

Biologische Probleme.

Von

W. Wundt.

Vorbemerkung.

Die folgenden Ausführungen bilden ein Capitel aus dem die Naturphilosophie behandelnden Abschnitte eines demnächst erscheinenden größeren Werkes über das System der Philosophie. Ich übergebe dieselben einstweilen der Oeffentlichkeit, in der Hoffnung, dass die hier versuchte Behandlung des Entwicklungsproblems auch losgelöst von dem Ganzen, zu dem sie gehört, denjenigen Lesern nicht ganz unwillkommen sein werde, welche den neueren Verhandlungen über diese Fragen mit Aufmerksamkeit gefolgt sind. Die Lücken meiner Darstellung und die Kürze mancher Ausführung wird man, wie ich hoffe, mit Rücksicht auf diese Zugehörigkeit zu einem größeren Ganzen entschuldigen. So musste hier vor allem eine eingehende Begründung des allgemeinen Standpunktes, von welchem die Untersuchung ausgeht, unterbleiben, da sie theils in dem die Erkenntnisstheorie behandelnden Abschnitt, theils in den an anderer Stelle geführten allgemeinen Untersuchungen über den Causal- und Zweckbegriff zu finden ist. Aus demselben Grunde wird die Erörterung der mit dem Problem des Lebens zusammenhängenden kosmologischen Fragen sowie die Würdigung der allgemeinen Anschauungen des Mechanismus, Vitalismus, Hylozoismus und Animismus hier als bekannt vorausgesetzt. Endlich brauche ich kaum noch hervorzuheben, dass der philosophische Charakter des Werkes, welchem dieses Capitel entnommen ist, zu einem Verzicht

auf die breitere Ausführung der thatsächlichen Unterlagen der Probleme sowie auf die eingehende Kritik der verschiedenen Einzeltheorien nöthigte. Da die Werke, die diese Thatsachen und Theorien behandeln, allgemein zugänglich und weit verbreitet sind, so darf ich wohl annehmen, dass man die in dieser Beziehung vorhandenen Lücken nicht allzu störend empfinden werde.

1. Stabilität und Entwicklung der Lebensformen. Urzeugung.

Die Principien der Stabilität und der Entwicklung, welche, das erste durch das zweite beschränkt, der Betrachtung des kosmischen Geschehens zu Grunde gelegt werden können, bilden für die Auffassung des organischen Lebens um so mehr die allgemeinsten Gesichtspunkte, denen sich alles einzelne unterordnet, als mindestens das umfassendere dieser Principien, das der Entwicklung, in seinen kosmologischen Anwendungen nur in der Uebertragung eines den Lebensvorgängen entnommenen Begriffs auf deren universelle Bedingungen seine Rechtfertigung findet. Indem nun aber in den Erscheinungen des Lebens Stabilität wie Entwicklung räumlich und zeitlich in engere Grenzen eingeschlossen werden, gewinnen hier beide nicht nur einen bestimmteren empirischen Inhalt, sondern es kehrt auch ihr äußeres Verhältniss sich um. Während im Verlauf des kosmischen Geschehens vor allem die Stabilität der periodisch wiederkehrenden Vorgänge der Beobachtung sich aufdrängt, und der Gedanke der Entwicklung erst auf Zeitfernen anwendbar wird, die der unmittelbaren Erfahrung gänzlich entzogen sind, bieten die Lebenserscheinungen überall das Schauspiel eines ununterbrochenen Flusses der Entwicklung, aus welchem immer nur enger begrenzte Zustände als annähernd stabile herausgelöst werden können. Von der Annahme einer absoluten Stabilität, wie sie auf kosmologischem Gebiete mit scheinbar gutem Grunde lange Zeit festgehalten wurde, konnte daher in der Anwendung auf das individuelle Leben überhaupt niemals die Rede sein. Erst die Gattungen und Arten schienen eine zureichende Dauer zu besitzen, um sie, wenn auch beschränkt durch die allgemeinen Bedingungen des organischen

Lebens auf der Erde, dem Stabilitätsprincip unterwerfen zu können. Selbst in dieser Begrenzung ist aber die Annahme einer Constanz der Arten heute allgemein aufgegeben. Sie hat das Schicksal des kosmologischen Stabilitätsprincips getheilt, weil bei ihr die Gründe zu einer Berichtigung durch das Entwicklungsgesetz noch zwingender sind als bei diesem. Abgesehen von der Unmöglichkeit, eine einmalige und plötzliche Entstehung der höheren Organismen auf natürlichem Wege anzunehmen, bietet in diesem Fall die Erfahrung selbst überall gewichtige Zeugnisse einer allmählichen Umwandlung der Lebensformen unter dem Einflusse äußerer und innerer Bedingungen; und die Reihe der lebenden Wesen zeigt eine zwar nicht lückenlose, aber doch mit Rücksicht auf die Existenz ausgestorbener und selbst in ihren Ueberresten untergegangener Arten eine zureichend vollständige Stufenfolge von Zuständen, um die Forderung einer generellen Anwendung des Principes der Entwicklung zu einer unabweisbaren zu machen. Damit ist auch hier die Stabilität zu einer bloß relativen geworden, welche immer nur für eine gegebene Entwicklungsstufe und innerhalb der durch die jedesmalige Anwendung des Entwicklungsgesetzes bedingten Grenzen gültig bleibt.

Die Anwendung dieses letzteren selbst ist nun aber schon auf kosmologischem Gebiete keineswegs eine unbeschränkte. Jeder, auch der umfassendste Entwicklungsprocess bleibt in gewisse Grenzen eingeschlossen; und sogar dann, wenn wir über die That-sachen der Erfahrung hinaus zu den nicht direct gegebenen, sondern nur durch Schlüsse oder Hypothesen zu gewinnenden Gründen und Folgen der Erscheinungen weitergehen, müssen wir bei bestimmten Anfangs- und Endzuständen Halt machen. Ueber diese hinaus ist zwar im allgemeinen ein weiterer Verlauf des Geschehens denkbar und gemäß der causalen Verbindung aller Erscheinungen gefordert; aber innerhalb der gegebenen Entwicklungsreihe fehlt es an jedem sicheren Anhaltspunkte dafür, welcher qualitative Inhalt für jenen weiteren Fortschritt der Begriffe anzunehmen sei.

Ganz so wie die allgemeine Entwicklung des Kosmos verhält sich nun innerhalb der engeren, wieder durch besondere Bedingungen bestimmten Schranken die Entwicklung des organischen Lebens.

Sie hat nothwendig irgend einmal in einer bestimmten Periode der kosmischen Entwicklung ihren Anfang genommen, und sie wird voraussichtlich, wenigstens in dem unserer Beobachtung gegebenen Zusammenhang der Lebenserscheinungen, irgend einmal ihr Ende nehmen, bevor jener Verlauf selber zum Abschlusse gekommen ist. Denn alle Folgerungen aus dem gegebenen Zusammenhang der Naturerscheinungen weisen darauf hin, dass unsere Erde dereinst sich in einem Zustande erhöhter Temperatur befand, welcher organisches Leben ausschloss, und dass sie in einer fernen Zukunft einem anderen Zustande sehr erniedrigter Temperatur entgegengeht, bei welchem nicht minder die Fortdauer des Lebens unmöglich ist. Alle Versuche, wenigstens für die Zukunft eine Stabilität, wenn nicht der bestehenden Lebensformen, so doch des Lebens im allgemeinen zu sichern, scheitern hier an der Undurchführbarkeit des Stabilitätsprincips für das kosmische Geschehen. So bleibt nur in Bezug auf die Frage nach den allgemeinen kosmischen Bedingungen für Entstehung und Untergang des Lebens noch ein gewisser Spielraum abweichender Anschauungen.

Auf den zweiten Theil dieser Frage lässt sich im allgemeinen leicht durch den Hinweis auf die thatsächlichen Bedingungen antworten, denen wir die Vernichtung des Lebens nachfolgen sehen. Sobald diese im einzelnen fortwährend zur Beobachtung kommenden Einflüsse vermöge geänderter kosmischer Bedingungen allgemeine geworden sind, wird auch der Untergang des irdischen Lebens als unausbleibliche Folge zu erwarten sein. Um so mehr entzieht sich der erste Theil der obigen Frage einer directen Beantwortung. Beobachtungen über Fälle einer ersten, nicht durch Fortpflanzung vermittelten Entstehung organischen Lebens stehen uns nicht zu Gebote, so dass wir hier ganz und gar auf Vermuthungen angewiesen bleiben. So begreift es sich denn, dass selbst das allgemeine Problem, ob die Bedingungen zur Entstehung einfacher Lebensformen noch heute auf der Erde vorhanden sind, oder ob sie nur einer längst entschwundenen Periode unseres Planeten angehören, noch immer nicht gelöst ist. Nur so viel lässt sich sagen, dass eine unter unsern heutigen Lebensbedingungen fortan stattfindende Urzeugung in hohem Maße unwahrscheinlich ist, insofern keinerlei sicher beobachtete Thatsachen für dieselbe beizubringen, wohl aber

zahlreiche, früher als Fälle von Urzeugung angenommene Erfahrungen auf die Verbreitung fortpflanzungsfähiger Keime zurückgeführt sind. Auch den bekannten Bedingungen der Entstehung organischer Verbindungen lassen sich keinerlei Anhaltspunkte entnehmen, welche zu Gunsten einer noch in der Gegenwart stattfindenden Urzeugung zu deuten wären. So weit bis jetzt die künstliche Synthese organischer Verbindungen gelungen ist, setzt dieselbe Bedingungen voraus, die in der freien Natur gegenwärtig nicht mehr vorkommen, sondern, wie die Glühhitze und die Gegenwart stark reducirender Stoffe, nur im Laboratorium des Chemikers herzustellen sind. Zugleich ist es bedeutsam, dass dies Bedingungen sind, die, wie wir aus anderen Gründen annehmen müssen, in dem der Entwicklung der Organismen vorausgehenden Zustand unserer Erde vorhanden waren. Da nun die Bildung relativ einfacherer Verbindungen der Entstehung des höchst complexen lebensfähigen Protoplasmamolecüls vorausgegangen sein wird, so scheint alle Wahrscheinlichkeit dafür zu sprechen, dass die erste Entstehung einfachster Lebensformen, aus denen dann die ganze Entwicklung der organischen Welt hervorging, ein sehr allmählicher, in verschiedenen Stufen sich vollziehender Process chemischer Synthese war, der im innigsten Zusammenhang mit der allmählich erfolgenden Aenderung der äußeren, namentlich der Temperaturbedingungen vor sich ging. Die Probe auf die Richtigkeit dieser Vermuthung würde freilich erst durch die künstliche Nachahmung jener Bedingungen, also durch die Herstellung einfacher Lebensformen auf dem Wege künstlicher Synthese im Laboratorium gemacht werden können. So weit wir auch von der Aussicht auf Verwirklichung dieser Hoffnung entfernt sein mögen, an sich unmöglich ist dieselbe sicherlich nicht. Andererseits wird man aber doch die Schwierigkeit einer solchen directen Entscheidung begreiflich finden, wenn man bedenkt, dass es sich in diesem Fall offenbar nicht blos um die Auffindung einmaliger Ursachen, sondern um die Herstellung einer Kette auf einander folgender Bedingungen handelt, die in allmählichem Fortschritt von der Bildung der einfachsten bis zu derjenigen der verwickeltsten organischen Verbindungen geführt haben.

Mit dem Aufhören der Urzeugung sind nun für die organische

Welt andere Bedingungen eingetreten, welche ihre Selbsterhaltung einerseits auf dem Wege der Fortpflanzung, anderseits mittelst der fortwährenden Aneignung der zum Lebensprocess verwendeten Stoffe und Kräfte aus der unorganischen Natur fordern. Es ist bekanntlich der Gaswechsel der grünen Pflanzentheile, der diesen Erfolg herbeiführt. Bei ihm vollzieht sich ein allmählicher Reductionsprocess, bei welchem die einfachen Nährstoffe der Atmosphäre, Kohlensäure und Wasser, zerlegt und in complexe organische Verbindungen übergeführt werden, die sich ihrerseits wieder mit den auf anderen Wegen zugeführten stickstoffhaltigen Nährstoffen zu den Protoplasmamoleculen verbinden. Durch diese Bildung organischer Stoffe in der chlorophyllhaltigen Pflanze, welche theils durch die Pflanze selbst, theils durch das Thier wieder zerstört werden, hat nun das Stabilitätsprincip eine neue Form der Geltung für den Bestand der gegenwärtigen organischen Welt gefunden. Indem der Lebensprocess des Thieres und der Pflanze die Stoffe wieder erzeugt, welche die letztere bei ihrer organisirenden Function verwendet, und indem bei dieser der zur Unterhaltung der Verbrennungsvorgänge im Pflanzen- und Thierleib dienende Sauerstoff frei wird, ist im allgemeinen die Möglichkeit geboten, dass ohne Aenderung der äußeren Lebensbedingungen die Organismen einen Stoffkreislauf unterhalten, welcher die einem jeden lebenden Wesen erforderlichen Stoffe immer wieder neu schafft. Freilich aber ist nicht zu vergessen, dass dieser Gleichgewichtszustand nur die Bedeutung einer idealen Voraussetzung hat, welche ebensowohl wegen der Aenderungen der äußeren Lebensbedingungen wie infolge der durch die Fortpflanzungsvorgänge entstehenden Verschiebungen der Mengeverhältnisse der verschiedenen Lebewesen in der Wirklichkeit niemals vollständig erfüllt sein wird. In der That braucht jene Voraussetzung schon deshalb nicht erfüllt zu sein, weil die unorganische Natur mannigfache Quellen zur Erzeugung jener pflanzlichen Nährstoffe darbietet, aus denen die chlorophyllhaltigen Theile organische Substanzen zusammensetzen. Diese Möglichkeit einer Ueberproduction der Protoplasmabestandtheile ist natürlich um so mehr geeignet, den Bestand der organischen Welt, wenigstens so lange die gegenwärtigen Lebensbedingungen andauern, zu sichern.

Die Thatsache, dass die einfachsten Lebewesen in ihrer Func-

tionsform wie in der Richtung ihres Stoffwechsels einfachste Thiere sind, beweist aber schon die Nothwendigkeit einer dem gegenwärtigen relativen Stabilitätszustande vorangehenden Periode der Urzeugung; und zugleich macht es diese Thatsache wahrscheinlich, dass die Entstehung der chlorophyllhaltigen Organismen als ein Process der Compensation aufzufassen ist, der, in der Zeit des allmählichen Erlöschens der Urzeugung auftretend, in seiner ursprünglichen Entwicklung wahrscheinlich an in der Urzeit vorhandene und jetzt verschwundene Eigenschaften der irdischen Atmosphäre gebunden war. Es mag sein, dass die seltenen Fälle, in denen bei einfachen Protozoen von im übrigen thierischer Functionsweise Chlorophyllbildung beobachtet wird, vereinzelte Zeugen jener Uebergangsperiode sind, in der durch die nämlichen äußeren Lebensbedingungen, welche die Erhaltung der organischen Welt in der bisherigen Form unmöglich machten, zugleich das Auftreten des wichtigsten organischen Fermentkörpers die Bedingung für eine vollkommenere Fortdauer des Lebens unter den neu eintretenden Bedingungen geschaffen hat. Dass sich dann weiterhin die Chlorophyllbildung allmählich auf diejenigen Lebensformen beschränkte, welche früh aus der animalischen Functionsweise in einen relativ starren, vorzugsweise den äußeren Lebenseinflüssen unterworfenen Zustand übergingen, ist im allgemeinen wohl begreiflich. Ist doch bei den Thieren infolge der ungleich größeren Erzeugung von Wärme und mechanischer Arbeit die zersetzende Richtung des Stoffwechsels eine so vorwaltende, dass es zur Ausbildung eines vornehmlich der chemischen Reduction und Synthese dienenden Lebensprocesses nicht kommen kann. So mögen denn diese Bedingungen wechselseitig in einander eingegriffen haben: die Chlorophyllbildung verhinderte die Ausbildung animalischer Functionen, und diese wiederum machte die Chlorophyllerzeugung unmöglich. Gleichwohl setzt die letztere immer auch noch begünstigende äußere Bedingungen voraus. Mangelt doch in der Classe der Pilze, die sonst in ihren Wachstums- und Organisationsverhältnissen vollständig den Pflanzen gleichen, augenscheinlich deshalb die Chlorophyllathmung, weil sie den äußeren Lebensverhältnissen dieser Wesen, welche die organische Nahrung bereits in zureichend vorbereiteter Form aufnehmen, widersprechen würde.

