

jeder Naturforscher den entsprechenden Wert auf die Erkenntnis des Kausalzusammenhanges legen. Die Biologie hat dabei nur stets zu berücksichtigen, dass der Kausalnexus in den Organismen keinem einheitlichen Schema folgt, sondern dass dieser selbst im Dienste der Oekologie und der Zweckmäßigkeit unter den jeweiligen Umständen ein ganz verschiedener sein kann.

Berücksichtigt man dazu das S. 406 über die Umstimmungen der Formreizbarkeit gesagte, so wird man aus den Klebs'schen Einwänden und Auffassungen Gegengründe gegen das Bestehen einer Morphästhesie nicht ableiten können.

Hans Driesch's Organische Regulationen.

Eine kritische Studie

von

Max Moszkowski.

Vorliegende Studie war ursprünglich als Referat über Driesch's neuestes theoretisches Werk „Die organischen Regulationen“, Vorbereitungen zu einer Theorie des Lebens, Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, gedacht. Beim Durcharbeiten des gedankenreichen Werkes ergab sich jedoch eine solche Fülle von Anregungen und zugleich eine solche Menge von Beziehungen zu anderen Werken desselben Autors, auch forderte es zu soviel Widerspruch heraus, dass ich im Interesse des Verständnisses es für richtig hielt, mich nicht auf ein bloßes Referat zu beschränken, sondern gleich eine zusammenhängende Darstellung und kritische Würdigung der gesamten modernen, vitalistischen Bewegung zu geben, die wohl in Driesch's organischen Regulationen ihren nach Form und Inhalt hervorragenden Ausdruck gefunden hat. Aeüßerlich werde ich mich dabei von dem Originalwerk sowohl in der Form, wie in der Disposition in gewisser Beziehung emanzipieren. Driesch führt seine Beweise induktiv, vom Speziellen zum Allgemeinen vorschreitend, ich werde einen mehr deduktiven Weg wählen. Inhaltlich aber will ich, soweit ich dieses vermag, die wichtigsten Punkte des Werkes kritisch besprechen, sodass dem Leser meiner Studie, dem es nicht auf ein tieferes Eingehen, sondern mehr auf allgemeinere Orientierung über die betreffenden Fragen ankommt, Genüge geschehen soll. Von sonstigen Arbeiten Driesch's werden die mathematisch-mechanische Betrachtungsweise morphologischer Probleme der Biologie¹⁾, die Biologie²⁾, eine selbständige Grundwissenschaft, und die analytische Theorie der Entwicklung³⁾, öfters

1) Jena, Verlag von G. Fischer, 1891.

2) Leipzig, Verlag von W. Engelmann, 1893.

3) Ibidem, 1894.

berücksichtigt werden. Es liegt in der Natur der Sache, dass neben der Kritik der Driesch'schen Ansichten, auch meine eigene Meinung über die betreffenden Probleme zum Ausdruck kommen wird, so dass vorliegende Studie auch mancherlei Eigenes, Neues enthalten wird.

Beeinflusst durch die großen Erfolge, welche die mathematisch-mechanische Methode auf den Gebieten der Physik und Chemie davongetragen hatte, glaubte man lange, dass man auch in der Biologie nur auf diesem Wege zur Erkenntnis gelangen könnte. Begünstigt wurde diese Voraussetzung durch einen anderen Umstand. Es ist eine alte Erfahrungsthatsache, dass, was man gemeinhin als „gesunden Menschenverstand“ zu bezeichnen pflegt, nichts anders ist, als die Residuen einer eben überwundenen philosophischen Epoche. Die Aufklärungsphilosophie des ausgehenden 18. Jahrhunderts war gerade durch Kant und seine großen Schüler überwunden worden, und ihr Dogma, es müsse alles „natürlich“ i. e. anschaulich, an die Kategorien der Zeit und des Raumes gebunden, zugehen, bildete den Grundstock des „gesunden Menschenverstandes“, als man, insbesondere durch Darwin angeregt, anfang, den Boden trockener Spezialforschung zu verlassen, um sich mehr mit Problemen allgemeinerer Natur zu befassen. Als die großen Systeme und umfassenden Theorien der Entwicklung aufgestellt wurden, da schien es selbstverständlich, dass ein derartiges System durchaus auf materialistischem Boden fußen müsse, dass die Vorgänge des Lebens sich restlos in physisch-chemisches Geschehen auflösen lassen müssten. Warum dies so sein müsse, darüber machte man sich trotz Kant und Fichte, trotz Schopenhauer und Hegel kein Kopfzerbrechen, das Dogma war da und wird hochgehalten bis zum heutigen Tag! Seinen glänzendsten Triumph feierte dieser Dogmatismus in Weismann's genialer Schaffung der Keimplasmalehre. Die Möglichkeit eines rein materialistischen Geschehens bei der Entwicklung vorausgesetzt, ist diese Lehre logisch so fest begründet, so wunderbar bis ins kleinste Detail ausgearbeitet, dass keine andere materialistische Anschauung daneben aufkommen kann. Noch nie ist eine Theorie der tierischen und pflanzlichen Entwicklung und der Vererbung so zu Ende gedacht worden wie die Keimplasmalehre. So viel steht fest, nur diese Lehre, die als Grundlage der Entwicklung die komplizierte Struktur des Keimplasmas voraussetzte, in der alle später zu entfaltenden Mannigfaltigkeiten schon extensiv vorhanden sind, als Biophoren und Ide und Determinanten, kann vor der Kritik standhalten, immer vorausgesetzt eine rein materialistische Theorie des Lebens wäre überhaupt denkbar. Nun wurden aber gerade, als der Ausbau der Keimplasmalehre eben beendet war, Thatsachen aufgedeckt, insbesondere von Driesch selbst, die die Fundamente des stolzen Gebäudes untergruben und

so den ganzen Bau zum Wanken brachten. Die Keimplasmalehre steht und fällt mit der These von der erbungleichen Teilung. Weismann bezeichnet ja selbst die Entwicklung ausdrücklich als Zerlegung des Keimplasmas. Es müssen also bei jeder Zellteilung die Tochterelemente qualitativ voneinander verschieden sein. Die prospektive Bedeutung jeder einzelnen Blastomere müsste gleich ihrer prospektiven Potenz sein. Mit anderen Worten, aus jeder Zelle eines sich furchenden Keimes dürfte nur das werden können, was bei normaler, ungestörter Entwicklung in der That aus ihr wird. Solange keine Experimente darüber vorlagen, die zeigten, dass prospektive Bedeutung und prospektive Potenz zwei ganz verschiedene Dinge sind, schien die normale Ontogenese mit der Weismann'schen Lehre in Uebereinstimmung zu sein. Freilich ein Haken war auch schon normalerweise vorhanden. Das ist die Entwicklung der Geschlechtsprodukte. Diese, Eier und Spermatozoen, enthalten nach Weismann, im Gegensatz zu den somatischen Zellen, das gesamte Keimplasma. Sie entstehen aus einer Urgeschlechtszelle, welche, da ihre sämtlichen Abkömmlinge natürlich qualitativ gleich sein müssen, sich so teilen müsste, dass ihre Teilprodukte nach der Teilung sich und dem Ganzen ähnlich wären. Das ist aber schlechterdings unmöglich. Können wir doch nicht einmal eine ebene Figur durch eine Linie oder Kurve in zwei ähnliche Teile teilen, geschweige denn eine körperliche Maschine, die „nach den drei Raumdimensionen typisch-spezifische Differenzen aufweist“ (p. 187). Und nur eine derartige Maschine ist im stande, etwas nach drei Dimensionen typisch-spezifisch Differentes aus sich hervorgehen zu lassen, wenn man, was nach dem Ergebnis der Experimente zweifellos geschehen muss, äußere Faktoren als spezifitätsbestimmend ausschließt. Oder aber die beiden Teilstücke nach einer Teilung müssten qualitativ ungleich, etwa spiegelbildlich sein und sich erst nachher vervollständigen; wohl verstanden, es handelt sich um keine quantitative Vervollständigung. Eine solche könnte leicht durch Assimilation erfolgen. Was hier in Frage kommt, ist eine qualitative Vervollständigung, die beiden Teilstücke müssten etwas erzeugen, was noch gar nicht da ist. Dazu ist offenbar aber wieder ein neuer Apparat notwendig, und ebenso lägen die Verhältnisse bei der nächsten Teilung und so fort in infinitum. Hätte jeder Organismus nur ein Ei resp. Spermatozoon, so könnte die Weismann'sche Theorie stimmen, die Genese aber einer außerordentlich großen Zahl von Geschlechtsprodukten ist mit den Prinzipien dieser Lehre unvereinbar (Org. Regulat. p. 183—192). Gesagt worden ist das schon vor Driesch, so von Haacke¹⁾ und Kassowitz²⁾; aber erst Driesch hat die Konse-

1) Gestaltung und Vererbung, Leipzig 1893.

