



hbl.stx

QH 325.H37

Problem des Lebens;



3 9153 00763847 3

QH 325.H37

Date

DAS
PROBLEM DES LEBENS

BIOLOGISCHE STUDIEN

VON

EDUARD VON HARTMANN *1842-1906*



BAD SACHSA IM HARZ 1906
HERMANN HAACKE
VERLAGSBUCHHANDLUNG

H 37

Vorwort.

Dieses Buch schließt sich an die „Weltanschauung der modernen Physik“ an. Wie ich dort auf den Ansichten der heutigen theoretischen Physik eine Naturphilosophie des Unorganischen zu errichten versuchte, so hier auf den Ansichten der modernen Biologie eine Naturphilosophie des Organischen. Beide Bücher bilden die beiden zusammenhängenden Teile meiner Naturphilosophie. Während aber jener erste Teil ziemlich vollständig die philosophisch wichtigen Seiten der unorganischen Natur behandelte, mußte ich in diesem zweiten Teil mich auf ausgewählte Kapitel beschränken, insbesondere auf solche, die ich in meinen früheren naturphilosophischen Schriften¹⁾ noch nicht oder nicht ausführlich genug behandelt hatte, oder die infolge der Fortschritte der Biologie im letzten Menschenalter eine nochmalige Erörterung unter neuen Gesichtspunkten erheischten. Anderenfalls würde ich den Lesern meiner früheren Werke zu viel Wiederholungen haben zumuten müssen. Ich bitte also diejenigen Leser, die in diesem Buche manches für eine vollständige Naturphilosophie Unentbehrliche vermissen, auf meine früheren Werke, insbesondere auf den 3. Band der Phil. d. Unb., zurückgreifen zu wollen.

Das vorliegende Buch zerfällt in einen historischen und einen systematischen Teil. Der erstere sucht festzustellen, wie die biologischen Wissenschaften sich im Laufe des letzten halben Jahrhunderts zu dem Probleme des Darwinismus und zur mechanistischen Weltanschauung gestellt haben. Durch diese historische Untersuchung wird erst die Bahn frei gemacht zu den zusammenhängend'en Betrachtungen des zweiten Teils. So lange der Dar-

¹⁾ Philosophie des Unbewußten, 11. Auflage in 3 Bänden; Kategorienlehre; Gesammelte Studien und Aufsätze, 3. Aufl., Abschnitt C.

winismus die Köpfe beherrschte und durch ihn die Entstehung zweckmäßiger Ergebnisse ohne zwecktätiges Prinzip für erklärt galt, konnte das Problem des Lebens gar nicht ernstlich ins Auge gefaßt werden. Das Leben war vielmehr aus der Natur hinwegdekretiert, indem sein Schein in ein bloßes Produkt aus dem zufälligen Zusammentreffen lebloser Elemente umgewandelt war. Meine früheren naturphilosophischen Bestrebungen waren als außerhalb der wissenschaftlichen Zeitströmung stehend und ihr zuwiderlaufend ohne weiteres gerichtet, weil sie dem letzten Menschenalter unter der Kritik und keiner Diskussion würdig erschienen. Das hat sich nun geändert. Ich bin weit entfernt, mich über die bisherige Nichtbeachtung von Seiten der Naturforscher zu beklagen, weil diese das allgemeine und notwendige Schicksal aller gegen den Strom ankämpfenden Schwimmer ist; ich betrachte es vielmehr als einen ganz seltenen und ungewöhnlichen Glücksfall, daß es mir noch vergönnt ist, den Umschwung der Zeitströmung zu erleben und mich dessen zu freuen, daß die Mehrzahl der Biologen den Darwinismus heute so beurteilt, wie ich ihn vor zweiunddreißig Jahren beurteilt habe, und daß der so lange als unwissenschaftlich verpönte Vitalismus mehr und mehr fachwissenschaftliche Anhänger und eifrige und geschickte Vertreter findet.

Noch ist zwar die herrschende Richtung in der Biologie schroff antivitalistisch; aber die so lange Zeit abgeschnittene Diskussion über das Problem des Lebens ist doch wieder eröffnet. Der Unfehlbarkeitsdünkel der mechanistischen Weltanschauung ist ins Schwanken geraten, eine gewisse Bescheidenheit und skeptische Unsicherheit ist an seine Stelle getreten, und vielen öffnen sich wiederum die Augen vor den Problemen, die man geschlossenen Auges so lange als nicht existierend betrachtet hatte. Die neuauftretende qualitative Energetik hat mit dazu beigetragen, das Gefühl der Notwendigkeit zu stärken, daß man den bisher für absolut gewiß gehaltenen Standpunkt der mechanistischen Weltanschauung einer Revision unterziehen müsse, und auch auf dem Boden der Energetik hat sich ein Gegensatz aufgetan zwischen solchen, die die physiko-chemischen Gesetze für ausreichend zur Hervorbringung der Lebenserscheinungen ansehen, und solchen, die sie für nicht ausreichend hierzu halten. Nichts dürfte geeigneter sein, dem Denken der Zeitgenossen die Unbefangenheit

gegenüber den Zeitvorurteilen zurückzugeben, als eine geschichtliche Übersicht über die Wandelungen, die die Denkweise der letzten zwei Menschenalter durchgemacht hat, über die Denkmotive, durch welche die mechanistische Weltanschauung dereinst zum Siege geführt wurde, über die Voraussetzungen, auf die sie sich stützen, und über die Erschütterungen, die diese Denkmotive und Voraussetzungen inzwischen erfahren haben.

Jeder Leser, der die unentbehrliche Unbefangenheit des Denkens mitbringt oder durch die Lektüre des ersten historischen Teils wiedererlangt hat, wird die biologischen Studien des zweiten Teils wenigstens nicht unter der Kritik finden, trotzdem jede versucht, dem Problem des Lebens von einer anderen Seite her näher zu kommen, und jede zu dem Ergebnis gelangt, daß die physiko-chemischen Kräfte und Gesetze nicht ausreichen, um die Erscheinungen des Lebens hervorzubringen. Jede Studie stützt sich im Sinne der induktiven Methode auf die bisherigen Ergebnisse der biologischen Wissenschaften, jede weist aber auch über das Gebiet der Naturwissenschaften hinaus in dasjenige der Naturphilosophie. Die letzten Abschnitte suchen einige Andeutungen darüber zu geben, welche naturphilosophischen Annahmen zur Ergänzung der organischen Naturwissenschaften erforderlich sind, und wie dieselben mit der Metaphysik und Psychologie Fühlung gewinnen. Die genauere Ausführung dieser Zusammenhänge ist in meinen metaphysischen und psychologischen Werken zu finden („Kategorienlehre“ und „Die moderne Psychologie“), auf die an geeigneter Stelle verwiesen ist.

Die Naturforscher werden binnen kurzem sich an den Gedanken gewöhnen müssen, daß die teleologische Betrachtungsweise die ätiologische zwar in keiner Weise stört oder durchbricht, dafür aber nicht bloß mit ihr gleichberechtigt, sondern sogar ihr übergeordnet ist, und daß ein naturphilosophischer Vitalismus das Arbeitsgebiet und die Methoden der exakten Naturwissenschaften weder berührt noch einschränkt, daß sie also auch gar kein fachwissenschaftliches Interesse daran haben können, ihn zu bekämpfen und abzuwehren. Sobald diese Einsicht zur Herrschaft gelangt sein wird, wird auch der Friede zwischen Naturwissenschaft und Naturphilosophie wiederhergestellt sein. Seit einem halben Jahrhundert gibt es keine andere Naturphilosophie mehr, als eine induktive, die auf den letzten Ergebnissen

der Naturwissenschaften hypothetisch weiterbaut, also diese voraussetzt, ohne sie meistern zu wollen. Von dieser Seite her besteht also schon lange kein Hindernis der freundschaftlichen Vereinigung mehr. Nur auf Seiten der Naturwissenschaften besteht ein solches so lange fort, als sie ihren Standpunkt für den allein möglichen und alle menschliche Naturerkenntnis erschöpfenden halten und darum der Naturphilosophie jede Daseinsberechtigung neben ihnen bestreiten und sie als Unsinn verachten und verspotten. Vielleicht wird das 20. Jahrhundert reif werden, die im 18. Jahrhundert allerdings noch zu frühe kommende, im 19. Jahrhundert aber tatsächlich vollzogene Verbindung zwischen Naturwissenschaft und Naturphilosophie als legitime Ehe anzuerkennen und in das Zeitbewußtsein aufzunehmen.

Groß-Lichterfelde im März 1906.

Eduard von Hartmann.

Inhalt.

A. Historisches.

	Seite
I. Die Abstammungslehre seit Darwin	1
1. Darwin	1
2. Moritz Wagner	4
3. Haeckel	5
4. Mein Verhältnis zum Darwinismus	10
5. Wigand	14
6. von Baer	15
7. Naegeli	17
8. Askenasy, Hofmeister, von Sachs	19
9. A. von Kölliker	20
10. Eimer	23
11. Roux	26
12. G. Wolff	30
13. de Vries	33
14. Die neuere Paläontologie	36
15. Weismann	39
16. Haacke	42
17. Wandelungen in der Auffassung des Korrelationsgesetzes	47
18. R. von Wettstein	50
19. Kassowitz	54
20. Fleischmann, O. Hertwig, Plate, Ziegler	59
21. J. Reinke	63
22. Friedmann	68
23. Der Niedergang des Darwinismus	71
II. Mechanismus und Vitalismus in der modernen Biologie	78
1. Johannes Müller und J. von Liebig	78
2. Emil du Bois-Reymond	81
3. Lotze	87
4. Fechner	90
5. Virchow und Rindfleisch	92
6. Wundt	94
7. K. E. von Baer	95
8. Die Ächtung des Vitalismus	96
9. G. von Bunge und O. Hamann	99
10. Kassowitz	101
11. O. Hertwig	113
12. Haacke	115
13. Weismann	118
14. Bütschli	124
15. Eimer und Ziegler	127
16. G. Wolff	129
17. Driesch	132
18. Johannes Reinke	138
19. Friedrich Reinke	143
20. von Helmholtz, Hertz, Paul du Bois-Reymond	145
21. Verschiedene Stimmen zugunsten des Vitalismus	147
III. Die qualitative Energetik in der modernen Biologie	157
1. Ostwald	157
2. K. C. Schneider	172

B. Systematisches.

	Seite
IV. Organisches und Unorganisches	178
1. Prioritätsfrage 178	196
2. Die Grenzfrage	196
V. Die Zelle	210
1. Der Bau der Zelle 210	245
4. Die Zellteilung	245
2. Die Chemie der Zelle 218	249
5. Die Zellverschmelzung	249
3. Das Leben der Zelle	240
VI. Die stammesgeschichtliche Entwicklung der mehr- zelligen Organismen.	254
VII. Die regulatorischen Leistungen des Organismus	268
VIII. Der Tod	289
IX. Die Vererbung	313
1. Die Entwicklung des Orga- 2. Die Herkunft des Keimes . . . 324	
nismus aus dem Keim . . . 313	336
3. Die Vererbungsträger im Keime	336
X. Die Bedeutung der geschlechtlichen Fortpflanzung	352
XI. Die stammesgeschichtliche Entwicklung der Säugetiere und des Menschen	362
XII. Das Lebensprinzip	376
XIII. Energetik, Mechanik und Leben	386
XIV. Die Finalität im Verhältnis zur Kausalität	413
XV. Die psychophysische Kausalität	423

A. Historisches.

I. Die Abstammungslehre seit Darwin.

1. Darwin.

Der Entwicklungsgedanke des Leibniz war durch Lessing, Kant und Herder vom Individuum auf die Menschheit und die Welt übertragen worden. Während in Deutschland Goethe, Schelling und Hegel die Entwicklung als eine solche der Idee oder des Begriffs auffaßten, suchten die französischen Naturforscher Geoffroy St. Hilaire und Lamarck sie in den Umwandlungen der Tier- und Pflanzenarten als realen Vorgang nachzuweisen. Die ideelle Entwicklung der deutschen Spekulation gelangte für ein Menschenalter zum Siege, wurde dann aber mit der spekulativen Philosophie zusammen bekämpft und vergessen. Die reale Entwicklung in der Natur, die Abstammung der Arten voneinander unterlag von vornherein im Kampfe mit der älteren Auffassung, weil sie noch nicht über eine hinreichende Zahl von Beobachtungen verfügte, um die herkömmliche Ansicht von der Beständigkeit und scharfen Sonderung der Arten zu stürzen. Die Zeit von 1830—1860 war eine Periode der reinen Beobachtung in der Biologie, die Studenten der 50er Jahre hatten keine Ahnung davon, daß so etwas wie Entwicklung der Natur von französischen Naturforschern und deutschen Philosophen schon gedacht worden sei, weil die Professoren es damals für unwissenschaftlich gehalten hätten, solche Phantastereien auch nur zu erwähnen.

In diese dumpfe Beschränktheit schlug wie ein Blitz aus heiterm Himmel Darwins Werk „Über die Entstehung der Arten“,

(1858 englisch, 1859 deutsch) und bewirkte eine förmliche Revolution der Geister. Mit Staunen sah das jüngere Naturforscher-geschlecht, daß die Biologie auch Perspektiven auf große Zusammenhänge eröffnen könne, daß diese Zusammenhänge längst geahnt, ihm aber einfach unterschlagen worden waren, und daß jetzt eine Fülle von Detailkenntnissen den bisher unbewiesenen Ahnungen zum Beweise diene. Der Umschlag war ungeheuer. Mit leidenschaftlicher Begeisterung ergriff die jüngere Generation die Wahrheit der Abstammungslehre und gewann an ihr ein biologisches Forschungsprinzip, das in den folgenden 48 Jahren seine Fruchtbarkeit in überraschender Weise bewährte. In enthusiastischer Dankbarkeit gegen Darwin übersah man, wie sehr die eigenartigen Theorien Darwins der Kritik bedürftig waren; man nahm vielmehr aus Freude über die Abstammungslehre auch die Theorie der natürlichen und geschlechtlichen Zuchtwahl unbe-sehens mit in den Kauf. Die ältere Generation, die sich gegen die Darwinschen Lehren in Bausch und Bogen sträubte, wurde als veraltet beiseite geschoben. Wer zwischen Wahrheit und Irrtum im Darwinismus zu scheiden suchte, fand Jahrzehnte lang nur taube Ohren; denn die ältere Generation wollte auch nicht einmal die Abstammungslehre gelten lassen, und die jüngere ging mit Darwin durch dick und dünn.