2. Lebensvorgänge des Elementarorganismus.

Es bezeichnet den Standpunkt der Physiologie im engeren Sinne im Unterschied von dem der Entwicklungsgeschichte, dass die erstere das organische Leben unter der Voraussetzung eines relativen Gleichgewichtszustandes, also auf Grund der Annahme des Stabilitätsprincips, die letztere dasselbe in Bezug auf den zeitlichen Wechsel der Lebensformen, also vom Standpunkte des Entwicklungsprincips aus betrachtet. Auf diese Weise ergänzen sich beide; die physiologischen Probleme aber sind die einfacheren, obgleich freilich diese Einfachheit nur durch eine absichtliche Beschränkung der Fragestellungen gewonnen wird.

Gemäß dieser Arbeitstheilung besteht die nächste Aufgabe der Physiologie in der Ermittlung der Stabilitätsbedingungen eines Elementarorganismus, d. h. einer einfachen frei lebenden oder auch in einen größeren organischen Zusammenhang als Bestandtheil eingehenden Zelle. Da die Substanzen, welche den Leib der Organismen bilden, höchst zersetzbar und demzufolge in fortwährender innerer Zersetzung begriffen sind, so kann hier ein stabiler Zustand nur entstehen, wenn zwischen dem Elementarorganismus und seiner Umgebung ein fortwährender Stoffaustausch stattfindet, bei welchem die Spaltungsproducte des Zellenleibes eine Zersetzung der umgebenden Nährflüssigkeit einleiten, durch die sich einerseits die verloren gegangenen Theilmolecüle wieder ersetzen, andererseits aber Verbindungen entstehen, die als Excretionsstoffe dauernd entfernt werden. Für die Erkenntniss dieser Vorgänge sind wir, da uns dieselben bis jetzt nur in ihrem äußeren Verlaufe einigermaßen zugänglich sind, im wesentlichen auf chemische Analogien, d. h. auf die Vergleichung mit andern, bekannteren chemischen Vorgängen angewiesen, die einen ähnlichen Verlauf darbieten.

Die nachher zu besprechenden Erscheinungen des Wachsthums und der Entwicklung legen nun die Annahme nahe, dass der ganze Elementarorganismus ein einziges Eiweißmolecül darstelle, dessen complexe Beschaffenheit sich nicht nur an seiner Größe sondern auch daran zu erkennen gibt, dass die Theile eines solchen Molecüls, sobald die primitivste formlose Stufe überschritten ist, zugleich morphologisch sich differenziren, indem nun nicht blos das ganze

Molecül sondern selbst bestimmte Partialmolecüle eine durch optische Hilfsmittel erkennbare Lagerung und Größe erreichen. Derartige Scheidungen sind namentlich im Kern, Kernkörper, aber auch in gewissen Anordnungen des Protoplasmas erkennbar. Für den Stoffwechsel dürfen wir ihnen muthmaßlich die Bedeutung beilegen, dass nicht alle Zellbestandtheile gleich intensiv an der Zersetzung und Wiederherstellung des Gesamtmolecüls theilnehmen. Bezeichnen wir symbolisch den ganzen Elementarorganismus als chemisches Molecül betrachtet mit KPM , so mögen die Atomgruppen M solche sein, die bei dem gewöhnlichen Stoffwechselfaustausch allein betheiligte sind, während die Gruppen P erst dann angegriffen werden, wenn die Stabilität in der einen oder anderen Weise, durch beginnenden Untergang oder durch eintretendes Wachstum, gestört wird, und endlich die Gruppen K immer erst dann sich zersetzen, wenn der Elementarorganismus entweder untergeht oder auf die nachher zu besprechende Weise einer Spaltung anheimfällt, welche eine neue Entwicklung einleitet. Von einer Stabilität kann demnach schon beim Elementarorganismus nur insofern die Rede sein, als die Zusammensetzung desselben während einer gewissen Zeit constant bleibt. Diese Constanz selbst ist aber nur das Resultat von fortwährend stattfindenden Zersetzungs- und Verbindungsvorgängen, Organisierungen und Desorganisierungen. Darum liegt es schon in der Natur dieser Stabilität, dass sie in doppelter Weise aufgehoben werden kann: einmal, indem die organisierende, und sodann, indem die desorganisierende Seite der Vorgänge zum Uebergewichte gelangt. Im ersteren Falle entsteht Wachstum und im Gefolge desselben Zeugung neuer Elementarorganismen, im zweiten tritt der Tod als Ergebniss der Selbstzeretzung der für die Fortdauer des Gleichgewichtszustandes unerlässlichen Grundbestandtheile des organischen Gesamtmolecüls ein.

Die erste dieser Abweichungen von der Stabilität lässt sich, wenn wir wieder von der Vorstellung ausgehen, dass der Elementarorganismus ein einziges zugleich morphologisch und chemisch differenzirtes Eiweißmolecül sei, der bekannten Bildungsweise polymerer Verbindungen unterordnen. Die Entstehung solcher Verbindungen beruht allgemein auf dem Hinzutritt bestimmter Partialmolecüle zu anderen von gleicher Zusammensetzung, die in demselben

Gesamtmolecül enthalten sind. Wie die Erhaltung des Gleichgewichtszustandes, so ist auch diese Zunahme das Resultat eines Wechsels von Zersetzungen und Verbindungen. So würden, wenn wir wieder mit K , P und M Theilmolecüle von verschiedener Bedeutung bezeichnen, $KPPM$, $KPPPM$ u. s. w. polymer zu der relativ einfacheren Verbindung KPM sein. Je größer die Zahl der Molecüle P ist, welche die Verbindung bereits enthält, um so weniger werden durch den Hinzutritt weiterer Theilchen P ihre Eigenschaften verändert. $KPPPM$ unterscheidet sich also von $KPPM$ weniger als dieses von KPM , und so fort in steigendem Maße. Nun ist das morphologisch differenzirte Gesamtmolecül des Elementarorganismus jedenfalls an und für sich schon sehr zusammengesetzt. Nehmen wir also im Sinne der obigen Voraussetzungen an, dass die Polymerisirung desselben auf der Bildung neuer Molecüle P beruhe, so lässt sich der ursprüngliche Zustand durch das Symbol KP_nM bezeichnen, während der Wachstumsprozess auf einer successiven Ueberführung in $KP_{n+1}M$, $KP_{n+2}M$ u. s. w. beruht. M wird hierbei, wie oben, als die zunächst an den Zersetzungen betheiligte Eiweißmasse betrachtet. Aus ihren Wechselwirkungen mit dem äußeren Nährmaterial gehen in diesem Fall neue Molecüle P hervor, durch deren Hinzutritt die chemischen Eigenschaften des Gesamtmolecüls nicht wesentlich geändert werden, abgesehen davon, dass der Zusammenhalt der Theilmolecüle allmählich ein loserer wird.

Durch den letzteren Erfolg wird nun aber ein neuer Vorgang vorbereitet, der vom chemischen Standpunkte aus als Spaltung des Gesamtmolecüls in zwei oder mehr selbständige Molecüle aufgefasst werden muss, worauf dann für diese abermals eine Zeitlang Stabilität eintritt, und hieran der nämliche Wechsel von Wachstum und Spaltung sich anschließen kann. Dieser Spaltungsprozess wird, wie wir annehmen, dadurch eingeleitet, dass die Molecüle K , die bis dahin stabil geblieben waren, in die Zersetzungsvorgänge hineingerissen werden. Sprechen die morphologischen Thatsachen dafür, dass diese am längsten stabil bleibenden Theilmolecüle in den Kerngebilden der Zelle enthalten sind, so ist weiterhin aus den bei der Zelltheilung eintretenden morphologischen Vorgängen zu schließen, dass die Kerngebilde selbst regelmäßig wieder aus zwei

Molecülgruppen bestehen, deren wechselseitige Affinitäten durch die vom Protoplasma aus eingeleitete Zersetzung actuell werden. Hierauf tritt dann eine mit der Bildung von Excretionsstoffen verbundene wechselseitige Zersetzung und im Gefolge derselben eine neue Kernbildung ein, während zugleich im Laufe dieser an den Kernmolecülen ablaufenden Vorgänge dieselben dem Gesamtmolecül gegenüber die Rolle eines Spaltungsfermentes spielen. Das Resultat dieser Spaltung ist so die Neuentstehung mehrerer, zumeist zweier Elementarorganismen aus dem Material des untergegangenen. Der Vorgang der Zeugung in seiner ursprünglichsten Gestalt fällt daher mit dem Untergang des zeugenden Wesens zusammen. Gleichzeitig aber gehen Bestandtheile des untergehenden Elementarorganismus in die neu entstehenden über. So ist der Tod zugleich ein Wiederaufleben des Untergehenden. Dies berechtigt jedoch ebenso wenig von einer ewigen Dauer des Lebens auf dieser ersten Stufe der Entwicklung zu reden, als man sich veranlaßt sehen wird, einer chemischen Verbindung, die infolge einer regelmäßigen Reihenfolge von Zersetzungen immer wieder Verbindungen von gleicher Zusammensetzung entstehen läßt, Unvergänglichkeit zuzuschreiben. In der That ist vom chemischen Standpunkte aus die Zeugung in ihrer ursprünglichen Gestalt nur ein specieller Fall einer chemischen Spaltung, aus welcher neue Verbindungen hervorgehen, die der ursprünglichen gleichen, die aber schon deshalb mit derselben nicht substantiell identisch sein können, weil der Spaltung selbst Aufnahme und Ausscheidung von Stoffen als nothwendige Bedingungen vorausgingen. Insbesondere ist, wie die morphologische Beobachtung lehrt, die Neubildung des Lebens regelmäßig an den vorherigen Untergang der während des stationären individuellen Lebens allein, wie es scheint, stabil bleibenden Bestandtheile der Kerngebilde gebunden ¹⁾.

1) Die Erscheinungen des Wachsthums sind schon von Pflüger (in seinem Archiv X S. 251, XI S. 222) dem chemischen Gesichtspunkt der Bildung polymerer Verbindungen subsumirt worden. Die Auffassung, die Zellentheilung sei auch in chemischer Beziehung als ein Spaltungsprocess aufzufassen, habe ich zuerst im zweiten Bande meiner Logik (S. 464) näher ausgeführt. Die oben berührte Ansicht, dass, abgesehen von zufälligen äußeren Störungen, der Begriff des Todes für den Elementarorganismus nicht zutrefte, vertritt A. Weismann

3. Dreifache Interpretation der Lebenserscheinungen.

Mit dem Zeugungsact des Elementarorganismus treten die Lebenserscheinungen in ein Stadium, in welchem sich mit den bis dahin allein maßgebenden chemischen Gesichtspunkten theils physikalisch-physiologische, theils psycho-physische Begriffe verbinden. Physikalisch ist der Spaltungsvorgang eine Bewegungserscheinung, welche zum ersten Mal den physiologischen Process einer Contraction des Protoplasmas vor Augen führt. Durch die letztere wird die mechanische Scheidung der Spaltungsproducte vermittelt, mögen dieselben nun zu vollständig isolirten Elementarorganismen werden oder mit einander verbunden bleiben und so die erste Anlage eines zusammengesetzten Organismus bilden. Diese Contraction unterscheidet sich in keinem wesentlichen Merkmal von den späterhin als Hülfsmittel anderweitiger physiologischer Leistungen auftretenden und im zusammengesetzten Organismus all-

(Die Dauer des Lebens, Jena 1882). Im Gegensatze zu ihm leitet A. Goette den Tod aus der durch den Zeugungsact hervorgebrachten Erschöpfung ab. (Ueber den Ursprung des Todes. Hamburg und Leipzig 1883.) Den Tod der höheren Organismen erklären beide Forscher aus dem Selectionsprincip. Er soll sich im Kampf um's Dasein als die für die Species nützlichste Einrichtung erwiesen haben. Aber wenn im allgemeinen im Kampfe um's Dasein die kräftigeren Individuen obsiegen, so ist es ein seltsamer Widerspruch, dass in diesem Fall die mit der letalen Anlage begabten Wesen zugleich die stärkeren gewesen sein müssten. Gewiss ist ursprünglich der Untergang des Elementarorganismus, wie noch jetzt in vielen Fällen der Tod der Zelle, an den Fortpflanzungsact geknüpft. Aber es ist doch nicht einzusehen, warum nicht von Anfang an mit dem Eintritt der Spaltungsvorgänge zugleich Veränderungen in der Constitution der Molecüle entstehen, welche der Wiederholung jener Vorgänge ein bestimmtes Ziel setzen. Vielmehr ist es ersichtlich, dass die geschlechtliche Zeugung Bedingungen herbeiführt, durch welche dieselbe der monogenen Fortpflanzung gerade in dieser Beziehung überlegen ist. Nun kann ein zusammengesetzter Organismus als ein Aggregat von Elementarorganismen betrachtet werden, die sämmtlich zunächst aus einer Reihe von monogenen Fortpflanzungen hervorgegangen, damit also den mit dem Chemismus der Spaltungsvorgänge von Anfang an verbundenen Bedingungen der Erschöpfung unterworfen sind. Es ist zwar richtig, dass, wie Goette bemerkt, der Tod der Elementartheile und der Tod des Individuums verschiedene Vorgänge sind; beide sind aber doch nicht in dem Sinne von einander unabhängig, dass jene Eigenschaft der Erschöpfbarkeit, die allen Elementen zukommt, und die in der Abnahme der Regenerationsfähigkeit einen so deutlichen Ausdruck findet, nicht eben deshalb schon, und abgesehen von allen in diesem Falle völlig unerweisbaren Selectionseinflüssen, dem ganzen Organismus zukommen müsste.

mählich an bestimmte einzelne Zellen übergehenden Reizbewegungen des Protoplasmas. Nun führen wir jede solche Contraction auf einen entweder von außen einwirkenden oder im Protoplasma selbst entstehenden Reiz zurück, welcher, indem er die Bewegung erzeugt, zugleich eine Zersetzung einleitet, durch die er selbst beseitigt wird ¹⁾. Der Reiz kann daher nur in der Bildung einer Substanz bestehen, welche in dem Protoplasma eine von Bewegung begleitete Umlagerung bewirkt, worauf dann die so hervorgebrachte chemische Zersetzung ihrerseits wieder die Zerstörung der reizenden Substanz und auf diese Weise einen neuen Gleichgewichtszustand herbeiführt. So weist dieser physikalisch-physiologische Vorgang seinerseits auf chemische Bedingungen hin, und die Annahme ist geboten, dass der vorhin vom rein chemischen Standpunkte aus als Spaltungsferment bezeichnete Stoff zugleich physiologisch betrachtet der chemische Reiz sei, welcher die zur mechanischen Trennung führende Contraction auslöst. Da aber weiterhin die Contraction des Protoplasmas auf den späteren Entwicklungsstufen deutlich den Charakter eines psychophysischen Vorganges an sich trägt, d. h. einer physiologischen Leistung, welche zugleich von psychischen Vorgängen begleitet ist, so verlangt der Grundsatz der Continuität aller Entwicklung, dass dieser Charakter auch schon jenem primitiven Spaltungs- und Contractionsvorgang nicht fehle: er wird in diesem Sinne als ein einfacher, von Empfindung und Gefühl eingeleiteter und begleiteter Willensact zu deuten sein. +

Diese drei Gesichtspunkte, der chemische, der physiologische und der psychologische, geben nun, jeder in anderer und doch alle in übereinstimmender Weise, von einer wichtigen Grundeigenschaft der Lebensfunctionen, die schon auf dieser frühesten Stufe zum Ausdruck gelangt, Rechenschaft: von der Periodicität derselben. Jeder chemische Vorgang ist bestimmten Gesetzen des zeitlichen Verlaufs unterworfen, mag dieser Verlauf, wie bei den meisten einfacheren Processen, ein relativ schneller oder, wie im vorliegenden Fall, ein langsamer, zahlreiche Zwischenglieder einschließender sein. Im allgemeinen wird der Spaltungsprocess ein-

1) Mit Rücksicht auf den periodischen Verlauf der Reizungsvorgänge hat schon W. His die Analogie zwischen ihnen und den Entwicklungserscheinungen hervorgehoben. (Unsere Körperform. Leipzig 1875. S. 155.)

treten, wenn durch die vorangegangenen Molecularvorgänge die Vorbedingungen dazu gegeben sind, und dieser Zeitpunkt wird, sonst gleiche Bedingungen vorausgesetzt, immer wieder nach gleichen Intervallen sich wiederholen. Fassen wir denselben Vorgang als Protoplasmacontraction auf, so ordnet er sich den zeitlichen Bedingungen der physiologischen Reizungserscheinungen unter. Auch diese bieten in der Regel einen periodischen Verlauf dar, indem innerhalb der aufeinander folgenden qualitativ gleichen Vorgänge jedesmal für die Acte der Anhäufung der reizenden Stoffe, des Verlaufs der Reizung und der Zerstörung des Reizes gleich viel Zeit verbraucht wird. Die nämliche Betrachtung kehrt endlich wieder, wenn wir die vorausgesetzte psychische Seite des Vorgangs in's Auge fassen: dann gliedert sich derselbe wie jeder Willensact in ein erstes Stadium vorbereitender Gefühlsspannung, in ein zweites der wachsenden und in ein letztes der abnehmenden Willensenergie, welche Stadien wiederum, wenn die Bedingungen der Willensacte die nämlichen bleiben, in übereinstimmender Folge sich wiederholen werden.