2) Allgemeine Biologie Bd. II.

quenzen aus dieser Auffassung gezogen. Nicht nur Weismann's, sondern überhaupt jede Maschinentheorie muss mit dieser Erkenntnis fallen. Denn, wie schon gesagt, nur eine Maschine, die nach den drei Dimensionen typisch-spezifisch different ist, kann bei Abwesenheit äußerer Faktoren etwas nach drei Dimensionen typisch-spezifisch Differentes aus sich hervorgehen lassen, eine solche Maschine aber ist unmöglich, da sie sich nicht in zwei, sich und dem Ganzen ähnliche Teile teilen könnte. Damit ist aber bewiesen, dass für die Genese derartiger Systeme, die wie die Geschlechtsprodukte, eine große Menge von Differenzierungsmannigfaltigkeiten implicite in sich tragen, eine materialistische Erklärungsmöglichkeit nicht vorliegt, wir mithin genötigt sind, für diese Fälle eine eigene, von den Gesetzen der Physik und Chemie, prinzipiell verschiedene Gesetzlichkeit anzunehmen. Dies ist Driesch's zweiter Beweis von der Autonomie der Lebensvorgänge. Ich habe ihn mit Absicht an erster Stelle genannt, weil er aus der Beobachtung des normalen Geschehens gewonnen ist. Was liegt nun aber vor, wenn ein physisch-chemisches Geschehen mit Sicherheit ausgeschlossen werden muss? Etwas Quantitatives, eine Vererbungssubstanz von spezifischer, komplizierter Struktur kann es nach Obigem nicht geben, als extensive Mannigfaltigkeiten kann der spätere Organismus nicht schon im Ei präformiert sein. Nun müssen aber schon in der Physik außer den Gleichungskonstanten, die etwas Quantitatives aussagen, offenbar noch andere Konstanten vorhanden sein, welche uns zwar nichts über die Intensität der Energie aussagen, wohl aber über die Verwandlungsvorgänge, so z. B., dass Turmalin beim Erwärmen elektrisch wird etc. (Org. Reg. p. 198—206). Derartige Größen nennt man in der Energielehre „Maschinenbedingungen des Systems“. Sind diese „Konstanten zweiter Art“, wie Driesch sie nennt, nur durch allgemeine Eigenschaftsbeziehungen gekennzeichnet, so finden wir in den Affinitäten der Chemie Konstanten, welche durch spezifische Beziehungen zweier individuellen Stoffarten zueinander gekennzeichnet sind. Unter Affinität nun versteht man eine Größe, die in sich einheitlich und untrennbar ist, die sich aber gleichwohl nicht durch einen Elementarbereich, sondern nur durch eine Umschreibung, also eine Kombination von Elementarbereichen ausdrücken lässt. Hier liegt also schon etwas vor, was Driesch eine „intensive Mannigfaltigkeit“ nennt: „er (der Begriff) ist als Naturgröße eins, er kann aber nur diskursiv als Komplex von Elementarbereichen gedacht werden.“ Diese in der Chemie bereits vorhandenen „intensiven Mannigfaltigkeiten“ leiten uns darauf hin, was wir bei der Entwicklung der Organismen zu erwarten haben werden. Die Konstanten zweiter Art der Physik, sowie die Affinitäten der Chemie bezeichnen „Bedingungen des Systems“. Man kann einen physikalischen Körper in noch so viele

Stücke zerschlagen, die Fähigkeit jedes einzelnen Teilstückchens unter gewissen äußeren Umständen Energie zu verwandeln, wird stets dieselbe bleiben wie die des ursprünglich gegebenen, genau so, wie der spezifische Wärmeoeffizient nur von der Stoffart, nicht aber der Stoffquantität abhängig ist. Ebenso kann man einen chemischen Stoff in noch so kleine Teile zerteilen, die Affinitäten der kleinsten Bruchstücke zu anderen Stoffen werden stets sowohl unter sich als auch mit dem Ganzen gleich bleiben. Gerade diese Möglichkeit, das Ganze in eine beliebig große Menge von Teilen zerlegen zu können, derart, dass alle Teile trotzdem dieselben Eigenschaften behalten wie das Ganze, charakterisiert aber auch das Keimplasma. Bei allen Organismen teilt sich die Urgeschlechtszelle in eine ungeheure Menge von Teilen, die Eier und Spermatozoen, und doch ist jeder Teil im stande, den gesamten Organismus neu aus sich entstehen zu lassen. Diese Fähigkeit also, das Ziel, den fertigen Organismus zu erreichen, kann nicht als extensive, sondern muss als intensive Mannigfaltigkeit als Systembedingung im Keimplasma enthalten sein. Ein System trägt sein Ziel in sich heißt auf Griechisch: *ἐν ἑαυτῷ τὸ τέλος ἔχειν*, mit anderen Worten, die Konstante der Biologie ist nichts anderes als die Entelechie des Aristoteles¹⁾. Sie bildet die dritte Sprosse auf der Leiter, deren erste die Konstanten zweiter Art der Physik, und deren zweite die Affinitäten der Chemie waren. Nicht eine künstliche Maschinerie wird bei der Entwicklung auseinander gelegt, sondern der sich teilende Kern vererbt auf jedes seiner Teilstücke nicht nur seine physikalischen und chemischen Eigenschaften, sondern ebensogut seine biologischen. Es ist daher recht inkonsequent und unlogisch, wenn Driesch sagt: die Entelechie teilt sich und bleibt doch ganz. Die Entelechie kann sich ebensowenig teilen wie die spezifische Wärme eines Körpers oder die Affinität zweier chemischer Stoffe zueinander. Was sich teilt ist der Kern, den wir im Gegensatz zu Driesch als den eigentlichen Träger der Entelechie ansehen. In früheren Schriften, z. B. der Organisation des Eies und seine Genese²⁾ stand auch Driesch noch auf diesem Standpunkt. Das Verhalten der Kerne bei der Befruchtung, noch mehr bei der Konjugation der Infusorien, vor allem aber die Vorgänge bei der Merogonie, sowie das Ausbleiben der Regeneration kernloser Protistenstücke sprechen deutlich dafür. Verlegt man die Entelechie in den Kern, von dem allein wir wirklich aktives Verhalten kennen, und sieht das Plasma mehr als Objekt denn als

1) Aehnlich dachte sich auch Goethe schon die Entwicklung der Pflanzen: „Die Mechanik des Pflanzenlebens ruht für Goethe auf der dynamischen Wirkung des in der pflanzlichen „Entelechie“ waltenden Entwicklungsgesetzes (H. Siebeck, Frommann's Klassiker d. Philos. Bd. XV).

2) Arch. f. Entwicklungsmech. Bd. 4, 1896.

Subjekt der Entwicklung an, so kommt man zu einer bedeutend einfacheren Erklärung sowohl der normalen Entwicklung als auch ganz besonders der „atypischen“ der Regeneration, wie wir später sehen werden. Dabei kommen wir auch ohne die von Driesch geschaffenen Kunstbegriffe des harmonisch-äquipotentiellen Lebenssystems und des äquipotentiellen Systems mit komplexen Potenzen aus. Das wird dem Kenner der Driesch'schen Schriften paradox erscheinen, hat doch Driesch gerade aus der Differenzierung dieser beiden Systeme die Autonomie der Lebensvorgänge, sowie den Begriff der Entelechie erschlossen. Trotzdem besitzen diese beiden Begriffe meiner Meinung nach keinen analytischen, nicht einmal einen deskriptiven Wert. Driesch versteht unter einem harmonisch-äquipotentiellem System ein solches, in dem jeder Teil jedes leisten kann, gleichwohl aber alle Einzelleistungen unter sich in Harmonie bleiben. Das heißt, die Entwicklung kann von jedem beliebigen Orte des Systems ausgehen, ist sie aber einmal eingeleitet, so leistet jedes Raum-Differential des Systems nur das, was ihm im Ganzen zukommt. Ein solches harmonisch-äquipotentiell System ist z. B. der abgefurchte Echinidenkeim. Allerdings ist Driesch hier gezwungen, eine Einschränkung zu machen. Ganz streng ist er nur um die Achse herum äquipotentiell; in Richtung der Achse wird die Aequipotentialität durch „Plasmadifferenzen“ verwischt. Nun wir werden gleich sehen, dass jegliche Inäquipotentialität auf solchen Plasmadifferenzen beruht. Verlegen wir nämlich die Entelechie in den Kern, so ist dieser das einzige Lebenssystem und alle seine Abkömmlinge besitzen dieselbe Entelechie, sind also äquipotentiell. Woher kommt es nun, dass es so viele inäquipotentielle Systeme gibt? Wir sagten schon oben, dass wir das Plasma nicht als Subjekt, sondern als Objekt der Entwicklung ansehen. Der Kern differenziert das Plasma, das heißt, er verändert es in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften kraft der ihm innewohnenden Entelechie. Umgekehrt gehen vom Plasma Reize aus, die am Kern Differenzierungsgeschehen auslösen (vergl. Driesch, *Analyt. Theor. d. Entw.*). Ich stehe heute noch zum Teil durchaus auf dem Boden der Anschauungen, die Driesch in eben citierter Schrift geäußert und jetzt freilich aufgegeben hat. Allerdings glaube auch ich nicht, dass es sich hier um Reizauslösungen handelt, die durch irgend einen materiellen Stoff, etwa nach Art der organbildenden Stoffe vermittelt werden, ebensowenig kann ich an eine rein epigenetische Entwicklung glauben, von der ja auch Driesch abgekommen ist. Sämtliche später offenbar werdenden Mannigfaltigkeiten müssen wir als intensiv im Keim vorhanden annehmen. Formal aber ist der Gang der Entwicklung ein epigenetischer, indem durch von seiten des Plasmas ausgehende Reize an den Kernen Arbeit ausgelöst

