura wiederkehrenden äusseren Bedingungen die Specification der Furchungszellen bez. das His'sche Princip der organbildenden Keimbezirke derart vollkommen zu Recht besteht, dass aus bestimmten Zellen oder Zellgruppen immer dasselbe Organ des Embryo hervorgehen muss, wird Niemand bezweifeln, und insofern muss der evolutionistischen Auffassung ihre Berechtigung zuerkannt werden. Werden aber die äusseren Bedingungen durch das Eingreifen des Experimentators derart abgeändert, dass die Furchungszellen durch äussere Eingriffe aus ihrer normalen Lagebeziehung gebracht und gleichsam durch einander geworfen werden, so ändert dies nichts bezüglich des Resultates, ebenso wenig als das Durcheinanderrühren

der Mutterlauge vor beginnender Krystallisation auf die zu erzielende Form der Krystallindividuen von Einfluss ist, oder als es von Bedeutung erscheint, ob die für den Bau eines Hauses bestimmten, haufenweise beisammen lagernden Steine an diesen oder jenen Platz in dem Hause zu liegen kommen.“

Nach diesen Sätzen könnte man glauben, dass alle die zahlreichen Forscher, welche sich an den Streitfragen der letzten sechs Jahre so lebhaft betheilt und zu dem Zwecke die verschiedenartigsten Experimente ersonnen haben, sich schliesslich um Nichts gestritten und mit einander eine Comödie der Irrungen aufgeführt haben. In Wahrheit aber handelt es sich doch um zwei verschiedene Auffassungen vom Wesen der ersten Entwicklungsprocesse, die nicht neben einander gleichzeitig zu Recht bestehen können. Es handelt sich um ein Entweder — oder. Obwohl Vergleiche etwas Missliches haben, so will ich mich doch des von Schultze gewählten Bildes von den Bausteinen bedienen, um den Unterschied der beiden Auffassungen dadurch in wenigen Worten zu veranschaulichen.

Für uns sind am Anfang der Entwicklung die im Ei unterscheidbaren Theile einfache Bausteine, die sich je nach den Umständen, unter denen der Entwicklungsprocess abläuft, in verschiedener Weise zum Aufbau der Organe des sich entwickelnden Individuums verwenden lassen; sie sind nicht von vornherein für eine besondere Verwendung ausschliesslich specificirt und daher nicht ihrer Natur nach wesentlich von einander verschieden. His dagegen, wenn er in der Keimscheibe neben einander angeordnete Substanzanlagen für besondere spätere Organe annimmt, oder Roux, indem er seine Mosaiktheorie und seine Lehre von der Specification der Furchungszellen auf-

stellt, macht unsere einfachen Bausteine zu Façonsteinen, die dann natürlich nur so, wie sie mit ihren Theilen und Proportionen für einander gearbeitet, also specificirt sind, sich zu einem geordneten Bau zusammenfügen lassen, zu einer beliebigen Verwendung aber nicht mehr geeignet sind. Beide Ansichten vertragen sich wohl nicht mit einander, wie Schultze den Anschein zu erwecken sucht. Das Bild einer Krystallbildung aus einer Mutterlauge trifft vollends auf die Auffassung von His und Roux nicht zu.

Roux selbst ist sich auch der durchgreifenden Unterschiede der beiden mit einander streitenden Auffassungsweisen und ihrer Consequenzen klar bewusst (G. A. S. 20 und 850), wie aus der folgenden Erörterung in seinem Aufsatz „Mosaikarbeit und neuere Entwicklungshypothesen“ hervorgeht:

Daraus (nämlich aus Experimenten von Pflüger, Roux, Hertwig) folgt mit Sicherheit, dass die Theile des Dotters bestimmten Organen des Embryo nicht der Art entsprechen, dass mit dem Verlust dieser Dottertheile auch bestimmte spätere Organe fehlen, und dass mit der abnormen Anordnung derselben auch spätere Organe entsprechend abnorm gelagert würden.

Ein gewisses hohes Maass von Isotropie des Eidotters ist also erwiesen und damit die Zurückverfolgung des Principes der organbildenden Keimbezirke auf das ungetheilte Ei in dem Sinne, dass jeder Theil des Dotters bestimmte Wachstumsgrösse besitze und einem bestimmten Organ entspreche, als nicht zutreffend erkannt. (Um gerecht zu urtheilen, müssen wir uns aber erinnern, dass His den bezüglichen Ausspruch bereits im Jahre 1874 gethan hat, also zu einer Zeit, wo die fundamentalen Untersuchungen, die uns von der überwiegenden gestaltenden Bedeutung des Kernes über die des Protoplasmas belehrt haben, noch nicht vorlagen.) Immerhin aber wäre es möglich, bei der normalen Entwicklung, die ein typisch festgeordnetes System von Vorgängen darstellt, die Organe auf bestimmte Dottertheile des noch ungetheilten, aber schon befruchteten Eies zu projiciren; es hätte aber, wie ich oben dargethan

habe, das Ergebniss dieser grossen Mühe keinen besonderen Werth.

Aber für das getheilte Ei, für die Keimscheibe resp. für die Morula und Blastula hätte diese Projicirung einen grösseren Werth, selbst in dem Falle, dass die den einzelnen Organen entsprechenden Bezirke nicht auch die wesentlichen besonderen Kräfte zu ihrer Differenzirung enthalten; es wäre damit, wenn auch keinem causalen, so doch einem topographischen Interesse gedient. Wir haben aber gesehen, dass das durch die Furchung geschiedene Material jeder der ersten und daher wohl auch noch, wenn auch vielleicht in beschränkterem Maasse, späterer Furchungszellen selbstdifferenzirungsfähig ist; so dass also durch dies Princip nicht bloss feste, d. h. bei der normalen Entwicklung unveränderliche topographische Beziehungen, sondern auch directe causale Beziehungen bezeichnet werden.

Das Princip der organbildenden Keimbezirke beginnt somit erst mit der Furchung eine feste Bedeutung zu erhalten, und diese seine causale und topographische Bedeutung wird mit dem Fortschreiten der Furchung eine immer speciellere, denn durch dieselbe werden verschiedenwerthige, der directen Entwicklung dienende Idioplasonten mehr und mehr von einander geschieden und in typischer Anordnung localisirt.

O. Hertwig jedoch folgert allgemein die Unrichtigkeit des Principes der organbildenden Keimbezirke, auch für das getheilte Ei.

Also die Differenzpunkte bestehen, trotz des Versuchs von Schultze, sie zu verwischen. Wie Roux selbst mit mir und Pflüger das Princip der organbildenden Keimbezirke von His für das ungefurchte Ei als nicht zutreffend anerkennt, so müssen wir aus ähnlichen Gründen und mit demselben Recht auch die von Roux veränderte Auflage dieses Principes, die Mosaiktheorie und die Specification der Furchungszellen, verwerfen. Denn die verschiedenartigsten Experimente zahlreicher Forscher (7, 17, 38, 60, 63) haben gelehrt, dass durch den Process der Kerntheilung die einzelnen Zellen nicht mit Stoffen von verschiedener Qualität ausgestattet werden.

Wie die Ungleichheiten, die man an der unbefruchteten Eizelle in der Vertheilung von Protoplasma und Dotter beobachten kann, so haben auch die Ungleichheiten, welche während des Furchungsprocesses in der Grösse und Anordnung der Embryonalzellen und in ihrem Gehalt an Dottermaterial entstehen, zunächst mit der Organdifferenzirung gar nichts zu thun. Wie beim unbefruchteten, so spricht auch beim befruchteten und abgefurchten Ei nichts dafür, dass die Zellen der verschiedenen, am Ei unterscheidbaren Bezirke schon die specificirten Substanzanlagen besonderer Organe repräsentirten; vielmehr müssen wir behaupten, dass erst dem weiteren Gang der Entwicklung vorbehalten ist, darüber zu entscheiden, was aus den einzelnen Zellen werden wird. Eine jede Störung, die wir vor oder nach Eintritt des Furchungsprocesses setzen, sei es, dass wir einen Theil der Substanz dem Ei ganz wegnehmen oder sie zerstören, oder dass wir durch Eingriffe Lage- und Formveränderungen am entwicklungs-fähigen Material vornehmen oder durch chemische Substanzen seine Eigenschaften verändern, kann eine vollkommen andere Verwendung in dem einen Fall der Substanz des ungetheilten Eies, in dem anderen Fall der schon gebildeten Embryonalzellen bei der Entwicklung des embryonalen Körpers hervorrufen; ja es kann sogar dasselbe Material durch besondere Umstände veranlasst werden, anstatt in einen einfachen Embryo sich in zwei oder sogar drei Embryonen umzuwandeln.