Auf diese Weise ordnen sich die einfachen Lebenserscheinungen eines Elementarorganismus jedem der Gesichtspunkte unter, die wir, von der allgemeinen Auffassung des Lebens ausgehend, auf sie anwenden mögen. Zugleich stehen die so geforderten Anschauungen unter einander im engsten Zusammenhang. Der regelmäßige Kräftewechsel, der sich der physiologischen Betrachtung darbietet, ist das unmittelbare Erzeugniss chemischer Vorgänge, und der Wechsel von Gefühls- und Willenserregungen, den die psychologische Betrachtung voraussetzen muss, entspricht der allgemeinen Correlation physischer und psychischer Processe. Wegen dieses Zusammenhanges der drei Standpunkte muss es nun aber auch da, wo die Anwendung des einen oder andern auf Schwierigkeiten stößt, die aus der Unmöglichkeit des directen Nachweises der entsprechenden Elementarprocesse entspringen, gestattet sein, sich vorläufig oder selbst dauernd nur der übrig bleibenden oder sogar nur eines derselben zu bedienen. So verdrängt die physiologische die chemische Betrachtungsweise nothwendig dann, wenn uns nur die äußeren Erscheinungen eines Kräftewechsels gegeben sind, dessen chemische Bedingungen zunächst noch unbekannt

bleiben. Die psychologische wird zumeist in solchen Fällen ganz ohne Anwendung bleiben, wo die einzelnen Vorgänge keine weiteren Folgewirkungen psychischer Art erkennen lassen, mit denen sie, den allgemeinen Principien psychischer Causalität gemäß, eine Reihe von Motiven und Zwecken bilden. Umgekehrt dagegen wird die psychophysische Interpretation immer dann vor den beiden anderen in den Vordergrund treten, wenn ein umfassenderer Zusammenhang von Lebensvorgängen einen psychologisch zu deutenden Zweckzusammenhang erkennen lässt, während uns die physiologischen und chemischen Zwischenglieder, welche die äußere causale Verbindung der einzelnen Theile dieses Zusammenhanges herstellen, völlig entgehen. Somit kommt jene dreifache Interpretation der Lebensvorgänge im allgemeinen dergestalt zur Anwendung, dass bei den einfachsten, in der Verbindung der unmittelbar auf einander folgenden Lebensacte der Beobachtung zugänglichen Erscheinungen der physiologische und der chemische Standpunkt, sei es einer allein sei es beide in ihrer Verbindung, überwiegen, wogegen bei umfassenderen, über größere Zusammenhänge sich erstreckenden Entwicklungen die Hülfe der psychologischen Erklärung in vielen Fällen unerlässlich wird. Kaum bedarf es überdies der Bemerkung, dass die physiologische und die chemische Betrachtung wieder in engerer Verbindung mit einander stehen, insofern beide sich auf die physische Seite des Lebens beziehen, welche physiologisch vom Gesichtspunkt des stattfindenden Kräftewechsels, chemisch von dem des Stoffwechsels aus untersucht wird. Wo der letztere bekannt ist, da ergeben sich aus ihm ohne weiteres auch die leitenden Principien für die Beurtheilung des ersteren; dagegen ist uns nicht selten der Kräftewechsel in seinem allgemeinen Zusammenhang zugänglich, ohne dass die begleitenden chemischen Verbindungs- und Zersetzungserscheinungen zureichend bekannt wären. Nur diese Lücken in unserer Kenntniss des vitalen Chemismus bedingen es, dass eine rein physiologische Interpretation ergänzend eintreten muss. Je mehr daher diese Lücken verschwinden, um so mehr wird eine beide Seiten gleichzeitig umfassende physiologisch-chemische Erklärung gefordert.

Anders verhält es sich mit dem psychischen Inhalt der Lebensvorgänge. Er bildet einen Causalzusammenhang für sich, der

zwar nach dem Princip des psychophysischen Parallelismus immer mit entsprechenden Gliedern der physiologisch-chemischen Causalreihe verbunden, aber wegen der Ungleichartigkeit der hier und dort stattfindenden Begriffe ebenso wenig aus jenen abzuleiten ist, wie aus ihm selber die Glieder der physischen Causalität zu gewinnen sind. Hier bleiben daher fortan die physische und die psychische Interpretation zwei getrennte Aufgaben, die zu einander in Beziehung gesetzt, niemals aber zu einer Einheit verbunden werden können. In der Anwendung verräth sich diese Incongruenz beider Auffassungen insbesondere auch an denjenigen Eigenschaften des psychischen Geschehens, welche hier das Verhältniss wechselseitiger Stellvertretung voraussichtlich zu einem bleibenden machen. Das psychische Sein wird für uns überall erst da nachweisbar, wo die einzelnen psychischen Acte einen umfassenden Zusammenhang zu bilden anfangen, welcher Lebensäußerungen möglich macht, die den Handlungen unseres eigenen Bewusstseins einigermaßen ähnlich sind. Ehe diese Stufe erreicht wird, ist das psychische Sein zwar ein nothwendiges Postulat für die Begreiflichkeit der tatsächlichen psychischen Entwicklungen, aber es ist selbst nicht nachweisbar: alle Lebensvorgänge, die sich unterhalb dieser Stufe vollziehen, sind daher bloß einer physiologisch-chemischen Interpretation zugänglich. Umgekehrt dagegen bringt es der objectiv-teleologische Charakter aller psychischen Causalität mit sich, dass es bei ihr möglich wird, Beziehungen zwischen weit von einander abliegenden Thatsachen aufzufinden, deren Zwischenglieder unserer Nachweisung völlig entgehen, so dass die physiologisch-chemische Erklärung, für welche die stetige Verbindung nach Grund und Folge die Regel ist, ihre Hülfe versagt. So kommt es, dass im allgemeinen nur gewisse, in der Mitte zwischen diesen Grenzfällen liegende Erscheinungsreihen beiden Interpretationsweisen zugänglich sind, während sonst die Gebiete derselben derart auseinanderfallen, dass das physiologische Verständniss der Lebensvorgänge gewöhnlich da aufhört, wo das psychologische beginnt, und umgekehrt.

4. Entwicklung der zusammengesetzten Lebensformen. Geschlechtliche Zeugung.

Verfolgen wir von den hier festgestellten Gesichtspunkten aus die weitere Entwicklung des Elementarorganismus, so kann zunächst die oben betrachtete einfachste Stufe nach zwei verschiedenen Richtungen sich fortbilden. Bei der ersten bleiben die aus dem Spaltungsprocess hervorgegangenen neuen Elementarorganismen vereinigt, so dass Zellenverbände von mehr oder minder großer Ausdehnung entstehen. Die zweite führt zu einer Differenzirung, welche physiologisch als Arbeitstheilung, chemisch als Ausbildung von Theilmoleculen mit selbständigen Affinitätswirkungen, psychologisch als Vervollkommnung der ursprünglichen primitiven Willenshandlungen durch Anpassung der Substrate an ihren Zweck aufgefasst werden kann. Diese erste functionelle Differenzirung besteht nämlich in der Sonderung contractiler Hüllen von der übrigen Leibesmasse, woran als weiterer Act nicht selten die Entwicklung besonderer contractiler Organe, Cilien, Ruderfüße als Anhangsgebilde der Hülle, in einzelnen Fällen auch contractiler Blasen im Innern des Leibes, sich anschließt. Die so gebildeten beiden Entwicklungsformen, die wir als die vegetative und die animalische unterscheiden wollen, weisen nun schon durch ihre Entstehungsweise darauf hin, dass die erstere vorwiegend unter dem Einfluss äußerer, die zweite unter dem innerer Ursachen zu Stande kommt, wobei aber doch weder dort bestimmte innere noch hier bestimmte äußere Bedingungen fehlen werden. So dürfte bei der vegetativen Lebensform der bleibende Zusammenhang der einzelnen Zellen durch innere Molecularattractionen vermittelt werden, deren Entstehung mit dem beginnenden Theilungsprocess zusammenfällt, während die Wachstumsrichtung der einzelnen Theile und infolge dessen die Gestalt des sich bildenden Zellverbandes zunächst von den äußeren Einflüssen der Schwere, des Lichtes, der umgebenden Assimilationsstoffe u. s. w. abhängt. Bei der auf der Stufe des Elementarorganismus verbleibenden animalischen Entwicklungsform dagegen wird die den Spaltungsvorgang begleitende Contraction bleibende Molecularverschiebungen hervorbringen, die ihrerseits erst unter dem begünstigenden Einflusse äußerer Bedingungen zu jener

fortschreitenden Differenzirung der Theile führen kann, welche zur Entstehung besonderer motorischer Gebilde erforderlich ist. Bleibt die bis dahin erfolgte Scheidung der Lebensformen eine definitive, so repräsentirt sie zugleich die einfachsten Gattungen der Lebewesen in ihrem scharf ausgeprägten functionellen Gegensatze. Als vorübergehende Bildungen sind sie aber zugleich die Ausgangspunkte für die Entwicklung der höheren Organismen.

Sichtlich ist nun diese Entwicklung innig gebunden an einen für die Erhaltung und Vervollkommnung des organischen Lebens ungemein wichtigen und in die frühesten Anfänge desselben zurückreichenden Vorgang, an die geschlechtliche Zeugung. Ihre erste Spur ist wahrscheinlich in der räumlichen Scheidung der beiden Kerngebilde zu finden, deren Verbindung und Zersetzung den Spaltungsprocess der Zelle einleitet. Daran schließt sich als erste Form einer Zeugung durch Vereinigung getrennter, aber noch nicht sexuell verschiedener Individuen die *Conjugation*, bei welcher ein ähnlicher *Attractionsvorgang*, wie er bei der einfachen Zelltheilung innerhalb der einzelnen Zelle stattfindet, zwischen den Kerngebilden selbständiger Elementarorganismen einzutreten scheint. Im Anschlusse an die oben entwickelten Vorstellungen wird dem *Conjugationsact* wieder eine dreifache Deutung zu geben sein. Chemisch eine *Affinitätswirkung*, die in noch beträchtlichere räumliche Entfernungen wirkt als die *Kernattraction* in der Einzelzelle, bezeichnet er physiologisch eine wechselseitige, von starker *Protoplasmabewegung* gefolgte Reizung, psychologisch einen einfachen Gefühls- und Willensact, der in seiner Wechselbestimmung zwischen zwei getrennten Individuen als erste elementare Aeußerung eines noch nicht sexuell differenzirten Triebes der Vereinigung, somit als Vorläufer des Geschlechtstriebes gedeutet werden kann.

Physiologisch hat dieser Vorgang den Erfolg, dass er das organische Wesen zu neuen Combinationen von Lebensäußerungen befähigt, deren seine Erzeuger entbehrten, und dass er daher auf diesem Wege ein wichtiges Moment weiterer Entwicklung wird. Diese Wirkung der doppelseitigen Zeugung begreift sich im allgemeinen aus der Mischung der Eigenschaften der Erzeuger in ihren Nachkommen. Denn in den so entstandenen Mischungen werden stets leichter als bei der monogenen Zeugung Eigenschaften vorkommen,

die den vorhandenen Lebensbedingungen am besten entsprechen. Das nämliche gilt für die psychischen Eigenschaften, die Gefühls- und Willensthätigkeiten, die übrigens an sich schon durch die Entstehung von Gattungstrieben, deren erste Spur sich hier zu regen beginnt, eine ungemein wichtige, alle fernere Entwicklung bestimmende Erweiterung erfahren. Abgesehen von diesen functionellen Vortheilen scheinen aber noch andere, an die chemische Stoffmischung als solche gebundene Folgen die amphigone Zeugung zu begünstigen, wie namentlich die bei den höheren Pflanzen ausführbare Vergleichung der beiden, hier neben einander möglichen, Fortpflanzungsformen durch Stecklinge und durch befruchtete Keimzellen beweist. Bei der ungemein verwickelten Zusammensetzung des Elementarorganismus ist es wohl denkbar, dass einzelne Theilmolecüle im Laufe der monogenen Fortpflanzungen allmählich irriterter werden als andere, so dass der Spaltungsprocess zu einer schließlichen Erschöpfung der chemischen Affinitätsenergie des Gesamtmolecüls führt. Hier können nun bei der doppelseitigen Zeugung die restitutionfähigen Molecüle sich ergänzen, und sie werden dies um so leichter thun, je mehr die andern vormöge ihrer Irresistenz aus dem organischen Stoffwechsel auszuschcheiden geneigt sind.

Bei der geschlechtlichen Zeugung tritt zu diesen Bedingungen noch die Ausbildung verschieden organisirter Geschlechtsindividuen hinzu. Ist auch die allgemeine Anlage zur Entstehung der Geschlechtsdifferenz in den differenten Kerngebilden des Elementarorganismus, dem Nucleus und Nucleolus, bereits gegeben, so ist doch die Entwicklung sexueller Unterschiede der Individuen überall erst ein Ergebniss zusammengesetzter Organisation. Da aber bis zu den höchsten Stufen des Thierreichs der Organismus fortan zweigeschlechtlich angelegt bleibt, so ist auch hier noch der Zusammenhang mit jener ursprünglichen Form amphigoner Zeugung erkennbar. Die Entstehung der sexuellen Differenzirung kann demnach kaum anders als so gedacht werden, dass bei der Ausbildung des zusammengesetzten Organismus die Entwicklungen der Sexualproducte wechselseitig hemmend auf einander wirkten, worauf dann die nachher zu erörternden Einflüsse der Vererbung die so begonnene Scheidung der Individuen befestigten und verstärkten. Alle die Bedingungen aber, welche schon bei den primitiven Formen der

amphigonen Zeugung zur Befestigung des chemischen Lebensprocesses beitragen, mussten sich nun bei der sexuellen Differenzirung in höherem Maße geltend machen. Hierauf weist namentlich auch die Beobachtung hin, dass erst mit dem Auftreten zweigeschlechtlicher Fortpflanzung ein größerer Spielraum individueller Variabilität bemerkbar wird, wodurch die schnellere Ausbildung nützlicher ebenso wie das Verschwinden nutzlos gewordener Gattungscharaktere begünstigt werden muss¹⁾.

Abgesehen von dem zu Grunde liegenden Chemismus, der in diesem Falle allzu verwickelt ist, als dass er auch nur mittelst zu reichender Analogien sich verdeutlichen ließe, kommen hier von physiologischer Seite die Arbeitstheilung, von psychologischer die Differenzirung der Triebe als wichtige Hilfsmomente zur Geltung. Die Geschlechtsdifferenz ist die erste Form der Arbeitstheilung, welche über das Einzelwesen hinausreicht. Sie ist so das Vorbild für alle jene weiteren functionellen Unterscheidungen, die schon im Thierreich zu wechselseitigem Schutz und zu besserer Ausnützung der Lebensbedingungen beitragen, damit aber regelmäßig auch die allgemeine Leistungsfähigkeit der Art erhöhen und sie widerstandsfähiger machen gegen störende Einflüsse. Psychologisch bildet endlich die Entwicklung des ursprünglichen Vereinigungstriebes zum Geschlechtstrieb eine der wichtigsten Stufen in der allgemeinen Triebentwicklung, welche wiederum im Thierreich in die Ausbildung des Willens wie der Intelligenz gewaltig eingreift, so dass man wohl sagen darf: die geistige Ausbildung der höheren Thiere, mit ihr aber nothwendig zugleich die ganze Eigenthümlichkeit ihrer physischen Entwicklung würde für uns ohne die Geschlechtsdifferenz unbegreiflich bleiben. Für die allgemeine Würdigung der Entwicklungsvorgänge ist es jedoch ein wichtiger Gesichtspunkt, dass die sexuelle Zeugung, so wenig wie irgend eine andere Grundfunction, ein absolut neuer Vorgang ist, sondern dass zu ihr sichtlich schon in der primitivsten Form des Zeugungsactes insofern die Vorbereitung gegeben ist, als jede Zellentheilung an die Wechselwirkung verschiedener Kerngebilde gebunden erscheint. Betrachtet man diese als die Urformen der geschlechtlich

1) Man vergl. hierzu A. Weismann, Die Bedeutung der sexuellen Fortpflanzung. Jena 1888. S. 34 ff.

differenzirten Keimelemente, so fällt in der That der Ursprung der geschlechtlichen Zeugung mit dem der Zeugung überhaupt zusammen, da die geschlechtliche Differenzirung der Individuen, ein so wichtiger Vorgang für die Vervollkommnung der organischen Welt sie auch sein mag, doch immer nur als eine Stufe in der Ausbildung der Geschlechtsdifferenz angesehen werden kann, deren wahrer Anfang mit der Entstehung differenter Keimstoffe gegeben ist.