wird. Durch diese Arbeit der Kerne wird das Plasma umgearbeitet und so der Organismus aufgebaut. Unsere Auffassung kommt also der von O. Hertwig sehr nahe. Die ersten Differenzierungen an einem abgefurchten Keime werden ausgelöst durch gewisse äußere Ungleichheiten. Dem Ei eine völlige Isotropie zuzuschreiben, ist, wie Driesch ganz richtig sagt, ein Unsinn (Lokalisation, Arch. f. Entw. Mech. Bd. 8, p. 75). Eine gewisse primäre Richtungsorganisation ist die notwendige Voraussetzung jeder Differenzierung, denn wie sollte wohl ein völlig isotropes System sich aus sich selbst heraus differenzieren? Wir müssen also auch nach Driesch dem abgefurchten Keime zwei Eigenschaften vindicieren, einmal die Aequipotentialität seiner einzelnen Zellen, zum anderen eine Anisotropie seines Gesamtbaues. Da nun, wie Referent in einer früheren Arbeit (Z. Anal. d. Schwerkraftswirk. a. d. Entw. d. Froscheies, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 61) gezeigt hat, der abgefurchte Keim als System nichts anderes ist als das befruchtete Ei, so muss diese primäre Richtungsorganisation in das Protoplasma des befruchteten Eies verlegt werden. Es gelang uns damals auch, zu zeigen, dass die primäre Richtungsorganisation des abgefurchten Froscheies dadurch zu stande kommt, dass infolge einer bestimmten Anordnung des Plasmas des befruchteten Eies an einer Stelle desselben die Zellen früher als alle anderen an die Grenze ihrer Teilbarkeit gelangen. Dieses Fertigsein in quantitativer Beziehung löst das erste Differenzierungsgeschehen, Wachstum, aus. Liegt also die Anisotropie des abgefurchten Keimes in dem protoplasmatischen Bau des Eies begründet, so müssen wir den Grund seiner Aequipotentialität in die Kerne verlegen, eine Auffassung, der auch O. Hertwig zustimmt (Zelle u. Geweb. Bd. 2). Durch die ersten Differenzierungsvorgänge wird der Boden und die Ursache für alle späteren Differenzierungen geschaffen, indem die primären Elementarorgane die Bildung sekundärer auslösen und so fort (Anal. Th. d. Entw.). Es ist nun sehr interessant und für das Verständnis der Regeneration sehr wichtig, dass, wie aus Kopsch's¹⁾ schönen Arbeiten hervorgeht, die eigentliche Bildungszone des Embryos, im Anfang der Entwicklung wenigstens, auf einen verhältnismäßig kleinen Bezirk des Eies beschränkt bleibt, und der Rest des Eies nur allmählich zum Aufbau herangezogen und von den eigentlich aktiven Zellen verwandt wird. Fassten wir also die Differenzierung als eine vom Kern ausgehende Veränderung des Plasmas auf, so wird während der Entwicklung verhältnismäßig lange ein größerer oder kleinerer Teil des Eies undifferenziert bleiben, also gewissermaßen ein Reservematerial für

1) Gemeinsame Entwicklungsbahnen bei Wirbeltieren und Wirbellosen. Verh. d. Anat. Ges. Kiel 1898.

unvorhergesehene Zwecke darstellen. Wir müssen uns den Gang der Entwicklung also so vorstellen. Vom Plasma gehen gewisse Reize aus. Der Kern antwortet auf diese Reize durch Umdifferenzierung des Plasmas. Dass er gerade so und nicht anders antwortet, liegt an seinen anschaulich von uns nicht zu erkennenden Qualitäten, seiner Entelechie. Die Ordnung und Harmonie der Entwicklung wird dadurch gewahrt, dass der Kern eben mit sekundären Differenzierungen nur auf den von primär differenzierten Zellen ausgehenden Reiz antworten kann, mit tertiären, nur von sekundär differenzierten aus und so fort. Die Gründe davon sind abermals anschaulich nicht zu ermitteln, sondern liegen ebenfalls in den Eigenschaften des Kerns begründet. Entelechie bedeutet eben, wie Driesch selbst sagt, in erster Linie Ordnung. Die Richtung endlich der Entwicklung ist bedingt durch die Lage der einzelnen Teile im Ganzen durch ihre „Position“. „Die prospektive Bedeutung jeder Blastomere ist eine Funktion ihres Ortes¹⁾.“ Auf Grund voranstehender Betrachtungen wird es klar, warum wir sagten, alle Inäquipotentialität beruht auf „Plasmadifferenzen“. Hat eine Stelle eines sich differenzierenden Keimes eine gewisse Organisationsstufe erreicht, so kann sie zwar alles leisten, was in Richtung ihrer bisherigen Entwicklung und jenseits dieser Organisationsstufe liegt, aber nichts, was in anderer Richtung oder bereits hinter ihr liegt. Diese schon von Morgan²⁾ ausgesprochene Thatsache ist der direkte, empirische Beweis für unsere obige Behauptung: sekundäre Differenzierung kann nur von primär differenzierten Zellen ausgehen, tertiäre nur von sekundär differenzierten und so fort, eine Umkehrung des Geschehens ist demnach unmöglich. Ob also ein System ein äquipotentielles ist, hängt nur davon ab, ob seine Elemente (die einzelnen Zellen) auf gleicher oder ungleicher Differenzierungsstufe stehen, d. h. ob sie in ihrem protoplasmatischen Bau indifferent oder different sind. Dieser Begriff hat also nur deskriptiven Wert, er sagt aus, dass ein Zellkomplex vorhanden ist, dessen einzelne Elemente gleich weit differenziert sind. Worin besteht nun der Unterschied zwischen einem harmonisch-äquipotentiellen System und einem solchen mit komplexen Potenzen? Das sind Systeme, „welche die Fähigkeit haben, neue Ausgangspunkte eines Gestaltungsablaufes zu bilden, Systeme also, die etwas aus sich hervorgehen lassen können, das nicht in sich einfach ist, sondern das, obschon anfangs geschlossen erscheinend, eine große Mannigfaltigkeit sich successive evolvierender Spezifitäten bildet“ (Org. Reg. p. 183). Der Unterschied zwischen den

1) Driesch, Entwicklungsmech. Stud. X. Mitt. aus der zoologischen Station zu Neapel 1893.