Darum, weil im gewöhnlichen Lauf der Dinge ein Stadium der Entwicklung das nächstfolgende und so fort nach einer festen Norm und in scheinbar strenger Noth-

wendigkeit aus sich entstehen lässt, dürfen wir nicht schliessen, es müsse nun jedesmal so sein und es könne überhaupt nicht anders hergehen, als ob gleichsam das in ferner Zukunft liegende Ereigniss schon im frühesten Stadium fertig vorbereitet und eingeschlossen sei und nur der Zeit harre, um in die Erscheinung zu treten. Wer solche Gedankengänge hegt, verkennt, wie ich schon oft hervorgehoben habe, die Bedeutung der Umstände oder der äusseren Ursachen für den Process der Entwicklung, und er kommt so schliesslich nothgedrungener Weise dazu, Eigenschaften in die Eizelle hineinzuschachteln, welche ihr ganz fremd sind. Man darf über die Art der Causalität, die zwischen den einzelnen Entwicklungsstadien besteht, sich keine falschen, phantastischen Vorstellungen bilden, indem man den festen Boden der durch Anschauung gewonnenen Erfahrungen verlässt und, über sie hinausgehend, den einzelnen Zuständen des Eies Eigenschaften andichtet, welche sinnliche Anschauung nicht lehrt. Wenn z. B. die ungleiche Vertheilung von Protoplasma und Dottereinschlüssen im unbefruchteten Ei eine der Ursachen ist, dass später Bezirke ungleich grosser Zellen entstehen, die sich zugleich auch durch verschiedenen Gehalt an Protoplasma und Dotter unterscheiden, so liegt doch bei diesem ursächlichen Verhältniss auf der Hand, dass beide Anordnungen etwas sehr Verschiedenes sind. Die ungleiche Dottervertheilung in der einfachen Eizelle ist in jeder Hinsicht ein ganz anderes Verhältniss als die Zusammensetzung der späteren Embryonalform aus kleineren und grösseren, substantiell etwas von einander verschiedenen Zellen. Daher kann man auch gewiss nicht sagen, dass die kleineren und grösseren Zellen im Ei schon vor Beginn des Furchungsprocesses präformirt oder specificirt seien, wie denn zum Beispiel von Kernsubstanz in den später

von Zellen eingenommenen Substanzbezirken keine Spur anzutreffen ist. Nur eine Ursache für ihr späteres Zustandekommen oder eine allgemeine Anlage dafür ist in der ganzen Organisation der Eizelle oder in der allgemeinen Disposition ihrer Substanz gegeben.

Schon das Wort „Anlage“, wenn man es richtig versteht, besagt ja, dass über das, was werden kann, erst noch entschieden werden muss — durch die Umstände. Mithin können auch die Wege, auf denen aus einer Anlage etwas wird, sehr verschiedene sein. Es kann der Furchungsprocess eines bestimmt organisirten Eies die mannigfaltigsten, einander sehr unähnlichen Variationen darbieten, je nachdem wir die im Ei gegebene Anlage äusseren Eingriffen aussetzen. Das Kernmaterial kann dadurch im Eiraum in der verschiedenartigsten Weise vertheilt werden; die Zellen können andere Formen- und Grössenverhältnisse erfahren. Trotzdem sind alle diese durch äussere Momente künstlich erzeugten Verschiedenheiten ziemlich gleichgültig für den Fortgang und das Product der Entwicklung, da das Wesentliche in den ersten Entwicklungsstadien überhaupt nur die Zerlegung des Eies in Zellen ist. Mag die Zerlegung in dieser oder jener Weise vor sich gehen, in jedem Falle entsteht doch schliesslich eine zusammengehörige Masse ungleich grosser und mit verschiedenem Dottergehalt versehener Embryonalzellen, welche die Anlage, den Grund oder die inneren Ursachen für das nächstfolgende Stadium in sich enthalten.

Ein anderes Missverständniss betrifft die Beziehungen der ersten Theilungsebenen des Eies zu der Medianebene des Embryo. Zu diesem Thema bemerkt gleichfalls Oscar Schultze in seiner oben citirten Arbeit: „Ich denke, dass nun auch O. Hertwig sich von dem Gesetz des Zu-

sammenfallens der ersten Furchungsebene mit der Medianebene des Körpers bei *Rana* unter normalen Bedingungen überzeugen wird.“ Hierauf habe ich zunächst zu erwidern, dass ich mich davon nicht erst zu überzeugen brauche, da ich die Möglichkeit des Zusammenfallens nie bestritten habe. Ich habe diese Beziehungen 1893 (25) ausführlich erörtert und meine Ansicht in dem Resumé meiner Arbeit in den Satz (No. 8f, S. 790) zusammengefasst: „Bei polar differenzierten Eiern, die entweder einen längeren Durchmesser oder eine bilateral-symmetrische Organisation besitzen, kann unter normalen Verhältnissen die Richtung der beiden ersten Theilungen mit der Richtung der späteren Hauptebenen des Embryo zusammenfallen. Die Ursache für dieses Zusammentreffen ist schon in dem Bau der Eizelle gegeben. So erklären sich die Beobachtungen von van Beneden und Julin am Ascidienei, von Wilson am Ei von *Nereis*, von Roux am Ei von *Rana esculenta*, von mir an Eiern von *Triton* etc.“ Ja, ich habe in dieser Arbeit sogar das Resultat, welches Oscar Schultze durch Beobachtung am Ei von *Rana fusca* festzustellen versucht hat, ganz bestimmt im Satz (No. 8e) meines Resumés vorausgesagt: „Wenn manchen Eiern ausser ihrer polaren Differenzirung auch noch eine bilateral-symmetrische Organisation in der Vertheilung ihrer Substanzen von ungleicher Schwere und verschiedenem physiologischem Werth zukommt, so muss dieselbe gleichfalls eine bilateral-symmetrische Form der Keimblase zur Folge haben, wodurch der Ort der Gastrulacinstülpung im Bereich der Randzone noch genauer bestimmt sein wird“ (S. 790). Betreffs letzteren Punktes bemerkte ich noch, „dass die Urmundeinstülpung an dem Ende der Symmetrieebene beginnen wird, wo die grössere Menge der proto-

plasmareicheren Substanz schon im ungefurchten Ei angesammelt war“ (S. 735).

Die Streitfrage, um die es sich hier wieder handelt, betrifft nicht eine Anzahl von Beobachtungen, deren Richtigkeit ich nie angezweifelt habe, sondern die Tragweite und die „causale Bedeutung“, welche man ihnen zu geben versucht hat. Ich habe bestritten und bestreite noch heute, dass die erste Theilebene des Eies die Medianebene des zukünftigen Embryo bestimmt, und dass man zwischen beiden Ebenen ein causales Verhältniss in der Art construiren kann, dass man sagt: Die erste Theilung habe die Aufgabe, durch die Theilebenen nicht nur das Bildungsmaterial, sondern auch die gestaltenden Kräfte für die linke und die rechte Körperhälfte des Embryo von einander zu sondern.

Nach meiner Ansicht besitzen manche Eier in der eigenthümlichen Anordnung ihrer Substanzen schon vor dem Beginn des Furchungsprocesses eine bilateral-symmetrische Organisation und kraft derselben eine Symmetrie- und Gleichgewichtsebene, mit welcher dann später auch annähernd die Medianebene des Embryo zusammenfällt. Wenn letztere somit schon vor dem Furchungsprocess im Bau der Eizelle bestimmt ist, so kann sie nicht noch einmal durch die Richtung der ersten Theilungsebene bestimmt werden. Vielmehr hängt die Richtung der ersten Theilebene selbst von der Form der Eizelle und der Differenzirung ihres Protoplasmakörpers ab. Daher sagte ich 1893: „In den Fällen, wo eine Theilebene des Eies und die Medianebene des Embryo mehr oder minder annähernd zusammenfallen, ist die Ursache für dieses Zusammentreffen in einer beiden Erscheinungen gemeinsamen Ur-

sache, in der von Anfang an gegebenen Organisation der Eizelle selbst zu suchen, welche sowohl auf die Stellung der Theilungsebenen als auch auf die Stellung der embryonalen Medianebene richtend wirkt“ (S. 737). „Denn da jedes spätere Entwicklungsstadium an ein vorausgegangenes anknüpft, so sucht sich die bilateral-symmetrische Massenvertheilung der Substanz im Allgemeinen auch auf späteren Stadien so zu erhalten, wie sie schon im Ausgangsstadium gegeben war, solange nicht andere Factoren eine Aenderung nothwendig machen.“

Ich habe daher auch immer nur von einem annähernden Zusammenfallen der ersten Theilebene mit der Medianebene des Embryo gesprochen. Denn mir scheint hier allerdings ein ziemlich weiter Spielraum vorzuliegen. Einmal glaube ich nicht nach den vorliegenden Beobachtungen, dass durch die Anordnung der Eisubstanzen die Kernspindel jedesmal so absolut genau eingestellt wird, dass eine genaue Halbierung des Eies in zwei ganz symmetrische Hälften herbeigeführt wird. Zweitens verändert offenbar die Symmetrie- und Gleichgewichtsebene der Eisubstanzen während des Entwicklungsprocesses beständig in etwas ihre Lage und muss sie verändern, da es beim Furchungsprocess ohne Gleitbewegungen und Verschiebungen der Zellen nicht abgeht. Das lehrt schon die beim zweiten Theilact auftretende Brechungsfurche. Ferner muss die Symmetrie- und Gleichgewichtsebene Veränderungen erfahren, wenn die Höhle in der Blastula sich nicht immer genau an derselben Stelle durch Auseinanderweichen der Zellen und durch Flüssigkeitsansammlung bildet.