5. Verbindung der Theile im zusammengesetzten Organismus.

Von den beiden primitiven Organisationsstufen, die wir oben als die vegetative und die animalische bezeichneten, bildet die letztere wieder den Ausgangspunkt zweier Entwicklungsreihen. Bei der ersten geht der Elementarorganismus, nachdem er einige Zeit zumeist in thierähnlichem Zustande frei beweglich gelebt hat, später in die sprossende Form über, um sich so ebenfalls zu einem pflanzlichen Organismus zu entwickeln. Bei der zweiten unterliegt der Elementarorganismus einem wiederholten Spaltungsprocess, an dessen Ende derselbe in eine aus zahlreichen Zellen bestehende Kugel umgewandelt ist. Dieser Process der »Eifurchung« bildet den Anfang für die gesammte Entwicklung der höheren Pflanzen und der zusammengesetzten Thiere. Zugleich mit einer fortgesetzten Vermehrung der Elemente vollzieht sich hier ein Process functioneller Differenzirung, welcher aus dem ursprünglich gleichartigen Zellenmaterial die verschiedenen Gewebe und Organe hervorgehen lässt. Dieser Entwicklungsprocess bietet zahllose Einzelprobleme dar, an deren Lösung bei dem heutigen Stand unserer Kenntnisse noch nicht gedacht werden kann. Zunächst aber ist es eine Frage, die wenigstens eine provisorische Beantwortung erheischt, da erst mit Hülfe derselben für die Behandlung aller andern Aufgaben eine Grundlage zu gewinnen ist. Diese Frage bezieht sich auf die Bedingungen des bei der Entwicklung aller zusammengesetzten Organismen sich ausbildenden bleibenden Zusammenhangs der Theile. Erst wenn dieser Zusammenhang erklärt ist, kann auch die fernere Frage nach dem Grund der Differenzirung der Gewebe und Organe sowie nach den Ursachen der Befestigung

und Häufung der im Laufe der Entwicklung erworbenen Eigenschaften mit einiger Aussicht auf Erfolg in Angriff genommen werden.

Unter den neueren Entwicklungstheoretikern hat besonders Nägeli auf die Nothwendigkeit der Annahme einer Verbindungssubstanz für die Zellenmassen des zusammengesetzten Organismus und auf die Bedeutung hingewiesen, welche dieselbe für die Organisationsform und ihre Erhaltung infolge der Vererbung besitzen müsse. An die Annahme dieser Substanz, die wir als »Holoplasma« bezeichnen wollen, hat dieser Forscher vitalistische Vorstellungen geknüpft, denen wir uns hier aus Gründen, die aus der an anderer Stelle gegebenen Kritik des Vitalismus im allgemeinen erhellen werden, nicht anschließen können¹⁾. Hiervon abgesehen hat aber, wie mir scheint, die Annahme einer den Zusammenhang der Organe und Zellverbände vermittelnden Gerüstsubstanz des organischen Körpers ihre volle Berechtigung. Ist dies der Fall, so entsteht nun die Aufgabe, jenem Begriff in ähnlicher Weise eine physiologisch-chemische Deutung zu geben, wie wir solches in Bezug auf den einzelnen Elementarorganismus und seine Bestandtheile versucht haben. Hier sind nun zwei Forderungen festzuhalten: erstens müssen die Theile des Holoplasmas unter sich in einem nirgends unterbrochenen Zusammenhang stehen; und zweitens müssen sie an jedem Ort des Körpers mit den dort befindlichen Elementartheilen, den Zellen und den andern aus Zellen hervorgegangenen geformten Elementen, verbunden sein. Beide Verbindungen können nach dem früher bemerkten als chemische Affinitätswirkungen betrachtet werden. Das Holoplasma denken wir uns demnach als eine intercellulare chemische Verbindung, welche durch freie Affinitäten mit den umgebenden Zellen verkettet ist, während zugleich andere freie Affinitäten desselben benachbarte Theile des Holoplasmas mit einander verbinden. Denken wir uns, wie früher, den Elementarorganismus als Gesamtmolecül, so kann demnach bei dem Spaltungsprocess desselben ein

1) Nägeli (Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammung. München 1884) bedient sich des Ausdrucks »Idioplasma«. Ich vermeide denselben, theils um von vornherein der Verwechslung mit den teleologischen Vorstellungen der Nägeli'schen Abstammungslehre vorzubeugen, theils um in dem Namen Holoplasma die Bedeutung dieser Plasmaform für den ganzen Organismus, im Gegensatz zu dem der einzelnen Zelle angehörigen Protoplasma, anzudeuten.

doppeltes sich ereignen: 1) die Spaltung ist eine vollständige, so dass zwischen den Spaltungsproducten selbst keine Affinität übrig bleibt; 2) die Spaltung ist eine unvollständige, indem zwar der größte Theil der Masse in die Spaltungsproducte übergeht, aber ein kleiner theils zerstört und als Excretionsproduct entfernt wird, theils eine Zwischensubstanz bildet, welche durch freie Affinitäten an die entstandenen Spaltungsproducte gebunden ist und so indirect diese mit einander verkettet. Setzt sich der Process der Spaltung fort, so wird dann das neu entstehende Hologlasma außer mit den ihm benachbarten Zellen auch mit den früher vorhandenen Hologlasmatheilen durch freie Affinitäten verbunden, und es wird so allmählich eine größere Zellenmasse zu einem System verkettet werden. Im ersten der oben unterschiedenen Fälle bleiben die entstandenen Spaltungsproducte selbständige Elementarorganismen: der Formenkreis des Protozoon wird nicht überschritten. Im zweiten Fall bildet sich ein zusammengesetzter Organismus, ein Metazoon. Das letztere ist daher vom chemischen Standpunkte aus als eine gewaltige Ansammlung von ungemein zusammengesetzten Molecülen aufzufassen, die zugleich die Eigenschaften von Formelementen besitzen, und zwischen denen sich eine Gerüstsubstanz befindet, die aus ungeformten Molecülen besteht, welche überall sowohl mit den eingelagerten Zellen wie mit den benachbarten Molecülen der Gerüstsubstanz selber durch freie Affinitäten verbunden sind.

Nehmen wir nun an, in diesem System eines Metazoon sei ein vollkommenes Gleichgewicht chemischer Affinitätswirkungen vorhanden, so wird das letztere zunächst dadurch gestört werden können, dass durch äußere gewaltsame Einwirkungen irgend welche Elemente losgetrennt werden. Die Folge wird sein, dass an der betreffenden Stelle die freien Affinitäten des Hologlasmas nicht mehr gesättigt sind. Hierdurch wird eine zersetzende Wirkung auf die vorhandenen Zellen ausgeübt: diese werden theils zerfallen, theils, indem ihre Assimilationsenergie sich steigert, Spaltungsprocesse erfahren, so lange bis wieder ein neuer Gleichgewichtszustand eingetreten ist, der entweder, indem die neu gebildeten Elemente für die verloren gegangenen eintreten, vollständig dem früheren gleicht, oder infolge von Veränderungen, die auch das Hologlasma er-

fahren, eine bleibende Verkümmernng zur Folge hat. Den ersten dieser Fälle nennen wir *Regeneration*, den zweiten *Vernarbung*. Je leichter die Spaltungsfermente der Zellen erregt werden, um so leichter wird *Regeneration* eintreten. Uebrigens ist zwischen beiden Fällen nur ein gradweiser Unterschied: *Vernarbung* ist unzureichende *Regeneration*. So lange die Lebenseigenschaften des Organismus nicht völlig zerstört sind, bleibt immer auch in irgend einem Grade sein *Regenerationsvermögen* bestehen.

Aber jener ideale Gleichgewichtszustand selbst ist in jedem Augenblick nur annähernd verwirklicht. Die *Selbstzersetzung* der Elemente, welche den Lebensprocess begleitet, dauert stets auch dann noch fort, wenn durch irgend welche Bedingungen der vollständige *Wiederersatz* der verloren gegangenen Bestandtheile unmöglich wird. Auf diese Weise gehen in die *Excrete* nicht blos die regelmäßigen *Stoffwechselerzeugnisse* der Gewebe, sondern auch abgestoßene *Gewebstheile*, die bleibend verloren werden, über. Endlich aber können *Elementartheile* dadurch, dass sie selbst von vornherein starke *Spaltungsfermente* in sich enthalten, die eine rasche *Vermehrung* derselben bedingen, zu selbständigen *Wachstumsproducten* sich entwickeln und so die *Affinität* zu den sie ursprünglich mit dem *Gesamtorganismus* verkettenden Theilen des *Holoplasmas* verlieren. Dies erfolgt normaler Weise bei den *Zeugungsproducten*, in krankhafter Art bei gewissen *Geschwulstbildungen*, welche in die *Selbstzersetzung*, der sie infolge ihrer übermäßigen *Wucherung* anheimfallen, meist auch die normalen *Gewebelemente*, mit denen sie in *Verbindung* stehen, hineinziehen.

6. Problem der organischen Variabilität. Differenzirung der Organe und Functionen.

Alle diese Entwicklungen greifen im allgemeinen bereits auf *Stufen* der *Organisation* hinüber, zu deren *Verständniss* weitere *Voraussetzungen* erforderlich sind. Die *Organisationsform*, welche durch die *Entstehung* des *Holoplasmas* mit den ihm zugeschriebenen *Eigenschaften* begreiflich gemacht werden soll, ist zunächst ein *Metazoon* einfachster Art, wie es etwa in dem *functionell* noch nicht *differenzirten Ei* der *Pflanzen* und *Thiere* nach *Zurücklegung*

der ersten Stadien der Theilung vorliegt. Mag es nun auch sein, dass in einzelnen Fällen mit der Bildung eines solchen Zellenaggregates, abgesehen von der schließlichen Entstehung von Fortpflanzungszellen, die Organisation sich erschöpft hat, so führt doch die allgemeine Richtung der Entwicklung über diese primitive Stufe hinaus, indem sich mit der fortgesetzten Theilung der Zellen eine immer weitergehende Differenzirung derselben verbindet, als deren Ergebniss schließlich die in der zusammengesetzten Organisation mit großer Regelmäßigkeit und doch für die verschiedenen Lebensformen wieder in bestimmt unterschiedener Weise durchgeführte Scheidung der Organe zurückbleibt. Die Entwicklungsgeschichte eines jeden Individuums erinnert daran, dass diese Scheidung eine aus dem Zustande ursprünglicher functioneller und morphologischer Gleichartigkeit heraus gewordene ist, und sie mahnt so an die unabweisliche Aufgabe, über die Möglichkeit der Entstehung einer solchen tiefgreifenden Arbeitstheilung Rechenschaft zu geben. Die Frage, wie diese Differenzirung der Organe sich bei der Entwicklung eines jeden Einzelwesens immer wieder in der nämlichen Weise in verhältnissmäßig kurzer Zeit wiederholen kann, muss hier vorläufig zurücktreten. Das nächste Problem besteht darin begreiflich zu machen, wie, die Festhaltung der einmal erworbenen Eigenschaften vorausgesetzt, überhaupt im Laufe zahlloser Generationen derartige Veränderungen und veränderte Anordnungen der Theile entstehen konnten.

Nach zwei Richtungen gehen die Antworten auf diese Frage, die man allgemein als das Problem der organischen Variabilität bezeichnen kann, aus einander. Bald sucht man in inneren, bald in äußeren Ursachen die Bedingungen jener Veränderungen. Hier sind es die Lebenseinflüsse der Umgebung, Luft und Licht, Klima und Ernährung, welchen man die verändernde Wirkung zuschreibt; dort sind es innere Entwicklungsbedingungen, sei es eine in der Organisation von Anfang an wirkende zweckthätige Kraft, sei es die eigene Function der Theile, welche eine zweckmäßige Umbildung bewirken. Eine klarere Ausprägung haben diese Gegensätze vornehmlich in den Theorien von Lamarck und Darwin erhalten. Beide waren bemüht, über die Beschaffenheit der die Umbildung erzeugenden Ursachen Rechenschaft zu geben, indem

sie von bekannten Erfahrungsthatſachen ausgingen, Lamarck von der Vervollkommnung der Organe durch Uebung, Darwin von den Einflüssen des Wettbewerbs verschiedener Individuen und Arten um die allgemeinen Lebensbedingungen. Da die Thatſachen, die für Lamarck's Princip in's Feld zu führen ſind, immer nur ſehr begrenzte Veränderungen umfaſſen, ſo ließ er ſich leider verführen, die Lücken durch kühne Speculationen auszufüllen, denen man mit Recht entgegenhalten konnte, daß die abzuleitenden Erfolge eigentlich ſchon vorhanden ſein müſſen, wenn die angenommenen Bedingungen in Wirksamkeit treten, wie das ſo deutlich aus dem Beiſpiel der Giraffe erhellt, deren Hals ſich deshalb verlängert haben ſoll, weil ſie gewohnt ſei von den Blättern hoher Bäume zu freſſen. Gegenüber dieſer willkürlichen Umkehrung der thatſächlich gegebenen Causalbeziehungen bot die Darwin'sche Hypotheſe ein ſo unvergleichlich viel größeres Material unterſtützender Beobachtungen dar, daß, wie man auch über die allgemeine Tragweite derſelben denken mochte, wenigſtens die von ihr angenommenen Bedingungen der Veränderung organiſcher Formen als thatſächlich erwieſene angeſehen werden durften. So wird es denn begreiflich, daß man über dem imponirenden Eindruck dieſer thatſächlichen Beweisgründe zumeiſt übersah, wie das Verhältniß zwischen Vorausſetzungen und Thatſachen gleichwohl auch hier im weſentlichen kein anderes war als dort. Die Abänderung und Vervollkommnung der Arten ſoll nach Darwin überall durch die Ausleſe des Nützlichen im Kampf um's Dasein zu Stande kommen, indem regelmäßig diejenigen Lebensformen am meiſten Aussicht haben am Leben zu bleiben und ihre Eigenſchaften auf ihre Nachkommen zu vererben, die den Lebensbedingungen der Umgebung am meiſten angepaßt ſind. So entgehen ſolche Thiere den Nachſtellungen ihrer Feinde am beſten, deren Färbung und Zeichnung der Umgebung am ähnlichſten iſt. So ſind unter den blüthenbeſuchenden Inſecten diejenigen am meiſten begünſtigt, deren Saugorgane die zur Gewinnung des Honigs aus den Blüthentheilen zweckmäßigſte Beſchaffenheit beſitzen; und unter den Blüthen ſind wieder jene am günſtigſten geſtellt, welche durch Farbe oder Geruch am meiſten die Inſecten anlocken, damit dieſe durch unabſichtliche Uebertragung des Pollenſtaubes von einer Blüthe zur an-

dern die Fortpflanzung unterstützen, u. s. w. Gewiss werden alle solche Einflüsse der Anpassung zur Erhaltung und Verstärkung gewisser Eigenschaften beitragen, nachdem diese letzteren erst in einem gewissen Grade vorhanden sind. Von welchen Bedingungen aber die erste Entstehung der Eigenschaften abhängt, die sich im Kampfe um's Dasein nützlich erweisen, das bleibt gänzlich dahingestellt. Somit kann auch das Princip der Auslese im Wettbewerb um die Bedingungen der Existenz und der Fortpflanzung nur ein mehr oder weniger wirksames Hilfsmoment der Artentwicklung sein, nimmermehr die letzte Bedingung derselben.

Es heißt auf die Lösung des hier vorliegenden Problems verzichten, wenn man, wie es noch in neuerer Zeit von hervorragenden Biologen geschehen ist, einfach die Tendenz zur Umänderung, zur fortschreitenden Arbeitstheilung und Vervollkommnung als eine ursprüngliche Eigenschaft der organischen Substanz betrachtet. Denn es werden damit lediglich die Thatsachen selbst, um deren Deutung es sich handelt, zu einem Allgemeinbegriff vereinigt, dem man dann willkürlich eine causale Bedeutung beilegt, ganz so wie dies bei den falschen Zweckbegriffen des älteren Vitalismus und der psychologischen Vermögenstheorie geschehen war. Die gelegentliche Versicherung, dass man sich dieses Vervollkommnungsprincip als ein streng »mechanisches« zu denken habe, ändert hieran durchaus nichts. Denn mechanisch in der wahren Bedeutung des Wortes könnte es doch nur dann sein, wenn es als der Gesamtausdruck einer Reihe von Vorgängen nachzuweisen wäre, die man auf die allgemeingültigen mechanischen Principien zurückführen kann. Wenn hieran überhaupt zu denken wäre, so würde es offenbar geboten sein, diese mechanische Analyse wirklich vorzunehmen, statt sich mit einem durch seine Unbestimmtheit völlig inhaltsleeren Totalbegriff zu begnügen. In Wahrheit ist aber, von allen Schwierigkeiten abgesehen, auf dem hier eingenommenen Standpunkte der Erfolg einer auch nur auf die allgemeinsten Zusammenhänge sich beschränkenden mechanischen Interpretation schon um deswillen völlig aussichtslos, weil hier ebenso einseitig die inneren wie bei der Darwin'schen Annahme die äußeren Einflüsse in den Vordergrund gestellt sind.