2) Regeneration, The Macmillan Company New-York 1901.

beiden Systemen beruht also darauf, dass bei dem harmonisch-äquipotentiellen das gesamte System gleichzeitig in Differenzierung tritt, während bei den Systemen mit komplexen Potenzen die Entwicklung nur von einer Stelle ausgeht, der Rest aber auf dem alten Differenzierungszustand verharrt. Wir haben bei ersterer Art von Systemen also Abhängigkeit der Entwicklung der einzelnen Elemente voneinander, bei letzterer Unabhängigkeit. Die Elemente jener Systeme entwickeln sich in steter Beziehung und Harmonie zueinander, die Elemente dieser jedes für sich allein. Wie geht denn nun aber die Entwicklung eines solchen Elementes eines äquipotentiellen Systemes mit komplexen Potenzen vor sich? Nehmen wir als konkretes Beispiel eines derartigen Systemes das Ei, das mit den Eiern desselben Eierstockes ein derartiges komplexes System bildet. Das Ei also, denken wir einmal speziell an ein Seeigellei, furcht sich ab und bildet so ein harmonisch-äquipotentielles System. Das Einzelelement eines komplexen Systemes hat sich also zu einem harmonisch-äquipotentiellen System entwickelt. Dasselbe finden wir bei der Entwicklung der Tritonlinse aus dem Irisepithel. Das Irisepithel ist ein komplexes System. Eine oder ein kleiner Komplex von Zellen fängt an zu wuchern und bildet eine indifferente Anlage — ein harmonisch-äquipotentielles System; dasselbe ist bei der echten Regeneration der Fall. Aus einer von vielen gleichartig differenzierten Zellen, also einem komplexen System, entwickelt sich eine noch indifferente Anlage, ein harmonisch-äquipotentielles System. Was lernen wir nun aus diesem sonderbaren Zusammentreffen? Dreierlei meine ich: Erstens einmal, dass es, auch vom logischen Standpunkt aus, gar keinen Sinn hat, überhaupt von äquipotentiellen Systemen mit komplexen Potenzen zu sprechen. Wir können nur das ein System nennen, bei dem ein organischer Zusammenhang besteht; Driesch's komplexe „Systeme“ aber sind gerade durch den Mangel an solchem Zusammenhang charakterisiert. Die Eier eines Eierstockes bilden gerade so wenig ein System, wie eine Reihe nebeneinander aufgestellter Webstühle ein solches bilden. Auch einen Operationsstumpf können wir in Bezug auf das zu leistende Regenerat kein System nennen, da ja die Regeneration, wie wir später sehen werden, eben in letzter Linie von einer embryonal gebliebenen Zelle ausgeht. Dass in diesem Stumpf noch mehr solcher Zellen vorhanden sind, rechtfertigt noch lange nicht den Namen System. Zum zweiten lernen wir, dass auch der Ausdruck harmonisch-äquipotentielles System nur eine Umschreibung dafür ist, dass bei jeder Entwicklung, sowohl von ganzen Organismen als auch von einzelnen Organen, zuerst durch einfache Zellteilung eine noch indifferente Anlage gebildet wird, deren einzelne Elemente eben wegen des Mangels an Plasmadifferenzen äquipotentiell sind, kraft

der Totipotentialität der Kerne. Die Harmonie der Entwicklung endlich liegt auch nicht im System begründet, sondern in der Entelechie der Kerne, weil eben, wie wir oben sahen, die Entelechie gerade darin besteht, dass die Kerne nur in ganz bestimmter Ordnung ihre Arbeit, Umgestaltung des Plasmas, leisten können. Wenn also Driesch von harmonisch-äquipotentiellen Systemen spricht, so ist damit nur gesagt, dass hier eine phylogenetisch (Hydra, Tubulariastamm) oder ontogenetisch (Echnidenblastula, Clavellinastolo etc.) sehr junge Anlage mit noch undifferenzierten Zellen, also hier wirklich ein System vorliegt; und wenn er von äquipotentiellen Systemen mit komplexen Potenzen spricht, so meint er weiter nichts, als dass in dem vorliegenden Organismenteil noch undifferenziertes, embryonales Material vorhanden ist. Die beiden Begriffe beanspruchen also eine große historische Bedeutung, weil Driesch mit ihrer Hilfe zum ersten Male zwei strikte Beweise für die Autonomie der Lebensvorgänge gewonnen hat, praktisch aber sind sie von nur geringem Wert.

Wir gehen jetzt zur Diskussion des sogenannten ersten Beweises der Autonomie der Lebensvorgänge über. Die Fragestellung war die: Wie kommt es, dass alle Differenzierungen im Organismus proportional vor sich gehen, dass jedes Organ an seinen rechten Ort kommt, selbst dann, wenn dem vorhandenen Keime beliebig große Mengen an Kern und Plasma genommen worden sind? Schon oben sagten wir, dass der normale Verlauf der Ontogenese sehr wohl mit der Weismann'schen Keimplasmalehre zu vereinigen sei. Nun kamen aber die Experimente von Driesch, Hertwig u. a. Driesch würfelte die Kerne bei seinen Experimenten im Plasma durcheinander wie ein Haufen Kugeln, er nahm beliebige Mengen an Kernen und Plasma fort, ohne dass der normale Gang der Entwicklung gestört wurde. Eine auf physikalisch-chemischer Basis konstruierte Maschine kann also doch wohl der Entwicklung nicht zu Grunde liegen, denn bei einer solchen kann man doch nicht die einzelnen Teile willkürlich vertauschen oder gar einzelne Teile ganz entfernen. Als spezifitätsbestimmend kommen andererseits äußere Faktoren ganz sicher nicht in Betracht. Die Verhältnisse liegen also genau wie beim vorher diskutierten Beweise: Vom materialistischen Standpunkt kommt nur eine Maschine in Betracht, eine solche aber kann aus anderen Gründen nicht vorhanden sein, also muss etwas Eigengesetzliches, etwas Autonomes vorliegen q. e. d. Dieser Beweis ist allerdings in der Form nicht ganz streng, weil Driesch nicht genügend zwischen absoluter und relativer Lokalisation unterscheidet. Bei den allerersten Differenzierungen, den primären Elementarvorgängen, durch welche die absolute Lokalisation des Embryos auf dem Ei festgelegt wird, sind äußere Faktoren nämlich doch spezifitäts- im besonderen orts-

bestimmend. Driesch sagt selbst, dass das Ei primäre Ungleichheiten, zum mindesten primäre Richtungsbestimmungen besitzen müsse, da ein allseitig isotropes System sich nicht aus sich selbst heraus differenzieren könne. Diese primären Ungleichheiten können dem befruchteten Ei aber von äußeren Faktoren aufgeprägt werden, wie ich das für das Froschei bewiesen, für das Seeigellei wahrscheinlich gemacht habe. Nimmt man nun einem Ei, das bereits gerichtet ist, einen Teil seiner Masse, so erfolgt nur dann eine typische Entwicklung, nur in proportional verkleinertem Maßstabe, wenn abermals durch äußere Faktoren die verkleinerte Eimasse wiederum als Ganzes gerichtet wird. Beweis, Morgan's Anstichversuche am Froschei: blieb das auf dem Zweizellenstadium angestochene Ei ungedreht, so entstand ein Halbembryo, wurde es aber auf den schwarzen Pol gedreht und so dem richtenden Einfluss der Schwerkraft ausgesetzt, so entstand ein Ganzembryo von halber Größe. Was freilich niemals von äußeren Faktoren abhängig ist, ist die typische Proportionalität der aus Teilstücken entstandenen Embryonen. Da nun der plasmatische Bau des Eies durch äußere physikalische oder chemische Faktoren allein sichtbar beeinflusst wird und die eventuelle Halb- oder Ganzbildung allein davon abhängt, ob das Plasma als Halbes oder Ganzes gerichtet war, so kommen wir wieder dazu, sämtlichen Kernen Totipotentialität zuzuschreiben. Nun kann, wie gesagt, die Proportionalität eines Organismus in keiner Weise von äußeren Faktoren bestimmt werden. Das Verhältnis der Lage sämtlicher Organe zueinander ist stets von einer für jede Organismenart typischen Konstanz, mag der betreffende Organismus nun aus viel oder wenig Eimaterial entstanden sein. Dass sich nun diese Konstante manifestieren kann, ganz gleich, was an Kernmaterial genommen, was gelassen worden ist, das ist der Beweis, dass eine komplizierte bis ins einzelne spezifizierte Struktur des Keimplasmas nicht vorhanden sein kann, sondern dass etwas Autonomes, nur den Lebensvorgängen zukommendes vorliegen muss (nach p. 175/76). Diese Konstante besagt also, dass ein System vorliegt, das unbekümmert um die vorhandene absolute Menge am Plasmamaterial unter zureichenden äußeren Bedingungen immer das proportional richtige Resultat liefert. Mit anderen Worten, es liegt ein System vor, das sein Ziel in sich trägt. Wir sind also abermals bei dem aristotelischen Begriffe der Entelechie angelangt (Org. Reg. p. 152—206).