Wenn diese Ausführungen richtig sind, dann beruhen auch die Winkeldifferenzen, welche Roux bei seinen Experimenten zwischen der Richtung der ersten Theilebene und der Medianebene des Embryo so häufig gefunden hat, nicht durchgängig auf Versuchsfehlern, worauf sie Roux durchaus zurückzuführen bemüht ist, sondern sie ergeben sich ganz naturgemäss aus dem Sachverhalt, daraus, dass kein absolutes, sondern nur ein mehr oder minder annäherungsweise Zusammentreffen der genannten zwei Richtungen stattfindet.

Bei meiner Auffassung bereitet es auch dem Verständniss keine Schwierigkeit, dass durch äussere Eingriffe sich der Furchungsverlauf in so weitem Umfang abändern lässt, und dass die Embryonen eine Medianebene erhalten, trotzdem keine der ersten vier Furchen in ihre Richtung fällt. Denn einmal kann die Symmetrie- und Gleichgewichtsebene der Eisubstanzen bestehen bleiben, auch wenn diese durch Verschiebung der Kernspindel in abnormen Richtungen in Theilproducte zerlegt werden, oder sie wird sich jederzeit in irgend einer anderen Anordnung und Richtung wieder ausbilden, wenn durch den äusseren Eingriff ausser der Lage und Richtung der Kernspindel auch die Vertheilung der Eisubstanzen geändert ist. Derartige Vorgänge stören überhaupt gar nicht das Zustandekommen eines normalen Entwicklungsproductes, aus dem einfachen Grunde, weil ihnen eine weittragende causale Bedeutung für den Verlauf des Entwicklungsprocesses nicht inne wohnt.

Anders liegt freilich das Verhältniss bei der Auffassung von Roux, nach welcher die Richtung der ersten Theilebene die Medianebene des Embryo bestimmen und nicht nur das Material, sondern auch die gestaltenden Kräfte für linke und rechte Körperhälfte sondern soll. Denn ein

derartiger causaler Zusammenhang verlangt, dass das Zusammenfallen der ersten Theilebene mit der zukünftigen Medianebene ein absolutes ist; der Experimentator muss daher Abweichungen hiervon als auf Beobachtungsfehlern beruhend nachzuweisen versuchen. Nicht minder müssen ihm alle durch äussere Eingriffe hervorgerufenen Abweichungen von seinem Naturgesetz sehr unbequem fallen und ihn zur Aufstellung von Hilfsannahmen (Regulationsmechanismen, Reserveidioplasmen etc.) zwingen, wie es uns die Fortentwicklung der Roux'schen Lehre in der That gezeigt hat.

Auch hierin erblicke ich einen nicht unwichtigen Hinweis dafür, dass Roux den Beobachtungen über die Richtung der ersten Furchungsebene eine Tragweite und Bedeutung gegeben hat, welche ihnen keineswegs zukommt. Daher schliesse ich denn diese Kritik mit den Sätzen, deren Richtigkeit ich schon 1893 zu erweisen versucht habe.

1) Die Richtung der ersten Furchungsebene und die Ebenen des embryonalen Körpers stehen in keinem ursächlichen Abhängigkeitsverhältniss zu einander.

2) Der Furchungsprocess führt zu keiner Sonderung des Kernmaterialies in qualitativ ungleiche, die Entwicklung verschiedener Körperteile bestimmende Stücke.

3) Die Thatsache, dass in vielen Fällen die Furchungsebenen und die Axen des embryonalen Körpers mehr oder minder zusammenfallen und dass die Entstehung einzelner Primitivorgane von bestimmten Stellen der Eiobertfläche ausgeht, erklärt sich aus der Organisation der Eizelle selbst, aus ihrer Form und der Vertheilung von Protoplasma und Reservestoffen.

Zusätze und Literaturnachweise.

1) (S. 29). Nach Lotze und auf ihm fussend hat Rauber (Nr. 44, S. 2) 1880 den Vorschlag gemacht, einen Zweig der Entwicklungsgeschichte als „Cellularmechanik“ besonders zu benennen. Als ihre Aufgabe bezeichnet er die „Erforschung der Kräfte oder des Systems der Kräfte, welche den Keim befähigen, alle die genannten Formen zu verwirklichen, aus der Anfangsform die Durchgangsform hervorgehen zu lassen und schliesslich in die Endform auszulaufen“.

2) (S. 102). In seiner aus dem Jahre 1885 stammenden Arbeit erklärt Roux: „In welcher Art die angenommene richtende Wechselwirkung zwischen Kern und Zellenleib vorzustellen sei, ist zur Zeit nicht zu sagen, ob als der magnetischen vergleichbare Fernwirkung, ob vermittelt durch Diffusionsströmungen etc.“ Hierzu hat Roux in der neuen Herausgabe seiner gesammelten Werke (S. 340) den Zusatz gemacht: „Dieser Vergleich mit magnetischer Wirkung wurde später von O. Hertwig aufgenommen und verwendet (s. die Zelle 1892).“ Gegen diesen Zusatz will ich nur ganz kurz erinnern, dass der wirkliche Sachverhalt genau der umgekehrte ist, da ich schon mehrere Jahre vor Roux, sowohl 1875 (18, S. 417) als auch 1884, mich des Vergleichs mit magnetischen Figuren bedient habe, also ihn gewiss nicht von Roux habe aufnehmen können. Im Uebrigen haben den Vergleich schon vor mir Strasburger und Fol angewandt. Man vergleiche übrigens auch noch die Zusätze 3 und 7.

3) (S. 103). Auf dem Anatomencongress in Strassburg hat Roux im Anschluss an einen Vortrag von Ziegler die Erklärung abgegeben (Verh. d. anat. Gesellsch. 1894 S. 151): „Es ist nicht angemessen, die überwiegend häufige Einstellung der Kern-

spindel in die grösste Dimension der Furchungszelle, wie es Herr Ziegler thut, mit dem Ausdrucke „Hertwig'sches Gesetz“ zu bezeichnen; denn O. Hertwig hat eine ähnliche Beziehung zwar im Jahre 1883 zuerst ausgesprochen, aber dabei nichts gethan, sie direct zu beweisen“; ausserdem ist seine Fassung: „Einstellung in die Richtung der grössten Protoplasmamasse nichtssagend“ etc.

Aehnliche Ansichten hat Roux noch an drei Stellen seiner gesammelten Werke wiederholt und dabei eine Priorität für sich nachzuweisen versucht (S. 305, 928, 972).

Gegen die hier angestrebte Verdunkelung des Sachverhaltes muss ich Verwahrung einlegen, und habe ich namentlich Dreierlei dagegen zu bemerken. Erstens muss ich entschieden bestreiten, dass Roux, wie er angibt, „eine bezügliche Idee ein Jahr vor mir ausgesprochen habe“. Im Jahre 1883 hat Roux im Anschluss an die Beobachtung Auerbach's über die Drehung des Kernpaars im Ei von *Ascaris* nur die Vermuthung geäussert: „das äussere“ Moment einer geringen „Quetschung“ durch das Deckglas sei schon von Anfang an Veranlassung gewesen, dass die Umdrehung der conjugirten Kerne senkrecht zur Druckrichtung vor sich geht, und dass weiterhin, sei es damit zugleich oder unabhängig davon, auch die senkrechte Richtung der ersten Furchungsebene bestimmt werde“ (G. A. S. 118). Wie aus diesem Satz überhaupt hervorgehen soll, dass Roux sich in irgend einer Beziehung damals schon klar gewesen sei über das Verhältniss, in welchem die Lage des befruchteten und des sich zur Theilung anschickenden Kernes zu der Form und der Differenzirung des Protoplasmakörpers des Eies steht, und wie die Lage der Spindel wieder die Lage der Theilungsebenen bestimmt, wird dem Leser ebenso unerfindlich sein wie mir. In der That hat denn auch Roux in dem 1884 veröffentlichten Aufsatz: „Ueber die Entwicklung des Froscheies bei Aufhebung der richtenden Wirkung der Schwere“ nicht den geringsten Anlauf gemacht, eine der meinigen ähnliche Idee irgendwie zu entwickeln, obwohl die Untersuchungen Pflüger's ihn dazu hätten veranlassen sollen, wie es bei mir der Fall gewesen ist. Mir scheint daraus klar hervorzugehen, dass Roux auch im Jahre 1884 vor Veröffentlichung meiner Arbeit das in Frage stehende Problem noch nicht erfasst hatte. Erst dreiviertel Jahre später hat Roux in der 1885 veröffentlichten Abhandlung: „Ueber die Bestimmung der Hauptrichtungen des Embryo“ einige der von mir veröffentlichten Ideen sich zu Nutzen gemacht (G. A. S. 301—306), freilich ohne die Quelle anzugeben, an

welcher er sie geschöpft hat. Denn nur nebenbei wird einmal in seiner Abhandlung an einer späteren Stelle bemerkt (l. c. S. 323): „Bezüglich der gegenseitigen richtenden Wirkung zwischen dem sich theilenden Zellkern und den Theilen des ihn umgebenden Zellenleibes hoffe ich an den künstlich deformirten Eiern durch genaue Prüfung der Stellung der Kernspindel zu den von einander unterscheidbaren Dottermassen die nöthige Aufklärung gewinnen zu können. Jüngst hat sich O. Hertwig gleichfalls für eine solche richtende Wechselwirkung, und zwar auf Grund vergleichend anatomischer und physiologischer Thatsachen, ausgesprochen“ etc. „Seine Aussprüche erfolgen auf Grund der ihnen entsprechenden Kerneinstellung bei normalen, verschieden geformten Eiern. Die dadurch schon gewonnene »Wahrscheinlichkeit« kann aber zu einer »Gewissheit« erst erhoben werden, wenn es uns gelingt, dasselbe Verhalten in verschiedenartigen, von uns künstlich erzeugten Bedingungen zu beobachten.“

Man sieht, Roux hat schon früh dem von ihm erst später klar ausgesprochenen Grundsatz gehuldigt: Causale Forscher würden einen Umweg einschlagen etc. (s. Ausspruch S. 132).