Nun beruhen alle Lebensvorgänge auf einer fortwährenden

Wechselwirkung innerer und äußerer Bedingungen. Auch die Entstehung der Lebensformen, dieser wichtigste aller Lebensvorgänge, kann sich jener allgemeinen Regel unmöglich entziehen. Wohl liegt hier in der weit überwiegenden Bedeutung, welche bei der individuellen Entwicklungsgeschichte den in dem Einzelwesen ursprünglich vorhandenen Anlagen zukommt, leicht die Verführung, auch bei der ersten Entstehung der Artformen einen ähnlichen Einfluss ursprünglicher Entwicklungstribe vorauszusetzen. Aber dabei vermengt man das Problem der organischen Variabilität mit dem der Vererbung. Die individuelle Entwicklungsgeschichte ist in ihren wesentlichsten Zügen ein Product der letzteren. Darum durchläuft der zusammengesetzte Organismus eine Reihe von Stufen, die — man denke nur an das Kiemenstadium des höheren Wirbelthierembryo — den äußeren Lebensbedingungen schlechterdings nicht mehr entsprechen. In der Stufenfolge der organischen Arten, welche stets zugleich relativ beharrende Zustände darstellen, die eine allgemeine Anpassung an die äußeren Lebensbedingungen fordern, ist ein derartiger Widerspruch zwischen den letzteren und der Organisationsform höchstens in Bezug auf untergeordnete und gleichgültig gewordene Reste früherer Stufen möglich; im ganzen aber bietet jede organische Form von dauerndem Bestande Lebenseigenschaften dar, die ebensowohl den äußeren Bedingungen ihrer Existenz wie dem durch die vorangegangenen Entwicklungen erreichten inneren Zustände entsprechen. Wo die äußeren und inneren Bedingungen gleich sind, kann natürlich auch die weitere Veränderung nur in übereinstimmender Weise erfolgen. Da dies aber vielfach nicht zutrifft, so wird es im allgemeinen begreiflich, dass die nämlichen Lebenseinflüsse sogar bei ähnlichen Formen verschiedene Abänderungen hervorbringen, oder dass in anderen Fällen abweichende Einflüsse übereinstimmende Wirkungen äußern können. Gerade darum aber wird daran festzuhalten sein, dass jede organische Form gleichzeitig das Erzeugniss äußerer und innerer, in fortwährender Wechselbeziehung stehender Bedingungen ist.

Begreiflicher Weise sind unter diesen Bedingungen die äußeren zumeist am leichtesten nachweisbar. Veränderungen derselben, die von entsprechenden Abweichungen der organischen Entwicklung gefolgt sind, lassen sich verhältnissmäßig leicht mittelst der Beob-

achtung und zuweilen sogar mit Hülfe absichtlicher experimenteller Einwirkungen verfolgen. So wird das Wachsthum der Pflanzenzellen durch Schwere, Licht und Wärme, Zufuhr von Wasser und Salzen quantitativ wie qualitativ, namentlich aber in den für die Ausbildung der pflanzlichen Formen hauptsächlich bestimmenden Wachstumsrichtungen nachweisbar beeinflusst. Nicht minder sind auf die Hautfärbungen sowie auf manche tiefer greifende Organisationsverhältnisse der Thiere Licht, Wärme und umgebendes Medium von Einfluss. Einen der auffallendsten Belege hierfür bildet die Fähigkeit gewisser Kiemenmolche, je nach Umständen sich zu Land- oder Wasserthieren zu entwickeln und demgemäß entweder die Kiemenathmung beizubehalten oder zur Lungenathmung überzugehen, Umwandlungen, die, abgesehen von der entsprechenden Metamorphose der Athmungsorgane, immer zugleich mit correlativen Aenderungen anderer Theile verbunden sind¹⁾. Dieses Beispiel zeigt außerdem, wie in solchen Fällen die äußeren mit inneren Einflüssen sich verbinden. Unmöglich könnte das kiemenathmende Thier durch die Versetzung auf das Trockene zur Lungenathmung übergehen, oder umgekehrt das bereits zur letzteren entwickelte Thier durch das fortdauernde Leben im Wasser bei der Kiemenathmung festgehalten werden, wenn nicht die unter dem Einfluss einfacher Triebe und Willenshandlungen stehenden Organe in beiden Fällen in verschiedener Weise zur Thätigkeit veranlasst würden. Die Organe, die nicht in Function treten, verkümmern, und diejenigen, welche functionell geübt werden, bilden sich aus und vervollkommen sich. Zu jeder Function gehören so die Wirkung äußerer Lebensbedingungen und die Selbstthätigkeit der Organe. Fällt jene hinweg, so hört diese auf, weil der Reiz fehlt, der die zur Thätigkeit der Organe erforderlichen Triebe anregt. Werden umgekehrt aus irgend welchen inneren Ursachen die Triebe unterdrückt, oder werden die Functionen gehemmt, so bleiben die Lebensreize wirkungslos. Nun wird es freilich nur in seltenen Fällen vorkommen, dass die Lebensbedingungen schon während einer individuellen Lebensgeschichte, wie in dem obigen Beispiel, gleich-

1) Marie von Chauvin, Ztschr. f. Wiss. Zool. XLI, S. 385. Weitere Beispiele äußerer Lebensinflüsse vergl. bei Eimer, Die Entstehung der Arten, I. S. 84 ff.

sam die Wahl zwischen zwei abweichenden Organisationsformen offen lassen. Dies ist nur möglich bei Lebensformen, die sich noch einigermaßen in einer Art labilen Gleichgewichts auf der von ihnen erreichten Entwicklungsstufe befinden, so dass es nur geringer Einwirkungen bedarf, um sie entweder vor dem eben erreichten Stadium zurückzuhalten oder in dasselbe überzuführen. In weitaus der Mehrzahl der Fälle ist der Einfluss der vererbten und bereits sicher befestigten Organisation zu gewaltig, als dass die Entwicklung anders als auf Kosten des Lebens selber sich hemmen ließe. Aber die Erwägung, die für andere Voraussetzungen in so weit reichendem Maße in's Feld geführt worden ist, dass im allgemeinen kleine Einflüsse im Lauf einer langen Zeit, wenn sie stetig in der nämlichen Richtung fortwirken, schließlich große Veränderungen herbeiführen können, sie wird für die hier vorausgesetzte Wechselwirkung äußerer Lebensbedingungen und innerer Ursachen um so zutreffender sein, als diese Wechselwirkung in den allgemein geläufigen Vorgängen der individuellen Uebung ihr einfaches Vorbild findet. Gewiss ist es wahr, wenn man gegen die Stetigkeit aller organischen Umbildungen eingewandt hat, zwischen gewissen Lebenszuständen, wie z. B. zwischen dem des Land- und des Wasserthiers, sei nur ein Entweder-oder möglich, und ein vollkommen stetiger Uebergang sei daher in solchen Fällen undenkbar. Aber dass ein Zwischenzustand möglich ist, in welchem eine gegebene Lebensform beide Eigenschaften in sich vereinigt, das zeigen ja deutlich die angeführten Erfahrungen; und aus einem solchen Zwischenzustand kann nun relativ stetig durch die Nichtübung des rudimentär werdenden Organs der Uebergang in die neue, vollkommenere Organisationsform erfolgen.

Jene Wechselwirkung äußerer Lebensreize und functioneller Uebung der Organe ist nur in besonderen Fällen von solcher Art, dass sich die Functionsäußerung unmittelbar auf Triebe, d. h. auf mit Gefühlen verbundene einfache Willensacte beziehen lässt. Doch wie für die einfachsten Lebensvorgänge das Princip der dreifachen Interpretation anwendbar ist, so führt auch die Ausbildung neuer Wachstumsrichtungen oder neuer Organanlagen stets wieder auf jene primitiven Vorgänge der Zelltheilung zurück, die wir hypothetisch ebensowohl als chemische Spaltungsprocesse, angeregt durch

bestimmte äußere Einwirkungen, wie als contractile Reizungserscheinungen, wie endlich als Triebphänomene deuten können. Bei der Ausbildung der so gewonnenen Anlagen kommen aber in der Regel weitere unterstützende Einflüsse hinzu, durch welche der ganze Vorgang eine verwickeltere Gestalt gewinnt, so dass nun bald die eine bald die andere Interpretationsweise in den Vordergrund tritt. So müssen sich bei den durch Schwere und Licht bedingten Wachstumsrichtungen der Pflanzen diese physikalischen Agentien in ihrem Einflusse auf die Flüssigkeitsströmungen innerhalb der Pflanzenzellen vorzugsweise der Beachtung aufdrängen, weil sie diejenigen Vorgänge sind, welche die eintretenden Zelltheilungen nicht nur vorbereiten, sondern auch in den nicht mehr theilungsfähigen, relativ starr gewordenen Zellen fortan wirksam bleiben und so den neuen Sprossen das zu ihrer Vermehrung erforderliche Nährmaterial zuführen. Immerhin, ohne jenen nach unserer Auffassung psychophysischen Vorgang der Contraction und Spaltung zeugungsfähiger Zellen würde dieses ganze Spiel physikalisch-chemischer Vorgänge nicht möglich sein. So sehr daher die Pflanze in ihrer bleibenden Bildung den vorwaltenden Einfluss äußerer Lebensbedingungen erkennen lässt, wie denn in ihr das psychophysische Substrat des Lebens nur noch auf eine gegen die Masse des Organismus zumeist verschwindende Zahl von Elementen beschränkt bleibt, so führen doch alle anderen Theile in gewissem Sinne nur ein abgeleitetes Leben, da die Functionsweise jener primitiven Elemente der ganzen Organisation von Anfang an ihren zweckvollen Charakter verleiht, und da sie es ist, die fortan bei allen bedeutsameren Umbildungen als wesentlich bestimmender Factor auftritt.

Augenscheinlich beruht nun die wesentliche Verschiedenheit der bleibenden Thierformen von den nur in ihren Anfängen thierähnlichen Bildungen der Pflanze darauf, dass die psychophysische Functionsweise bei allen einen thierischen Organismus bildenden Elementartheilen ungleich länger, bei vielen derselben während der ganzen Dauer des Lebens erhalten bleibt. Als die nächste allgemeine Folge hieraus ergibt es sich, dass in dem Zusammenwirken äußerer Lebensbedingungen und functioneller Uebung die letztere einen weit größeren Einfluss ausübt, — so sehr, dass, wie allgemein das Verhältniss von Reiz und Erregung erkennen lässt, die äußere Bedin-

gung immer mehr in die Rolle eines bloß veranlassenden Momentes zurücktritt, und das volle Verständniß der eintretenden Erfolge erst aus der Analyse der Functionen zu gewinnen ist. Bei der Ableitung der einzelnen organischen Formen wiederholt sich hier nur was bereits für das ungleich leichtere Problem der Functionanalyse der bleibenden Organe anerkannte Geltung besitzt. Um die Wirkungen zu verstehen, die ein Reiz auf den Nerven, den Muskel oder auf ein Sinnesorgan ausübt, bedürfen wir vor allem der eingehenden Kenntniß der Eigenschaften dieser Organe, neben welchen die physikalische Natur des Reizes nur insoweit in Betracht kommt, als sie zur Beurtheilung der bei dem Reizungsvorgang stattfindenden Transformation der Prozesse erforderlich ist. Aehnlich ist bei der Entwicklung der thierischen Organe allgemein die Beschaffenheit der verschiedenen in äußeren physikalischen und chemischen Einwirkungen gegebenen Lebensreize unerlässliche Vorbedingung für die Entstehung und die allgemeine Richtung der eintretenden Differenzirungen. Die Eigenthümlichkeit der letzteren wird aber doch nur aus der Function der Theile selber verständlich. Ein durch Licht reizbares Organ z. B. kann natürlich nur da sich ausbilden, wo Licht auf den lebenden Körper einwirkt, also an der Oberfläche desselben, und es muss nothwendig so sich entwickeln, dass die Lichteinwirkung auf bestimmte Elementartheile einen quantitativ wie qualitativ allmählich zunehmenden Einfluss gewinnt. Die Art, wie das geschieht, wird aber doch ganz und gar von den Lebenseigenschaften der Theile und von der Fähigkeit ihrer functionellen Anpassung an gewisse Reize bestimmt sein.

Für das allgemeine Verständniß der auf dieser Grundlage zu verfolgenden Veränderungen der thierischen Formen ist nun zunächst die Thatsache maßgebend, dass alle diese Umwandlungen von der übereinstimmenden Grundform des Elementarorganismus ausgehen. Wie an dem Elementarorganismus selbst, wo er als bleibende Lebensform andauert, eine Differenzirung der einzelnen Theile eintritt, die durch die äußeren Reize angeregt und durch die functionelle Uebung verstärkt und befestigt wird, so muss das nämliche bei den Theilen des zusammengesetzten Organismus in um so durchgreifenderer Weise erfolgen, je länger dieselben auf ihrer ursprünglichen psychophysischen Lebensstufe verbleiben. Einer der

wichtigsten Schritte in dieser Differenzirung, der allem Anscheine nach eine umfangreichere Arbeitstheilung in dem zusammengesetzten Organismus überhaupt erst möglich macht, ist die Ausbildung des Nervensystems. Der erste Anstoß zu seiner Bildung liegt wahrscheinlich in der immer weiter fortschreitenden räumlichen Sonderung der Sinnes- und der Bewegungszellen, von denen jene an der Körperoberfläche verbleiben, während diese mit zunehmender Organmasse in die Tiefe gedrängt werden, indess zugleich aus den ursprünglichen Sinneszellen die Centralzellen des Nervensystems sich aussondern, die auf diese Weise als Mittelglieder zwischen Organe von verschiedenem Functionswerth sich einschalten. Die aus Zellenverlängerungen hervorgehenden Nervenfasern aber stellen ein allgemeines Leitungssystem her, welches, indem es den Zusammenhang der Theile mit den Nervencentren vermittelt, die Gesamtheit der Organe zu einer einzigen functionellen Einheit verbindet. Dieser physiologischen Einheit muss nach dem Princip der dreifachen Interpretation einerseits ein chemischer Zusammenhang und anderseits eine psychologische Einheit entsprechen. Die erstere gibt sich daran zu erkennen, dass an allen Ernährungs- und Regenerationsvorgängen das Nervensystem wesentlich betheilig ist: mit dem Hinwegfallen des Nerveneinflusses wird die Ernährung gehemmt; die Neubildung verloren gegangener Organe oder Organtheile aber ist an die Wiedererzeugung von Nerven gebunden, welche die sich bildenden Elemente mit ihren nervösen Functionscentren und durch diese indirect mit der Gesamtmasse des Organismus in Verbindung setzen. Im Sinne der oben über den Zusammenhang der organischen Elemente eingeführten Vorstellungen lassen diese Verhältnisse kaum eine andere Deutung zu als die, dass das Holoplasma, das ursprünglich gleichförmig zwischen den Elementen des zusammengesetzten Organismus verbreitet ist, mit dem Auftreten des Nervensystems in eine innigere Beziehung zu dem letzteren tritt, indem nun die Nerven-elemente die hauptsächlichsten Zeugungsstätten desselben werden. Dies vorausgesetzt werden überall die Regenerationen anderer Elemente an die vorherige Erzeugung von Nervensubstanz gebunden sein, da diese letztere jene auf die vorhandenen Elementartheile als Spaltungsferment einwirkende Zwischensubstanz hergibt. Daraus wird es zugleich er-

klärlich, dass im allgemeinen jede Regeneration von einem noch gebliebenen Organreste ausgehen muss. Denn das durch die Nerven erzeugte Holoplasma kann nur dann wirksam werden, wenn noch Elemente vorhanden sind, deren Vermehrung es durch seine freien Affinitätskräfte veranlasst.