Darwins Hauptleistung bestand darin, daß er die Flüssigkeit vieler Arten mit einer Fülle von Beispielen belegte, die konstanten Arten als festgewordene dermaleinst flüssige verstehen lehrte und damit der möglichen Abstammung der Arten voneinander den erfahrungsmäßigen Boden gab, der ihr bei Geoffroy St. Hilaire und Lamarck noch gefehlt hatte. Er ging von der Beobachtung der künstlichen Zuchtwahl aus und lehrte die Häufung kleinster Abweichungen in ihrer Bedeutung verstehen. An Stelle der intelligenten Tätigkeit des Tierzüchters glaubte er das Überleben des Passendsten im Kampf ums Dasein setzen zu können. In seinem zweiten Hauptwerk erkannte er an, daß diese natürliche Zuchtwahl nur physiologische, nicht morphologische Merkmale, nur nützliche, nicht indifferente Eigenschaften festhalten und steigern könne. Auch räumte er in späteren Auflagen des ersten Hauptwerkes ein, daß die Qualität der Abänderungen wesentlich durch die Natur der Organismen bedingt wird (also nicht zufällig, sondern notwendig aus inneren Ursachen ist). Er

nahm nun die geschlechtliche Zuchtwahl zu Hilfe, d. h. die Bevorzugung hervorstechender und reizender Merkmale durch das andere Geschlecht. Später räumte er ein, daß er das Anwendungsgebiet und die Tragweite der geschlechtlichen Zuchtwahl überschätzt habe. Er nahm die Prinzipien Geoffroy St. Hilaires und Lamarcks, d. h. den direkten Einfluß der äußeren Umstände und die Änderungen durch Gebrauch und Nichtgebrauch zu Hilfe, insbesondere für die Erklärung der Rückbildung nicht gebrauchter Organe, trotzdem er zugab, daß individuell erworbene Merkmale sich in der Regel nicht vererben, also auch nicht häufen können. Moritz Wagner gestand er brieflich zu, daß die Unterschätzung des Einflusses von Nahrung, Klima usw. sein größter Fehler gewesen sei. Die Embryologie zog er noch nicht in den Kreis seiner Betrachtungen. An die Einstämmigkeit des Stammbaumes der Erdorganismen glaubte er nicht, sondern hielt an 8—10 gesonderten Typen der Tiere fest, die von Gott getrennt geschaffen sein müßten. Die sprunghafte Abänderung mancher Arten war ihm wohl bekannt, doch glaubte er nicht, daß dieselbe eine Rolle spiele in der Entstehung der Arten auseinander. Die Entstehung der Instinkte durch Zuchtwahl zu erklären, hat Darwin niemals unternommen, vielmehr ihre Ursachen als unbekannt bezeichnet. Nur gewisse Abänderungen der als gegeben vorausgesetzten Instinkte glaubte er durch Zuchtwahl mitbedingt, aber auch hier räumte er die Unbekanntheit der positiven Abänderungsursachen ein.

Wir haben an Darwin nicht nur den scharfblickenden Beobachter und fleißigen Sammler zu schätzen, der einmal aufgegriffene Hypothesen sorgsam zu begründen versuchte, sondern auch die unbestechliche Wahrheitsliebe, die niemals Bedenken trug, Einschränkungen früherer Behauptungen vorzunehmen, und die vorsichtige Zurückhaltung, die ihre Hypothesen für nichts anderes als für Hypothesen ausgab und nicht weiter erstreckte, als er ihnen eine solide empirische Begründung gesichert zu haben glaubte.¹⁾ Er ist durch diese Eigenschaften der Schule, die sich an seinen Namen knüpfte, entschieden überlegen und für die dogmatischen Ausschreitungen nicht verantwortlich, die unter seiner Fahne vorgenommen wurden. Daß seine Zuchtwahlhypothesen

¹⁾ Vergl. „Philosophie des Unbewußten.“ 11. Aufl. Bd. III, S. 49, Anm., S. 76—77, 420.

noch weit größerer Einschränkungen bedurften, als er selbst bereits zugestanden hat, kann ihm kein billiger Denker zum Vorwurf machen. Er wird immer als Forscher ersten Ranges und als ein großer Erwecker geschätzt werden.

2. Moritz Wagner.

Vom Jahre 1868 an begründete Wagner in einer Reihe von Schriften und Abhandlungen seine Migrationstheorie; sie sollte zuerst nur eine Bedingung aufzeigen, unter welcher allein die Darwinsche Zuchtwahl wirksam werden könne, später aber die Stelle der Zuchtwahl ersetzen. Vögel und fliegende Insekten können übers Meer ziehen und durch Stürme verschlagen werden und auf abgesonderte Kontinente oder Inseln gelangen; kleinere Tiere und Eier können ihnen anhaften, durch Treibholz, Schiffe oder andere Gelegenheiten weit fortgeführt werden. Landbrücken können versinken, so daß Gebiete voneinander getrennt werden, die vorher miteinander verbunden waren. Einzelne Individuen können trennende Meeresarme durchschwimmen oder Gebirgsrücken überschreiten, die im allgemeinen als Scheidewand zweier Landgebiete wirken. Aus solchen befruchteten Weibchen, zweigeschlechtlichen niederen Tieren oder Eiern kann eine Nachkommenschaft entspringen, die vor der Kreuzung mit der Stammart geschützt ist. Enthält nun das abgewanderte Individuum selbst oder auch nur seine Nachkommen zufällig eine Abänderung, so kann diese, auch wenn sie nicht gerade nützlich ist, durch die Absonderung von der Stammart erhalten bleiben, während selbst eine nützliche Abänderung Gefahr läuft, ohne solche Absonderung durch Kreuzung mit der Stammart wieder zu erlöschen. Auch dann, wenn ein normales Individuum der Stammart abwandert, können seine Nachkommen teils durch veränderte klimatische und Bodenverhältnisse des neuen Wohnsitzes (nach dem St. Hilaireschen Prinzip), teils durch Anpassung an andere Beutetiere, Feinde und Konkurrenten (nach dem Lamarckschen Prinzip) eine allmähliche Umwandlung erleiden. Im Falle, daß schon abgeänderte Individuen auswandern, ist jeder Wettbewerb für sie gerade mit der Stammart ausgeschlossen, und diese Erwägung führt Wagner dazu, die Zuchtwahl gänzlich zu verwerfen und nur die Migration als artbildendes Prinzip gelten zu lassen.

Er übersieht jedoch dabei, daß dieser Fall überhaupt als ein besonders ungewöhnlicher Ausnahmefall betrachtet werden muß, daß in der Regel die abwandernden Individuen als normale Vertreter der Stammart betrachtet werden müssen, und daß deren etwaige individuelle Abweichungen viel zu geringfügig sein dürften, um aus ihnen die Entstehung einer neuen Art oder Unterart abzuleiten. Anders wenn sich erst infolge der abweichenden Umgebung aus den Nachkommen des Einwanderers eine neue Art bildet; denn dann wird ein Teil der Nachkommen den Verhältnissen besser angepaßt sein als der der Stammart näher bleibende Rest, und die Zuchtwahl kann Anwendung finden.

Romanes betrachtet sogar die Zuchtwahl bloß als eine besondere Art der Absonderung, womit der letztere Begriff doch wohl über seine natürlichen Grenzen ausgedehnt ist.

Man muß zugeben, daß bloß zufällige kleinste Abänderungen, selbst wenn sie nützlich sind, nicht imstande sein werden, sich vor dem Wiederuntergehen durch Kreuzung zu bewahren. Was sich erhalten soll, das muß, wie auch Darwin zugibt, in einer gewissen Häufigkeit, sei es nebeneinander, sei es nacheinander, auftreten; die Zahl der gleichartigen Abänderungen muß genügen, um die Unterdrückung durch Kreuzung zu überwiegen. In solcher Häufigkeit des Auftretens sind aber gleichartige Abänderungen nicht durch Zufall zu erwarten, sondern nur aus bestimmten äußeren oder inneren Ursachen, die an Stelle des zufälligen Abänderns ein bestimmt gerichtetes setzen. Die Absonderung kann unter Umständen mitgewirkt haben zur Umwandlung der Arten; aber sie wird immer nur einen Ausnahmefall darstellen und kann keinesfalls für sich allein als erschöpfendes Prinzip der Artentstehung gelten.¹⁾

3. Haeckel.

Haeckel hält an der schöpferischen Macht der Selektion und an ihrer Deutung im Sinne eines rein mechanischen Prinzips fest, schreibt aber dem Lamarckschen Prinzips des Gebrauchs und Nichtgebrauchs eine weit größere Bedeutung als Darwin zu. Er faßt alle von Darwin benutzten Prinzipien als Momente der Anpassung

¹⁾ Vergl. hierzu A. Weismann, Über den Einfluß der Isolierung auf die Artbildung, Leipzig 1872; derselbe, Vorträge über Descendenztheorie, Jena 1902, Bd. II, Vortrag 32.

zusammen und stellt dieser die Vererbung des durch Anpassung Erworbenen gegenüber. Während Darwin anerkannt hatte, daß die individuell erworbenen Eigenschaften sich in der Regel nicht vererben, setzt Haeckel sich über dieses Bedenken hinweg, und operiert mit Anpassung und Vererbung, ähnlich wie Darwin mit zufälliger kleinster Abänderung und natürlicher Auslese. Während Darwin einen mehrstämmigen Stammbaum annimmt, legt Haeckel das größte Gewicht darauf, die Einheitlichkeit in der Abstammung aller irdischen Organismen zu beweisen. Während Darwin die Embryologie beiseite läßt, zieht Haeckel sie in den Kreis seiner Betrachtung, stützt die Abstammungslehre wesentlich auf den Parallelismus der individuellen und stammesgeschichtlichen Entwicklung und formuliert die abgekürzte Wiederholung der Stammesentwicklung in der individuellen Entwicklung zum „biogenetischen Grundgesetz“. Er behauptet, daß die Uorganismen und die befruchteten Eizellen strukturlose und kernlose homogene Plasmaklumpchen seien und daß die Embryonen verschiedener Tiere in gleichen früheren Stadien ihrer Entwicklungen ununterscheidbar seien. Er lehrt, daß alle die gleiche Art der Zellteilung oder Furchung und alle das gleiche Gastrulastadium (der eingestülpten Keimblase) durchmachen. Den Menschen läßt er von den echten Affen abstammen, hält an einer Urzeugung fest und glaubt in Huxleys *Bathybius Haeckelii* den organischen Urschleim vor sich zu haben, der auf rein mechanischem Wege aus unorganischen Stoffen entstanden sein soll. Während Darwin an einen Gott-Schöpfer glaubt, der die Typen des mehrstämmigen Stammbaumes bestimmt hat, führt Haeckel die organische Natur auf die Vierwertigkeit des Kohlenstoffatoms zurück (Kohlenstofftheorie).

Die naturphilosophischen Schwächen des Haeckelschen Standpunktes lagen schon vor einem Menschenalter klar zu Tage und haben von Haeckel im Laufe seines Lebens keine Verbesserung erfahren.¹⁾ In seinen naturwissenschaftlichen Beobachtungen

¹⁾ Vergl. meinen Aufsatz: „Ernst Haeckel als Vorkämpfer der Abstammungslehre in Deutschland“ in der „Deutschen Rundschau“ 1875, 10. Heft (wieder abgedruckt in meinen „Gesammelten Studien und Aufsätzen“, C. III, S. 460 bis 496); „Geschichte der Metaphysik“, Bd. II, Bad Sachsa i. H., Haacke 1900, S. 456–460.

und Hypothesen sind ihm mancherlei Irrtümer mit untergelaufen und die Biologie ist in vielen Punkten über den Standpunkt hinaus vorgeschritten, den sie einnahm, als er seine drei ersten Hauptwerke verfaßte. Die sprungweise Umwandlung oder heterogene Zeugung, die Haeckel verwirft, ist durch zahlreiche Botaniker experimentell erwiesen worden. Gegen die Einheitlichkeit des Stammbaums haben sich gewichtige Bedenken erhoben; insbesondere ist die von Haeckel angenommene gemeinsame Wurzel des Tier- und Pflanzenreichs (das Probistenreich) bis jetzt nicht anerkannt worden. Vielmehr fahren die Systematiker fort, die Spaltalgen und Spaltpilze zum Pflanzenreich und die Protozoen zum Tierreich zu rechnen.

Die äußerst komplizierte chemische Zusammensetzung und anatomische Struktur des Protoplasma ist heute allgemein anerkannt, ebenso der innere Unterschied der Eizelle von einer Monere. Die Embryonen selbst nahe verwandter Spezien werden auch auf ihren früheren Entwicklungsstufen von den Embryologen mit Sicherheit unterschieden. Die Verschiedenheit selbst der ersten Furchungsvorgänge bei verschiedenen Arten ist anerkannt. Das Gastrulastadium hat tatsächlich nicht die von Haeckel angenommene allgemeine Gültigkeit, nicht einmal bei den niederen Tierarten, von deren Betrachtung Haeckel ausgegangen war. Die richtungslose Abänderung hat einer bestimmt gerichteten Platz gemacht und die Vererbung erworbener Eigenschaften wird teils ganz geleugnet, teils nur noch in beschränktem Umfang und Sinn behauptet. Das „biogenetische Grundgesetz“ zeigt mehr Lücken und Abweichungen, als der Charakter eines „Gesetzes“ erlaubt, und erfordert die größte kritische Vorsicht bei seiner Benutzung zu Rückschlüssen von der individuellen Entwicklung auf die stammesgeschichtliche. Das Eozoon canadense hat sich ebenso wie der Bathybius als unorganisches Produkt ausgewiesen. Die Vierwertigkeit des Kohlenstoffes wird von anderen Elementen geteilt, von noch andern, z. B. dem fünfwertigen Phosphor, der in der Kernsubstanz die wichtigste Rolle spielt, übertroffen; die Vielwertigkeit der Elemente kann aber nur die Kompliziertheit der Verbindungen und niemals das Leben erklären. Die Abstammung des Menschen vom echten Affen ist nach wie vor höchst zweifelhaft; die Bindeglieder zwischen den Halbaffen und dem Menschen sind noch immer in Dunkel gehüllt. Manche

Fragen, die einer hypothetischen Lösung nahe schienen, sind gegenwärtig einer solchen wieder ferner gerückt.

Während Darwin stets bereit war, seine Aufstellungen einzuschränken und begangene Irrtümer einzugestehen, sucht Haeckel einmal aufgestellte Behauptungen auch dann noch festzuhalten, wenn ihnen durch Fortschritte der Forschung der Boden entzogen ist, und was er nicht mehr verteidigen mag, schiebt er höchstens als „unwesentlich“ beiseite. Auf sachliche Polemik versteht er sich nicht; wo er in Polemik eintritt, wird sie stets persönlich. Die Folge davon ist, daß Haeckel über den Standpunkt, den er mit seiner Anthropogonie im Jahre 1874 erreicht hatte, prinzipiell nicht hinausgekommen ist, während die Biologie fortgeschritten ist, aber der Hauptsache nach in Richtungen, die in Haeckels System nicht passen. Einer seiner Schüler nach dem andern hat seine Fahne verlassen, z. B. Hamann, Fleischmann, Haacke, O. Hertwig, was Haeckel sich nur aus persönlichen und außerwissenschaftlichen Gründen zu erklären vermochte. Etwa seit Darwins Tode im Jahre 1881 gilt er in fachwissenschaftlichen Kreisen nicht mehr als der wissenschaftliche Hauptvertreter des Darwinismus in Deutschland, sondern Weismann ist an seine Stelle getreten. Er ist im wesentlichen der Makromorphologie treu geblieben und hat die Wendung der Biologie nach Seiten der Mikromorphologie und Cellularphysiologie nicht mitgemacht; deshalb haben die Vertreter dieser neueren Richtung wenig Anlaß, sich mit ihm zu beschäftigen, während die Vertreter der Makromorphologie seine früheren Leistungen auf diesem Gebiete in Ehren halten. In Laienkreisen dagegen ist sein Ansehen noch gewachsen; hier nimmt er durch seine „Welträtsel“ etwa die Stellung ein wie Büchner in den fünfziger Jahren durch „Kraft und Stoff“.