Wir kommen nunmehr zum zweiten Abschnitt unserer Betrachtungen, welche den eigentlichen „Regulationen“ gewidmet sein wird. Hier werden wir gezwungen sein, ungleich schärfere und häufigere Kritik zu üben, wie im ersten Abschnitt. An die Spitze setzen wir Driesch's Definition des Ausdrucks Regulation: „Regu-

lation ist ein am lebenden Organismus geschehender Vorgang oder die Aenderung eines solchen, durch welchen oder durch welche eine irgendwie gesetzte Störung eines vorher bestandenen normalen Zustandes ganz oder teilweise, direkt oder indirekt kompensiert und so der normale Zustand oder wenigstens eine Annäherung an ihn herbeigeführt wird (p. 92).“ Das heißt doch wohl, der Organismus soll im stande sein, durch aktive, zweckmäßige Maßregeln an ihm gesetzte Störungen wieder auszugleichen, gerade als ob eine zweck- und zielbewusste Intelligenz in ihm stecken würde. Prüfen wir diese Behauptung sine ira et studio, ohne irgend etwas zu präsumieren oder a priori von der Hand zu weisen. Die Frage ist die: giebt es objektiv vorhandene, zweckmäßige Regulationen, oder sind es vielmehr nur Reaktionen, die in besonderen Fällen den subjektiven Eindruck der Zweckmäßigkeit machen? Aus dem oben gewonnenen Begriff der Entelechie können wir das Vorhandensein zweckmäßiger Regulationen nicht ableiten. — Wir sehen natürlich von allen rein maschinenmäßigen, durch die Organisation des Organismus gegebenen Regulationen ab und beschäftigen uns lediglich mit solchen Regulationen, welche nach zufällig gesetzten Störungen die „Normalität“ des Organismus wieder herstellen sollen. Ebenso werden die kordinierten Bewegungsregulationen keine Besprechung finden, da Driesch sie vorderhand ausdrücklich übergeht, um ihnen später eine Sonderschrift zu widmen¹⁾. — Wir sahen weiter oben, dass wir die Entelechie des Keimes als die Fähigkeit des Kernes ansehen, das Plasma in bestimmter Weise, bestimmter Ordnung und bestimmter Richtung zu differenzieren. Wird nun während der Entwicklung eine Störung gesetzt, so fehlen die normalerweise weiteres Entwicklungsgeschehen auslösenden Reize. Es müssen also, falls die Entwicklung, nach eingetretener Störung, wieder in normale Bahnen geleitet werden soll, neue, in der normalen Ontogenese nicht vorhandene Kräfte wirksam werden, die den normalen Ausgang wieder herstellen. Dass aus Atypischem ohne das Vorhandensein solcher Kräfte Typisches entsteht, widerspräche direkt dem Satze von der Erhaltung der Energie. Was sind das nun für Kräfte, die in diesen Fällen wirksam sind. Weismann sowohl wie Driesch verlegen diese Kräfte in den Organismus selber. Es herrscht in diesem Punkte eine merkwürdige Uebereinstimmung zwischen diesen beiden Forschern. Beide bedürfen zur Ergänzung ihrer Entwicklungstheorie Reservekräfte für unvorhergesehene oder vielmehr sehr wohl vorhergesehene Fälle. Bei beiden sind diese Kräfte eminent zweckmäßig, bei Driesch primär, bei Weismann sekundär durch

1) Ist eben erschienen: Die „Seele“ als elementarer Naturfaktor, Leipzig, W. Engelmann, 1903.

Selektion erworben. Dass Weismann, getreu seiner materialistischen Auffassung diese Kräfte sich grobsinnlich als Ersatzbiophoren vorstellt, Driesch dagegen von sekundären Potenzen, also etwa Reserveentelechien spricht, thut der innerlichen Verwandtschaft der Auffassung der beiden Forscher keinen Abbruch. Sekundäre Potenzen und Ersatzbiophoren oder Reserveidioplason stehen auf demselben Brett und alles, was Driesch einst gegen diese Begriffe geschrieben hat, passt wörtlich auf die jetzt von ihm selber geschaffenen; diese wie jene sind der Theorie zu Liebeersonnene Hilfshypothesen. Sehen wir doch einmal zu, was sich thatsächlich ereignet. Ich erinnere hier nur an das schon oben erwähnte Verhalten des auf dem Zweizellenstadium angestochenen Froscheies: Ueberlässt man es seinem Schicksal, so entsteht ein Halbembryo, dreht man es auf den schwarzen Pol, so entsteht ein Ganzembryo von halber Größe. Hier haben wir klipp und klar vor Augen, was geschieht, wenn das Ei sich selbst überlassen bleibt; dann werden nicht die geringsten Regulationen ausgelöst (oder sollte etwa noch jemand an das Märchen der Postgeneration glauben?). Um die Entwicklung wieder in normale Bahnen zu leiten, bedurfte es einer vom Ei ganz unabhängigen, äußeren Kraft. Angesichts dieser Thatsache haben wir die Berechtigung per analogiam zu schließen, dass auch die Regulationen, durch welche die Teilstücke von Seegeleiern befähigt werden, sich zu normalen, typisch-proportionalen Individuen zu entwickeln, auf von außen wirkende Kräfte zurückzuführen sind. Die Lithiumversuche von Herbst, der Nachweis, den derselbe Autor geführt hat, dass gewisse chemische Stoffe für die Entwicklung der Seegeiellarven absolut unentbehrlich sind, legt die Vermutung nahe, dass hier eventuell chemische Vorgänge in Betracht kommen, wie ich denn die Lithiumwirkung nicht als eine positive auffasse, sondern als eine negative, die Wirkung anderer Stoffe beschränkend und so im extremsten Falle das Gerichtetwerden des Keimes verhindernd. Sehr wichtig für unsere Beweisführung, dass in diesen Fällen keine spezifische, objektiv zweckmäßige Regulation des Keimes, sondern nur eine regulierende Wirkung (regulierend im rein subjektiven Sinne) äußerer Faktoren statthat, ist das Verhalten des Ctenophoreneies, das nach Plasmaentnahme sich nicht „regulatorisch“ ergänzt, weil, wie Driesch sagt, „die äußeren Bedingungen hierzu fehlen“. Wir meinen, dass es statt Bedingungen in dem Fall heißen muss Ursachen. Nun sind nach Driesch aber jene Stoffumlagerungen allein wirklich aktive (sekundäre, explizite) Regulationen, alles andere geschieht mit den Mitteln der normalen Ontogenese (p. 75). Wenn wir nun für ein Objekt (Froschei) positiv nachweisen konnten, dass hier aktive regulatorische Stoffumlagerungen absolut auszuschließen sind und es für andere Ob-

jekte (Seeigeleier) zum mindesten höchst wahrscheinlich machen konnten, dann haben wir das Recht zu sagen, dass in den Fällen der Ganzbildung aus isolierten Blastomeren das Vorhandensein aktiver regulatorischer Vorgänge nicht nur nicht sicher bewiesen, sondern sogar sehr wenig wahrscheinlich ist. Wie steht es nun mit den Regenerationen beim Erwachsenen? Wie bereits oben erwähnt, unterscheidet Driesch zwischen primär(implicit)-regulatorischen und sekundär(explicit)-regulatorischen Vorgängen. Jene sind dadurch charakterisiert, dass das Geschehen bei ihnen mit den Mitteln der normalen Ontogenese verläuft (p. 74, 122, 133); diese sind Regulationen, in denen sich „auf alle Fälle Faktoren äußern, die im normalen Geschehen keine Rolle spielen“ (p. 230). Erstere scheidet Driesch selbst als aktive Regulationen aus, sie gehören der allgemeinen Physiologie an, manche derselben sind überhaupt gar keine Lebensphänomene (p. 136). Warum dann aber überhaupt der Ausdruck primär-regulatorisch? Warum spricht Driesch in diesen Fällen nicht einfach von Differenzierung? Offenbar nur des Gegensatzes wegen zu den sekundär-regulatorischen Vorgängen, die wir jetzt besprechen wollen. Driesch giebt nun selber zu, dass regenerative Zellen in allen Fällen, selbst bei Restitutionen durch Umbildung, einen äußerlich „embryonalen“ Charakter haben (wenn z. B. aus einem Bruchstück von *Planaria* ein kleiner Wurm von typischer Proportionalität wird, oder das Irisepithel von *Triton* eine neue Linse erzeugt). Was aber die Regeneration zu einem regulatorischen Vorgang mache, sei eben der Umstand, dass bei der Regeneration die betreffenden regenerierenden Zellen etwas leisteten, während sie ohne Formstörung erfahrungsgemäß im Verlauf der Entwicklung nichts geleistet haben würden“ (p. 82). „Nur, was „embryonal“ ist, differenziert sich, muss sich differenzieren.“

„Was fertig ist, umgestaltet sich, kann sich umdifferenzieren oder regenerieren“ (p. 83).