Deutlicher als dieser chemische Zusammenhang, den wir thatsächlich nur in seinen Wirkungen, in seinen Bedingungen bloß hypothetisch zu verfolgen im Stande sind, ist der psychologische Zusammenhang zu erkennen, der jener physiologischen durch das Nervensystem vermittelten Einheit des zusammengesetzten Organismus entspricht. Er findet seinen Ausdruck in dem nun zur Ausbildung gelangten einheitlichen Willen, welcher alle der animalischen Lebenssphäre angehörenden Functionen direct, die übrigen organischen Verrichtungen indirect, infolge der Herrschaft die das Nervensystem auch über sie ausübt, in seine Dienste nimmt. So wenig wie die physiologische Einheit des Körpers in irgend einem einzelnen Punkte concentrirt gedacht werden darf, gerade so wenig ist dies mit der Willenseinheit der Fall, sondern sie ist das Resultat eines psychischen Zusammenwirkens der Functionen, welches der physischen Verbindung der Organe genau parallel geht. Dieser einheitliche Wille des Gesamtkörpers würde sich darum ohne seine Präformation in dem Elementarwillen des Elementarorganismus ebenso wenig bilden, als die physiologische Einheit des Körpers entstehen könnte, ohne nach allen seinen Functionsrichtungen in den physiologischen Eigenschaften der einfachen Zelle schon vorgebildet zu sein. Wie physiologisch der Organismus in Organe sich gliedert, die bis zu einem gewissen Grade selbständig sind, aber doch durch ihrer aller Verbindung in eine Einheit zusammengefasst werden, so geht auch die Willenseinheit des Gesamtkörpers aus der Zusammenfassung einer Summe niederer Willenseinheiten hervor, die zum Theil in den Functionsformen der niederen Centraltheile noch in ihren Spuren zu erkennen sind. Erst der Wille des Gesamtkörpers aber fasst alle Sinnes- und Bewegungsfunktionen in eine Einheit zusammen, um zweckmäßige Handlungen hervorzubringen, die auf die eigene Organisation zurückwirken und dieselbe immer adäquater den erstrebten Zwecken gestalten. So lässt die Wirksamkeit dieser höchsten individuellen

Willenseinheit zugleich ein helles Licht fallen auf die objective Zweckmäßigkeit des lebenden Körpers. Vollendet sich doch in ihr was auf den Vorstufen der Willensentwicklung allmählich sich vorbereitet hatte. Jenes von Anfang an alle organischen Bildungen beherrschende Streben, die materiellen Substrate des Lebens zu immer vollkommener werdenden Werkzeugen der Zwecke zu gestalten, die in den Lebensverrichtungen zur Verwirklichung gelangen, bringt der selbstbewusste, zwischen verschiedenen Mitteln nach Zweckmotiven wählende Wille zu einem nicht misszuverstehenden Ausdruck, und er gibt so, da er selbst Vorstufen voraussetzt, aus denen er sich entwickelt hat, in seinem eigenen Einfluss auf das organische Substrat des Lebens einen deutlichen Beweis für die psychophysische Natur der die zweckmäßigen Lebensformen hervorbringenden Kräfte.

Nun zeigen uns aber gerade die höheren selbstbewussten Willenshandlungen, dass nur sehr allmählich und innerhalb absehbarer Zeit stets nur in beschränktem Umfang die Organe, deren sich der Wille zur Ausführung bestimmter Zwecke bedient, diesen Zwecken entsprechend verändert, und dass so endlich neue Zwecke ermöglicht werden, die zwar demselben ursprünglichen Zweckgebiet angehören, aber in ihrem qualitativen Inhalt doch von der ursprünglichen Zweckform wesentlich abweichen. Innerhalb der engen Grenzen, die so der Natur der Sache nach der directen Nachweisung des Ursprungs der organischen Zweckmäßigkeit aus zwecksetzenden Willenstrieben gesteckt sind, können immerhin nicht bloß die unmittelbar diese Erklärung herausfordernden Einflüsse der Uebung, sondern auch jene zahlreichen Fälle des »Kampfes um's Dasein« hierher gerechnet werden, in denen der Wille als der eigentliche Motor des Kampfes erscheint. Insbesondere gehören hierher alle Erscheinungen, bei denen die in der organischen Natur allgemeinen Triebe nach Nahrung und Fortpflanzung einen durch bewusste Gefühle und Triebe geleiteten Kampf der Individuen und Arten hervorbringen. Sind nun jene beiden Triebe in der weiteren Bedeutung des Wortes schon auf den niedersten Stufen des organischen Lebens als die wichtigsten Factoren aller Entwicklung anzuerkennen, so würde es mit der überall ersichtlichen Continuität der Entwicklung im Widerstreit liegen, wollte man annehmen, dass

bei Erscheinungen von so wesentlich übereinstimmendem Charakter für verschiedene Stufen der Organisation ganz verschiedene Ursachen anzunehmen seien. Auch wird, sobald wir in dieser Beziehung die Gleichartigkeit der Bedingungen fallen lassen, die Willensentwicklung selbst zu einem Räthsel: die höheren Willenshandlungen können dann nicht mehr als Entwicklungsproducte aus einfacheren Thätigkeiten derselben Art begriffen werden, sondern sie erscheinen als ein Geschehen, das, durch eine wunderbare Neuschöpfung entstanden, plötzlich und unvermittelt sich der organischen Materie bemächtigt. So ist das genetische Verständniss der Lebenserscheinungen ebenso an die genetische Auffassung des Willens wie diese an jenes gebunden.

Für die Entwicklung des vom Willen gleichzeitig zum Werkzeug seiner Zwecke und zum Hülfsmittel seiner eigenen Vervollkommnung geschaffenen organischen Körpers ist, wie an anderer Stelle auseinandergesetzt wurde, das Princip der Heterogonie der Zwecke von der größten Bedeutung. Die Verkennung dieses wichtigen Principes, welches die Stetigkeit der Entwicklung wahrt, und doch die unablässige Entstehung neuer und neuer Lebenserscheinungen begreiflich macht, trägt hauptsächlich Schuld ebensowohl an der unzureichenden Erkenntniss der wahren Triebkräfte des organischen Lebens, wie an den schweren Irrthümern, in welche die sonst auf dem richtigen Wege befindlichen älteren animistischen Lehren sich verstrickten. Entweder erblickte man hier in der Entwicklung des Lebens ein Handeln nach Zwecken, bei welchem Zweck und Motiv zusammenfielen; oder man verzichtete völlig auf einen zwecksetzenden Willen, um sich auf die Annahme willenloser und bloß in ihren äußeren Effecten zweckmäßig scheinender Kräfte zurückzuziehen. So bildeten die unhaltbaren Anschauungen des Hylozoismus und des Vitalismus die Klippen, an denen der Versuch, der objectiven Zweckmäßigkeit des Lebens gerecht zu werden, immer wieder scheiterte. Nur aus dem schädlichen Herüberwirken der mechanischen Causalitätsbegriffe ist dieser Misserfolg zu begreifen. Die unbefangene Auffassung jeder beliebigen zweckbewussten Willenshandlung und ihrer Uebungserfolge hätte zureichen sollen, dieses Vorurtheil zu zerstreuen, welches schließlich nur dazu führen konnte, den objectiven Zweckbegriff, mochte man ihn nun

festhalten oder nicht, für unvereinbar mit jeder wahren Causalität zu halten. In der That würde dieses Ergebniss unvermeidlich sein, wenn der Zweckbegriff überhaupt der physikalischen Seite der Erscheinungen ursprünglich angehörte. Da aber die organische Natur nur insofern objectiv zweckmäßig erscheint, als wir sie ausdrücklich oder stillschweigend als ein Erzeugniss der in dem organischen Leben wirksam werdenden Willensthätigkeiten auffassen, so bleibt es damit vollkommen vereinbar, dass sich vom physiologisch-chemischen Standpunkte aus die Lebenserscheinungen den allgemeinen Gesetzen der Naturcausalität einfügen, wie das Princip der dreifachen Interpretation dies verlangt. Vervielfältigung der Zwecke und Wachsthum der geistigen Energie stehen hiermit durchaus nicht im Widerspruch. Denn da dieses Wachsthum nur in der qualitativen Vervollkommnung der organischen Bildungen besteht, so bleibt die quantitative Maßbestimmung der physikalisch-chemischen Energien hiervon vollkommen unberührt. Wir sagen von einer Dampfmaschine, sie verwerthe die in der verbrannten Kohle enthaltene latente Energie vollkommener und mannigfaltiger als ein gewöhnlicher Ofen; eine Maschine mit sinnreichen Einrichtungen der Selbstregulirung stellen wir in unserer Zweckbeurtheilung wieder über einen einfachen Dampfmotor. Gleichwohl bleibt in diesen drei Fällen, so lange nur das nämliche Quantum Kohle zur Verfügung steht, die absolute Größe der physikalischen Energie unverändert. So ist auch durch allen Fortschritt der organischen Entwicklung die Quantität der Naturkräfte ebenso wenig wie die Quantität der Materie vermehrt worden. Aber an Werth haben die Naturkräfte und ihre Substrate durch die Entwicklung des organischen Lebens in's unermessliche zugenommen. Sind doch durch die Entstehung zweckthätiger Willenshandlungen und der an sie gebundenen Vorstellungen und Gefühle Werthbestimmungen überhaupt erst möglich, zugleich aber nothwendig geworden, so dass nunmehr das nach Zwecken handelnde Bewusstsein die Vorbedingungen seiner eigenen Entstehung, ebenso wie die weiteren Entwicklungen, an denen es theilnimmt, in Bezug auf Inhalt und Umfang der erreichten Lebenszwecke einer allgemeinen Werthbestimmung unterwirft. Indem die Untersuchung des Ursprungs der Lebenserscheinungen überall psychophysische Bedingungen als ursprünglich ge-

gebene vorfindet, gewinnt diese subjective Betrachtung zugleich objective und reale Bedeutung. Jene Zweckmäßigkeit der organischen Natur, welche sie zum Werkzeug höherer zweckbewusster Willensthätigkeiten macht, erweist sich so als eine nothwendige Folge der von Anfang an die fundamentalen Formen des Lebens beherrschenden Willenstriebe. Nur deshalb kann der Wille auf den vollkommeneren Stufen des Lebens sich selbst als den Beherrscher des lebenden Körpers entdecken, weil er von Anfang an solche Herrschaft ausgeübt und auf diese Weise sich allmählich in dem Körper, den er zu einer functionellen Einheit zusammenfasst, das Hilfsmittel zur Realisirung seiner Zwecke und gleichzeitig durch die Veränderungen, welche jede Zweckleistung zurücklässt, das Substrat seiner eigenen Weiterentwicklung geschaffen hat.

7. Problem der Vererbung. Periodicität der Entwicklung.

Die Möglichkeit einer solchen Weiterentwicklung ist nun an eine Forderung gebunden, welche in den vorangegangenen Erörterungen überall stillschweigend vorausgesetzt wurde, deren nähere Begründung aber noch aussteht. Es ist dies die Forderung, dass die Veränderungen der Organisation, welche durch das Zusammenwirken innerer und äußerer Bedingungen hervorgerufen werden, im Wege der Fortpflanzung von einer Generation auf die andere übergehen, indem die Vererbung der Eigenschaften jene Continuität der Entwicklung herstellt, vermöge deren ursprünglich geringfügige Unterschiede allmählich größer und größer werden.

Die Vererbung ist eine allgemein bestätigte Thatsache der Beobachtung und als solche ebenso wenig anfechtbar wie die Eigenschaft der organischen Wesen, unter dem Einfluss bestimmter Lebensbedingungen verändert zu werden. Sie findet nicht blos in der durchgängig vorhandenen Aehnlichkeit der Nachkommen mit ihren Erzeugern ihre allgemeine Bestätigung, sondern sie erstreckt sich auch auf die besondere zeitliche Aufeinanderfolge, in welcher während des individuellen Lebens gewisse Eigenschaften in die Erscheinung treten und einander ablösen. In dieser Beziehung scheint nur darin im Laufe vieler Generationen eine Aenderung einzutreten, dass bestimmte Eigenschaften mehr und mehr die Ten-

denz gewinnen bei den Nachkommen zeitlich früher zu erscheinen, als sie bei den Voreltern entstanden waren. Gerade die letztere innerhalb engerer Grenzen durch die Beobachtung nachweisbare Thatsache lässt es, sobald man von der Annahme ausgeht, dass die Eigenschaften der zusammengesetzten Organismen sämtlich erst im Laufe der Entwicklung erworben wurden, im allgemeinen schon auf Grund der bloßen Vererbung begreiflich erscheinen, dass die Lebensgeschichte des Individuums eine abgekürzte Wiederholung der muthmaßlichen Lebensgeschichte der Art ist, welcher das Individuum angehört. Nimmt man demgemäß an, dass die ganze Entwicklungsgeschichte eines Wesens, abgesehen von den während des Einzellebens unbedeutenden Erfolgen individueller Abänderung, eine Wirkung der Vererbung sei, so kann nun aber offenbar auch umgekehrt die individuelle Entwicklungsgeschichte benutzt werden, um aus ihr hypothetisch die Lebensgeschichte der Art zu reconstruiren. In der That ist die Annahme, dass alle zusammengesetzten Organismen aus einfachen den heutigen Protozoen gleichenden Formen hervorgegangen seien, vornehmlich durch diesen Rückschluss entstanden, da die Keim- und Eizellen der höheren Pflanzen und Thiere im wesentlichen jenen bleibenden Elementarorganismen gleichen. Als unterstützendes Moment hat aber freilich bei dieser Annahme auch die Erwägung mitgewirkt, dass unter gewissen in der Natur möglichen Bedingungen allein eine Urzeugung einfachster Lebensformen begreiflich ist.

So zweifellos jedoch die thatsächliche Existenz der Vererbung zugegeben werden muss, und so wahrscheinlich, ja nothwendig die Annahme ihres Einflusses auf die organische Entwicklung ist, sofern man in irgend einer Form die Entwicklungstheorie acceptirt, so große Schwierigkeiten erheben sich, wenn es sich um die Aufgabe handelt, die Thatsachen, die man unter dem Begriff der Vererbung zusammenfasst, unserem Verständnisse näher zu bringen. Auch in diesem Fall bleibt der Versuch, die Erscheinungen nach der Analogie anderer, wohl bekannter physikalisch-chemischer Vorgänge zu beurtheilen, vorläufig das einzige Hilfsmittel. Zwei allgemeine Analogien stehen hier zu Gebote. Entweder kann man an die Wirkungen latenter Naturkräfte denken und annehmen, jeder organische Keim enthalte bereits in gebundener Form alle aus ihm

hervorgehenden Bildungen, so dass es nur der Einwirkung bestimmter Lebensreize bedürfe, um dieselben in gesetzmäßiger Reihenfolge zur Entwicklung zu bringen. Oder man kann von dem Beispiel der Contactwirkungen ausgehen, indem man den Keimen die Fähigkeit zuschreibt, in anderen organischen Stoffen Vorgänge anzuregen, aus denen sich eine Lebensentwicklung von bestimmter Form zusammensetzt. Die ältere Physiologie bezeichnete Vorstellungen der ersteren Art als Hypothese der Evolution, solche der zweiten als Hypothese der Epigenesis. Da nun die von der ersteren angenommenen latenten Triebkräfte des Keimes vermöge der ungeheuer verwickelten Beschaffenheit der Lebensbewegungen, die sie anregen, zu anderen Formen latenter Naturkräfte keine verständlichen Beziehungen darbieten, so verfiel die Evolutionshypothese unvermeidlich dem Vitalismus. Die latente Kraft des Keimes sollte in einem von Anfang an in demselben gelegenen Organisationsplan bestehen, welcher dann in der wirklichen Entwicklung zur Ausführung gelange. Indem sich diese Vorstellung mit der weiteren verband, dass in jedem organisationsfähigen Keim auch bereits die Anlagen für die Entwicklungen später kommender Generationen enthalten seien, führte die Evolutions- zur so genannten Einschachtelungshypothese, nach welcher alle Lebensentwicklungen von Anfang an in Gestalt einer unendlich großen Summe für jede Species verschiedener und in den ursprünglich geschaffenen Formen schon enthaltener Keime präformirt sind. So gelangte man zu einer eigenthümlichen Präexistenzlehre, bei der zugleich eine absolute Stabilität der Artformen vorausgesetzt war. Befreundeter stellte sich die epigenetische Hypothese zur Aufgabe einer physikalisch-chemischen Interpretation der Lebensvorgänge. Das Schema der Contactwirkung, so weit es auch in dieser Anwendung davon entfernt blieb auf sicher bekannte Vorgänge zurückgeführt zu werden, bot doch wenigstens das allgemeine Bild einer Reihe naturgesetzlich einander folgender Auslösungen, für die man sich das Postulat mechanischer Causalität erfüllt denken konnte. So kommt es, dass der Widerstreit beider Hypothesen im wesentlichen als ein auf das Gebiet der Generationslehre verpflanzter Kampf der physiologischen Grundanschauungen des Vitalismus und Mechanismus gelten kann.