Das Hauptverdienst Haeckels liegt darin, daß er die Abstammungslehre, die damals noch verpönt war, in Deutschland zum Siege führte und damit der Biologie eine Forschungsmaxime verschaffte, die sich als äußerst fruchtbar bewährt hat. Die rein ideelle Ableitung der Formen voneinander, wie Goethe, Schelling und Hegel sie anstrebten, verwandelte sich damals in eine reelle, genealogische, an die Stelle des bloßen Kreislaufs trat damit wie bei Herder auch im Bereiche der Natur die Entwicklung, die selbst Hegel noch bloß im Gebiete des Geistes gelten lassen

wollte. Den Materialismus der Vogt, Moleschott und Büchner ersetzte er durch einen hylozoistischen Naturalismus, durch Beseeltheit aller Zellen und Atome. Den starren Begriff der Individualität verflüssigte er durch einen Stufenbau von Individuen verschiedener Ordnung und Relativität. Der fachmännischen Beschränktheit der Naturforschung seiner Zeit warf er mutig eine neue Naturphilosophie entgegen, durch die er viele bezauberte und viele Laien heute noch entzückt. Die mechanische Ansicht Darwins von der Vererbung als einer mosaikartigen Übertragung kleinster Teilchen (Pangene) ersetzte er durch eine dynamische Auffassung im Sinne einer Übertragung bestimmter Bewegungsformen und lenkte dadurch in eine richtigere Bahn ein.

Diese Verdienste sind groß genug, um wissenschaftliche und menschliche Schwächen zu ertragen. Daß er Spinoza und Kant, Goethe und Schelling nicht richtig auffaßte, die christliche Dogmatik mit unzulänglichem Verständnis kritisierte, darüber wäre man schweigend hinweggegangen, wenn nicht zu viele sich auf ihn als Autorität verlassen hätten. Sein Hauptmangel ist, daß er die Naturphilosophie mit der Naturwissenschaft identifizieren und die letztere zur ersteren aufbauschen will, anstatt beide deutlich zu unterscheiden. Daher stammt einerseits seine antitelologische, mechanistische Weltanschauung und andererseits seine mangelhafte Unterscheidung für das Tatsächliche und Hypothetische. Die Unzuverlässigkeit seiner selbstgefertigten Zeichnungen, die Vermischung von Beobachtung und Phantasie in denselben, hat von den Fachgenossen herben Tadel erfahren, um so herberen, als die Abweichungen der Phantasie von der Wirklichkeit stets nach Seiten der zu beweisenden Behauptung hinlagen, also der naturphilosophischen Tendenz dienten. Er hat Dinge abgebildet, die bis heute noch kein Naturforscher unter das Mikroskop bekommen hat (z. B. menschliche Embryonen aus den ersten zwei Wochen). Mehr noch durch die Art, wie Haeckel auf solche Vorwürfe reagiert hat, als durch die Sache selbst, hat er seinen Kredit als exakter Beobachter und Forscher beeinträchtigt, ohne seinen Kredit als Naturphilosoph zu erhöhen. In seinen wissenschaftlichen Arbeiten gesteht er, vielleicht nicht ganz im Einklang mit der Zuversicht seines persönlichen Glaubens, theoretisch das Hypothetische seiner Auffassungen zu; in dem Text seiner populären Schriften behandelt er praktisch seine Hypothesen als sichere

Ergebnisse der exakten Wissenschaft, wo nicht gar als „historische Tatsachen“, und wirkt dadurch irreführend auf den Laien. Seiner Forderung, die Abstammungslehre in seiner Auslegung in den Schulunterricht einzuführen, war schon Virchow mit der Begründung entgegengetreten, daß in den Schulen nur die unzweifelhaft festgestellten Ergebnisse der Wissenschaft gelehrt werden sollten, aber nicht Hypothesen höchst zweifelhafter Art wie diejenigen Haeckels.¹⁾

4. Mein Verhältnis zum Darwinismus.

Im Jahre 1866 bereits habe ich die Stellung, welche ich bis heute zum Darwinismus eingenommen habe, in der Philosophie des Unbewußten fixiert, deren 1. Aufl. 1868 erschien. (S. 482—504, 223—225; 7.—11. Aufl. Bd. II, S. 222—251, Bd. I, S. 248—250). Mit vollem Nachdruck trat ich für die reale Abstammung der Organismen auseinander ein, während ich die Frage der Einstämmigkeit oder Mehrstämmigkeit des Organismenstammbaumes offen ließ. Die Abstammung einer Art aus der anderen mußte durch sprunghafte Abänderung (Köllikers heterogene Zeugung) vermittelt sein, wo es sich um morphologische Änderungen des Typus handelte, konnte aber auch im Sinne Darwins durch Häufung kleinster Schritte erfolgt sein, wo keine morphologische Typusänderungen in Frage kommen. Bei der Häufung der individuellen kleinsten Abweichungen betonte ich die Notwendigkeit, daß sie bestimmt gerichtet, bei sprunghaften und allmählichen, daß sie planmäßig geleitet sein müßten, und daß auch die Vererbung solcher planmäßigen Abweichungen eine bestimmte Leitung der Vererbungsvorgänge voraussetzte. Ich wies darauf hin, daß Wallace, der noch vor Darwin mit der Behauptung der Abstammungstheorie hervorgetreten war, die intelligente Leitung der stammesgeschichtlichen Entwicklung mit Rücksicht auf Durchgangsstufen für notwendig erklärt hatte, die erst in späteren Resultaten ihre Zweckmäßigkeit erkennen lassen.

¹⁾ Die Wahrheit über Ernst Haeckel und seine Welträtsel. Nach dem Urteil seiner Fachgenossen beleuchtet von Dr. phil. E. Dennert. Drittes Tausend. Halle a. S. 1903, Ed. Müller. Der Verfasser ist Botaniker und Schüler Wigands. Seine Schrift ist die einzige, die Haeckel aus naturwissenschaftlichem Gesichtspunkt kritisiert, während die sonstige polemische Literatur mehr von philosophischen und theologischen Gesichtspunkten ausgeht.

Ich unterschied kürzere Perioden, wo gewisse Arten flüssig werden, von sehr langen, wo sie konstant bleiben, und demgemäß das Nebeneinanderbestehen flüssiger und fester Arten. Ich zeigte, daß die großen Fortschritte von wenig differenzierten Arten ausgehen müssen, bei denen möglichst wenig Merkmale zu unterdrücken und nur neue hinzuzufügen sind. Ich zeigte weiter, daß die Zuchtwahl Darwins unfähig sei, ohne ein inneres Entwicklungsprinzip die aufsteigende Entwicklung zu erklären, daß sie aber wohl einem solchen zur Stütze dienen könne. Die Stufe der einzelligen Organismen hätte durch bloße Zuchtwahl niemals überschritten und niemals eine Stufe zu einer höheren emporgeführt werden können, weil jede Stufe sich allen Lebensverhältnissen anpassen kann, und Arten verschiedener Stufen weit weniger in Wettbewerb miteinander stehen als nächst verwandte Arten. Wäre Darwin mehr Botaniker als Zoologe gewesen, so würden sich ihm die Grenzen für die Leistungsfähigkeit der Zuchtwahl weit deutlicher offenbart haben, weil bei Pflanzen die physiologische Anpassungsfähigkeit größer und die morphologischen Merkmale noch gleichgültiger sind als bei Tieren. Das harmonische Zusammenpassen verschiedener gleichzeitiger Einzelabänderungen in demselben Individuum und an verschiedenen Individuen, die Korrelation, ließ sich durch keines der Darwinschen Prinzipien oder Hilfsprinzipien erklären. Das Ergebnis war die Herrschaft eines inneren Entwicklungsprinzips ebenso in der stammesgeschichtlichen wie in der individuellen Entwicklung, aber eines inneren Prinzips, das nach dem Grundsatz des kleinsten Kraftaufwandes verfährt, also die äußeren technischen Behelfe nicht verschmäht, sondern bestens verwertet.

Was ich hier nur angedeutet hatte, führte ich 1873 und 1874 in meiner Schrift „Wahrheit und Irrtum im Darwinismus“ genauer aus¹⁾ und arbeitete es im Jahre 1877 in der 2. Aufl. der Schrift „Das Unbewußte vom Standpunkt der Physiologie und Descendenztheorie“ und 1890 in den Zusätzen, die beide Schriften im dritten Bande der 10. Aufl. der Phil. d. Unb. erhielten, noch weiter durch. Bei der erstgenannten Schrift konnte ich bereits den ersten Band von Wigands „Darwinismus“ benutzen, der Ende 1873 erschienen war, während ich für die Phil. d. Unb.

¹⁾ Diese Arbeit erschien zuerst in der Leipziger Wochenschrift „Die Litteratur“ im III. Quartal 1874 und 1875 in Buchausgabe.

von Kritiken Darwins noch nichts vorgefunden hatte als einen akademischen Vortrag Nägelis von 1865 „Entstehung und Begriff der naturhistorischen Art.“ Wenn ich bei Veröffentlichung der Phil. d. Unb. Haeckels generelle Morphologie noch nicht gekannt hatte, und seine „Natürliche Schöpfungsgeschichte“ erst gleichzeitig mit der Phil. d. Unb. erschien, so lagen mir nunmehr Haeckels drei Hauptwerke vor. Ich konnte somit die von mir in der Phil. d. Unb. eingenommene Stellung an dem damaligen bedeutendsten Verteidiger und Fortbildner Darwins und seinem bestgerüsteten Gegner erproben. Keinem von beiden konnte ich Recht geben, aber jedem konnte ich zum Teil zustimmen. Meine genauere Auseinandersetzung mit dem Darwinismus und die schärfere Sonderung seiner wahren und irrthümlichen Bestandteile mußte sich so zu einer Mittelstellung zwischen Haeckel und Wigand, oder zu einer Synthese der relativen Wahrheiten beider ausgestalten.

Ich zeigte, daß die systematische Verwandtschaft sowohl ideelle als reelle Verwandtschaft einschließt, und daß die erstere durch Analogien in der gesetzmäßigen Entwicklung (jetzt Konvergenz genannt), die letztere allein durch Abstammung realisiert wird. Die reelle Verwandtschaft kann wieder sprunghafte Heterogonie durch planvolle Keimmetamorphosen, oder allmähliche Transmutation durch Häufung kleinster gleichgerichteter Abänderungen sein. Nur innerhalb der allmählichen Transmutation können die Prinzipien Geoffroy St. Hilaires, Lamarcks und Darwins eine Rolle spielen. Immer ist es eine aktive Anpassung, eine zweckmäßige Reaktion, durch die der Organismus auf äußere Einflüsse oder Gebrauch und Nichtgebrauch antwortet, und immer zeigt sich eine planvoll gerichtete Abänderungstendenz in jeder Einzelabänderung, in dem harmonischen Zusammenpassen aller und in dem Festhalten und Steigern der eingeschlagenen Richtung bei der Vererbung. Nicht die Zuchtwahl ist ein rein mechanisches Prinzip, sondern nur die Auslese im Kampf ums Dasein; diese jedoch wirkt nur vernichtend in bezug auf das minder Angepaßte, aber keineswegs schöpferisch oder fördernd in bezug auf das besser Angepaßte. Zum Schluß ging ich auf das Verhältnis von Mechanismus und Teleologie ein, und widerlegte die irrigen Schlußfolgerungen, die Haeckel aus seiner Auffassung der natürlichen Zuchtwahl gezogen hatte. Das Ergebnis war die Recht-

fertigung eines immanenten, zweckmäßig aber unbewußt wirk-
samen Entwicklungsprinzips, das ebenso sehr im Gegensatz
stand zu Haeckels antiteleologischem Mechanismus und Mate-
rialismus wie zu Wigands transcendenten Teleologie im Sinne
des Theismus.

Meine Darwinismusschrift fand merkwürdigerweise bei her-
vorragenden Naturforschern Beachtung, trotzdem sie von einem
Philosophen herrührte und keiner der streitenden Parteien Recht
gab. Oscar Schmidt bekämpfte sie leidenschaftlich vom Stand-
punkt der Darwinschen Orthodoxie in seiner Schrift „Die natur-
wissenschaftlichen Grundlagen der Philosophie des Unbewußten“
(Leipzig 1877). August Weismann setzte sich ausführlich mit ihr
auseinander in seinen „Studien über die Descendenztheorie“
(Leipzig 1876), Bd. II, No. IV „Über die mechanische Auffassung
der Natur“, S. 275—330, Wigand im dritten Bande seines Dar-
winismuswerkes, S. 195—212; Karl Ernst von Baer führte sie
wesentlich zustimmend an. Alle beriefen sich dabei zugleich auf
die erste anonyme Auflage meiner unter der Maske eines Natur-
forschers verfaßten Schrift „Das Unbewußte vom Standpunkt der
Physiologie und Descendenztheorie“ als auf einen Zeugen gegen
mich, während die zweite Auflage dieser Schrift (1877) mit den
Zusätzen von meinem eigenen philosophischen Standpunkt meines
Wissens nur von Eimer auf $1\frac{1}{2}$ Seiten berührt worden ist. Gegen
Oscar Schmidt verfaßte ich eine eingehende Widerlegung, die
jener zweiten Auflage als Anhang angefügt wurde. (Phil. d. Unb.
10. u. 11. Aufl., Bd. III, S. 475—516.)

In den 70er Jahren war für eine vermittelnde Stimme kein
Gehör zu finden; als dann nach fast einem Vierteljahrhundert
dieselben Gründe, mit denen ich damals den Darwinismus kriti-
siert hatte, von neuem hervortraten und Anklang fanden, als selbst
die früher orthodoxen Darwinianer andere Wege einschlugen, da
war nicht zu erwarten, daß man sich der früher wirkungslos ge-
bliebenen Schriften eines Philosophen erinnerte. Es war nur zu
verwundern, daß ein Zoologe und ein Botaniker eine Ausnahme
machten. O. Hamann hielt in seinem Werke „Entwicklungs-
lehre und Darwinismus“ (Jena 1892) wesentlich die gleiche
Richtung inne wie ich in „Wahrheit und Irrtum im Darwinis-
mus“ und berief sich mehrfach auf diese Schrift (S. 59, 151—154,
191—192, 194, 103, 277). Johannes Reinke war ohne Kenntnis

von meinen Schriften zu ähnlichen Ergebnissen gelangt und wies dann im Vorwort zur zweiten Auflage seines Werkes „Die Welt als Tat“ und an vielen Stellen seiner „Einleitung in die theoretische Biologie“ (beide Berlin 1901) zustimmend auf sie hin.

5. Wigand.

Albert Wigand gebührt das Verdienst, die Lehren Darwins zum ersten Male mit der vollen Sachkenntnis eines Botanikers geprüft, bis in ihre kleinsten Bestandteile zerlegt und mit den Tatsachen konfrontiert zu haben. Was schon Nägeli bemerkt hatte, bestätigte Wigand, daß in vieler Hinsicht das Pflanzenreich ein weniger geeigneter Boden für die Selektionsprinzipien ist als das Tierreich. Das Wigandsche Buch¹⁾ darf noch heute als die wichtigste Quelle der antidarwinischen Kritik betrachtet werden. Leider schießt er weit über das Ziel hinaus, indem er sich auf den Cuvierschen Standpunkt stellt und die Flüssigkeit der Arten und ihre Abstammung voneinander bekämpft, und mir das versuchte Kompromiß zum Vorwurf macht. Seine Polemik gegen mich gipfelt darin, daß ich neben der unmittelbaren Tätigkeit eines inneren Entwicklungsprinzips die mechanische Seite des Darwinismus als ein Hilfsmittel gelten lasse, dessen das innere Entwicklungsprinzip sich bedient, um seine Ziele mit geringerem Kraftaufwand zu erreichen. Während die mechanische und die vitale Auffassungsweise sich bei mir ergänzen, behauptet Wigand, daß sie sich widersprechen (III, S. 207). Alles, was er sonst noch gegen mich vorbringt, sind eigentlich nur Ausführungen dieses Gedankens, der sich im Munde eines Naturforschers doppelt wunderlich ausnimmt.