„Fertigsein aber heißt, ohne eintretende Formstörung keine Folgeprozesse aus inneren Ursachen geschehen lassend“ (p. 84). Diese drei Aussprüche halten wir nun samt und sonders für falsch, Fertigsein heißt, meiner Meinung nach, den letzten dem erwachsenen Organismus zukommenden Differenzierungsgrad erreicht, alle vorhandenen, intensiven Mannigfaltigkeiten evolviert haben. Wir sahen schon oben, dass wir die Differenzierung auffassen müssen, als eine vom Kern ausgehende Umarbeitung des Protoplasmas. Es erscheint danach selbstverständlich, dass, wenn das Plasma einer Zelle einmal in bestimmter Weise umgearbeitet ist, es nicht wieder auf einen früheren, schon dagewesenen Zustand zurückgebracht werden kann. Daraus folgt, dass echte Regeneration nur von Zellen ausgehen kann, die den Grad der Differenzierung des zu

regenerierenden noch nicht erreicht haben. Daher werden wir sagen:

Regeneration ist echte Differenzierung, kann also nur von embryonalen Zellen ausgehen. Was fertig ist, kann zwar sich selbst regenerieren, ontogenetische Effekte, also die Regeneration von in anderer Weise differenzierten Organen aber nicht leisten.

Deshalb kann da, wo embryonale Zellen nicht mehr vorhanden sind, nur noch eine, auf der Bildung Gleiches aus Gleichem beruhende, Wundheilung erfolgen, aber keine Regeneration. Diese kann nur von noch embryonal gebliebenen Elementen ausgehen, während bei der Erzeugung von Gleichem aus Gleichem fertige Elemente die Grundlage bilden. Hierin zeigt sich ein fundamentaler Unterschied zwischen den beiden Regenerationsarten, der Driesch aber völlig entgangen zu sein scheint. Und doch wirft gerade dieser fundamentale Unterschied ein helles Licht auf das eigentliche Wesen der Regeneration. Letztere Art, Gleiches aus Gleichem, kommt auch den höchsten Wirbeltieren zu. Muskeln, Nerven, Knochen werden aus vorhandenem, gleichartigen Material nach Verletzungen anstandslos regeneriert. Erstere Art aber die Regeneration von nicht Vorhandenem, kommt nur bei ontogenetisch oder phylogenetisch sehr jungen Individuen vor. Eine sehr junge Quappe kann nach Fraisse und Barfurth ihre Extremitäten regenerieren, eine ältere nicht. Damit ist doch direkt gezeigt, dass die echte Regeneration, trotz des Widerspruchs von Driesch, sehr wohl als eine partielle Wiederholung der Ontogenese bezeichnet werden darf, und nur da vor sich gehen kann, wo Zellen vorhanden sind, die noch wahrhaft embryonalen Charakter besitzen. Wir sahen nun schon weiter oben, dass die Differenzierung, wenigstens bei Anneliden und Vertebraten, von einem nicht zu umfangreichen Bezirk des Eies ausgeht und dass das übrige Material nur insofern an dem Aufbau des Embryos beteiligt ist, als es durch die während der Differenzierung statthabenden Materialverschiebungen in den Bereich der Differenzierungszone gelangt und dann mit verwendet wird. Es ist also in jungen Stadien der Entwicklung, wenn selbst die eigentliche Embryonalanlage schon recht weit differenziert ist, immer noch undifferenziertes Material vorhanden, von dem aus bei Formstörungen Regenerationsgeschehen ausgehen kann. Bei dieser Auffassung sind wir nicht genötigt, dem Ei, wie Weismann und Driesch es thun, geheimnisvolle Reservekräfte zu vindizieren. Damit ist, meine ich, dem Vorgang der Regeneration sehr viel von dem Rätselhaften genommen, das ihm bisher anhaftete. Durch Entnahme eines Organes, z. B. eines Tritonbeines, wird ein Zustand gesetzt, wie er an dieser Stelle vor Herausbildung dieses Beines bestand; sind nun an dieser Stelle

noch embryonale Zellen vorhanden, so werden diese auf ihre Kerne denselben Reiz ausüben, wie er an der gleichen Stelle von den dort während der normalen Ontogenese vorhandenen ausgeübt worden ist und zwar aus den gleichen Gründen. Auf diesen Reiz wird von seiten der totipotenten Kerne natürlich auch in gleicher Weise reagiert werden und somit an gleicher Stelle das schon einmal vorhanden gewesene Bein noch einmal erzeugt werden. Gerade die Möglichkeit, durch geeignete Schnittführung nicht nur ein neues, sondern sogar noch ein überzähliges Bein zu erzeugen, spricht klar dafür, dass hier von zweckmäßiger Regulation nicht gesprochen werden kann, sondern dass es sich nur um Reaktionen handelt, die eben unter besonderen Umständen unserem subjektiven Bewusstsein zweckmäßig erscheinen. — Auch die Beschränkungen der Regulationen verstehen wir jetzt, während sie für Driesch eigentlich ganz unverständlich sind. Nehmen wir einmal an, in den Erscheinungen der Regeneration wäre wirklich ein aktives, zweckmäßiges Verhalten des Organismus zu erblicken, wäre es da nicht merkwürdig, dass, je höher in der Tierreihe hinauf, diese so eminent wichtige Fähigkeit immer mehr abnimmt, sodass die am höchsten entwickelten Formen in Bezug auf Regulationsvermögen am schlechtesten daran sind? Driesch giebt ja selber zu, dass „alle Beschränkung der Regulationsfähigkeit, d. h. des nicht spezifisch Fixierten, durch gegebenes festes Spezifisches, was eben nach anderer Richtung Vorteile bietet, bedingt ist. Wir können mit anderen Worten sagen, feste Einrichtungen des Organismus beschränken die Regulation oder bestimmen ihr wenigstens den Umfang“ (p. 125). Ja damit ist doch eigentlich ausdrücklich zugestanden, dass die Regulationsfähigkeit abhängig ist von dem Grade der Differenzierung, also nur da auftreten kann, wo noch nicht spezifisch fixierte, d. h. embryonale Elemente vorhanden sind. Wird dies aber zugestanden, wozu dann die Hilfs-hypothese der sekundären Potenzen? Dann lässt sich doch die Regeneration viel einfacher als partielle Wiederholung der Ontogenese auffassen, wie wir das mit obigen Zeilen versuchten. Hilfs-hypothesen sind gewiss bei jeder Theorie notwendig, aber überflüssige Hilfs-hypothesen dienen nur dazu, das Problem zu verwirren. Wir bestreiten nicht deshalb den aktiv regulierenden Charakter der Regeneration, weil es Organismen und Organsysteme giebt, die der Regenerationsfähigkeit entbehren, sondern deshalb, weil es gelingt, die Regeneration in viel einfacherer Weise, und ohne ein künstliches System von Hilfs-hypothesen zu verstehen, wenn man sie als Spezialfall der Ontogenese überhaupt auffasst. Regeneration tritt ein, wenn im Bereich eines durch Formstörung betroffenen Bezirkes noch embryonale, d. h. in ihrem Plasma noch nicht spezifisch-typisch veränderte Elemente vorhanden sind. Durch diese

Störung wird dieser Teil des Organismus in einen Zustand versetzt, in dem er während der Ontogenese war. Das betreffende Organ ist noch nicht gebildet, wohl aber ist Material vorhanden, das diese Bildung leisten kann. Ist solches Material nicht vorhanden, so tritt als Reaktion auf die Störung einfach Narbenbildung ein. Spricht nun einerseits diese Regenerationsfähigkeit für eine relativ ziemlich bedeutende, zeitliche Selbständigkeit in der Entwicklung der einzelnen Teile der Organismen (relative Selbstdifferenzierung), so muss doch andererseits der organische Zusammenhang zwischen der Stelle der zu erfolgenden Neubildung und dem übrigen Organismus gewahrt bleiben. Wird das nervöse Centrum der betreffenden Neuanlage zerstört, so tritt keine Regeneration ein, wie aus den neueren Arbeiten von G. Wolff (Entwicklungsphys. Stud. 2, Arch. Entw. Mech. Bd. 12) und Herbst (Arch. f. Entw. Mech. Bd. 9, p. 215, 257, Bd. 13, p. 436) hervorgeht¹⁾. Besonders beweisend für die Abhängigkeit der Regeneration von den nervösen Centralorganen sind die Herbst'schen Befunde: Entfernt man bei gewissen Crustaceen das Auge ohne das Ganglion, so wird ein Auge regeneriert, entfernt man aber auch noch das Ganglion, so entsteht an Stelle dessen eine Antenne. Ebenso ist bei *Planaria* die vor dem Auge gelegene, nervenfreie Kopfreion nicht im stande, Regenerationsgeschehen zu leisten.