Im Uebrigen hat Roux selbst im Jahre 1885 sich noch durchaus in einer unbestimmten und einseitigen Weise über die in Frage stehenden Verhältnisse geäußert, zum Theil mit dadurch veranlasst, dass bei einigen Experimenten sich die Eier entgegen meiner Regel in der Richtung des längsten Durchmessers theilten (l. c. S. 303). Neuerdings hat allerdings Roux diese Angaben als auf einem Irrthum beruhend berichtet, der ihm bei der Deutung der Experimente mit untergelaufen sei (l. c. S. 972). Im Jahre 1885 aber waren sie für ihn Grund genug, sich hinsichtlich der Giltigkeit des von mir schon aufgestellten Gesetzes sehr zurückhaltend und vorsichtig zu äussern, und sie veranlassten ihn sogar zu der Bemerkung, „dies zeigt wiederum, dass nicht eine Tendenz, die kleinsten Flächen zu theilen, die Theilungsrichtung bestimmt“ (l. c. S. 305).

Wie kann man bei solcher Sachlage Prioritätsansprüche vom Zaune brechen!

4) (S. 111). In meiner Abhandlung über den Werth der ersten Furchungszellen für die Organbildung des Embryo findet sich der Passus: „Zwei Forscher, Roux und Chabry, haben sich das Verdienst erworben, zum ersten Male versucht zu haben, die Frage zu lösen, was für ein Product die Entwicklung eines Eies liefert, bei welchem man eine der beiden ersten Furchungszellen oder auf dem

Viertheilungsstadium ein, zwei oder drei Zellen zerstört hat. Chabry stellte seine Experimente (1887) am Ei von *Asciella aspersa* an, indem er bestimmte Furchungszellen durch Anstechen mit feinsten Glasnadeln vernichtete. Bald darauf hat Roux entsprechende Experimente am Froschei ausgeführt und ihre Ergebnisse in seiner bekannten Abhandlung zusammengestellt etc.“ Das Experiment, eine Furchungszelle durch Anstich zu zerstören und aus der Entwicklung auszuschalten, nannte ich das Chabry-Roux'sche Verfahren.

Diese paar Sätze haben wieder den lebhaften Unwillen von Roux hervorgerufen und ihm zu einem Anfall gegen mich veranlasst (G. A. S. 957). Nachdem er bemerkt, dass er schon im Jahre 1885 viele Anstichversuche an Froscheiern veröffentlicht habe, spricht er seine Verwunderung darüber aus, dass ich diese Arbeit nicht kenne, obwohl er sie mir zugesandt habe, und fährt fort: „Ich habe es O. Hertwig schon einmal nahe gelegt, meine Arbeiten mit mehr Sorgfalt zu lesen, soweit er auf demselben Gebiete mit mir arbeitet, damit er sowohl über das bereits Ermittelte unterrichtet sei, als auch, um nicht weiterhin irrthümliche Behauptungen über meine Ansichten zu verbreiten.“

Mir scheint der Anfall wenig angebracht zu sein, weil er wieder einmal nicht zutrifft. Dass Roux schon vor Chabry mit der Stahlnadel Froscheier auf verschiedenen Furchungs- und Entwicklungsstadien angestochen hat, ist richtig: er hat damals aber nicht bestimmte Zellen des Zwei- und Viertheilungsstadiums wirklich zerstört und aus dem Entwicklungsprocess ausgeschaltet, sondern nur durch den Anstich mit kalter Nadel einen bald kleineren, bald grösseren Austritt von Dottersubstanz (ein Extraovum) veranlasst und gefunden, dass derartige Eingriffe, die auch auf dem Morula-, Blastula- und Gastrulastadium vorgenommen wurden, bald gar keine Störung, bald diese und jene variable Veränderung bewirken. Wie Roux selbst diese Experimente früher beurtheilt hat, geht aus der im Text (S. 111) angeführten Stelle, sowie aus dem folgenden Satz hervor: „Es wird überall hervortreten, dass bis jetzt, zufolge der diesjährigen ungünstigen Verhältnisse, bloss noch erste Orientierungsversuche vorliegen, und dass diese Lückenhaftigkeit der Versuchsreihen nur sehr allgemeine Folgerungen zu ziehen gestattet“ (l. c. S. 161).

Der Leser, welcher die einzeln mitgetheilten zahlreichen Versuche durchgeht, wird gewiss aus ihnen nicht das Ergebniss ziehen, dass Roux eine von den beiden oder vier ersten Furchungszellen

complet zerstört und durch solche Eingriffe seitliche oder vordere Halembryonen oder Dreiviertelembryonen willkürlich erzeugt habe. Roux gibt dies auch selbst an keiner Stelle als Resultat seiner Experimente an. Nur in der Neuausgabe seiner gesammelten Werke hat er etwas nachzuhelfen versucht, indem er bei der Beschreibung eines Versuches das in Klammern gesetzte Wort „Hemiembryo anterior“ in den Text nachträglich eingeschoben (l. c. S. 161) und bei der allgemeinen Besprechung der Ergebnisse (l. c. S. 204) durch das Einschiesel „die Hemiembryones laterales dexter und sinister und anterior“ den Wortlaut der Originalabhandlung umgeändert hat. In diesem Fall ist sogar nicht kenntlich gemacht, dass ein bei der Neuausgabe hinzugefügter Zusatz vorliegt, so dass der unbefangene Leser irre geführt wird.

Ich möchte daher demjenigen, welchem daran gelegen ist, die ursprünglichen Ansichten von Roux, und nicht seine Meinung im Jahre 1895 kennen zu lernen, dringend empfehlen, sich nur an die eigentlichen Originalabhandlungen zu halten. In den gesammelten Werken sind viele einzelne Worte, Sätze und grössere Abschnitte neu hinzugefügt, welche allerdings meist als Nachträge in Klammern gesetzt sind.

Durch meine Auseinandersetzung will ich darlegen, warum ich auf die Arbeit von Roux aus dem Jahre 1885 nicht Bezug genommen habe, obwohl sie mir wohlbekannt war, auch in der Literaturübersicht mit aufgeführt und in dem gleichzeitig erschienenen Heft der Zeitfragen sogar sehr eingehend besprochen wurde. Der Abschnitt meiner Abhandlung, welche durch den von Roux so heftig angegriffenen Passus eingeleitet wurde, trägt die Ueberschrift: Entwicklung von Eiern, bei denen eine der beiden ersten Furchungszellen **zerstört** wurde. Eine Zerstörung aber hat Roux erst in der zweiten Serie seiner Versuche, welche 1887 vorgenommen, im September desselben Jahres auf der Wiesbadener Naturforscherversammlung mitgeteilt und 1888 ausführlich veröffentlicht wurden, wirklich herbeigeführt, indem er die zum Anstich benutzte Nadel an der Flamme erhitze. Erst 1888 gibt Roux zum ersten Male an, dass er durch Zerstörung bestimmter Zellen einen Hemiembryo lateralis sinister oder dexter, einen Hemiembryo anterior oder posterior willkürlich erzeugen könne, wie Chabry dies an Ascidieneiern erreicht und 1887 veröffentlicht hat. Erst seine 1888 veröffentlichte Arbeit trägt daher auch den Titel: Ueber die künstliche Hervorbringung „halber“ Embryonen durch Zerstörung einer der beiden ersten Furchungszellen.

Gegen die von mir jetzt im Text gegebene ausführlichere Darstellung (S. 110—114), in welcher auch die Arbeit aus dem Jahre 1885 erwähnt ist, wird Roux wohl keinen Einwand mehr zu erheben haben.