Die Darwinianer lehnten Wigands Kritik ab, weil sie dasjenige zu treffen glaubte, was ihnen mit Recht als die wertvollste Errungenschaft galt, die Abstammungslehre. Auch Wigand hatte sich dem Zauber dieses Gedankens, daß die ideelle Entwicklung sich irgendwie stammesgeschichtlich realisieren müsse, nicht ganz entziehen können; um aber Darwin keine Zugeständnisse zu machen, hatte er die Umwandlung der Arten in ihre Urzellen verlegt, und sich damit in eine Hypothese, die Genealogie der

¹⁾ Der Darwinismus und die Naturforschung Newtons und Cuviers. 3 Bände. Braunschweig 1874—1877.

Urzellen, verirrt, deren phantastischer Charakter leicht zu durchschauen war (vgl. meine Kritik in der „Phil. d. Unb.“, III, S. 373 bis 382). Es kam hinzu, daß Wigand als Irvingianer seinen theistischen Standpunkt scharf hervorkehrte und die vitale Zwecktätigkeit der Organismen nicht in einer höheren Form natürlicher unbewußter Gesetzmäßigkeit, sondern in bewußten Akten göttlicher Freiheit suchte. All dem gegenüber hatten die Darwinisten leichtes Spiel; durch Abweisung des Unhaltbaren an Wigands Kritik konnten sie glauben, auch das Berechtigte an ihr diskreditiert zu haben. Mit der Schrift Jaegers „In Sachen Darwins, insbesondere contra Wigand“ (Stuttgart 1874) glaubten sie Wigand abgetan und ließen ihn fortan unbeachtet. Jaeger selbst hat später sich vom Darwinismus abgewandt und in der Vererbung den *rocher de bronze* einer teleologischen und vitalistischen Auffassung anerkannt.¹⁾ Seine damalige Kritik, die sich zum Teil auch gegen mich richtete, dürfte ihn heute sonderbar anmuten. Wer sich für die Geschichte des Darwinismus interessiert, findet noch schätzbare Aufschlüsse im dritten Bande des Wigandschen Werkes, die freilich nur bis 1876 reichen.

Ganz neuerdings ist auch Wigand wieder mehr aus der Vergessenheit hervorgezogen worden. Driesch hat eines seiner Werke Wigands Manen gewidmet, und Wigands Schüler Dennert setzt die Bekämpfung des Darwinismus im Sinne seines Meisters durch fortlaufende Kritiken fort, von denen ein Teil gesammelt als Broschüre erschienen ist.²⁾ Leider teilt er auch die Einseitigkeiten Wigands.

6. von Baer.

Baer hat schon vor Darwin Transmutationen oder Typenumwandlungen und in gewissem Umfang die Abstammung der Arten voneinander behauptet. In seiner Schrift „Über die Lehre Darwins“ (1876) bekämpft er die Einstämmigkeit des Haeckelschen Stammbaums, die Selektionstheorie im Darwinschen Sinne und die Abstammung des Menschen von einer der uns bekannten Affenarten. Dagegen vertritt er die Vielstämmigkeit des Tier-

¹⁾ „Die Continuität des Lebens“ im „Prometheus“. Jahrgang XIII 1901—1902, No. 16—17.

²⁾ Vom Sterbelager des Darwinismus. Stuttgart 1903.

reichs, den Einfluß der Typen oder Ideen auf die unorganischen Gesetze, die sprunghafte Entwicklung neben allmählicher Umwandlung innerhalb gewisser Grenzen und hat nach Bunges Zeugnis auch die Abstammung des Menschen von einem Säugetier der Tertiärperiode mündlich zugegeben. Der Darwinschen Zuchtwahl macht er zum Vorwurf, daß sie nicht wie die künstliche Züchtung unter der zielstrebigem Leitung einer Intelligenz stehe, daß das Fortdauern verschiedener Arten und Varietäten an gleicher Stelle ihr widerspreche, und daß sie die Korrelation der Teile des Organismus nicht erklären könne. Bei der Vererbung betont er ebenso wie bei der aktiven Anpassung die Zielstrebigkeit. Die geschlechtliche Zuchtwahl hält er für völlig grundlos. Gegen das „biogenetische Grundgesetz“ Haeckels, d. h. die Wiederholung der Stammesentwicklung in der Einzelentwicklung, macht er Bedenken geltend, die gegenwärtig immer mehr Anerkennung gefunden haben. Er läßt nur soviel von ihm als richtig gelten, daß das Embryo sich von der Unbestimmtheit seiner Ordnung zu immer größerer Bestimmtheit der Klasse, Gattung, Art, Unterart und Individualität ausbilde, und daß diese fortschreitende Entwicklung und Differenzierung mit der stammesgeschichtlichen eine gewisse Ähnlichkeit habe. Eine Umbildung aus einer Hauptgruppe in die andere scheint ihm unannehmbar. Er stellt insofern den Darwinismus auf eine Stufe mit der älteren Naturphilosophie, als beide von der Reflexion statt von der Beobachtung ausgehen und Hypothesen für Tatsachen ausgeben.

In den Einzelheiten stützt Baer sich vielfach auf Wigand; seinem ganzen Standpunkt nach nimmt er gleich mir eine Mittelstellung zwischen Haeckel und Wigand ein. Denn er nimmt innerhalb gewisser Grenzen die Flüssigkeit der Arten und ihre Umwandlung ineinander teils durch sprunghafte, teils durch allmähliche Abänderung an, die Wigand leugnet. Vor allem behauptet er gleich mir, daß die organische Entwicklung sowohl in der Stammesgeschichte als auch im Einzelleben durch eine unbewußte immanente Zielstrebigkeit geleitet sei, nur daß er an der Bewußtheit dieser Zwecktätigkeit in Gott festhält. Im ganzen hat die naturphilosophische Stellungnahme Baers etwas Unsicheres und Schwankendes. Sowohl hierdurch als auch durch die versuchte Mittelstellung blieb seine Leistung trotz des Ansehens, das er als Naturforscher genoß, nahezu wirkungslos. Es mußte

erst eine neue Generation von Naturforschern heranwachsen, ehe solche Ansichten in Fachkreisen eine Stätte finden konnten.¹⁾

7. Nägeli.

Nägeli hat sich schon im Jahre 1865 für die Abstammungslehre, aber gegen die Zulänglichkeit der Selektionstheorie Darwins ausgesprochen; in einer Reihe von Abhandlungen und in dem größeren Werk „Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre“ (1884) hat er dann seine eigenen Ansichten genauer entwickelt. Er bestreitet, daß durch die Selektion die Abänderung morphologischer Merkmale, insbesondere die aufsteigende Richtung in der stammesgeschichtlichen Entwicklung und die Ausbreitung in eine Menge nebeneinander bestehender, also gleich gut angepaßter Formen erklärbar sei. Während nach Darwin die nützlichen Merkmale konstant, die gleichgültigen veränderlich sein sollen, zeigt die Erfahrung das Gegenteil, indem die gleichgültigen morphologischen Merkmale die konstantesten sind. Die aufsteigende Entwicklung zwingt dazu, an einem Entwicklungsplan, an einer Vervollkommnungstendenz, an einem inneren Prinzip des Fortschritts vom Niederen zum Höheren festzuhalten.

Die äußeren Einflüsse treten nur nebensächlich hinzu; sie könnten gar nichts leisten, wenn nicht innere Ursachen vorhanden wären, die auf sie reagieren. Was die äußeren Einflüsse leisten, vollzieht sich im Sinne des St. Hilaireschen Prinzips als „direkte Bewirkung“, nicht im Sinne Darwins durch Vermittelung der Selektion. Die Selektion bewirkt höchstens die vorhandenen Lücken in der Formenreihe durch Ausscheiden des minder Angepaßten. Die äußeren Einflüsse bewirken zwar zunächst nur vorübergehende Abänderungen; aber durch generationenlange Dauer können sie auch erblich werden. Was so entsteht, sind jedoch immer nur nützliche Anpassungen; die eigentlichen Entwicklungsfortschritte entspringen ganz und gar aus inneren Ursachen, aus der Anlage zur Vervollkommnung in bestimmter Richtung gemäß dem allgemeinen Entwicklungsplan.

Diese Vervollkommnungstendenz wurde von der materia-

¹⁾ Vergl. R. Stölzle, K. E. von Baer und seine Weltanschauung. Regensburg 1897.

listischen Zeitrichtung als stammesgeschichtliche Wiederauffrischung der im Einzelleben glücklich überwundenen Lebenskraft kritisiert. Nägeli fühlte sich dadurch gedrungen, ihr im Gegensatz zu solchen Kritiken eine rein materialistische Deutung zu geben. Während bei Darwin die inneren Ursachen, aus denen die Reaktionen auf die äußeren Einflüsse entspringen, lediglich die Anlage oder organische Struktur der Urzellen sind, sucht Nägeli sie weiter rückwärts in den Molekularkräften der unorganischen Materie, aus denen die Urzellen sich gebildet haben. Nägeli behauptet eine Urzeugung nach rein physiko-chemischen Gesetzen nicht nur in der Vergangenheit, sondern auch als fortdauerndes Geschehen durch alle Zeiten bis zur Gegenwart und Zukunft. Wenn die Vervollkommnungstendenz in der Materie als solchen liegt, so muß auch überall der Trieb zur Entstehung des Organischen aus dem Unorganischen tätig sein, und die entstandenen Urzellen müssen sich stammesgeschichtlich in parallelen, aber zeitlich gegeneinander verschobenen Entwicklungsabläufen zu immer höheren Organismen entwickeln. Von einer Einstämmigkeit des Tierreichs kann natürlich bei solchen Annahmen nicht mehr die Rede sein; an ihre Stelle treten unendlich viele Stämme von gesetzlich übereinstimmender Entwicklung. Die höchstentwickelten Organismen müssen von den ältesten Urzellen abstammen, die niedersten Lebewesen von Urzellen, die erst kürzlich durch Urzeugung entstanden sind und noch nicht die Zeit gehabt haben, sich höher hinauf zu arbeiten. Diese formell richtigen Konsequenzen stimmen nicht mit unseren Erfahrungen überein und stellen dadurch die Voraussetzung in Frage, aus der sie gezogen sind, nämlich den Satz, daß die inneren Ursachen der Vervollkommnung in der unorganischen Materie und ihren Molekularkräften liegen. Nägeli hat diesen Satz auch nur aufgestellt, um sich vor dem schmählichen Verdacht des Vitalismus zu reinigen und dem materialistischen Vorurteil seiner Zeit zu huldigen; denn er befindet sich mit dieser Aufstellung im Widerspruch gegen seine eigentliche, innerste, oft genug mit größtem Nachdruck geäußerte Überzeugung, daß die Naturwissenschaft über die Beschaffenheit jener inneren Ursachen nichts weiß, daß die Gründe der Abänderungen ein Rätsel sind, und daß „die Natur in ihren einfacheren unorganischen Erscheinungen der Naturforschung dieselben Schwierigkeiten darbietet als bei der Frage

nach dem Zustandekommen des Bewußtseins aus materiellen Ursachen.“ Die Notwendigkeit, den Fortschritt im Gegensatz zu Darwins Selektion auf innere Ursachen zurückzuführen, hat seitdem immer allgemeinere Anerkennung gefunden. Es ist wesentlich Nägelis Verdienst, dieser Ansicht zum Durchbruch verholfen zu haben, es wäre ihm dies aber den Vorurteilen der Zeit gegenüber völlig mißlungen, wenn er nicht im Gegensatz zu Baer diese inneren Ursachen in der physiko-chemischen Beschaffenheit der unorganischen Materie gesucht hätte.

Um die Stetigkeit der Vererbung und die Leitung der Reize zu sichern, nahm Nägeli einen besonderen Vererbungsstoff, das Idioplasma an, der fadenförmig wie ein Netzwerk alle Zellen durchziehen sollte. Ein solches Idioplasma existiert nicht; die Sporen, Eier und Spermien, auf denen die Vererbung ruht, haben den Formwert gesonderter Zellen. Auf die Zellkerne, in denen man jetzt die Vererbungsstoffe und die Hauptträger der organischen Struktur sucht, nahm Nägeli noch keine Rücksicht. Das Idioplasma vergleicht Nägeli einem Klavierspieler, seine einzelnen Micellreihen den Saiten, die angeschlagen werden; das ganze Idioplasma wäre also im mechanischen Sinne ein Klavier, das auf sich selber spielt.

8. Askenasy, Hofmeister, v. Sachs.

Askenasy unterscheidet in seinen „Beiträgen zur Kritik der Darwinschen Lehre“ (Leipzig 1872) eine bestimmt gerichtete und eine ziellos schwankende Variation. Die letztere, die allein bei der natürlichen Zuchtwahl als Unterlage vorausgesetzt wird, hat geringere Bedeutung; sie umfaßt einen Teil der individuellen Abweichungen. Die erstere allein, die zur Selektionstheorie im Gegensatz steht, führt zur Bildung neuer Arten und Gattungen, wenn eine größere Zahl von Individuen gleichzeitig von einer bestimmt gerichteten Abänderungstendenz ergriffen wird. Askenasy ist noch mehr als Nägeli von dem Entwicklungsprinzip durchdrungen, das sich aber in der bestimmt gerichteten Abänderung offenbart.

W. Hofmeister führt Köllikers Theorie der „heterogenen Zeugung“ in die Botanik ein. Er läßt die neuen Formen nicht nur durch eine bestimmt gerichtete Abänderung wie Askenasy

entstehen, sondern läßt sie mit einem Schlage in weiter Abweichung von der Stammform in die Erscheinung treten. Er stützt sich dabei auf botanische Erfahrungen, die ihm dafür sprechen, daß die so entstandenen Formen zunächst unbeständig seien. Die natürliche Zuchtwahl läßt er dann als ein Mittel gelten, durch das die neuen Formen zu relativ konstanten Arten befestigt werden, und beruft sich dabei auf das Beispiel von *Papaver somniferum monstrosum*.

J. v. Sachs, der in seinen früheren Lehrbüchern ganz Darwinianer war, hat sich gegen Ende seines Lebens mehr und mehr vom Darwinismus losgesagt und sich auf den Boden der inneren Entwicklungsursachen gestellt. 1896 schrieb er in einem Briefe: „Seit mehr als 20 Jahren habe ich erkannt, daß die Descendenz vom Darwinismus gesäubert werden muß, wenn eine streng wissenschaftliche Theorie der organischen Gestaltungsprozesse entstehen soll.“ (Dennert, „Vom Sterbelager des Darwinismus“, S. 11).

9. A. v. Kölliker.

Kölliker steht Nägeli darin nahe, daß er ein inneres Entwicklungsgesetz aus physiko-chemischen Ursachen und die Vielstämmigkeit des Stammbaumes annimmt; er ist also wie dieser Materialist und Mechanist im Gegensatz zu dem Theisten und Vitalisten von Baer, und teilt mit Haeckel den Glauben an die Entstehung des Zweckmäßigen aus zwecklosen mechanischen Vorgängen. Deshalb ist sein Einfluß auf die Naturforschung seiner Zeit bedeutend gewesen, während derjenige Wigands und v. Baers verschwindend war. Am wichtigsten ist er durch seine Betonung der sprunghaften Entwicklung, heterogenen Zeugung oder Heterogonie.