Es mag noch erwähnt werden, dass unsere Theorie der Regeneration auch in dem Verhalten der pflanzlichen Gewebe eine Stütze findet. Neuanlagen bei Pflanzen gehen bekanntlich nur von dem sogenannten Meristem, embryonalem Gewebe, aus. Es ist eine in der Pflanzenphysiologie nun schon seit langem wohlbekannte Tatsache, dass solch meristematisches Gewebe sich mitten unter schon völlig fertig differenziertem Gewebe finden kann, gerade so wie wir postulierten, dass die Regeneration des Tritonbeines z. B. von undifferenziertem Material ausgehen solle, welches zwischen dem fertigen Beingewebe noch seinen embryonalen Charakter behalten hatte. Driesch selbst bezeichnet ja Formen, die wie *Tubularia*, *Hydra*, *Planaria*, *Clavellina lepadiformis* ein so unbeschränktes Regenerationsvermögen besitzen, ausdrücklich als meristische. In diesem Ausdruck liegt eigentlich schon das Zugeständnis, dass es Formen sind, die überall zwischen ihren fertigen Geweben noch Meristem, embryonales Material, besitzen. Auch die von Morgan Morpholaxis, von Driesch Restitution durch Umdifferenzierung etc. genannten Erscheinungen, lassen sich unschwer auf unsere Erklärung zurückführen. Wenn z. B. aus dem Irisepithel bei *Triton*

1) Die bekannte Arbeit Schaper's, Ueber die Unabhängigkeit der Entwicklung vom Nervensystem, Arch. f. Entw. Mech. Bd. 6, 1898, scheint somit endgültig widerlegt zu sein.

sich eine neue Linse bilden kann, so geschieht das, wie Wolff und Driesch selber angeben, so, dass der Neuanlage eine Entdifferenzierung vorangeht. Nun ist aber die Thatsache der Entdifferenzierung doch wohl recht problematisch. Ob nicht am Ende solche Entdifferenzierung dadurch vorgetäuscht wird, dass noch undifferenziertes Material, das zwischen den Iriszellen liegt, sich zu entwickeln beginnt? Auch die Restitutionen durch Destruktion bilden keine Handhabe gegen unsere Erklärung und dafür, dass es wirklich aktive, organische Regulationen giebt. Wir fassen diese Restitutionen so auf, dass das fertige Material infolge der Störung (eventuell, wie der zu große Pharynx bei Bruchstückchen von *Planaria*, durch mangelnde Ernährung) zu Grunde geht und das neue Geschehen aus embryonalem, also noch entwicklungsfähigem Gewebe erfolgt. Gerade über diese Vorgänge fehlen eingehende histologische Untersuchungen noch ganz, diese allein aber sind im stande, uns nähere Aufklärung zu geben, was denn nun eigentlich bei diesen Restitutionen vorgeht¹⁾. Wie es denn überhaupt recht wünschenswert wäre, wenn die experimentellen Forscher die Fühlung mit den Ergebnissen und Methoden der deskriptiven Morphologie nicht gar zu sehr verlören; auch aus dem rein „normalen“ Geschehen lassen sich mitunter ganz schätzenswerte Belehrungen schöpfen.

Wir können unsere Behauptungen nun unmöglich an dem gesamten reichhaltigen Material prüfen, das von Driesch beigebracht wird; wird glauben auch so gezeigt zu haben, dass sich eine einfache mit den Thatsachen im Einklang stehende Theorie der Regeneration auch ohne zu Hilfenahme mehr oder weniger mystischer Reserveeigenschaften, wie Ersatzbiophoren oder sekundäre Potenzen aufstellen lässt. (Das bis jetzt Besprochene entspricht etwa den Seiten 66—140 der Org. Reg.)

Wir werden jetzt noch in Kürze des rein deskriptiven Teiles der Organischen Regulationen gedenken. Driesch zählt in diesem Teile eine ungeheure Menge von Thatsachen auf, fast alles, was auf entwicklungsphysiologischem Gebiete geleistet worden ist, findet Erwähnung, auch die botanische Litteratur wird in ausgedehntem Maße berücksichtigt. — Driesch kann mit Recht sagen, dass er in diesem ersten, deskriptiven Teile „fast das ganze Gebiet der Lebenswissenschaften durchstreift“ habe. Ausführlich soll indessen hier nur das 4. Kapitel besprochen werden, das die Restitutionsregulationen behandelt, soweit das nicht schon im vergangenen Abschnitt geschehen ist. Die drei ersten Kapitel

1) Erst nach Fertigstellung dieser Arbeit kamen mir die Arbeiten von Miss Thacher, *The American Naturalist* Bd. XXXVI, sowie von Bardeen, *A. f. E.M.* Bd. XVI in die Hände.

beanspruchen auch kein allgemeineres Interesse. Driesch selbst legt sein Hauptaugenmerk auf das Lokalisationsproblem und die Restitutionen, und hat, wie mir scheint, die anderen Arten von Regulationen, also Stoffwechselregulationen (Kap. 1), Energetische Regulationen (Kap. 2), und morphologische Anpassung an Aeußeres (Kap. 3) mehr als Folie benutzt, um zu zeigen, dass es auch noch andere Arten von Regulationen, als die besonders eingehend von ihm studierten Wiederherstellungsregulationen giebt. Es ist selbstverständlich, dass er nur solche Regulationen aufführt, bei denen seiner Meinung nach, eine aktive Leistung des Organismus in Frage kommt, die also nicht nur subjektiv (statisch), sondern auch objektiv (dynamisch) teleologisch sind. Die Diskussion dieser drei ersten Kapitel würde uns neue Gesichtspunkte für die Beurteilung unseres Problems kaum liefern, und da Driesch, wie gesagt, selbst das Schwergewicht seines Werkes auf die Restitutionsregulationen gelegt hat, so glaube ich, dass wir ohne Schaden auf diese Diskussion verzichten können. Die Hauptarbeit des 4. Kapitels ist eine Analyse des Regenerationsverlaufes. Driesch unterscheidet zwei Hauptphasen der Regeneration: 1. die Anlage, 2. die Ausgestaltung. Die erstere liefert ein indifferentes, formloses Material von Zellen. Wenn Driesch diese Anlagebildung ein äquipotentiell System mit beschränkter implizierter, prospektiver Potenz nennt (p. 40), so können wir ihm darin ungefähr beistimmen. In unserer Ausdrucksweise heißt das: es bildet sich aus dem vorhandenen meristischen Material zuerst durch Zellteilung eine indifferente Anlageknospe, deren einzelne Elemente auf gleicher Differenzierungsstufe stehen. Ob freilich die Potenz dieser einzelnen Elemente eine beschränkte ist, d. h. ob sich nur das fehlende Organ aus der Anlage entwickeln könnte, oder überhaupt jedes Organ des betreffenden Organismus, das kann, wie auch Driesch zugiebt, nur durch das Experiment entschieden werden. Persönlich neigen wir natürlich letzterer Eventualität zu. Die weitere Ausgestaltung dieser Anlagebildung erfolgt nach den Regeln der allgemeinen Ontogenese; hierin sind wir mit Driesch natürlich einer Meinung (p. 48—52). Durch diese Ausgestaltung wird nun freilich nicht sofort das fertige, sondern eben ein embryonales Organ geschaffen, das erst durch Wachstum und weitere Ausgestaltung zum normalen wird; auch hierin zeigt sich absolute Uebereinstimmung mit der normalen Ontogenese. Geradezu klassisch illustriert wird z. B. bei der Regeneration der Tritonextremitäten diese Uebereinstimmung dadurch, dass hier die Regeneration streng proximalwärts erfolgt, zuerst werden die Zehen angelegt u. s. f. Dies aber ist der Gang auch der normalen Entwicklung der Vertebratenextremitäten, wie ein Blick auf die Keibel'schen Normentafeln zeigt. Was an den flossenförmigen Stummeln zuerst herausdifferen-

ziert wird, sind die Finger, resp. die Zehen. Auch die in den Häutungen entsprechenden Etappen vor sich gehende regenerative Ausgestaltung der Antennen von Crustaceen, entspricht meines Wissens genau dem Gang der normalen Entwicklung (p. 52—58). Mit dem Gesagten glaube ich das Wesentlichste von Driesch's Werk erschöpft zu haben; auf eine Fülle sehr interessanter Einzelheiten, wie z. B. Kap. 5, Teil B: Gedanken über Atmung und Assimilation hier einzugehen, musste ich mir versagen, weil sonst die Kritik leicht den Umfang des Originalwerkes erreicht hätte. Auf manches hoffe ich noch später zurückkommen zu können. Auch manche unserer eigenen Ideen, die in vorstehender Studie nur mehr aphoristisch zum Ausdruck kamen, hoffe ich bei anderer Gelegenheit noch mehr vertiefen zu können.