Dieser Stand der Dinge hat sich in neuerer Zeit insofern geändert, als die Annahme einer Constanz der Artformen von keiner Seite mehr aufrecht erhalten wird, so dass die Evolutionshypothese in ihrer einstigen Gestalt hinfällig geworden ist. Dennoch beginnt sie in etwas veränderter Form in einigen neueren Entwicklungshypothesen wieder aufzuleben. So ist die Annahme, dass alle Vererbung auf einer die Generationen überdauernden Continuität des Keimplasmas beruhe, offenbar eine Modification der vormaligen Einschachtelungstheorie¹⁾. Indem hier angenommen wird, bei jeder Vermehrung werde ein Theil des Keimplasmas der elterlichen Eizelle nicht zum Aufbau des kindlichen Organismus verbraucht, sondern für die Bildung der Keimzellen der kommenden Generation zurückbehalten, ist die Aehnlichkeit der Nachkommen mit ihren Erzeugern wiederum auf eine substantielle Identität zurückgeführt, welche durch Generationen hindurch alle Individuen des nämlichen Ursprungs mit einander verbindet²⁾. Man muss zugeben, dass in Vorstellungen dieser Art eine begriffliche Reaction gegen jene äußerliche Mechanisirung der epigenetischen Theorie gelegen war, wie sie Darwin's »provisorische Hypothese der Pangenesis« durchgeführt hatte. Da nach ihr jeder Theil des Organismus an die Keimzellen Elemente abgibt, welche bei der Entwicklung der letzteren die Theile, von denen sie herkommen, wieder erzeugen, so erscheint es als eine nothwendige Folgerung aus dieser Voraussetzung, dass Veränderungen, welche die Organe während des individuellen Lebens erfahren, ebenso gut sich vererben wie die ihnen ursprünglich zukommenden Eigenschaften. Dass dies nicht zutrifft, steht aber außer Zweifel. Erworbene Verstümmelungen vererben sich jedenfalls nur in äußerst seltenen Fällen. Die Theorie der Continuität des Keimplasmas geht daher umgekehrt von dem Satze aus, dass

1) A. Weismann, Die Continuität des Keimplasma als Grundlage einer Theorie der Vererbung. Jena 1885.

2) Verwandt ist die Annahme Nägeli's (Mechanisch-physiologische Abstammungslehre S. 102 ff.). Nur verlegt derselbe die Continuität der Entwicklung in das von ihm als allgemeine Gerüstsubstanz angenommene Idioplasma und schreibt diesem, neben der Tendenz seine Eigenschaften fortzupflanzen, noch ein Streben der Vervollkommnung zu, das allmählich zur Entstehung neuer Artformen führe. Dadurch werden augenscheinlich nur die alten Vorstellungen des Vitalismus der Entwicklungstheorie angepasst.

immer nur die der Keimanlage ursprünglich zukommenden, nie aber erworbene Eigenschaften sich vererben können. Damit geräth sie freilich nicht minder mit der Erfahrung in Widerspruch. Dass Veränderungen, welche während des Lebens infolge der oben erörterten Wechselwirkungen innerer Ursachen und äußerer Lebensbedingungen erworben wurden, auf die Nachkommen übergehen, ist unzweifelhaft; und es scheint an und für sich völlig unmöglich, ohne die Vererbung solcher Veränderungen die Anpassung an alle diejenigen Lebensbedingungen zu erklären, die erst im entwickelten Zustand zur Wirkung gelangen. Auf die Herbeiziehung der bis jetzt fast allein dieses Dunkel einigermaßen erhellenden psychophysischen Uebungseinflüsse vollends müsste man gänzlich Verzicht leisten, um dafür nur die unbestimmte Annahme von Veränderungen des Keimplasmas infolge der Mischung der Zeugungsstoffe einzutauschen. Wie diese Veränderungen aber zu einem zweckmäßigen Verhältniss von Function und Lebensbedingung geführt haben, würde wieder nur durch eine wunderbare Anhäufung zufälliger Variationen erklärlich werden. Gegenüber diesem verwegenen Spiel des Zufalls ist vom empirischen Standpunkte aus lediglich an der allein durch die Erfahrung zu erweisenden Voraussetzung festzuhalten, dass die wichtigste Triebfeder für die Vervollkommnung und Differenzirung der Functionen in der Ausübung der Functionen selber und in den bleibenden Wirkungen dieser Uebung gelegen ist. Wenn aber die Resultate der Uebung von Generation zu Generation sich fortpflanzen und befestigen sollen, so muss es eine Vererbung erworbener Eigenschaften geben. In der That ist es augenfällig, dass die plötzlich und die allmählich erworbenen Eigenschaften in Bezug auf Vererbungsfähigkeit durchaus nicht auf gleiche Linie zu stellen sind. Nur die letzteren bewirken, namentlich indem bei ihnen die Wirkungen der Correlation der Theile in's Spiel kommen, eine Umbildung, welche unter günstigen Bedingungen erhalten bleibt, gemäß der allgemeinen Erfahrung, dass die im Laufe der generellen wie der individuellen Entwicklung eingetretenen Veränderungen um so beharrlicher sind, je langsamer sie eintraten¹⁾.

1) Mannigfache Zeugnisse für die Vererbung erworbener Eigenschaften sind, abgesehen von den früheren, nicht immer zuverlässigen Beispielen Darwin's

Sollen nun die Erscheinungen der Vererbung mit anderen besser bekannten Vorgängen in Beziehung gebracht werden, so dürfen wir vor allem nicht von der Vorstellung ausgehen, dass, wie man sich ausgedrückt hat, die Vererbung ein »morphologischer, kein physikalisch-chemischer Vorgang« sei, sondern wir werden im Gegentheil an der schon den einfachsten Lebenserscheinungen zu Grunde gelegten Voraussetzung auch hier festhalten müssen, dass jeder morphologische zugleich ein physikalisch-chemischer Vorgang ist, ausgezeichnet vor anderen nur dadurch, dass bestimmte chemische Prozesse vermöge der höchst zusammengesetzten Beschaffenheit der Molecüle, an denen sie vor sich gehen, gleichzeitig als morphologische Vorgänge in die Erscheinung treten. Dies vorausgesetzt enthält nun die früher über die physiologisch-chemische Natur der Wachstums- und Spaltungsprocessé des Elementarorganismus entwickelte Grundanschauung im wesentlichen bereits die principielle Lösung des Problems der Vererbung. In jenem einfachsten Fall ist ja der Begriff der Vererbung nur ein teleologischer Ausdruck für die in dem chemischen Verhalten des Elementarorganismus begründete Eigenschaft, zuerst durch Anlagerung polymerer Atomgruppen zu wachsen und dann durch die Wirkung der in den Kerngebilden abgelagerten Fermente in zwei dem ursprünglichen gleiche Gesamtmolecüle zu zerfallen, an denen sich nun der nämliche Process des Wachstums und der Spaltung in einer ähnlichen Zeitfolge wiederholt. Diese Wiederholung der Prozesse an morphologisch und chemisch einander gleichenden Stoffgruppierungen, von denen zugleich die späteren durch einen Spaltungsprocess aus den früheren hervorgegangen sind, nennen wir eben Vererbung.

Soll nun diesem Begriff überall die nämliche Bedeutung zukommen, so wird auch überall das nämliche causale Substrat für denselben anzunehmen sein. In der That bleibt ja beim zusammengesetzten Organismus die Wiederkehr einer bestimmten, durch Vererbung überkommenen Eigenschaft stets an die Wiederholung vorangegangener, im Laufe der Entwicklung entstandener physi-

(Variiren der Thiere und Pflanzen, I. S. 1 ff.), mit Rücksicht auf die Einwürfe Weismann's namentlich gesammelt worden von Eimer, Die Entstehung der Arten. I. S. 84 ff.

kalisch-chemischer Bedingungen geknüpft. Diese lösen sich aber hier in eine Reihe von Elementarvorgängen auf, die den Wachstums- und Spaltungsprocessen des einfachen Organismus ähnlich, nur dadurch von ihnen verschieden sind, dass jeder an den vorherigen und gleichzeitigen Eintritt zahlloser anderer Elementarvorgänge gebunden ist, mit denen er infolge des Zusammenhangs der Organe zugleich in näherer oder entfernterer causaler Beziehung steht. Nun haben wir jenen Zusammenhang auf das Entstehen einer Zwischensubstanz, des Holoplasmas, zurückgeführt, welche durch freie Affinitäten alle Organe des Körpers zu einer physiologisch-chemischen Einheit verbinde. Demgemäß werden wir dieser Zwischensubstanz die nämliche Wirkung, die schon bei den Regenerationsvorgängen angenommen wurde, auch bei der ursprünglichen Entwicklung zuschreiben müssen, die ja selbst als ein Regenerationsprocess von genereller Bedeutung aufgefasst werden kann. An jeder Stelle wird das Holoplasma so lange im Laufe der Entwicklung wiederholte Spaltungsvorgänge anregen, bis ein Gleichgewicht der Affinitätswirkungen eingetreten ist. Jede allmählich eingetretene Aenderung der Organisation aber wird geringe Unterschiede in der Constitution der Zellen und der sie umgebenden Zwischensubstanz hervorbringen, welche eine entsprechende Veränderung der Affinitätswirkungen und im Gefolge derselben in den Entwicklungen der folgenden Generationen die nämlichen Eigenschaften erzeugen. Jene feineren Unterschiede, welche innerhalb des gemeinsamen Artcharakters die durch Abstammung näher verbundenen Individuen auszeichnen, sind so, wie die Reduction des Entwicklungsproblems auf das Vererbungsproblem es verlangt, auf die nämlichen Bedingungen zurückgeführt, die im Laufe einer unzählbaren Reihe von Generationen die Arbeitstheilung der Zellen und ihre Umwandlungen in die verschiedenen Gewebe und Organe bewirkten. Nie darf aber bei dieser physiologisch-chemischen Interpretation aus dem Auge verloren werden, dass die Molecüle, welche die organischen Elementartheile zusammensetzen, wegen ihres ungemein verwickelten Aufbaues leicht Aenderungen in der Atomgruppierung erfahren können, die dann wieder von weittragender Wirkung auf die eintretenden Folgezustände werden.

Unter den zahllosen Elementarvorgängen, aus denen sich die

Entwicklung des Organismus zusammensetzt, ist es nun besonders einer, der stets als der schwierigste Theil des Problems der Vererbung erschienen ist: die Ablösung der Keimzelle vom elterlichen Körper. Die Bedeutung dieses Elementarvorgangs beruht auf der Fähigkeit der Keimzelle, jene ganze Generationsfolge von Elementen aus sich zu erzeugen, deren regelmäßig einander folgende Spaltungen eben das bilden, was wir die Entwicklungsgeschichte nennen. Da in der entwicklungsfähigen Keimzelle alle Vererbungsanlagen, welche später zur Verwirklichung gelangen, vorgebildet sein müssen, so erscheinen hier jene Annahmen, welche die zu vererbenden Eigenschaften selbst schon irgendwie in ihr präformirt annehmen, sei es vermöge einer substantiellen Continuität des Keimplasmas, sei es mit Hülfe des Uebergangs unzähliger Organkeime in die Samenelemente und Eizellen, als die nächstliegenden Versuche einer Lösung des Problems. In Wahrheit aber täuschen dieselben über das Problem hinweg, statt es zu lösen. Die »Continuität des Keimplasmas« setzt an die Stelle der in der Beobachtung sich darbietenden Wiederkehr functioneller Vorgänge an wechselnden Substanzcomplexen eine Identität der Substanz, welche nicht nachzuweisen ist, und welche, wenn sie nachweisbar wäre, die Frage nicht beantworten würde. Die »Pangenesis« gibt statt einer Lösung lediglich eine Vervielfältigung des Problems.

Auch hier ist zunächst an die Bedeutung zu erinnern, welche bei dem primitiven Zeugungsvorgang, bei der Spaltung des Elementarorganismus, den neugebildeten Zellen gegenüber den untergegangenen zukommt. Diese Bedeutung besteht darin, dass in jenen der Jugendzustand der letzteren, wie er der infolge der Polymerisierung eingetretenen Lockerung des chemischen Gefüges vorausging, sich wieder erneuert. Zu dieser Erneuerung ist keineswegs eine Erhaltung der früheren Substanzelemente erforderlich. Vielmehr bringt es der den Lebensprocess bildende Wechsel der Stoffe mit sich, dass jedenfalls die meisten, bei einer irgend länger dauernden organischen Form wahrscheinlich alle Elemente, die dem Jugendzustand der vorangegangenen Generation angehörten, beim Beginn der neuen verschwunden sind. Das einzige Erforderniss bleibt eine Continuität der chemischen Vorgänge, welche bei allem Wechsel der Elemente die Grundform der Verbindung bestehen

lässt. Nun sahen wir schon die Zeugung des Elementarorganismus an besondere Bestandtheile des Zelleninhaltes von eigenthümlichem morphologischem und chemischem Werth, die Kerngebilde, gebunden, die, in dem Augenblick wo die Lockerung der Plasmabestandtheile hinreichend weit fortgeschritten ist, die Rolle von Spaltungsfermenten übernehmen. Mit der Entwicklung des zusammengesetzten Organismus treten in allen einzelnen Zellen solche Spaltungsfermente auf, um unter Mitwirkung der Affinitäten des Holoplasmas bei dem Wachsthum der Organe sowie bei allen Regenerationsvorgängen in Wirksamkeit zu treten. Zugleich aber wird die Energie dieser Spaltungsfermente eine in den functionell verschiedenen Elementen wesentlich abweichende sein, und im allgemeinen ist sie gegenüber der chemischen Energie der ursprünglichen Zeugungsfermente eine erheblich verminderte. Quantitativ spricht sich dies darin aus, dass die Spaltungsfähigkeit zumeist nach wenigen Zellengenerationen erschöpft ist; qualitativ darin, dass jedes morphologische Element in der Regel nur ihm gleichartige Elemente hervorzubringen vermag. Wahrscheinlich hängt dieser Energieverlust unmittelbar mit der Thatsache zusammen, dass die ungeheure Mehrzahl der Elementartheile des zusammengesetzten Organismus die Fähigkeit der Conjugation, also auch die Möglichkeit durch Vermischung mit Kerngebilden anderer Abstammung die ursprüngliche Spaltungsenergie wieder zu erlangen eingebüßt hat. Es liegt nahe diese Veränderung mit dem Auftreten des Holoplasmas in Beziehung zu bringen. Wie dieses durch freie Affinitäten benachbarte Zellen mit einander verbindet, so kann es auch durch die nämliche Eigenschaft die Affinitätswirkungen zwischen den Kerngebilden verschiedener Zellen aufheben, so dass damit jene Quelle der Verjüngung abgeschnitten ist, durch welche allein der Elementarorganismus auf die ursprüngliche Stufe seiner Reproductionsfähigkeit zurückzukehren vermag.