Die Umwandlungen gehen nach ihm in doppelter Weise vor sich, nämlich teils durch allmähliche Umgestaltung schon bestehender Teile, teils durch sprungweise Bildung neuer Organe, d. h. neuer morphologischer Einheiten. Fast alle großen Umgestaltungen, insbesondere alle wirklichen Neubildungen von Organen, fallen in die früheste Embryonalzeit. Äußere Einflüsse schaffen nichts, sondern wirken nur modifizierend auf das innere Bildungsgesetz. Wenn die kleinsten Abänderungen den Schein erwecken können, als seien sie durch zufällige, meist äußere Ursachen bewirkt, so tritt es bei der sprunghaften Umgestaltung durch hetero-

gene Zeugung klar zutage, daß es sich um notwendige innere Ursachen handelt, deren Walten sich als inneres Entwicklungsgesetz darstellt. Jede Art entwickelt sich, aus eigenen, inneren Ursachen genötigt, zu neuen Formen, unabhängig von äußeren Existenzbedingungen und bis zu einem gewissen Grade auch unabhängig vom Kampf ums Dasein. Auch der Mensch ist durch heterogene Zeugung aus einem Säugetier entstanden; die Existenz von Zwischengliedern zwischen Mensch und Affe ist deshalb fraglich, wenn auch möglich.

Hofmeister, Hamann, Bateson, Ad. Wagner u. a. m. sind für Köllikers Heterogonie eingetreten, und neuerdings hat sie durch de Vries eine starke Stütze erhalten. Sie bietet eine Erklärungsmöglichkeit für indifferente morphologische Änderungen des Typus, bei denen die Zuchtwahl nach Darwins Eingeständnis völlig im Stich läßt. Auch Darwin hat sie nicht geleugnet, nur ihre Brauchbarkeit für Artenentstehung bezweifelt, weil die Zuchtwahl bei ihr nicht wirken könne, und Weismann hält noch heute an dieser Ansicht fest. Es ist aber nicht abzusehen, warum die Zuchtwahl nicht ebensogut solche Formen sollte eliminieren können, die plötzlich, wie solche, die allmählich entstanden sind, wofern sie für die gegebenen Umstände nicht passen. Nur der Schein, als ob die Zuchtwahl eine positive schöpferische Ursache sei, verschwindet unwiederbringlich bei der heterogenen Zeugung. Wer die Zuchtwahl als das einzige Mittel ansieht, um zweckmäßige Resultate ohne zwecktätiges Prinzip hervorzubringen, der wird sich aufs äußerste gegen die Artenumwandlung durch Heterogonie sträuben, weil sie ihn unaufhaltsam in den Vitalismus hinüberdrängt. Kölliker selbst glaubte, wie Nägeli, daß die innere Entwicklungstendenz oder Energie zur Vervollkommnung (samt der Heterogonie) im Wesen der lebenden Substanz selbst ihre physiko-chemische Erklärung haben müsse, und daß das Entwicklungsgesetz der organischen Natur dasselbe sei wie das der anorganischen, wie z. B. der Kristalle; aber die kritischen Naturforscher sehen die Unhaltbarkeit dieses Glaubens ein und haben deshalb, so lange sie von dem Vorurteil der mechanistischen Weltanschauung beherrscht sind, mit Recht eine unheimliche Scheu vor der Heterogonie.

Zufällige Abänderungen können nichts Nützliches hervorbringen, und wenn sie es könnten, so würde ihr Ergebnis durch

Kreuzung wieder verwischt werden. Moritz Wagners Migrationshypothese kann diese Wiederverwischung nicht hindern, weil nicht abzusehen ist, warum gerade die nützlich umgewandelten Formen allein wandern sollten. Neue Organe können durch zufällige Abänderungen nicht entstehen, und minimale Ansätze zu nützlichen Veränderungen wären ohne Nutzen, könnten also nicht Gegenstand der Zuchtwahl werden. Die Zuchtwahl im Darwinischen Sinne existiert demnach gar nicht. Kölliker erkennt an, daß sein Erklärungsversuch, ebenso wie der Darwinsche, eine bloße Hypothese ist; er behauptet nur, daß er die bessere Hypothese von beiden sei, weil sie mehr leiste. Auf den Rang eines wirklichen Gesetzes im Sinne der exakten Naturwissenschaft hat nach Kölliker keiner von den allgemeinen Sätzen Anspruch, die das Gesetzmäßige in der organischen Entwicklung ausdrücken sollen.

Als Vertreter der Vielstämmigkeit des Stammbaums der Organismen behauptet Kölliker, daß die Abstammung nicht erforderlich sei, um den Zusammenhang und die Harmonie der Organismenreihe begreiflich zu machen, daß vielmehr ein inneres Entwicklungsgesetz das ebenso gut und besser leiste. Damit will er aber keineswegs die Abstammungslehre überhaupt verwerfen, sondern rühmt Darwins Verdienste um dieselbe. Gegen Haeckels biogenetisches Grundgesetz verhält es sich dagegen ablehnend, weil es den Tatsachen nicht entspreche und weil Haeckels Cänogenesis in Ermangelung der Anpassung und Selektion bei Eiern und Embryonen eine Erdichtung sei. Ebenso verwirft er Haeckels Vererbung erworbener Eigenschaften.

Ein bleibendes Verdienst Köllikers ist es, daß er das Idio- plasma, welches von Nägeli in einem fingierten Netzwerk von Fäden gesucht worden war, in die Zellkerne verlegte und in deren Molekularstruktur die erblichen Anlagen und den Grund für alle gesetzmäßig und typisch ablaufenden Bewegungen und chemischen Vorgänge suchte. Damit legte er den festen Grund zur Vererbungstheorie; denn das in den Kernen steckende Idio- plasma kann an Masse zunehmen und unverändert in die Kerne der Teilungszellen übergehen, aber auch sich rückbilden und zugrunde gehen. Er bekämpft die Nußbaum-Weismannsche scharfe Unterscheidung unsterblicher Keimzellen und sterblicher Körperzellen, die Weismannsche Unterscheidung verschiedener

Arten von Idioplasma, seine Annahme der Kontinuität des Keimidioplasmas im Gegensatz zum Körperidioplasma und die Darwinsche Pangenesis. Er behauptet dagegen, daß das Keimplasma in allen Körperzellen dasselbe sei.¹⁾

10. Eimer.

Eimer steht schon im ersten Bande seines Werkes „Die Entstehung der Arten“ (1888) der Zuchtwahllehre sehr skeptisch gegenüber, da sie nicht die ersten Anfänge, sondern nur das Herrschendwerden und die Steigerung neuer Eigenschaften, und auch diese nur teilweise erkläre; im zweiten Bande (1897) sagt er sich ganz von ihr los. Mit Nägeli und Kölliker stimmt er darin überein, daß die Artumwandelung nicht durch zufälliges Abändern, sondern durch bestimmtes nach wenigen Richtungen hin aus physiologischen Ursachen erfolgt. Aber er weicht darin von ihnen ab, daß er jede Vervollkommnungstendenz und jedes innere Entwicklungsgesetz ablehnt, an die Stelle eines solchen „das stammesgeschichtliche Wachsen“ setzt und alle Abänderungen aus Einflüssen der Außenwelt ableitet, die von verschiedenen stammesgeschichtlichen Wachstumsstufen mit verschiedenen physiologischen Reaktionen beantwortet werden.

Die bestimmten Abänderungsrichtungen entspringen aus der allgemeinen stammesgeschichtlichen Wachstumstendenz in ihrem Zusammenwirken mit den Einflüssen der Außenwelt. Die Abänderungen, die durch die letzteren hervorgerufen werden, betrachtet Eimer als erblich. Er stützt die Artumwandelung also ganz auf das St. Hilairesche Prinzip in Verbindung mit bleibender Trennung der ungleichen Wachstumsprodukte. Das Lamarcksche Prinzip des Gebrauchs und Nichtgebrauchs wird zwar nicht bestritten, tritt aber gegen das St. Hilairesche ganz in den Hintergrund. — Die sprunghafte Veränderung Köllikers und das biogenetische Grundgesetz Haeckels erkennt er an und glaubt das plötzliche Auftreten ganz neuer Bildungen durch Korrelation erklären zu können, indem eine sprunghaft abgeänderte Eigenschaft mehrere andere im Gefolge hat. Auch die Entstehung neuer Arten durch Bastardierung ohne jeden Einfluß der Anpassung läßt

¹⁾ Vergl. R. Stölzle, A. v. Köllikers Stellung zur Descendenzlehre. Münster i. W. 1901.

er gelten. Die stammesgeschichtliche Wachstumstendenz faßt Eimer nicht als eine innere Triebkraft des organischen Lebens auf, sondern sucht ihre Ursachen lediglich in der Gesamtheit aller äußeren Einwirkungen. Jede innere Triebkraft erscheint ihm als etwas Unnatürliches, und der Satz, daß alles mit ganz natürlichen Dingen zugeht, erscheint ihm gleichbedeutend mit dem, daß alles aus rein materiellen Ursachen nach bloß physiko-chemischen Gesetzen entspringt.

Daß das Organismenreich der Erde ein einheitliches Ganze ist, dessen bloße Organe im Sinne einer Arbeitsteilung die Einzelwesen darstellen, ist ein richtiger, von dem Naturphilosophen Oken entlehnter Gedanke. Nur auf Grund dieser Voraussetzung konnte Eimer den Begriff des Wachsens vom Einzelwesen auf das Ganze des Organismenreiches übertragen. Er geht dabei von dem Vorurteil aus, daß wir beim Einzelwesen nach mechanischen Gesetzen begreifen können, was das Wachsen sei; denn so lange wir das individuelle Wachsen noch nicht verstehen, wird uns auch durch Übertragung dieses Begriffs auf die Gesamtorganisation die Stammesgeschichte um nichts verständlicher. Ebenso unverständlich bleibt es, wie das zunächst doch rein quantitative organische Wachsen durch äußere Einflüsse das Ergebnis einer qualitativen Vervollkommnung und morphologischen Höherbildung hervorbringen soll. Wenn die höchsten Organismen bloß spätere Wachstumsstufen der niederen sind, so sind die niederen Organismen, die mit ihnen in gleicher Umgebung leben, bloß auf niederen Wachstumsstufen stehen geblieben; wenn das Problem an den höheren Stufen beseitigt wird, so taucht es für die Rückständigkeit der niederen von neuem im umgekehrten Sinne auf.¹⁾

Für das stammesgeschichtliche Wachsen stellt Eimer folgende empirische Gesetze auf: 1. Längsstreifen der Zeichnung gehen in Flecken, Querstreifen in Einfarbigkeit über; 2. neue Zeichnungen treten in bestimmter Richtung auf (von hinten nach vorn oder von oben nach unten oder umgekehrt) und schwinden in derselben Richtung, in der sie aufgetreten sind; 3. die Männchen gehen den Weibchen in der Entwicklung meist um einen Schritt voraus; 4. neue Eigenschaften treten zunächst in der Zeit höchster

¹⁾ Vergl. Philos. des Unbewußten, 11. Aufl., Bd. III, S. 168—169, 219—220.

Kraftentfaltung auf. Weitere Regeln betreffen den zeitweiligen Stillstand der Entwicklung, die Möglichkeit ihrer Umkehr, die Konvergenzerscheinungen auf verschiedenen Stufen der Organisation usw.

Ein besonderes Verdienst hat sich Eimer dadurch erworben, daß er die Mimikry oder Nachäffung durch natürliche Masken und die Schutz- und Trutzfärbungen kritisch durchforschte, die bei den Darwinianern von Wallace bis Weismann als handgreiflichstes Beispiel für die Leistungsfähigkeit der Naturzüchtung mit Vorliebe behandelt werden. Sicherlich hat die Phantasie der Beobachter dabei vieles hineingetragen, was gar nicht in den Tatsachen liegt. Unvollkommene Ähnlichkeiten sind als hinreichend vollkommene für den Zweck der Täuschung angesehen worden; man hat auf Grund der Ähnlichkeiten einen Schutz durch dieselben vorausgesetzt, wo ein solcher bei genauerer Beobachtung der Lebensweise der Tiere gar nicht festgestellt werden konnte. Manche Tiere bedürfen des Schutzes gar nicht, den die Ähnlichkeit ihnen gewähren könnte, weil weder sie noch ihre schutzlosen Verwandten besonders verfolgt werden; ja sogar bei weitem die meisten Tierarten zeigen, daß sie auch ohne solche künstliche Hilfsmittel sehr wohl bestehen können. Viele Tierarten werden überhaupt nur gefangen und gefressen, wenn sie sich bewegen, also eine Schutzfärbung ihnen nichts helfen kann. Die Sinnesorgane der meisten Räuber reichen gerade nur aus, um auf ein in Bewegung befindliches Objekt aufmerksam gemacht zu werden, während ruhende auch ohne Schutzfärbung von ihnen unbemerkt bleiben. Manche Tiere machen den Schutz, den ihnen die Ähnlichkeit gewähren könnte, illusorisch, indem sie sich gar nicht mit Vorliebe auf solchen Gegenständen niederlassen, denen sie ähnlich sind. In den Zeichnungen, die man als Schreckmittel für Verfolger gedeutet hat, ist sicherlich die menschliche Phantasie zu weit gegangen.

Eimer findet den Grund für die häufigen Ähnlichkeiten (z. B. zwischen Schmetterlingsflügeln und Blättern, Raupen und Stengelteilen) darin, daß es nur verhältnismäßig wenige Entwicklungsrichtungen für die Zeichnung und Färbung der Schmetterlinge und Raupen gibt. Welche von diesen eingeschlagen wird, das hängt nach seiner Ansicht gar nicht von der Zuchtwahl ab, sondern lediglich von äußeren Einflüssen. Er stützt seine Behauptung auf

vielfach bestätigte Versuche, welche dartun, daß durch bloße Erhöhung oder Erniedrigung der Temperatur während der Entwicklung aus gleichen Raupen verschieden gefärbte und gestaltete Schmetterlinge gezogen werden können, die ganz den Abarten verschiedener Klimate oder verschiedener Jahreszeiten entsprechen. Offenbar kommt hierbei weder das Darwinsche noch das Lamarcksche Prinzip in Betracht. Daß aber in andern Fällen diese auch nicht mitsprachen, folgt daraus keineswegs, wie Eimer annimmt. Der Streit über diese Frage dauert deshalb fort; insbesondere eine negative Auslese minder gut geschützter Formen wird sich nicht von der Hand weisen lassen.

11. Roux.

Da der vielzellige Organismus aus so viel Individuen zusammengesetzt ist, so kann auch zwischen diesen Individuen ein Kampf ums Dasein in Gestalt eines Kampfes um Nahrung und Raum stattfinden. (W. Roux, Der Kampf der Teile im Organismus. Leipzig 1881.) Die äußere Zuchtwahl wird zur inneren (Intraselektion) der Gewebeteile untereinander. Freilich fehlt ein Faktor, der bei der gewöhnlichen Zuchtwahl unentbehrlich ist, die Überproduktion; aber er wird dadurch ersetzt, daß die Funktion selbst auf die Gewebe als Ernährungsreiz wirkt, und der Mangel an Beanspruchung und Betätigung sie verkümmern läßt. Diese Eigenschaft ist eine Art der Anpassung, fällt also unter das Lamarcksche Prinzip; erst durch diese Verbindung mit dem Lamarckschen Prinzip wird eine Gewebeselektion oder ein Kampf der Teile im Organismus möglich.