Ueberrascht war ich in einem Aufsatz von Roux aus dem Jahre 1896 (A. f. E. S. 458), in welchem er sich wieder über die von Benda gegebene Darstellung der Geschichte der durch Anstich erzeugten Hemiembryonen mit Entrüstung beschwert, zu lesen, dass ich in Folge seiner Einsprache meine Darstellung zurückgenommen habe. Mir ist von einer solchen Zurücknahme nichts bekannt, da ich hier zum ersten Male wieder auf die Chabry-Roux'schen Versuche eingegangen bin. Ich muss daher Roux ersuchen, durch Angabe der Stelle, welche er bei seiner Bemerkung im Auge hat, meinem Gedächtniss nachzuhelfen.

5) (S. 117). Als ich in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie die Ergebnisse meiner „experimentellen Untersuchungen über die ersten Theilungen des Froscheies und ihre Beziehungen zu der Organbildung des Embryo“ kurz veröffentlichte (18. Mai 1893), erschien sofort im anatomischen Anzeiger (5. August 1893) ein Artikel von Roux, in welchem er sich theils gegen die Richtigkeit und Bedeutung meiner Experimente wendet, theils erklärt, dass er ganz dieselben Versuche ohne Ausnahme in den Jahren 1885—1887 wiederholt angestellt habe, ohne ihre Ergebnisse bisher publicirt zu haben. Er kündigt zugleich die demnächst erfolgende Publication seines Versuchsmaterials an und bemerkt dazu (G. A. S. 921): „Ich glaube das Erscheinen von O. Hertwig's definitiver Abhandlung nicht abwarten zu müssen, da mein Versuchsmaterial so reich ist, dass O. Hertwig in dem einen Frühjahr dieses Jahres kaum etwas gesehen haben dürfte, was mir im Laufe mehrerer Frühjahre nicht vorgekommen wäre.“

Die angekündigte Arbeit erschien aber nicht; dagegen erfolgte bei der Mittheilung seiner Methoden im anatomischen Anzeiger die Erklärung (G. A. S. 960): „Zu der angekündigten ausführlicheren Mittheilung über diese Versuche bin ich in Folge anderweiter Inanspruchnahme noch nicht gekommen. Dieselbe erscheint mir jetzt auch weniger dringlich, weil inzwischen G. Born eine Arbeit publicirt hat, in der über die gleichen Versuche ausführlich berichtet wird.“ Die Motivirung der Nichtbringlichkeit erscheint etwas eigenthümlich, wenn man berücksichtigt, dass Born in seinen gleichzeitig mit mir ausgeführten Experimenten fast zu genau denselben Ergebnissen gelangt ist, wie ich.

Bei dieser Gelegenheit berichtigt Roux einen Irrthum, der ihm bei seinen früheren Deformationsversuchen vorgekommen war (s. 972).

Da auch bis Ende 1896 die angekündigte Abhandlung von Roux nicht erschienen ist, wird wohl auf ihre Veröffentlichung und auf eine Berichtigung meiner angeblichen Irrthümer überhaupt nicht mehr zu rechnen sein.

6) (S. 124). In meiner Untersuchung über „den Werth der ersten Furchungszellen etc.“ habe ich genau angegeben, in welcher Weise ich mir das Material für meine Beobachtungen verschafft habe, und habe an einer Stelle noch ausserdem ausdrücklich bemerkt: „Da mir einerseits die Musse zu einer continuirlichen, über einen längeren Zeitraum ausgedehnten Beobachtung fehlte, andererseits auch die Lösung anderer Aufgaben mein Zweck war, so habe ich nach dieser Richtung meine Untersuchung nicht ausgedehnt.“ Roux hat es nicht genügt, auf diese meine Erklärung hinzuweisen (G. A. S. 964), aus welcher schon hervorgeht, dass ich die Entwicklung nicht in continuo Tag und Nacht verfolgt habe, sondern hat sich noch bemüsst gesehen, in meinem Institute Nachforschungen über meine Arbeitszeit anzustellen. Er bemerkt (S. 950): „Da es wesentlich zur Aufklärung der Sachlage dient, und da viele Autoren trotz der hier erfolgten Darlegung der Fehlerquellen durch die bestimmten Behauptungen O. Hertwig's sich haben irre führen lassen, so halte ich es im Interesse der Wissenschaft zur Verbreitung der Wahrheit für das geringere Uebel, die Indiscretion zu begehen und statt seiner mitzutheilen, dass O. Hertwig, nach mir von competenten Seite gewordener Information, gewohnter Weise, auch zur Zeit dieser Versuche allein von 8—3 Uhr täglich im Institute anwesend war, dass seine täglichen Beobachtungen also durch je eine 17 Stunden lange Pause unterbrochen waren.“

Roux scheint bei der Veröffentlichung seiner in meinem Institut angestellten Recherchen gar nicht zu empfinden, wie sehr er sich selbst dadurch bloss stellt. Will er vielleicht noch einen Ueberwachungsdiens in meinem Institut organisiren? Und was glaubt er denn im vorliegenden Falle mit der Veröffentlichung von Verhältnissen, die ihm absolut nichts angehen, erreicht zu haben? Die zeitliche Dauer der Beobachtungen hat für die Werthschätzung der von mir ermittelten Thatsachen gar keine Bedeutung. Denn für das, was ich habe ermitteln wollen und ermittelt habe, ist ein über Tag und Nacht ausgedehntes Studium der sich entwickelnden Eier nach meiner Ansicht vollkommen überflüssig; es genügt vollständig,

von dem operirten Eimaterial von Zeit zu Zeit Partien auf den wichtigen Stadien in Conservirungsflüssigkeiten einzulegen und dann die einzelnen Objecte auf ihre Organisation durch Betrachtung von der Fläche und nach Zerlegung in Schnittserien zu untersuchen.

7) (S. 160). Roux bringt gegen Forscher, die anderer Meinung wie er sind, zwei jetzt schon typisch gewordene Klagen und Beschwerden vor. Seine eine Beschwerde ist, dass Driesch, Verworn und ich seine Ansichten einseitig oder ungenau darstellten oder sogar Unrichtiges über sie mittheilten (G. A. S. 957, 997, 1006, A. f. E. Bd. III S. 428, Bd. IV S. 327, 341). Man vergleiche hierüber zum Beispiel den auf S. 146 citirten Ausspruch von Roux. Seine zweite Beschwerde ist, dass andere Forscher seine Arbeiten nicht mit genügender Sorgfalt lesen (s. Zusatz 4). Ich bemerke daher, dass ich mich bei der Darstellung der Ansichten von Roux meist seiner eigenen Worte bedient habe und häufig besonders wichtige Sätze in der Originalfassung wiedergegeben habe. Da aber Roux es liebt, Ansichten und Lehrsätze auszusprechen, deren Sinn er darauf wieder durch diesen oder jenen Zusatz unter der Hand unwandelt oder sogar umkehrt, wie wir es in der zweiten Studie gesehen haben, da er auch nicht allzu selten Widersprechendes neben einander behauptet, so ist es allerdings nicht immer leicht, seine wechselnden Meinungen ganz erschöpfend darzustellen. Auch wird eine Verständigung dadurch unmöglich gemacht, dass wir die gekünstelten und nur für seine Lehre zugeschnittenen Unterscheidungen einer ganz normalen, einer typischen und einer atypischen Entwicklung, ferner seine Unterscheidung von Selbstdifferenzirung und abhängiger Differenzirung, von Reserveidioplasma und Anachronismus nicht als berechtigt gelten lassen können, vielmehr darin nur Versuche sehen, unhaltbar gewordene Theorien der klaren Sprache neuer ermittelter Thatsachen zu entziehen.

Wie es im Uebrigen Roux selbst mit dem Studium und der Berücksichtigung der Untersuchungen anderer Forscher hält, das möge man aus dem zweiten und dritten Zusatz und aus dem der zweiten Studie beigefügten Ausspruch (S. 132) ersehen.

Auch sei in der Beziehung noch auf die von Driesch erhobene Beschwerde hingewiesen (A. f. E. Bd. IV S. 78): „Wie kommt es denn, so wird man verwundert fragen, dass Roux, anstatt dieses erfreuliche, nicht gerade häufige Factum einer Harmonie unserer Ansichten zu constatiren, im Gegentheil eine ausgedehnte, unnöthig gereizte und an recht unbedachtsamen Worten

reiche Polemik gegen mich eröffnet? Hier wird wohl wieder eine Folge der bei Roux so häufigen ungenügenden Beachtung fremder, speciell gegnerischer Schriften liegen, welcher Mangel u. A. auch auf S. 427, 435, 449 seiner neuesten Arbeit zu Tage tritt.“

8) (S. 170). Da ich die Keimplasmatheorie von Weismann und die Mosaiktheorie von Roux, die Lehren, dass die im Entwicklungsprocess entstehenden Veränderungen durch qualitativ ungleiche, im Voraus bestimmte Theilungen der Kernsubstanz verursacht seien, als eine sachlich unbegründete und an sich sehr unwahrscheinliche Hypothese nicht annehmen kann, hat Roux mir schon einige Male gleichsam als Trumpf die Frage vorgelegt: „Wodurch kommt das System an »typischer« Gestaltung in die ganze, nach O. Hertwig vollkommen gleichartige Zellenmasse?“ (G. A. S. 865). Oder an anderer Stelle (G. A. S. 1006): „Wenn nach O. Hertwig alle Furchungszellen einander »ganz« oder nach Driesch »wesentlich« gleich sind, so entsteht die Frage, wodurch dann aus der Gesamtheit dieser vielen Zellen, von denen jede einzelne dem ganzen Ei gleicht, also auf ein Ganzes eingestellt ist, ein einziges typisches Ganze werde. Woher kommt auf einmal die dazu nöthige typische Ungleichheit?“

Die Antwort hierauf ist keine schwere. Erstens ist die einzelne Furchungszelle, welche in Folge des Entwicklungsprocesses aus dem Ei entstanden und mit anderen Zellen zu einer bestimmten Embryonalform verbunden ist, nicht „auf ein Ganzes eingestellt,“ wie Roux sagt, vielmehr wegen ihrer Verbindung mit anderen Zellen nur noch Theil eines sich entwickelnden Systems, in welchem ihre Verwendung auf jeder weiteren Phase des Processes vom Ganzen aus bestimmt wird.