Fassen wir nun zusammen, was wir als Ergebnis dieser Studie zu betrachten haben: Durch exakte Fragestellung und klare Analysen ist es Driesch gelungen, die Unmöglichkeit jeder maschinellen — i. e. auf physikalisch-chemischer Basis beruhenden — Erklärung der Entwicklung darzuthun. Die notwendige Folge dieser Erkenntnis ist das Postulat einer Eigengesetzlichkeit (Autonomie) der Lebensvorgänge. Wir erkannten ferner, dass der Keim ein System sei: *ἐν ἑαυτῷ τὸ τέλος ἔχον*, und kamen so zum Begriff der Entelechie. Diese Entelechie aber mussten wir im Gegensatz zu Driesch in den Kern des Eies verlegen. Mit anderen Worten: wir waren gezwungen, dem Kern des Eies die Fähigkeit zu vindizieren, das Plasma in bestimmter Weise, bestimmter Ordnung und bestimmter Richtung umzuarbeiten, zu differenzieren. Das schließliche Ziel ist also nicht der Grund, warum der Keim sich so und nicht anders entwickelt, wie die ältere vitalistische Schule annahm, sondern der Keim kann sich kraft der ihm innewohnenden Eigenschaften nicht in anderer Weise entwickeln. Gerade so wie zwei chemische Stoffe, die eine gewisse Affinität zueinander haben, sich nicht deshalb miteinander verbinden, damit ein bestimmter Stoff von bestimmten Eigenschaften entsteht, sondern weil die und die Affinitäten so und nicht anders vorhanden sind, mussten die beiden Stoffe sich zu diesem und keinem anderen dritten Stoff verbinden. Affinitäten und Entelechien sind keine *causae*, sondern *conditiones finales*. Affinität und Entelechie sind Elementarbegriffe, das heißt Letztes, nicht weiter zu Analysierendes, sie sind als Naturgrößen eins, aber nur durch mehr oder minder komplizierte Umschreibungen lässt sich sagen, was diese Ausdrücke bedeuten. Die so gewonnene „vitalistische“ Lehre enthält, wie wir gleich sehen werden, nichts, was unserem Kausalitätsschema widerspricht. Dieselbe Klarheit in der Fragestellung und unbefangene, kritische Würdigung der Thatsachen mussten wir leider bei Driesch vermissen, als wir an die Besprechung seiner Ansichten über Regene-

ration kamen. Hier fanden wir Driesch, natürlich ohne dass er sich dessen bewusst war, voreingenommen, dogmatisch. Hier wird er Vitalist im alten Sinne, wo Vitalismus gleichbedeutend ist mit Teleologie. Er ging, nachdem er erkannt hatte, dass eine Eigengesetzlichkeit der Lebensvorgänge sicher vorhanden sei, von der vorgefassten Meinung aus, dass auch bei der Regeneration, abgesehen von dem, was bei jedem Lebensgeschehen autonom ist, noch ganz besondere, geheimnisvolle Kräfte thätig sein müssten. Auf die Erforschung dieser Kräfte ist sein Bemühen gerichtet, er fragt gar nicht erst, ob sich denn die Phänomene der Regeneration nicht auch anders erklären lassen. Diese Frage nun haben wir gestellt und wir fanden, dass die Regeneration sich restlos auf die Gesetze der normalen Ontogenese zurückführen lässt. Wir mussten daher den Ausdruck Organische Regulationen mit allem, was drum und dran hängt, ablehnen. Sekundäre Potenzen stehen auf einem Brett mit Reserveidioplassen und anderen schönen Dingen, es sind einer vorgefassten Meinung zu Liebe ersonnene Hypothesen; Regeneration kann nur dann erfolgen, wenn noch meristematisches, d. h. unverarbeitetes Material vorhanden ist. Diese Hypothese ist gut fundiert erstens durch die Thatsache, dass bei Pflanzen, wie wir schon lange wissen, meristematisches Gewebe sich mitten unter Dauergewebe finden kann; zweitens durch die Beobachtung, dass die Differenzierung eines sich entwickelnden Keimes von einer beschränkten Stelle ausgeht und dass das Restmaterial nur successive zum Aufbau des Embryos verwandt wird (Kopsch), also während der Entwicklung geraume Zeit ein zu Ersatzleistungen befähigtes, noch unausgebautes Reservematerial vorhanden ist; drittens durch die Erfahrungsthatsache, dass wirkliche Restitutionen nur an phylogenetisch oder ontogenetisch sehr jungen Individuen erfolgen. Der Vitalismus also, dem wir zuneigen, ist frei von allem teleologischen Beigeschmack (als ob etwas von einer ziel- und zweckbewussten Intelligenz geschaffen wird). Wir schreiben, wir wiederholen es noch einmal, dem Kern nichts weiter zu als die Fähigkeit, das Plasma auf bestimmte Reize hin in ganz bestimmter Weise umzuarbeiten. Wir suchten den ersten Differenzierungsreiz in der (eventuell von außen geschaffenen) Anisotropie des Keimes, das erste so entstandene Organ ist Auslösungsursache für das Zweite, u. s. f. Wird diese Abfolge von Ursache und Wirkung gestört, so kann keine typische Entwicklung erfolgen. Diese Eigenschaft des Keimes in dieser spezifisch-typischen Weise zu reagieren, nennen wir seine Entelechie. Sie reiht sich als Drittes den Konstanten zweiter Art der Physik und den Affinitäten der Chemie an. Das Ziel soll nicht erreicht werden, es muss erreicht werden. Der Keim kann sich den ihm innewohnenden Eigenschaften nach gar nicht anders verhalten. Man sieht das Kausalitätsschema, die Ab-

folge von Ursache und Wirkung wird bei unserer vitalistischen Auffassung gerade so gut gewahrt wie bei der materialistischen. „Was uns vom dogmatischen Materialisten unterscheidet, ist also nicht eine andere Auffassung über die Notwendigkeit der Naturvorgänge, sondern ist dieses: dass wir die Bedingungen zu dieser Notwendigkeit als intensive Größen denken, während der Dogmatiker meint, sie als extensive Größen als ein Nebeneinander im Raum, denken zu können“ (Org. Reg. p. 215). [41]

Freiburg i. B., 2. Februar 1903.

Ueber die Einwirkung des Alkohols auf die Entwicklung der Seeigel.

Vorläufige Mitteilung

von Dr. Heinrich Ernst Ziegler, Professor an der Universität Jena.

Vor fünf Jahren habe ich in der Zoologischen Station in Neapel einige Versuche angestellt, welche die Wirkung des Alkohols auf die Entwicklung der Seeigel betrafen. Ich hatte nicht nur die Absicht, die pharmakologische Wirkung des Alkohols zu beobachten, sondern war mehr von den Gesichtspunkten der Entwicklungsmechanik geleitet, indem ich hoffte, bemerkenswerte Abänderungen der Entwicklung zu erhalten. Im Frühjahr des Jahres 1902 arbeitete ich einige Wochen in dem Russischen Zoologischen Laboratorium in Villefranche sur mer (Villafranca) und benützte diese Gelegenheit, um die früheren Resultate durch neue Versuche zu bestätigen und zu erweitern.

Da ich die ausführliche Mitteilung zur Zeit nicht veröffentlichen kann — weil mir dringlichere Arbeiten vorliegen — so will ich einstweilen die wichtigsten Ergebnisse hier in kurzer Form bekannt geben¹⁾.

Ich berichte zuerst über einige Versuchsreihen, welche ich in Neapel mit den Eiern von *Echinus microtuberculatus* Bl. anstellte (im März und April 1897). Ich übertrug die Eier am Anfang der Furchung (nämlich im Zweizellenstadium), in Seewasser mit verschiedenem Alkoholgehalt, wobei selbstverständlich eine Kontrollkultur in reinem Seewasser nebenhergeführt wurde. Drei derartige Versuchsreihen ergaben übereinstimmende Resultate, welche ich in vereinfachter Weise²⁾ in Tabelle I dargestellt habe.

1) Auf der Zoologen-Versammlung in Gießen (Pfungsten 1902) habe ich mündlich über meine Versuche berichtet.

2) Außer den in der Tabelle erwähnten Alkoholmischungen von 1, 2 und 4% wurden auch Mischungen von $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$ und 3% verwandt, welche ich aber hier bei Seite lasse. Alle Prozentzahlen bedeuten Volumprocente, nicht Gewichtsprocente.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s): Moszkowski Max

Artikel/Article: [Hans Driesch's Organische Regulationen. Eine kritische Studie 427-448](#)