Bei den passiv fungierenden Organen sind die funktionellen Reize Zug (faseriges Bindegewebe), Druck oder Zug mit starker Abscherung (Knorpel), Druck mit oder ohne Zug und ohne oder mit verschwindend kleiner Abscherung (Knochen). Bei den aktiv fungierenden Organen (Muskeln, Drüsen, Sinneszellen, Ganglienzellen, Nerven) kommt erst der tätigen Vollziehung der Funktion die Ernährungswirkung zu. Die Ernährungswirkung zeigt sich nur in der Richtung, in der die Gewebe bei der Funktion in Anspruch genommen werden, z. B. bei der Kraftentfaltung im Dickerwerden, bei weiten Bewegungen im Längerwerden der Muskeln.

Roux selbst hat sich genötigt gesehen, seiner Theorie im

Laufe der Zeit eine Menge Einschränkungen hinzuzufügen. Die „funktionelle Anpassung“ der Gewebe ist ebenso wie Variation und Vererbung ein Sammelname oder deskriptiver Kollektivbegriff für das Ergebnis sehr verwickelter Vorgänge; sie ist wie die natürliche Zuchtwahl ein Prinzip der Erhaltung, Aufspeicherung und Steigerung, das die ersten Entstehungsursachen voraussetzt und unerklärt läßt. Der funktionelle Reiz ist keineswegs der einzige Ernährungsreiz; neben ihm spielen Ernährungsreize eine Rolle, die von den nervösen Zentralorganen ausgehen und durch Nerven zu den Geweben geleitet werden. Die negative Auslese, die durch die Untätigkeitsverkümmernng erfolgen soll, ist bei manchen Geweben gering, z. B. beim Bindegewebe, wo oft auch schräge, unbeanspruchte Fasern stehen bleiben. Die Ernährung ist immer eine aktive Leistung der Zelle, die bis zu einem gewissen Grade von der besseren oder schlechteren Ernährungsgelegenheit unabhängig ist; Reize können auf sie nur Einfluß gewinnen, wofern sie selbsttätige Reaktionen der Gewebe hervorrufen. Diese Reaktionen können nur dann funktionelle Anpassung heißen, wenn sie eine der Funktion dienende Veränderung der Gestalt herbeiführen. Im Alter hört die gestaltende Reaktion der Gewebe mehr und mehr auf, während sie in der embryonalen Periode noch gar nicht vorhanden ist. In der embryonalen Periode werden viele Gestaltungen (z. B. Gelenke, geeignete Größenverhältnisse) durch besondere Kräfte hervorgebracht, die nach ihrem Abschluß durch funktionelle Anpassung bewirkt werden. Die Verstärkung der Gewebe, die von einem Funktionsreiz getroffen werden, geht häufig nicht von ihnen selbst, sondern von einem andern Muttergewebe aus, so daß funktioneller Reiz und Reaktion sich auf verschiedene Stellen verteilt, die Reaktion nicht eine unmittelbare Wirkung des ersteren auf das von ihm getroffene Gewebe darstellt, und der Ernährungsreiz nur in einer leitenden Übertragung des funktionellen Reizes gesucht werden kann.

Aus dem Kampf um Nahrung und Raum leitet Roux nicht unmittelbar die veränderten funktionellen Gestaltungen ab, sondern nur mittelbar, indem derselbe zunächst die allgemeinsten Erhaltungsqualitäten der Gewebe, nämlich Assimilation und Dissimilation, Selbstbewegung, Selbstteilung, typische formale Selbstgestaltung und qualitative Selbstdifferenzierung hervorbringt. Erst diese Eigenschaften der organischen Materie sollen dann, wenn sie ge-

nügend durch Selektion herausgearbeitet sind, ohne Kampf um Nahrung und Raum diese Gestaltungen hervorbringen, wobei von Konkurrenz um den funktionellen Reiz allerdings die Rede sein kann und muß. Während also anfänglich die Anpassungsfähigkeit der organischen Teile den Mangel der Überproduktion bei der Gewebeselektion ersetzen sollte, soll nunmehr der Kampf um Nahrung und Raum in einem hypothetischen, nicht beobachtbaren stammesgeschichtlichen Stadium diejenigen Grundeigenschaften der organischen Materie herangezüchtet haben, aus der die funktionelle Anpassungsfähigkeit entspringt. Roux behauptet aber weder die Wirklichkeit noch die reale Möglichkeit, sondern nur die Denkbarkeit oder logische Möglichkeit solcher Züchtungsvorgänge, die mit der Ausbildung der Assimilation beginnen und dann zu denjenigen der Überkompensation in der Assimilation und zur Reflexbewegung fortschreiten sollen. Er gibt auch zu, daß für solche sukzessive Züchtung jener Grundeigenschaften ihr erstes Auftreten schon vorausgesetzt werden muß, und daß man über dieses nichts weiter sagen könne, als daß es zufällig erfolgt sein muß, wenn man nicht in den Vitalismus geraten will. Die allmähliche Züchtung der Grundeigenschaften, ohne deren Besitz ein Organismus eben nicht mehr Organismus ist und keinen Augenblick Bestand haben könnte, ist selbst von rein materialistisch und mechanistisch denkenden Biologen wie Weismann für denkunmöglich erklärt worden. Wenn man aber diese allmähliche Züchtung streicht, so fällt dasjenige ganz hinweg, womit Roux begonnen hatte, der Kampf der Teile um Nahrung und Raum. Die funktionelle Anpassung tritt dann ganz aus dem Rahmen der Darwinschen Zuchtwahl heraus und bleibt nur noch als besondere Anwendung des Lamarckschen Prinzips bestehen. Ob und inwieweit sie dann über das Individualleben als artumwandelndes Prinzip in die Stammesgeschichte hinübergreift, hängt davon ab, ob und inwieweit so erworbene Abänderungen des Baues erblich sind. Roux Verdienst bleibt bestehen, daß er auf die Erscheinungen hingewiesen hat, die unter dem Sammelnamen der funktionellen Anpassung zusammengefaßt werden; aber seine ursprüngliche Anknüpfung an das Darwinsche Prinzip der Zuchtwahl ist nach den von ihm selbst vorgenommenen Einschränkungen nicht mehr aufrecht zu erhalten.¹⁾

¹⁾ W. Roux, Ges. Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen, 2 Bde., Leipzig 1895; derselbe, Archiv für Entwicklungsmechanik.

Man wird zu den von Roux selbst vorgenommenen Einschränkungen noch einige andere hinzufügen müssen. Wenn im Embryonalleben andere produktive Kräfte als die funktionelle Anpassung die Entstehung, Verstärkung, Ausscheidung und regulatorische Gestaltung leiten, so fragt es sich, wo die Grenze der embryonalen und der funktionellen Lebensperiode zu ziehen sei. Da zeigt sich sogleich, daß eine scharfe Grenze nicht besteht, daß beide Perioden ineinandergreifen und sich teilweise übereinander lagern. Wenn die Wirksamkeit der produktiven Kräfte durch die Anwesenheit von Keimplasma bedingt ist, dieses Keimplasma aber in alle Körperzellen eindringt und seine Eigentümlichkeit selbst in der Altersperiode nicht ganz einbüßt, so kann es auch bei der funktionellen Anpassung regulatorisch mitwirken. Die adaptiven Reaktionen auf die unmittelbaren oder mittelbaren funktionellen Reize werden auf das Keimplasma in den Zellen zu beziehen sein und als Leistungen derselben produktiven Kräfte aufgefaßt werden müssen, die in der embryonalen Periode ohne funktionelle Reize gestalten. Driesch hat darauf hingewiesen, daß bei dem Verlust eines von zwei paarigen Organen das andere verstärkt wird, selbst dann, wenn diese Organe noch gar nicht in Funktion getreten sind (z. B. Geschlechtsdrüsen vor der Geschlechtsreife, Milchdrüsen bei Unbefruchteten). Wenn aber dieselbe Leistung bald ohne bald mit funktionellem Reiz erfolgt, so ist man nicht mehr berechtigt, sie im zweiten Falle als ausschließliche Wirkung des funktionellen Reizes anzusehen; es wäre sogar möglich, daß dieselben Ursachen, die im ersten Falle wirken, auch im zweiten Falle unabhängig vom funktionellen Reiz wirkten.

Die Mitwirkung des Reizes wird überall da wahrscheinlich, wo die Verstärkung ausschließlich in den Funktionsrichtungen erfolgt. Ein unorganisches Stück Materie, z. B. ein metallner Maschinenteil, zeigt keine Verstärkung in den Druck- und Zuglinien, keine Ausschaltung in den unbeanspruchten Stellen wie ein Knochen oder ein Delphinschwanz, sondern höchstens eine Rückbildung faseriger Struktur in kristallinische unter dem Einfluß

Leipzig 1895—1903, insbesondere Bd. I: „Einleitung“ und Bd. XIII, Heft 4: „Über die Selbstregulation der Lebewesen“; derselbe, Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen, Heft 1, Leipzig 1905; vergl. auch meine Philosophie des Unbewußten, Bd. III, S. 424—429.

dauernder Erschütterungen (Eisenbahnwagenachsen). Das Problem liegt also gerade darin, was die Organismen zu einem solchen, von der unorganischen Materie abweichenden Verhalten befähigt. Das werden aber dieselben Eigenschaften sein, die ihm in der embryonalen Periode die typische Entwicklung ohne Reize und im funktionellen Leben die Selbstbehauptung der typischen Gestaltungen bei einem Mindestmaß von funktionellen Reizen (z. B. bei behaglichem Dehnen der Glieder) ermöglichen. Zu starke Reize wirken viel sicherer desorganisierend als zu schwache; das Maß von Reizen, das günstig für den Organismus wirkt, ist selbst teleologisch bestimmt; d. h. der Organismus ist so eingerichtet, daß die normalen, ihn durchschnittlich treffenden Reize als Ernährungsreize auf ihn wirken, aber nicht schon im Begriff des Reizes als solchen liegt etwas mechanisch Förderndes für den Organismus.

12. Gustav Wolff.

Im Jahre 1890 getraute sich noch kein Verleger, Wolffs „Beiträge zur Kritik der Darwinschen Lehre“ in Verlag zu nehmen; sie erschienen zuerst in einer Zeitschrift und 1898 gesammelt bei Georgi in Leipzig. Er greift zunächst die Zufälligkeit der Abänderungen an, die jetzt nur noch von wenigen Darwinianern festgehalten wird. Nur bei rein quantitativen Abänderungen ist die Wahrscheinlichkeit günstiger und ungünstiger Abänderungen gleich; bei qualitativen ist die Wahrscheinlichkeit ungünstiger Abänderungen sehr viel größer als diejenige günstiger. Zu den qualitativen Abänderungen ist auch eine veränderte Form oder Struktur zu rechnen, die durch veränderte Anordnung der Teile (oder submikroskopischen Teilchen) entsteht, z. B. die sonderbare Schnabelform des Kreuzschnabels. Selbst da, wo die Wahrscheinlichkeit günstiger und ungünstiger Abänderungen an demselben Organ die gleiche ist, wird es höchst unwahrscheinlich, daß mehrere gleiche Organe (z. B. die Augen, die Ohren, die sechs Insektenbeine, die vielen Muskelzellen in einem Muskel, die Schuppen, Haare, Federn usw.) durch bloßen Zufall in gleichem Sinne abändern. Der dritte halbkreisförmige Kanal im Ohr, der erst bei den Fischen auftritt, gleicht den beiden ersten in allen Stücken (Crista, Ampulle, Macula usw.); er müßte also viele geologische Perioden später zufällig dieselben Abänderungen durchgemacht haben wie jene, um durch Zuchtwahl entstehen

zu können. Die Huftiere müßten zuerst an den beiden Hinterhufen und viel später auch an den beiden Vorderhufen dieselben zufälligen Variationen durchgemacht haben. Verschiedene Organe müssen gleichzeitig in verschiedenem Sinne variieren, wenn ein Nutzen daraus entstehen soll, an den die Zuchtwahl anknüpfen kann, z. B. Auge und Sehganglion, Nervenzelle und Muskelzelle, Organ und zugehöriger Gebrauchsinstinkt, Uterus und Ei in ihrem Zusammenwirken zur Bildung der Plazenta, männliche und weibliche Geschlechtsorgane, Insekten und Blüten, die Verkümmern der weiblichen Sexualorgane bei den Arbeitsbienen und die Entwicklung der Bürstchen an den Beinen. Nicht, daß es Korrelationsgesetze gibt, die den Zufall des Abänderns einschränken und beherrschen, ist das Wunderbare, sondern, daß auch ihre Zweckmäßigkeit korrelativ ist. Die Korrelationsgesetze sind Variierungsgesetze; auf diese aber hat die Zuchtwahl keinen Einfluß, setzt sie vielmehr voraus.

Ein zweiter Angriff Wolffs richtet sich gegen die Zuchtwahl als solche. Darwin sagt: „Ließe sich irgend ein zusammengesetztes Organ nachweisen, dessen Vollendung nicht möglicherweise durch zahlreiche kleine aufeinanderfolgende Modifikationen hätte erfolgen können, so müßte meine Theorie unbedingt zusammenbrechen.“ Als solche Organe macht Wolff den *Musculus trochlearis* im Auge der Säugetiere namhaft und das Ablösen und Aufsteigen der männlichen Blüte der Wasserpflanze *Vallisneria spiralis* behufs Befruchtung. Wenn in einem Falle das zweckmäßige Ergebnis nachweislich aus einem anderen Prinzip als der Zuchtwahl entspringt, so bleibt es zweifelhaft, ob dieses andere Prinzip nicht auch da mitwirkt und das entscheidende ist, wo Zuchtwahl beteiligt scheint, ob es nicht überhaupt das einzig wirksame in allen Fällen ist.

Den Instinkt, eine weibliche Larve durch besondere Fütterung zur Königin zu entwickeln, können die Arbeitsbienen weder von der Mutter noch vom Vater ererbt haben, weil beide ihn nicht besitzen, und sie können die Gewohnheiten, die sie angenommen haben, nicht vererben. Wenn die Insektenkolonien bei der Zuchtwahl die Stelle von Individuen einnehmen sollten, um die Eigenschaften der Arbeiterinnen zu züchten, dann müßten sie auch im Variieren die Rolle von Individuen spielen, da der Träger der Selektion und des Variierens kein verschiedener sein kann. Die

Träger der Abänderung wechseln mit der Organisationshöhe; anfänglich sind es z. B. bei der Pflanze die Gebilde, aus denen später die Blätter entstanden sind; dann treten Blätter und Blüten Teile unter besondere Variationsgesetze; weiterhin treten mehrere solche Organe zu einer höheren Einheit zusammen (Blüte) und mit ihr unter ein einheitliches Variationsgesetz, und endlich können solche zusammengesetzte Organe zu einer noch höheren Einheit (kompositen Blüte) und unter ein noch komplexeres Variationsgesetz zusammentreten.

Die Zuchtwahl kann nur da von Einfluß sein, wo das Überleben durch überlegene Angepaßtheit und Nützlichkeitsvorzüge bestimmt ist, aber nicht, wo zufällige Situationsvorteile das Überleben bestimmen, die mit der Tüchtigkeit der Individuen nichts zu tun haben. Die Menschen, die ein Eisenbahnunglück oder eine blutige Schlacht überleben, sind keineswegs die tüchtigsten und nützlichsten. Je kleiner die Prozentzahl der günstigen unter allen Abänderungen ist, um so weniger hängt das Ergebnis der Auslese von Organisationsvorteilen, desto mehr von Situationsvorteilen ab. Von den 40 Milliarden Eiern eines Bandwurms überleben nur diejenigen, die von einem Zwischenwirt gefressen werden, der wieder gefressen oder ungekocht gegessen wird; die Beschaffenheit der Eier und Finnen ist ganz ohne Einfluß auf diese Auslese. Nur im Kampf mit Klima und Bakterien dürften die Organisationsvorteile ausschlaggebend sein. Die Verhältniszahl der sich fortpflanzenden Nachkommen zu den erzeugten, von der die Intensität der Auslese abhängt, nimmt mit der Organisationshöhe im allgemeinen ab, und damit auch die Chancen der Zuchtwahl, sich geltend zu machen. Wenn Darwin dieses Verhältnis bei höheren Tieren auf mindestens 1 : 100 annimmt, so dürfte das kaum der Wirklichkeit entsprechen.