Was zweitens die Frage betrifft, woher bei Verwerfung der Lehre von Roux auf einmal die zur Entwicklung nöthige typische Ungleichheit kommen solle, so ist nicht richtig, dass nach meiner Theorie „aus vielen vollkommen unter sich gleichen Theilen durch nicht typisch vermittelte, unbekannte Ursache plötzlich typisches Ungleiches entstehe“. Denn es liegt doch auf der Hand, wie ich früher auseinander gesetzt habe, dass in Folge der Theilungsfähigkeit der Zelle selbst Schritt für Schritt Verschiedenheiten producirt werden, dass ein aus zwei Zellen bestehendes Ei etwas ganz Anderes ist, als das einfache Ei und sich auch in vieler Hinsicht der Aussenwelt gegenüber verschieden verhält, dass ebenso wieder neue Verschieden-

heiten und Ungleichheiten mit dem Stadium der Viertheilung, Achtheilung etc., der Morula und Blastula im Vergleich zu jedem vorausgegangenen Stadium durch den Vermehrungsprocess der Zellen selbst entstehen. Das Ei verändert so Schritt für Schritt seine Natur und seine Eigenschaften der Aussenwelt gegenüber, welche daher auch auf jeder Stufe wieder in anderer Weise wegen der veränderten Angriffspunkte einwirkt. Also trifft auch die Bemerkung von Roux nicht zu, dass ich „durch nicht typisch vermittelte, unbekannte Ursachen plötzlich typisch Ungleiches entstehen lasse“. Allerdings kann ich physikalisch-chemisch nicht erklären, warum sich die Keimblase zur Gastrula umwandeln muss oder die Rückenwülste entstehen; ist aber etwa irgend ein anderer Forscher, etwa Roux, im Stande, uns eine solche Erklärung zu geben? Müssen wir uns nicht alle hier bescheiden, dass die Ursachen für den Eintritt dieser Formwandlungen uns zunächst unbekannt sind und vielleicht für noch sehr lange Zeiten bleiben werden?

Ueber das, was ich unter Isotropie des Eies verstehe, habe ich mich schon auf S. 106 ausgesprochen, so dass ich hierauf nicht noch einmal zurückzukommen habe. Mein Standpunkt ist hier im Wesentlichen der gleiche, welchen auch Driesch einnimmt.

Auch durch Ablehnung der qualitativ ungleichen Kerntheilung vertrete ich nicht die Ansicht, dass die Kernsubstanz etwas absolut Unveränderliches sei, und verweise ich auch in dieser Beziehung auf früher Gesagtes (Nr. 26 S. 142), da ein genaueres Eingehen auf dieses noch nicht spruchreife Thema mir zur Zeit zwecklos zu sein und zu sehr den Boden des Thatsächlichen zu verlassen scheint.

9) (S. 177). Das Ei der Ctenophoren hat Roux im Hinblick auf Experimente von Chun als eine Stütze für seine Mosaiktheorie verwerthet. Bei Beurtheilung der etwas abweichenden Verhältnisse, welche man hier bei Entwicklung von Theilstücken beobachtet, ist die eigenthümliche Organisation des Eies in Rechnung zu ziehen. Wie schon aus den älteren Untersuchungen von Kowalevsky (Entwicklungsgesch. der Rippenquallen. Mémoires de l'Acad. imp. d. science. de St. Petersburg. T. X. 1866) und mir (Beiträge zur Kenntniss etc. Morph.-Jahrb. Bd. IV S. 187) hervorgeht, ist das Ctenophorenei ausserordentlich reich an Nahrungs-Dotter, welcher etwa das spezifische Gewicht des Wassers hat, aus sehr grossen Stücken besteht, die Mitte des Eies einnimmt und nach aussen von einer dicken zusammenhängenden Protoplasmasschicht wie von einem

besonderen Mantel eingeschlossen wird (s. l. c. Taf. IX Fig. 8). In dieser protoplasmatischen Rindenschicht liegt nahe der Bildungsstelle der Richtungskörperchen der befruchtete Eikern, welchen ich zum ersten Mal bei *Gegenbauria cordata* nachgewiesen habe; er liegt also fast unmittelbar an der Oberfläche des Eies. Bei den ersten Theilungen erhalten die halben und darauf die viertel Stücke im Bereich der Theilebenen nur ein feines Protoplasmahäutchen, während nach Aussen das Protoplasma als dicke Rindenschicht erhalten bleibt. Diese Differenzen in der Vertheilung von Protoplasma und Dotter scheinen sich nicht ausgleichen zu können, wenn man ein Ei nach der ersten oder zweiten Theilung in Stücke trennt. Wahrscheinlich entstehen Theilstücke, bei denen die Dottermasse nicht mehr, wie es normaler Weise der Fall sein sollte, ringsum von einem dicken Protoplasmamantel eingeschlossen ist. Sie sind und bleiben, wenn meine Deutung zutrifft, in der Vertheilungsweise von Protoplasma und Dotter mit einem Defect versehen. Dieser Umstand übt dann naturgemäss auf die weitere Entwicklung seinen Einfluss mit aus und bewirkt, dass aus dem Theilstück sich keine normale Ctenophorenlarve züchten lässt. Doch entstehen ebenso wenig reine halbe, dreiviertel oder viertel Larven (s. Hans Driesch und Morgan, Von der Entwicklung einzelner Ctenophorenblastomeren. Arch. f. Entw. Bd. II S. 204). Aehnliches vermuthet Ziegler (Verhandl. d. deutsch. zool. Gesellschaft 1896 S. 153 Anm.).

Dass das eigenthümliche Verhalten des Ctenophoreneies keine Stütze für die Mosaiktheorie von Roux abgibt, haben Driesch und Morgan noch in schlagender Weise nachgewiesen, indem sie die Eier vor der Theilung in Stücke zerlegten und auch auf diesem Wege ganz ähnliche defecte Theillarven erzielten. Die genannten Autoren schliessen daher die Darstellung ihrer interessanten Experimente mit dem Satz: „Zu zeigen, dass Defecte an Larven auf protoplasmatischer Basis beruhen und in keinem Falle geeignet sind, die Lehre von qualitativer Kerntheilung zu stützen, das war unsere eigentliche Aufgabe, und diese konnten wir mit voller Sicherheit lösen; denn diejenigen defecten Larven, welche wir aus isolirten Blastomeren aufzogen, waren denjenigen ausserordentlich ähnlich oder gar gleich gestaltet, welche sich aus ungetürchten Eiern, denen Plasma genommen, aber das volle Kernmaterial belassen ward, entwickelten“ (l. c. 223).

In derselben Richtung sind nach meiner Meinung die Experimente von Crampton, die am Ei eines Gasteropoden vorgenommen

wurden, zu beurtheilen (H. E. Crampton, Experimental studies on gasteropod development. Arch. f. Entw. Bd. III S. 1 und Edm. Wilson, On cleavage and mosaik-work. Ebenda Bd. III S. 19).

10) (S. 178). Von verschiedenen Seiten ist öfters hervorgehoben worden, dass Fälle von Ei- und Zelltheilung vorkommen, welche sich den von mir aufgestellten Regeln nicht unterordnen lassen; so neuerdings wieder von Wilson (The mosaik theory of development. Biological lectures at the marine biolog. labor. of Wood's holl. 1893. Boston. S. 12) und von Jennings (The early development of Asplanchna. Bull. of Mus. of comp. Zool. at Harvard college. Vol. XXX. 1896). Das ist richtig und mir wohlbekannt. Als eine der auffälligsten und häufigsten Ausnahmen brauche ich nur die Stellung der Richtungsspindel im thierischen Ei zu nennen. Deswegen scheinen mir aber die von mir aufgestellten **Regeln** von ihrer Bedeutung nichts zu verlieren, sondern scheinen mir die Ausnahmen nur darauf hinzuweisen, dass in einzelnen Fällen noch besondere, uns unbekannte Ursachen die abweichende Stellung der Kernspindel in der Zelle mit bestimmen. Man vergleiche auch die neueste Schrift von Ziegler, welcher ganz meinen Standpunkt theilt. (Einige Beobachtungen zur Entwicklungsgesch. d. Echinodermen. Verhandl. d. deutsch. zoolog. Gesellsch. 1896.)