In dieser Beziehung sind nun die morphologischen Vorgänge, welche die Reifung der Keimzellen begleiten, wieder bedeutsame äußere Anzeichen für den chemischen Werth dieser Erscheinungen. Jene Vorgänge bestehen nämlich in einer Loslösung der Zellen aus der Umgebung, mit der sie organisch zusammenhängen, wodurch eine vollständige Trennung derselben von dem elterlichen Organismus bewirkt wird, wie sie, abgesehen von absterbenden Elementen,

sonst nirgends sich ereignet. Hiernach müssen die Keimzellen die Eigenschaft haben, wahrscheinlich infolge der Abgabe von Stoffen, welche die Affinitäten des benachbarten Holoplasmas sättigen, wieder in den Zustand freier Gesamtmolecüle überzugehen, in welchem sie nun die Fähigkeit besitzen den gesamten Cyklus von Processen, aus welchem sie selber hervorgingen, von sich aus wieder anzuregen. Dieser Cyklus ist eine Wiederholung der Lebensgeschichte der Art, indem hier wie dort jeder gegebene Zustand die Bedingungen zur Erzeugung des ihm zeitlich folgenden Zustandes in sich trägt. Während aber bei der ursprünglichen Entwicklung einer Artform ein neuer Zustand aus dem vorangehenden immer durch die psychophysische Wechselwirkung äußerer und innerer Bedingungen entsprang, besteht bei der individuellen Entwicklung die treibende Kraft lediglich in jenen Affinitäts- und Spaltungswirkungen, welche in ihrer wechselseitigen causalen Verkettung den Ablauf des Lebensprocesses ausmachen. Der Zusammenhang dieser Wirkungen mit ihren ursprünglichen psychophysischen Bedingungen, als deren physische Residuen sie erscheinen, lässt sich auch hier wieder dem allgemeinen Schema der Uebungserfolge subsumiren. Jene Lebensschicksale des Elementarorganismus, welche die Entstehung eines Metazoon bedingen, müssen zugleich auf jedes zu selbständiger Entwicklung sich ablösende Spaltungsproduct eine Wirkung ausüben, welche die Affinitäten der Elementarstoffe in solchem Sinne ändert, dass die nämliche Folge von Wachsthums- und Spaltungsvorgängen wiederkehrt. Denkt man sich nun diesen Vorgang auf die ungeheure Summe morphologisch-chemischer Bestandtheile übertragen, welche einen zusammengesetzten Organismus aufbauen, so wird dadurch die Regelmäßigkeit in der Aufeinanderfolge der Entwicklungszustände und die allgemeine Uebereinstimmung der individuellen Lebensgeschichte mit der Artgeschichte wenigstens im allgemeinen begreiflich. In letzterer Beziehung namentlich wiederholt sich in dem Entwicklungsverlauf die nämliche Mechanisirung psychischer Vorgänge, wie sie uns in der Ausbildung jener zahlreichen Einrichtungen der Selbstregulirung entgegentritt, die während des individuellen Lebens sich ausbilden. Da jeder einzelne Organismus durch den Keim, aus welchem er sich entwickelt hat, mit einer unabsehbaren Reihe

vorangegangener Generationen functionell verbunden ist, so steht in der That dieser Ausdehnung des Begriffs der Mechanisirung kein principiell Bedenken im Wege, so unausführbar auch die Ableitung im einzelnen vorläufig und vielleicht für immer erscheinen mag. Was im wesentlichen schon für das Individuum, das gilt aber natürlich in noch höherem Grade für den Zusammenhang der Generationen: jeder Uebergang von Uebungserfolgen in mechanisch wirksame Selbstregulirungen setzt einen functionellen, keinen substantiellen Zusammenhang voraus, oder letzteren doch nur insoweit, als derselbe zur stetigen Verbindung der einander folgenden Lebenszustände erforderlich ist.

Wenn bei dieser Behandlung des Vererbungsproblems nach chemischen Analogien von einer physiologischen, namentlich aber von einer psychologischen Deutung abgesehen, also die Regel der dreifachen Interpretation der Lebensvorgänge anscheinend verlassen wurde, so darf wohl darauf hingewiesen werden, wie eben hierin der heuristische Werth jener Regel besteht, dass sie von den drei an sich möglichen Deutungen immer diejenige zu wählen gestattet, welche durch die besonderen Bedingungen des Falls die nächstliegende ist. Das ist hier wegen der Gebundenheit aller Vererbungserscheinungen an die materiellen Substrate der organischen Entwicklung die Auffassung der Vorgänge von ihrer chemischen Seite. Daneben bleibt dann nicht ausgeschlossen, dass die anderen Formen der Erklärung insoweit Platz greifen, als die hierzu erforderlichen Bedingungen erfüllt sind. In der That werden die auf einander folgenden Vorgänge der Zelltheilung und alle unter dem Einfluss protoplasmatischer Bewegungen eintretenden Formbildungen vom physiologischen Gesichtspunkte aus als Reizungserscheinungen aufgefasst werden können; und nicht minder werden diese elementaren Bewegungsvorgänge wiederum psychologisch als einfache Triebacte schon um deswillen anzusehen sein, weil die entwickelten psychischen Leistungen des Gesamtorganismus nothwendig in den Eigenschaften der ihn zusammensetzenden Elementarorganismen auf niedrigerer Stufe vorgebildet sein müssen. Aber gerade für die specifische Beschaffenheit der Vererbungserscheinungen erweisen sich diese beiden, überall wo es auf das Verständniss der functionellen Seite der Vorgänge ankommt unerlässlichen

Betrachtungsweisen als ganz und gar unfruchtbar. Denn functionell führen alle hier in Rücksicht kommenden Leistungen nicht über die Stufe hinaus, die bei dem einzelnen Elementarorganismus schon erreicht war. Wohl aber ist die Vererbung eines der bedeutsamsten Zeugnisse für die nachhaltige Wirkung, welche die auf bestimmte Lebenszwecke gerichteten organischen Functionen auf ihr eigenes materielles Substrat ausüben, und durch welche sie dieses in ein immer vollkommeneres Werkzeug jener Zwecke umwandeln. Die Frage, wie solches möglich sei, lässt sich aber nur beantworten, indem man die Voraussetzungen über die chemischen Eigenschaften dieses Substrates nach Maßgabe der zu Gebote stehenden chemischen Analogien zu gestalten sucht.

8. Selbstregulirungen im entwickelten Organismus. Mechanisirung der Lebensvorgänge.

Treten nun so die physiologische und psychologische Seite der biologischen Interpretation speciell bei dem Vererbungsproblem in den Hintergrund, so drängen sich beide um so bedeutsamer hervor, wenn es sich um die Erklärung jener zusammengesetzten Lebenserscheinungen handelt, welche der entwickelte Organismus darbietet. Physiologisch betrachtet bildet dieser ein zu einheitlichen Zwecken verbundenes System von Organen, welches zugleich mit äußerst wirksamen Einrichtungen der Selbstregulirung ausgestattet ist, vermöge deren ein Ausfall oder eine unzumuthliche Abänderung einzelner Functionen durch anderweitige functionelle Aushülfen compensirt, sowie nicht minder die Beschaffenheit und Functionsweise der Organe allmählich dem verändernden Einflusse äußerer Bedingungen angepasst wird. Gerade darauf beruht die Bedeutung des Nervensystems für den zusammengesetzten thierischen Körper, dass dasselbe ein eigens diesem Zweck der einheitlichen Selbstregulirung und der Anpassung an wechselnde Lebensinflüsse bestimmtes System von Organen ist. Es vermittelt so auf der einen Seite jene Stabilität des ganzen Organismus, welche es demselben gestattet vorübergehenden äußeren Einwirkungen gegenüber relativ unverändert zu beharren, und es bildet auf der andern Seite die Grundlage jener functionellen Correlationen der Theile,

welche allmählich eintretenden bleibenden Aenderungen der Lebensbedingungen entsprechen. Alle diese Einrichtungen der Selbstregulirung und Anpassung beruhen schließlich wieder darauf, dass vermöge der chemischen Constitution der Nervensubstanz die allgemeinen Eigenschaften der Reizbarkeit des Protoplasmas in ihr zum höchsten Grade der Differenzirung gelangt sind. Diese Differenzirung besteht jedoch nicht in der Ausbildung specifischer Unterschiede in den Eigenschaften der Nervenmasse, sondern sie resultirt mindestens zum allergrößten Theile aus den Verbindungen, in welche dieselbe mit anderen Organen von verschiedener functioneller Bedeutung gesetzt ist. Nur in untergeordneter Weise scheint durch die Anpassung an die eigenthümliche Functionsweise dieser Organe in gewissem Grade auch eine Differenzirung der Nervensubstanz selbst einzutreten. So haben sich Opticusfasern und Sehcentrum den Functionen des Auges, Acusticusfasern und Hörcentrum den Bedingungen des Hörens angepasst, indem die Eigenthümlichkeiten der Sinnesreize ihnen entsprechende Molecularänderungen der Nerven herbeiführten. Immer aber bleibt die physiologische Gleichartigkeit der letzteren so weit erhalten, dass das ganze centrale und peripherische Nervensystem ein einziges, alle übrigen Organe unter einander verbindendes Beziehungssystem bildet, welches alle jene Aushülfen und Compensationen herzustellen vermag, die zum ungestörten Ablauf der einzelnen Functionen, zur Beseitigung geringerer Hindernisse sowie zur Anpassung an allmähliche Veränderungen der Lebensbedingungen erforderlich sind.

Schon der gewöhnliche Verlauf der thierischen Lebensverrichtungen bietet auf diese Weise zahlreiche Beispiele fortwährender Selbstregulirungen. So wird der Mechanismus der Athmung zunächst angeregt durch die Reizwirkung des sauerstoffarmen Blutes auf das Athmungscentrum. Die Reizbarkeit dieses Centrums, wie sie sich unter dem Einfluss der Lebensbedingungen allmählich ausgebildet hat, bewirkt daher eine centrale Selbststeuerung der Athmung, welche die Sauerstoffladung des Blutes immer nur wenig um eine mittlere Gleichgewichtslage schwanken lässt. Diesen centralen treten dann weitere Selbstregulirungen unter Mithilfe peripherischer Nervenerregungen zur Seite: so löst die Ausdehnung der Lunge bei der Einathmung einen Expirationsreflex, ihr Einsinken bei der

Ausathmung einen Inspirationsreflex aus. Mit dem nervösen Mechanismus der Athmung sind die Regulationscentren der Herzbe-
wegung, mit diesen die Innervationsherde der Blutgefäße, nament-
lich der für die Blutvertheilung in den Organen besonders wichtigen
kleineren Arterien verbunden. So bewirkt, immer durch die Da-
zwischenkunft nervöser Verbindungen, jede Beschleunigung der
Athmung sofort eine Beschleunigung des Herzschlags, diese wieder
eine Erweiterung der Gefäße, wodurch dem Sauerstoffbedürfniss
der Organe in kürzester Zeit genügt wird.

Besonders bedeutsam unter diesen Selbstregulirungen sind die-
jenigen, welche zur Ausbildung neuer Functionen oder zur Com-
pensation eingetretener Functionsstörungen führen. Zugleich sind
sie es, welche die Entstehung aller dieser Einrichtungen der Selbst-
steuerung der Lebensvorgänge begreiflich machen. Nur in be-
schränktem Umfange bieten die einzelnen Organe die Möglichkeit
einer Stellvertretung der Leistungen dar. Im allgemeinen be-
schränkt sich hier die Aushilfe darauf, dass für den Hinwegfall
der Verrichtung eines Organs die excessive Function eines anderen
gleichwerthigen eintritt. So functionirt unter Umständen eine Niere
für beide, so ersetzt die linke Hand durch vermehrte Uebung die
Leistungen der hinweggefallenen rechten, so in seltenen Fällen der
Fuß die Leistungen der Hände. Analogere Stellvertretungen ist nun
das Centralorgan in ungleich ausgedehnterem Maße fähig. Der
Ausfall, der durch die Zerstörung centraler Theile entsteht, kann,
sofern er sich nur in bestimmten Schranken hält, vollständig durch
die neu eintretende Leistung anderer Theile gedeckt werden. So
kann sich eine durch Gewebszertrümmerung im Gehirn entstandene
centrale Sprach- oder Sehstörung oder eine Störung der willkür-
lichen Ortsbewegungen vollständig wieder ausgleichen, ohne dass die
zerstörten centralen Elemente selbst functionsfähig geworden sind.

Offenbar sind diese Vorgänge centraler Stellvertretung voll-
kommen derselben Art wie die Vorgänge der Einübung neuer
Functionen, bei denen ja ebenfalls centrale Elemente zu Leistungen
befähigt werden, die ihnen bisher fehlten. Zumeist ist in solchen
Fällen der Einübung auch eine functionelle Uebung peripherischer
Organe erforderlich; aber diese ist doch von untergeordneter Be-
deutung. Bei der technischen Ausbildung des Klavierspielers z. B.

fällt der geringste Antheil auf die Muskeln, der weitaus größere auf die centralen Innervationsherde derselben. Denn die Fähigkeit, Muskelgruppen, die ursprünglich nur zusammen functionirten, isolirt zu bewegen, beruht nicht minder auf einer Isolirung der centralen Impulse, wie die Fähigkeit ungewöhnlich schneller und rasch wechselnder Bewegung durchaus dem Gebiet centraler Einübung zugehört. Alle nervösen Uebungsvorgänge erklären sich aber aus dem Princip, dass eine Erregung um so leichter in der ihr ursprünglich durch den Willen angewiesenen Abgrenzung von statten geht, je häufiger sie wiederholt worden ist. Dieses Princip, welches wiederum nur auf moleculare Aenderungen der Nervensubstanz zurückgeführt werden kann, erklärt es zugleich, dass ursprünglich willkürliche allmählich in automatische Bewegungen übergehen. In der That lehrt uns die subjective Erfahrung einen derartigen Uebergang überall als die psychologische Seite der Uebungserfolge kennen. Jede Uebung besteht in der Mechanisirung ursprünglich mit Bewusstsein geübter Willenshandlungen. Auch die Wiedereinübung verloren gegangener centraler Functionen macht hiervon keine Ausnahme. Das Sprechenlernen des der Sprache verlustig Gegangenen z. B. unterscheidet sich von der ersten Erlernung der Sprache, abgesehen von den durch die geistige Entwicklungsstufe der Lebensalter bedingten Unterschieden, nur in den zwei Punkten, dass bei der Wiedererlernung immer noch schwache Erinnerungsbilder von Laut- und Bewegungsvorstellungen wirksam sein können, die bei der ersten Aneignung fehlen, und dass dagegen bei dieser alle jene centralen Hemmungseinflüsse hinwegfallen, welche mit dem pathologischen Ursprung der Störung zusammenhängen.

Nun haben wir kein Recht diesen Uebergang von Willensbewegungen in automatische Bewegungen auf die engen Grenzen einzuschränken, innerhalb deren uns die Beobachtung direct solche Umwandlungen darbietet. Vielmehr spricht alle Wahrscheinlichkeit dafür, dass der nämliche Vorgang es ist, der überhaupt alle jene zweckmäßigen Selbstregulirungen, durch welche der thierische Organismus den Namen einer »natürlichen Maschine« im eminenten Sinne verdient, im Laufe einer langen Entwicklung entstehen liess. Hierfür tritt außerdem die Beobachtung unterstützend ein, dass

solche Bewegungen, die bei den entwickelteren Thieren vollständig der Mechanisirung anheimgefallen sind, auf den niedersten Stufen des thierischen Lebens noch den Charakter von Willenshandlungen an sich tragen. Insbesondere gilt dies von allen Bewegungen, welche auf die Circulation der Ernährungsflüssigkeiten einwirken. Zugleich erklärt dieser Uebergang, dass es zahlreiche Bewegungsorgane gibt, die bei den höheren Thieren gleichzeitig der automatischen Selbstregulirung und dem Willenseinflusse unterworfen sind: so mit Ueberwiegen der automatischen Seite die Athmungsbewegungen, mit vorwaltender Willensseite die sonstigen äußeren Skelettbewegungen. Darum bieten auch die letzteren fortwährend noch Beispiele jener Mechanisirung der Willenshandlungen dar, welche, nachdem sie das zweckmäßige Ineinanderwirken der Organe des Thierkörpers hervorgebracht hat, an der Vervollkommnung dieses Mechanismus weiter arbeitet.

Jeder Vorgang, der ursprüngliche Willenshandlungen in automatische Bewegungen überführt, entzieht nun aber im selben Maße, in welchem er den physiologischen Mechanismus bereichert, anscheinend dem psychischen Leben bestimmte, ihm ursprünglich zugehörnde Bestandtheile. Indem er psychophysische Vorgänge in physische umwandelt, entlastet er zwar das Bewusstsein von der Lenkung einer Menge untergeordneter Lebensverrichtungen; aber er entzieht doch zugleich, sobald die Mechanisirung vollständig geworden ist, dem Willen die unmittelbare Herrschaft über die ihm dereinst unterworfenen Organe. Diese Betrachtung regt vor allem die Frage an, wie ein solches Aufgehen psychischer Bedingungen in ihren physischen Wirkungen überhaupt möglich sei. Wenn das psychische Geschehen nicht eine bloße Eigenschaft materieller Substanzelemente, sondern, wie die Erkenntnisslehre überzeugend darthut, selbst das ursprünglich Reale ist, so kann ja ein derartiger Uebergang von der geistigen auf die physische Seite immer nur für die äußere Erscheinungsform der Dinge gelten; sie kann als eine definitive metaphysische Voraussetzung um so weniger festgehalten werden, als an jede derartige Mechanisirung von Willenshandlungen zugleich eine Entwicklung des Willens selbst zu höheren Formen der Leistung gebunden ist. So entspringt aus der psychophysischen Erklärung der physiologischen

Selbstregulirungen unmittelbar ein psychologisches Problem. Indem jene Selbstregulirungen aus der Umwandlung psychologischer in rein physische Vorgänge abgeleitet werden, erhebt sich zugleich die Frage, in welchem Verhältnisse diejenigen psychischen Vorgänge, welche den Inhalt des Einzelbewusstseins ausmachen, zu der physischen Organisation des lebenden Körpers stehen, jenes Körpers, der ebensowohl das Substrat aller seelischen Thätigkeiten wie das durch die letzteren zu ihren Zwecken geschaffene Werkzeug ist.