Die geschlechtliche Zuchtwahl erfreut sich sogar bei den meisten Anhängern Darwins keiner großen Beliebtheit. Sie verlangt für die sexuellen Schmuckmerkmale des männlichen Geschlechtes Überzahl der Männchen oder Polygamie, während tatsächlich solche sexuelle Schmuckabzeichen bei monogamischen Tieren ohne Überzahl der Männchen ebensogut vorkommen. Solche Zierden bei Weibchen müßten umgekehrt eine Überzahl der Weibchen voraussetzen; Zierden bei beiden Geschlechtern also gleichzeitig eine Überzahl von Männchen und Weibchen. Dar-

wins Annahme, daß die sexuell geschmücktesten Individuen auch die kräftigsten und gesündesten seien, ermangelt der Erfahrungsgrundlage.

Die Zielstrebigkeit in der individuellen Entwicklung wird vom Darwinismus nicht bestritten, weil ihr Weg und Ziel durch Vererbung vorgezeichnet ist; aber in der stammesgeschichtlichen Entwicklung wird sie von ihm geleugnet, weil hier das Ziel erst gesucht, der Weg erst gefunden werden mußte. Nur ausnahmsweise sehen wir zweckmäßige Vorgänge im Individualleben, die nicht durch Vererbung vorgezeichnet sind, z. B. Regenerationen nach ungewöhnlichen Störungen, insbesondere solche Regenerationen, die von andersartigen, unbeteiligten Nachbargeweben ausgehen. An solche Erfahrungen haben wir uns zu halten und nach ihrer Analogie uns die Schritte vorzustellen, in denen die stammesgeschichtliche Entwicklung einerschreitet und die jeweilig durch Vererbung festgelegte Organisationshöhe überschreitet.

Wolffs Polemik gegen Weismanns Erklärung der Rückbildung durch Panmixie ist zutreffend, aber dadurch gegenstandslos geworden, daß Weismann diesen Erklärungsversuch zurückgenommen und aufgegeben hat.

Die Frage, ob Auslese im Darwinschen Sinne wirklich stattfindet, hat nach Wolff wenig Interesse, da ihre Bejahung doch nichts erklärt. Diese Ansicht schießt offenbar über das Ziel hinaus; denn auch die bloße Ausschaltung des Schlechteren ist für sich allein schon ein so wichtiger Vorgang in der Natur, daß man einem mechanischen Hilfsmittel, welches ihr dient, volle Aufmerksamkeit zuwenden muß.

13. de Vries.

Die sprunghafte Umwandlung oder heterogene Zeugung war, obwohl Darwin bekannt, von seinen Anhängern beiseite geschoben oder geleugnet und nur von seinen Gegnern in ihrer Bedeutung anerkannt. Schon in alten „Kräuterbüchern“ erwähnt, waren stoßweise Abänderungen eines oder mehrerer Merkmale von Gärtnern oft genug beobachtet, aber von der wissenschaftlichen Botanik unbeobachtet geblieben, weil sie in keines ihrer Systeme paßten, weder in das der konstanten Arten noch in das der Häufung kleinster Abänderungen. Die meisten von Gärtnern

künstlich weiter gezüchteten Varietäten sind plötzlich aufgetreten, z. B. die weißblütigen Abarten sonst bunter Blumen, die gefüllten Blüten, die mit gespaltenen Blütenblättern, die übermäßige Behaarung wie bei der Moosrose, die rankenlose Erdbeere, die hanfblättrige Rose usw. Die lange unbeachtet gebliebenen Tatsachen dieser Art faßte Korschinsky in seiner Arbeit über „Heterogenese und Evolution“ (Flora 1901, Ergänzungsband 86) zusammen. Er unterschied diese Köllikersche Heterogenese scharf von der nicht beständigen und nicht vererbaren individuellen Variation, auf die Darwin sich stützte, betonte die verhältnismäßige Seltenheit der Heterogenese und die wenn auch nicht immer so doch meistens eintretende Vererbung der durch solche sprunghaften Variationen entstandenen spontanen Varietäten. Auch Gautier war in seinen Studien über die molekularen Ursachen der Varietäten zu der Ansicht gelangt, daß dabei ein neues Prinzip wirksam ist, das nicht langsame Übergänge, sondern plötzliche große Sprünge hervorbringt. Auch Standfuß hatte aus seinen sehr ausgedehnten Versuchen an Schmetterlingen auf „explosiv erfolgende Umgestaltungen“ geschlossen, bei denen eine Art in Hunderte und Tausende von Stücken zu zerspringen scheint. Aber teils gelangten diese Veröffentlichungen nicht in weitere Kreise, teils verhielten die Forscher sich skeptisch gegen die Erblichkeit der so entstandenen Varietäten. Korschinsky wurde durch den Tod an der Fortsetzung seiner Studien gehindert.

Ein gewaltiger Umschwung der Ansichten vollzog sich mit einem Schlage, als de Vries die Erblichkeit und Beständigkeit der so entstandenen Abarten wenigstens für einen großen Teil derselben an dem Beispiel der großblumigen Nachtkerze (*Oenothera Lamarckiana*) experimentell bewies.¹⁾ Die Pflanze bringt jährlich sowohl im wilden Zustande auf Sandboden wie in der Kultur auf wohl gedüngtem Boden eine stattliche Menge verschiedener Abarten hervor, die sich durch Schwäche und Kraft, Zwerg- und Riesenwuchs, Schlankheit und Breite der Formen, Farbe und Oberfläche der Blätter, Beschaffenheit der Früchte ebenso scharf unterscheiden, wie anerkannte gute Arten. Einige dieser Abarten treten in zahlreichen gleichartigen Exemplaren, bis zu mehreren

¹⁾ Die Mutationstheorie. Bd. 1: Die Entstehung der Arten durch Mutation. — Die Mutationen und die Mutationsperioden. Leipzig 1901.

Hundertern, auf, andere nur in einem einzigen; die häufiger auftretenden zeigen sich bei Aussaat von mehreren Tausenden Samen der Stammart in jedem Jahre wieder. Soweit die Reinzüchtung mit künstlicher Bestäubung gelang, gab jede Art gleiche Nachkömmlinge, war also sofort und mit einem Schlage konstant, ohne erst einer generationenlangen Zuchtwahl zur Erwerbung der Konstanz zu bedürfen.

De Vries zieht daraus folgende Schlüsse. Die Artenumwandlung erfolgt durch explosive Heterogonie. Die Kreuzung kann zwar neue Arten bilden, aber nicht Arten mit neuen Merkmalen, sondern nur Arten, die eine andere Kombination der schon vorhandenen Merkmale zeigen als in den gekreuzten Stammarten. Rückbildung kann auch ohne solche explosive Heterogonie erfolgen, indem jedes Merkmal gelegentlich wieder verloren werden kann. Die explosive Heterogonie braucht nicht immer zu einem morphologischen Fortschritt, zu einer Höherbildung zu führen, sondern kann sich auch auf gleichem Niveau ausbreiten oder gar zu Rückschritten führen; alle Höherbildungen können aber nur durch sie erfolgt sein. Unter den Erzeugnissen der explosiven Heterogonie findet natürliche Auslese statt, indem die unangepaßten verschwinden und nur die den Verhältnissen angepaßten sich erhalten. Waagen bezeichnete die einander vertretenden Unterarten in verschiedenen Perioden der Erdgeschichte mit dem Worte Mutationen im Gegensatze zu den gleichzeitig auftretenden Variationen, und diesen Ausdruck „Mutationen“ übernimmt de Vries für die explosive Heterogonie. Er nimmt an, daß eine Art lange Zeit hindurch konstant bleibt, dann aber in eine Mutationsperiode von kürzerer Dauer eintritt; daraus erklärt er, daß die Gelegenheit, Arten zu beobachten, die sich gerade in einer Mutationsperiode befinden, so spärlich ist. Seine sonstigen Aufstellungen über die Zahl und zeitliche Aufeinanderfolge der Mutationsperioden sind Vermutungen von vorläufig schwacher Begründung.

Es ist nicht zu verkennen, daß durch de Vries die Heterogonie eine erhöhte Bedeutung für die Artentstehung gewonnen hat, und daß ihre Anhänger sich täglich mehren. Andererseits darf man nicht vergessen, daß die bisher beobachteten Heterogonien noch nicht die Grenze der Linnéschen Unterarten, kleinen Arten, Rassen oder Jordanschen Arten überschritten haben. Wenn-

gleich die Unterschiede zwischen solchen oft größer sein können als die zwischen Linnéschen Arten oder guten Arten, so ist doch die systematische Bedeutung beider eine verschiedene. Wir können vorläufig nur nach Analogie schließen, daß, wenn sogar schon die Unterarten durch Heterogonie entstehen, dies bei den eigentlichen Arten erst recht der Fall sein wird. — Ebenso halten sich die bisher beobachteten Fälle morphologisch auf gleichem Niveau, ohne zu einer Höherbildung zu führen. Wir können nur nach Analogie schließen, daß, wenn schon Artumwandlungen auf gleichbleibender Organisationsstufe durch heterogene Zeugung erfolgen, dies bei solchen mit Höherbildung erst recht der Fall sein wird. — Endlich ist der Wechsel langer Konstanzperioden mit relativ kurzen Mutationsperioden bisher nur eine Hypothese, die allerdings durch manche paläontologische Tatsachen eine gewisse Stütze erhält. Inwieweit der Eintritt von Mutationsperioden nach dem St. Hilaireschen Prinzip durch äußere Umstände oder durch innere Ursachen, etwa durch allmählich in den Keimen angesammelte Anlagen (Weismann) bedingt ist, das ist vorläufig noch nicht zu entscheiden. Es sind wohl innere Ursachen anzunehmen, die durch irgendwelche äußere Reize zur Auslösung und Entfaltung gelangen.

Das Aufsehen, das die Veröffentlichungen von de Vries erregten, schärfte die Aufmerksamkeit der Beobachtung für solche Vorgänge. So wurden in der Erfurter Blumengärtnerei Mutationen des Löwenmaul (*Antirrhinum*) entdeckt und von Müller sprungweise Mutationen bei der Diatomee *Melosira* gefunden. Francé machte nachträglich auf die im Jahre 1898 von Dreyer veröffentlichten Studien über den Wurzelfüßler *Peneropolis* aufmerksam, dessen Kalkschalen er aus Meersandproben von der Sinaihalbinsel entnahm; er glaubte annehmen zu sollen, daß in diesen Mutationen der Übergang zwischen den Gattungen *Peneropolis*, *Miliolina* und *Vertebralina* hergestellt und damit ein Beispiel von Entstehung echter Arten geliefert sei.¹⁾

14. Die neuere Paläontologie.

Die Ergebnisse der Lehre von den vorweltlichen Lebewesen in bezug auf den Darwinismus haben neuerdings durch zwei

¹⁾ R. H. Francé, Die Weiterentwicklung des Darwinismus, Odenkirchen 1904, S. 70—71 (Darwinistische Vorträge und Abhandlungen Heft 12).

Fachmänner eine lehrreiche Zusammenfassung gefunden, durch Steinmann in Freiburg bei Gelegenheit einer Rektoratsrede und durch Koken auf der Naturforscherversammlung in Hamburg. Beide kommen wesentlich zu gleichen Ergebnissen.

Die Abstammungslehre als solche wird vorausgesetzt; sie findet aber in der Paläontologie immer nur streckenweise eine Stütze. Die genauere Kenntnis hat die Einstämmigkeit des tierischen Stammbaumes immer unwahrscheinlicher gemacht. Dem biogenetischen Grundgesetz kommt ebenfalls nur eine beschränkte Geltung zu; es läßt gerade in der Paläontologie vielfach im Stich und kann ebenso leicht irre führen als Weg weisen. Die systematische Stufenfolge der organischen Typen deckt sich keineswegs mit einer Abstammungsfolge auseinander, die Vielstämmigkeit macht nicht nur parallele Stufenreihen in zusammenhanglosen Stämmen, sondern auch eine Konvergenz der Entwicklungsgänge aus verschiedenen Ursprüngen zu ähnlichen oder gleichen Endpunkten möglich. Die Umwandlungen erscheinen wesentlich bestimmt durch das St. Hilairesche und das Lamarcksche Prinzip, nicht durch die Darwinschen Prinzipien. Die Tatsachen der Paläontologie stehen vielfach in Widerspruch mit den Annahmen und Konsequenzen der Zuchtwahllehre; sie haben uns von Darwin mehr entfernt, als in den ersten Jahrzehnten nach dem Erscheinen seines Werkes für möglich gehalten werden konnte. Unsere Kenntnisse sind noch immer höchst lückenhaft und müssen es in bezug auf die älteren Schichten immer bleiben, weil die Organismenreste im wesentlichen erst mit der kambrischen Periode beginnen, wo die großen Stämme der Wirbellosen bereits völlig gesondert auftreten. Über ihren etwaigen gemeinsamen Ursprung wird die Paläontologie niemals Aufschluß geben können.

In vielen Fällen bleibt die Stammart neben den Zweigarten bestehen, statt von ihnen durch die Zuchtwahl verdrängt zu werden; ja sie überdauert dieselben auch wohl, und das selbst in eng begrenzten Bezirken, wo Isolierung und Wanderung nicht in Frage kommt. Manche Gattungen überdauern den größten Wechsel geologischer Perioden; so hat z. B. die Gattung *Lingula* sich von den kambrischen Meeren bis zu den gegenwärtigen erhalten. Bei gleichbleibender Lebensweise kann die Zuchtwahl die Differenzierung wenig vergrößern. Zwei sehr ähnliche Stämme der Feliden z. B. sind getrennt bis zum Eocän hinab zu verfolgen. Die Ent-

wicklung inadaptiver (gleichgültiger morphologischer) Eigenschaften, die nach Darwinschen Prinzipien bei herrschender Konkurrenz unmöglich sein sollte, kommt in Wirklichkeit oft genug vor, und deshalb darf auch die Entwicklung von Eigenschaften, die nur in geringerem Maße nützlich sind, nicht bloß auf ihren etwaigen Nutzen und die auf ihn gestützte Zuchtwahl bezogen werden. Selbst nutzlos hinderliche, das Leben erschwerende Zutaten werden manchmal in bestimmter Richtung fortschreitend entwickelt, ohne durch die Zuchtwahl gehemmt zu werden. Das Selektionsprinzip ist weder das einzige noch auch nur das wichtigste; der Kampf ums Dasein scheint vielmehr in vielen Fällen nicht eingegriffen zu haben.