Ueber die Organisation der Eizelle und ihr Verhältniss zu dem sich aus ihr entwickelnden Embryo haben eine ähnliche Auffassung, wie ich, Hans Driesch und Edmund Wilson. Ich verweise besonders auf die lesenswerthe Schrift von Driesch: Betrachtungen über die Organisation des Eies und ihre Genese (Arch. f. Entw.-Mech. Bd. IV), sowie auf das eben erschienene vortreffliche Lehrbuch von Wilson, „The cell in development and inheritance“. New-York 1896.

Literatur.

Zur Beachtung! In einzelnen Citaten, welche den angeführten Schriften von Dreyer, Lotze, Roux, Schopenhauer etc. entnommen sind, habe ich einzelne Worte und Sätze, auf welche ich die Aufmerksamkeit des Lesers besonders hinlenken will, im Text gesperrt drucken lassen, auch wenn dies in den Originalarbeiten nicht geschehen ist.

1) **Benedikt**. Ueber die Bedeutung der Kraniometrie für die theoretischen und praktischen Fächer der Biologie. Tageblatt der

60. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Wiesbaden. 1887. S. 197. — **2) Benda.** Teratologie in Ergebnisse der allgemeinen pathologischen Morphologie und Physiologie von Lubarsch und Osterreich. Wiesbaden 1895. — **3) G. Born.** Neue Compressionsversuche an Froscheiern. Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur. 1894. — **3^a) Boveri.** Ein geschlechtlich erzeugter Organismus ohne mütterliche Eigenschaften. Sitz.-Ber. d. Ges. f. Morph. und Phys. München V. — **4) L. Chabry.** Embryologie normale et tératologique des ascidies. Thèses présentées à la faculté des sciences de Paris. Juli 1887. — **5) Yves Delage.** Une science nouvelle: la Biomécanique (Revue générale des sciences pures et appliquées, 6^e année. Paris (1895). Citirt nach L. v. Graff. Die Zoologie seit Darwin. Graz 1896. — **6) Dreyer.** Ziele und Wege biologischer Forschung. 1892. — **7) Derselbe.** Entwicklungsmechanische Studien I—IV. Zeitschrift f. wissenschaftl. Zool. Bd. LIII, LV. — **7^a) Derselbe.** Von der Entwicklung einzelner Ascidienblastomeren. Arch. f. Entwicklungsmechanik der Organismen. Bd. I. 1895. — **8) H. Driesch.** Betrachtungen über die Organisation des Eies und ihre Genese. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. IV. 1896. — **9) E. Du Bois-Reymond.** Reden. 1) Bd. I. 1886. 2) Bd. II. 1887. 1. Ueber die Lebenskraft. 1887. Nr. 1. 2) Akademische Ansprachen. 1887. S. 561. — **10) Eucken.** Geschichte und Kritik der Grundbegriffe der Gegenwart. Leipzig 1878. S. 164. — **11) Fechner.** Ueber die mathematische Behandlung organischer Gestalten und Prozesse. — **12) Derselbe.** Ueber das Causalgesetz. Berichte über die Verhandl. d. königl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. zu Leipzig, math.-phys. Cl. 1849. — **13) Kuno Fischer.** System der Logik und Metaphysik. 1865. S. 373. — **14) Rudolf Fick.** Ueber die Reifung und Befruchtung des Axolotl-Eies. Zeitschrift f. wissenschaftl. Zool. Bd. LVI. — **15) Haeckel.** Studien zur Gastraeathorie. Jenaische Zeitschrift für Naturw. Bd. VIII, IX, XI. — **16) Haeckel.** Ziele und Wege der heutigen Entwicklungsgeschichte. Jenaische Zeitschrift. Bd. X. — **17) Amadeo Herlitzka.** Contributo allo studio della capacita evolutiva dei due primi blastomeri nell' ovo di tritone. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. II. — **18) Oscar Hertwig.** Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies. Morph. Jahrb. Bd. I. 1875. — **19) Derselbe.** Welchen Einfluss übt die Schwerkraft auf die Theilung der Zellen? Jena 1884. — **20) Derselbe.** Das Problem der Befruchtung und der Isotropie des Eies eine Theorie der Vererbung. Jena 1884. — **21) Derselbe.** Ver-
Hertwig, Zeit- und Streitfragen. II. 14

gleich der Ei- und Samenbildung bei Nematoden. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXXVI. 1890. — **22) Derselbe.** Urmund und Spina bifida. Ebenda XXXIX. 1892. — **23) Derselbe.** Aeltere und neuere Entwicklungstheorien. Ein Vortrag. Berlin 1892. — **24) Derselbe.** Lehrbuch. Die Zelle und die Gewebe. 1893. — **25) Derselbe.** Ueber den Werth der ersten Furchungszellen. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. XLII. 1893. — **26) Derselbe.** Zeit- und Streitfragen der Biologie. Heft I. Präformation oder Epigenese? Grundzüge einer Entwicklungstheorie der Organismen. Jena 1894. — **27) Derselbe.** Die Tragweite der Zellentheorie. Die Aula. Wochenblatt für die akademische Welt. Jahrgang I. Nr. 2 und 3. 1895. — **28) Kant's** sämtliche Werke. Herausgegeben von Hartenstein. 1867. Bd. IV, V. — **29) Gustav Kirchhoff.** Vorlesungen über mathematische Physik und Mechanik. 1877. — **31) Justus von Liebig.** Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie. 1842. S. 200. — **32) Jacques Loeb.** Untersuchungen zur physiologischen Morphologie. Würzburg 1891, 1892. — **33) Hermann Lotze.** Allgemeine Pathologie und Therapie als mechanische Naturwissenschaften. Leipzig 1842 (1). — **34) Derselbe.** Leben, Lebenskraft. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie Bd. I. 1842 (2). — **35) Derselbe.** Allgemeine Physiologie des körperlichen Lebens. Leipzig 1851 (3). — **36) Ernst Mach.** Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Leipzig 1883. — **37) J. R. Meyer.** Die Mechanik der Wärme. 2. Aufl. 1874. — **38) Morgan.** Half-embryos and Whole-embryos from one of the first two Blastomeres of the frog's egg. Anat. Anzeig. Bd. X. **Derselbe.** Experimental studies on Teleost egg. Anat. Anz. Bd. VIII. **Derselbe.** Experimental studies on echinoderm egg. Anat. Anz. Bd. IX. — **39) Erik Müller.** Ueber die Regeneration der Augenlinse und Exstirpation derselben bei Triton. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 47. 1896. — **40) Johannes Müller.** Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtsinnes. 1826. — **41) Nägeli.** Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. 1884. — **42) Pflüger.** Ueber die Einwirkung der Schwerkraft und anderer Bedingungen auf die Richtung der Zelltheilung. Arch. f. die gesammte Physiologie. Bd. XXXIV. — **43) Ramon Y. Cajal.** Einige Hypothesen über den anatomischen Mechanismus der Ideenbildung, der Association und der Aufmerksamkeit. Arch. f. Anatomie und Physiologie. Anatom. Abth. 1895. S. 367. — **44) Rauber.** Formbildung und Formstörung in der Entwicklung von Wirbelthieren. Morph. Jahrb. Bd. VI. 1880. — **45) Der-**

selbe. Neue Grundlegungen zur Kenntniss der Zelle. Morph. Jahrb. Bd. VIII. 1883. — **46) Wilhelm Roux.** Gesammelte Abhandlungen über die Entwicklungsmechanik der Organismen. Zweiter Band. 1895. — **47) Derselbe.** Aufgabe der Entwicklungsmechanik. Arch. f. Entwicklungsmechanik d. Organismen. Bd. I. 1895. — **48) Derselbe.** Ueber den „Cytotropismus“ der Furchungszellen des Grasfrosches *Rana fusca*. Ebendasselbst Bd. I. — **49) Derselbe.** Ueber die Selbstordnung (Cytotaxis) sich berührender Furchungszellen des Froscheies durch Zellenzusammenfügung, Zellentrennung und Zellengleiten. Ebendasselbst B. III. — **50) Derselbe.** Ueber den Antheil von „Auslösungen“ an der individuellen Entwicklung. Ebenda Bd. IV. — **51) Matthias Schleiden.** Grundzüge der wissenschaftl. Botanik. 1845. Bd. I. S. 53 und 58. — **52) Schopenhauer.** Die Welt als Wille und Vorstellung. Sämmtliche Werke. Bd. 1, 2, 3. Leipzig 1881. Herausgeg. von Franenstädt. — **53) Oscar Schultze.** Die künstliche Erzeugung von Doppelbildungen bei Froscheiern mit Hilfe abnormer Gravitationswirkung. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. I. 1895. — **54) Schwalbe.** Jahresbericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie. Bd. 16 und 17. Literatur 1887 und 1888. Dritte Abtheilung. Entwicklungsmechanik. Referent W. Roux. S. 685—797. — **55) Th. Schwann.** Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. 1839. — **56) Schwendener.** Das mechanische Princip im Bau der Monokotylen. 1874. — **57) Weismann.** Das Keimplasma. Jena 1892. S. 192. — **58) Georg Wetzel.** Ueber die Bedeutung der circulären Furche in der Entwicklung der Schultzeschen Doppelbildungen von *Rana fusca*. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 46. 1895. — **59) Whitman.** The inadequacy of the cell theory of development. Wood's Holl Biol. lectures. 1893. — **60) Wilson.** Amphioxus and the mosaik theory. Journal of Morph. 1893. — **61) Caspar Friedr. Wolff.** Theoria generationis 1759, auch deutsch herausgegeben 1764. — **62) Gustav Wolff.** Entwicklungsphysiologische Studien. I. Die Regeneration der Urodelenlinse. Arch. f. Entwicklungsmechanik. Bd. I. 1895. — **63) Raffaello Zoja.** Sullo sviluppo dei blastomeri isolati delle uova di alcune meduse e di altri organismi. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. II. — **64) Ziegler.** Einige Beobachtungen zur Entwicklungsgeschichte der Echinodermen. Verhandl. d. deutsch. zoolog. Gesellschaft. 1896.

Pierer'sche Hofbuchdruckerei Stephan Geibel & Co. in Altenburg.

Hertwig, Dr. Oscar, Professor an der Universität Berlin, und Dr. Richard, Professor an der Universität München. Der Organismus der Medusen und seine Stellung zur Keimblättertheorie. Mit 10 lithographischen Tafeln. 1878. Preis 12 Mark.

Hertwig, Dr. Richard, Professor am Zoologischen Institut des kaiserlich-preussischen Museums an der Universität München. Der Organismus der Radiolarien. Mit 10 lithographischen Tafeln. 1879. Preis 12 Mark.

— Die Actinien der Challengerexpedition. Mit 10 lithographischen Tafeln. 1882. Preis 12 Mark.

Beard, John, D. Sc., University of Cambridge. On certain problems of Vertebrate Embryology. 1881. Preis 12 Mark.

Boveri, Dr. Theodor, Professor an der Universität Göttingen. Zellen-Studien. I. Ascaris Lumbricoides. II. Drosophila melanogaster. III. Salamander. IV. Ascaris Lumbricoides. V. Ascaris Lumbricoides. VI. Ascaris Lumbricoides. VII. Ascaris Lumbricoides. VIII. Ascaris Lumbricoides. IX. Ascaris Lumbricoides. X. Ascaris Lumbricoides. Preis 12 Mark.

Eimer, Dr. G. H., Professor an der Universität Göttingen. Die Entstehung der Arten auf Grund von Vererben erworbener Eigenschaften nach den Gesetzen organischen Wachstums. 1882. Preis 12 Mark.

Groos, Dr. Konrad, Professor an der Universität Göttingen. Die Spiele der Thiere. Ein Buch. Preis 12 Mark.

Hatschek, Dr. P., Professor an der Universität Göttingen. Conr, Elementarкурс der Zoologie in fünfzehn Vorlesungen. 1883. Preis 12 Mark.

Heymons, Dr. Philipp, Professor an der Universität Göttingen. Die Embryonalentwicklung von Dermapteren und Grhöpferen. 1884. Preis 12 Mark.

Klebs, Dr. Georg, Professor an der Universität Göttingen. Über das Verhältniss des männlichen und weiblichen Geschlecht in der Natur. 1885. Preis 12 Mark.

— Ueber einige Probleme der Physiologie der Fortpflanzung. 1886. Preis 12 Mark.

Nagel, Dr. Wilhelm, Professor an der Universität Göttingen. Der Lichtsinn augenloser Thiere. 1887. Preis 12 Mark.

Ortmann, Dr. Arnold E., in Princeton N. J. — U. S. A. Grundzüge der marinen Tiergeographie. Anleitung zur Untersuchung der geographischen Verbreitung mariner Tiere, mit besonderer Berücksichtigung der Decapodenkrebse. Mit einer Karte. 1896. Preis: 2 Mark 50 Pf.

Retzius, Prof. Dr. Gustaf. Biologische Untersuchungen. Neue Folge, VII. Band. Mit 15 Tafeln. 1895. Preis: 24 Mark.

Inhalt: 1. Ueber ein dem Saccus vasculosus entsprechendes Gebilde am Gehirn des Menschen und anderer Säugetiere. Tafel I. 2. Zur Kenntnis des Gehirnganglions und des sensiblen Nervensystems der Polychäten. Tafel II u. III. 3. Das sensible Nervensystem der Crustaceen. Tafel IV—VI. 4. Ueber die Hypophysen von Myxine. Tafel VII, Fig. 1 u. 2. 5. Ueber den Bau des sog. Parietalauges von Ammocoetes. Tafel VII, Fig. 3—5. 6. Ueber das hintere Ende des Rückenmarkes bei Amphioxus, Myxine und Petromyzon. Tafel VII u. IX. 7. Ueber den Bau des Rückenmarkes der Selachier. Tafel X—XII. 8. Ueber einzelne normal durch Ankylose verschwindende Kapselgelenke zwischen den Bogen der Sacralwirbel. Tafel XIII. 9. Ueber Molluscum contagiosum. Tafel XIV. 10. Ueber die Vererbung erworbener Eigenschaften. Tafel XV.

Um den Käufern dieses und des VI. Bandes die Anschaffung der vorhergehenden Bände zu erleichtern, ist der Preis derselben auf 120 Mark ermässigt worden.

— Das Menschenhirn. Studien in der makroskopischen Morphologie. Mit einem Atlas von 96. Tafeln in Leinwand und Lithographie. Preis: 400 Mark.

Unbehaun, Dr. phil. Johannes. Versuch einer philosophischen Selektionstheorie. 1896. Preis: 3 Mark.

Weismann, Dr. August, Professor der Zoologie an der Universität Freiburg i. Br., Aufsätze über Vererbung — und verwandte biologische Fragen. Mit 10 Abbildungen im Text. 1892. Preis: 12 Mark.

Inhalt: Ueber die Dauer des Lebens 1872. — Ueber die Vererbung 1883. — Ueber Leben und Tod 1883. — Die Kontinuität des Keimplasmas als Grundlage einer Theorie der Vererbung 1887. — Die Bedeutung der sexuellen Fortpflanzung für die Selektionstheorie 1886. — Ueber die Zahl der Eizellenkerne und über ihre Bedeutung für die Vererbung 1887. — Versuch einer Vermischungs-Theorie über die Vererbung erworbener Eigenschaften 1888. — Ueber die Hypothese von Vererbung von Vererbung 1889. — Ueber die Rückbildung der Natur 1889. — Gedächtnis und Muskel-Vererbung bei Thieren und beim Menschen 1889. — Bemerkungen zu einer Darstellung von 1889. — Amphimixis oder die Vermischung der Individuen 1891.

— Das Keimplasma, eine Theorie der Vererbung. Mit 24 Abbildungen im Text. 1892. Preis: 12 Mark.

Inhalt: Einleitung. A. Historischer Theil. B. Sachlicher Theil. Erstes Buch: Material und Grundlage der Vererbung einschließlich Kapitel I. Das Keimplasma. Zweites Buch: Einleitung. A. Einleitung über die Theorien. Kapitel II. Die Regeneration. Kapitel III. Vererbung durch Theilung. Kapitel IV. Vermischung der Keimplasma. Kapitel V. Die keimplasmatische Grundlage des Generationswechsels. Kapitel VI. Die Fortpflanzung beim Menschen. Kapitel VII. Zusammenhang des sexuellen Buches mit dem ersten Buch. Die Vererbung erworbener Eigenschaften. Kapitel VIII. Fortpflanzung und Embryonalentwicklung. A. Wesen der sexuellen Fortpflanzung. Kapitel VIII. Vermischung des Keimplasmas durch Amphimixis. Kapitel IX. Einleitung über die Fortpflanzung beim phanerogamen Keimplasma. Kapitel X. Die Fortpflanzung beim phanerogamen Keimplasma. Kapitel XI. Die Fortpflanzung beim phanerogamen Keimplasma. Kapitel XII. Die Fortpflanzung beim phanerogamen Keimplasma. Kapitel XIII. Die Fortpflanzung beim phanerogamen Keimplasma. Kapitel XIV. Die Fortpflanzung beim phanerogamen Keimplasma. Kapitel XV. Die Fortpflanzung beim phanerogamen Keimplasma.

— Aeussere Einflüsse als Entwicklungsreize. 1896. Preis: 2 Mark.

— Neue Gedanken zur Vererbungsfrage. Eine Antwort an Herbert Spencer. 1896. Preis: 1 Mark 10 Pf.

— Ueber Germinal-Selection. Eine die Bestimmung des Geschlechts betreffende Abhandlung. 1896. Preis: 2 Mark.