Nach Waagen reichen die Unterschiede der von ihm aufgestellten „Mutationen“ (korrelativen Typen in verschiedenen geologischen Perioden) nicht über den Unterschied „guter Arten“ hinaus; nach neueren Untersuchungen reicht der stetige Zusammenhang durch Mutationen auch öfters über Artunterschiede hinaus, aber nicht unbeschränkt. „Eine Verbindung größerer Gruppen durch die kleineren Phasen der Mutationen gelang noch nie.“ Die großen Stämme bleiben jedenfalls von ihr unberührt. Manchmal liegen Schwärme von Varietäten und Arten gleichsam stockwerkartig übereinander, indem sie zu verschiedenen Zeiten aus der Stammart hervorgehen (Mutationsperioden). „Eine weite Kluft scheidet die Fische von allen vierfüßigen Wirbeltieren“; sie wird auch nicht durch die uralten Doppelatmer (Dipnoer) überbrückt. Die Ichthyosaurier sind nicht Übergangsformen von Fischen zu Reptilien, sondern rückgebildete Reptilien, die sich ans Wasserleben angepaßt haben, ähnlich wie die Wale unter den Säugetieren. Aus den verschiedenen Linien der Selachier sind zu verschiedenen Zeiten Rochenformen entstanden, deren Typus also im Sinne der Vielstämmigkeit als Konvergenzerscheinung gedeutet werden muß. Verschiedene Schalenschnecken haben sich in verschiedenen genetischen Reihen in schalenlose umgewandelt, so daß auch diese konvergent auf vielstämmigem Wege entstanden sind. Der Urvogel (Archäopteryx) ist nicht ein Zwischenglied zwischen den Reptilien und den jetzt lebenden Vögeln, sondern Glied eines blind endenden Seitenzweiges. Die einzigen Tiere, die wir einigermaßen genauer in den geologischen Perioden verfolgen können, sind die Säugetiere, und selbst bei diesen kann es frag-

lich scheinen, ob sie gemeinsamen Ursprungs sind, oder ob nicht vielmehr die Schnabeltiere, die Beuteltiere und die übrigen Säugetiere drei verschiedenen Stämmen angehören. Die Vergleichung der fossilen Jugendstadien der Organismen liefert bis zur kambrischen Periode hinab weniger sichere Ergebnisse als die unmittelbare Vergleichung der Endstadien der Organismen; wo die letztere aufhört, jenseits der kambrischen Periode, läßt auch die erstere im Stich.

Die Einflüsse der Umgebung sucht Koken nicht sowohl in den imposanten Ereignissen, wie Vulkanausbrüchen und Gebirgserhebungen, als vielmehr in der wandelbaren Verteilung von Land und Wasser, den dadurch bedingten klimatischen Veränderungen und den Umwandlungen des Bodens (Wald, Sumpf, Weide, Steppe, Wüste). Das Prinzip der instinktiven Anpassung durch Gewöhnung an eine Gebrauchsweise macht sich besonders bei den tierischen Bewegungsorganen geltend, wenn ihre Träger einer veränderten Umgebung oder einem andern Medium Rechnung tragen müssen. Auf vorweltliche Pflanzen geht Koken nicht ein; er hat nur Tiere im Sinne und bezieht ihre Anpassungen auf ihren bewußten tierischen Willen, der bei den Pflanzen jedenfalls Grund der Anpassung sein kann.¹⁾

15. Weismann.

In seinen „Studien über die Deszendenztheorie“ (1876) hatte Weismann mir bereits die richtungslose Abänderung preisgegeben, aber nicht einsehen wollen, daß er sich damit im Gegensatz gegen die Grundlagen der Selektionstheorie befinde. In seinen „Vorträgen über Deszendenztheorie“ (1902) erkennt er dieses Zugeständnis als seinen wesentlichen Unterschied von Darwin an. Auch in bezug auf Korrelation und Vererbung sprunghafter Abänderungen beugt er sich vor den zum Teil neu ermittelten Tatsachen, glaubt sie aber ebenso wie die gerichtete Variabilität und ihre Steigerungstendenz aus seiner eigenartigen Hypothese der Keimselektion erklären zu können. Er erkennt jetzt an, daß die Zuchtwahl im Sinne Darwins ein für sich allein unhaltbarer

¹⁾ Ernst Koken, Paläontologie und Descendenztheorie, Jena 1902; G. Steinmann, Paläontologie und Abstammungslehre am Ende des Jahrhunderts, Freiburg i. B. 1899.

Torso sei, glaubt aber, daß sie das allmächtige Prinzip der organischen Natur sei, wenn man sie nach oben und unten hin, auf Stöcke oder Staaten, auf Gewebe und Keimteilchen ausdehne.

Die Ausdehnung auf Stöcke oder Staaten begegnet der Schwierigkeit, daß Abänderung und Auslese nicht mehr an demselben Objekt haften. Die Ausdehnung auf die Gewebe führt, wie wir bei Roux gesehen haben, vom Darwinschen Selektionsprinzip zum Lamarckschen Prinzip der Anpassung an den Gebrauch und Nichtgebrauch zurück. Die Selektion der Keimteilchen bezieht sich auf Objekte, in denen weder Überproduktion stattfindet wie in der Zuchtwahl, noch auch die Überproduktion durch Anpassung der Teilchen an Funktionsreize ersetzt wird. Es fehlt also bei den Keimteilchen, die für so lange, als sie solche bleiben, gar keine Funktion haben, eine unentbehrliche Voraussetzung der Selektion. Dasselbe Selektionsprinzip, dessen Unzulänglichkeit auf der Stufe der Individuen von Weismann eingestanden wird, soll trotz seiner Unzulänglichkeit auf hypothetische Keimteilchen übertragen werden, bei denen die unentbehrlichen Voraussetzungen fehlen, und soll dadurch die Zulänglichkeit erhalten, die ihm da, wo es zuerst aufgestellt ist, fehlt.

Die submikroskopischen Teilchen, auf die es angewendet wird, sollen die hypothetischen Anlagen der einzelnen Körperteile sein, aber nicht etwa strukturelle, ineinander gefügte Anlagen in einer allen gemeinsamen materiellen Stoffmasse, sondern mosaikartig nebeneinandergelagerte Stoffteilchen. Ihnen wird die Fähigkeit der Ernährung, des Wachstums und der Selbstteilung bereits zugeschrieben, die doch erst mit ihrer Hilfe an den Zellen und Zellorganen erklärt werden sollte. Alle Abänderungen am Organismus werden auf Abänderungen dieser Keimteilchen zurückbezogen, die sie zufällig durch bessere Ernährung im Vergleich zu den Nachbarzellen erlangen. Das Innehalten der einmal eingeschlagenen Richtung in der Abänderung und die Steigerungstendenz soll daraus erklärbar sein, daß besser genährte Keimteilchen auch kräftiger sind und mehr Nährstoffe an sich ziehen, während doch sonst Nahrungsmangel um so gieriger nach Nahrung, Übersättigung aber unlustig zum Fressen macht, und Größe und Kleinheit der Teilchen keineswegs mit Kraft und Schwäche derselben zusammenfallen.

Die ganze Theorie ist auf grob materialistischen Voraussetzungen aufgebaut; kein Wunder, daß sie darum selbst in den Händen ihres Urhebers an den entscheidenden Punkten versagt und dieser sich genötigt sieht, ordnende und leitende Kräfte, vitale Affinitäten, Oberkräfte unbekannter Art zu Hilfe zu nehmen, um zu erklären, wie aus dem aufgelösten Mosaik der Keimteilchen die andersartige Ordnung der Teile des Organismus entspringt. Ohne solche Oberkräfte leistet die Selektion der Keimteilchen gar nichts, mit ihr ist sie überflüssig. Sie zerplückt die Gesamtanlage des Organismus in lauter Teilanlagen, denen jedes einigende Band fehlt. Sie will die Abänderungsfähigkeit eines kleinsten Teiles am Organismus in ihrer Unabhängigkeit von allen seinen übrigen Teilen erklären und zerstört sich dadurch die Möglichkeit, die korrelative Abhängigkeit der Abänderungen in verschiedenen Körperteilen zu erklären. Sie kann deshalb in keiner Hinsicht als eine befriedigende und wohlbegründete Hypothese gelten und hat demgemäß kaum einen unbedingten Anhänger gefunden. Daß jede Abänderung eines Körperteils, die nicht erst während der Lebensdauer erfolgt, sondern von Geburt an vorgezeichnet ist, auf einer Abänderung der Keimanlagen beruht, und daß die Keimanlagen wesentlich in der Struktur der Kernkörnchen der Keimzellen (wohl auch ihrer Zentralkörperchen und Farbträger) zu suchen sind, das bezweifelt heut wohl niemand mehr; aber daß diese Gesamtanlage ein mosaikartiges Nebeneinander der Teilanlagen statt ein harmonisches Ineinander derselben sein müsse, das wird man Weismann schwerlich zugeben.

Mehr Anklang als die positive Aufstellung der Keimselektion hat Weismanns Kampf gegen die Vererbbarkeit erworbener Eigenschaften gefunden. Er hat sich das Verdienst erworben, zu zeigen, daß die von Haeckel behauptete Vererbung von Verstümmelungen nicht den Tatsachen entspricht, daß es mit direkten Beweisen für die Vererbung erworbener Eigenschaften bisher äußerst schwach bestellt ist, daß die indirekten Beweise rein hypothetischer Art sind und ihnen immer auch andere Hypothesen entgegengestellt werden können, und daß die Lamarcksche Anpassung nur entweder auf bewußter Intelligenz oder auf Selektion beruhen kann; so lange rein unbewußt wirkende Zwecktätigkeit als ausgeschlossen gilt. Die Neulamarckianer machen sich diese Alternative nicht klar, sonst müßten sie entweder aufhören von Anpassung zu

reden, oder Weismanns Keimselektion als Begründung der Anpassung annehmen, oder eingestehen, daß die mechanistische Weltanschauung den Lebenserscheinungen gegenüber nicht ausreicht, wo von einer Anpassung durch bewußte Intelligenz keine Rede sein kann. Weismann zwingt die Neulamarckianer, entweder die Unbrauchbarkeit ihres Prinzips oder die der mechanistischen Weltanschauung einzugestehen, und hat sich mit dieser Klärung des Problems ein noch nicht genug gewürdigtes Verdienst erworben.

Unrecht hat er dagegen, wenn er die Unmöglichkeit der Vererbung des durch Anpassung Erworbenen behauptet. Er selbst gibt die Vererbbarkeit der durch äußere Einflüsse erworbenen Abänderungen zu, verkennt aber dabei, daß dies meistens auch Anpassungen sind, und daß sie auf die Keime ebenfalls nur indirekt auf dem Umweg durch den Organismus einwirken können. Er verkennt, daß die durch die Gebrauchsweise erworbenen Reaktionsgewohnheiten der Zentralorgane ebenso wie die Abänderungen der Körperorgane korrelativen Einfluß nicht nur auf alle übrigen Teile des Organismus, sondern auch auf seine Keimzellen ausüben können, wenn auch die Art dieser Einflüsse uns ebenso unbekannt ist wie die Art und Weise, in welcher die Keimzelle die Ausgestaltung des Organismus bestimmt. Die Neulamarckianer haben sich deshalb durch Weismanns Einwendungen nicht stören lassen, da die indirekten Gründe für die Hypothese der Vererbung stark genug waren, und die von Weismann als Ersatz angebotene Hypothese der Keimselektion keineswegs besser begründet schien.¹⁾

16. Haacke.

Wilhelm Haacke gehört zu jenen Schülern Haeckels, die mit der Zeit in ganz entgegengesetzte Bahnen geraten sind.²⁾ Er folgt wesentlich Eimer und Nägeli, indem er die direkte Bewirkung und das Vervollkommnungsprinzip im Sinne Eimers und

¹⁾ Vergl. „Philosophie des Unbewußten“, Bd. III, S. 166—168 und meinen Aufsatz „Weismanns Neudarwinismus“ in „Nord und Süd“ No. 325 April 1904.

²⁾ Seine Hauptwerke sind: Die Schöpfung der Tierwelt 1893; Gestaltung und Vererbung 1893; Die Schöpfung des Menschen und seiner Ideale 1895; Aus der Schöpfungswerkstatt 1897; Grundriß der Entwicklungsmechanik 1897; Haacke und Kuhnert, Das Tierleben der Erde, 3 Bde., 1902.

Köllikers deutet; d. h. er geht wesentlich auf das St. Hilairesche Prinzip zurück und leitet alles nach festen Naturgesetzen rein mechanischer Art aus der Beschaffenheit der unorganischen Materie und ihrer Verteilung im Raume ab.

Mit Eimer legt er auch Gewicht auf das biogenetische Grundgesetz, gibt aber zu, daß die Keimesgeschichte uns nur ein in groben Zügen gezeichnetes Bild der Ahnenreihe vorführt, ohne genauere Aufschlüsse zu erteilen. Sie lehrt uns, daß Tiere mit getrennter Darm- und Geschlechtsmündung von Kloakentieren, Lungenatmer von Kiemenatmern, Gliedmaßenlose von Gliedmaßenlosen, Schädellose von Schädellosen, Wirbeltiere von Wirbellosen, Mehrzellige von Einzelligen abstammen. Daß die höheren Lebewesen aus niederen hervorgegangen sind, muß man annehmen, wenn man nicht dem Wunderglauben verfallen will; daß sie wirklich niedere Vorfahren gehabt haben, darauf deuten die aus niederen Stufen stehen gebliebenen rudimentären Organe hin. Aber „ob nun vielstämmige oder einstämmige Herkunft größerer oder kleinerer oder aller Organismengruppen anzunehmen ist, darüber läßt sich heute noch gar nichts sagen.“ Wir wissen z. B. nichts über die Abstammung der Stachelhäuter, Krebse, Insekten, Mollusken, Ringelwürmer, Wirbeltiere, nichts über einen etwaigen Zusammenhang der Wirbeltierklassen in ihrer Wurzel. Wohl aber wissen wir, daß aus einem ausgesprochenen Amphibium oder Reptil kein Säugetier oder Vogel mehr werden kann. „Die Bestrebungen, größere Abteilungen des Tierreichs stammesgeschichtlich zu verknüpfen, sind, das dürfen wir uns nicht verhehlen, kläglich gescheitert.“ Haacke ist sogar überzeugt, daß man auch in Zukunft nichts darüber wissen wird; denn die etwaigen gemeinsamen Wurzeln paläontologisch aufzufinden, dazu besteht nicht die geringste Aussicht.

Formenverwandtschaft kann auch ohne Blutsverwandtschaft die Folge gleicher Entwicklungsgesetze sein. Je mehr Gewicht auf diese inneren Entwicklungsgesetze gelegt wird, desto nebensächlicher erscheint die Frage des genealogischen Zusammenhanges zwischen den Formergebnissen der Entwicklung. Entwicklungsreihen können je nach den äußeren Umständen bald divergent, bald konvergent, bald streckenweise parallel laufen. Organe ganz verschiedener Funktion können durch gemeinsamen Bauplan auf gemeinsamen Ursprung zurückweisen (z. B. Fleder-

mausflügel und Menschenhand); Organe gleicher Funktion können ganz verschiedenen Ursprungs sein (z. B. das Bauchmark der Gliedertiere und das Rückenmark der Wirbeltiere). Der Übergang von Kiemenatmung zur Lungenatmung hat sich in den verschiedensten Tierordnungen unabhängig voneinander vollzogen (z. B. bei Schnecken, Gliedertieren, Fischen, Amphibien); Fische mit Doppelatmung stehen darum noch nicht genealogisch in der Mitte zwischen Fischen und Amphibien.

Haacke ist ein entschiedener Gegner der Präformation der Organe in den einzelnen Teilen des Keimes, weil diese Lehre zur Einschachtelung der Keime der Generationen ineinander und damit schließlich zu einem Schöpfungswunder der ursprünglichen Schachtelkeime, wenn nicht gar zu Schachtelatomen führt. Er bekämpft deshalb Darwins Lehre der Pangene auch in ihrer näheren Ausgestaltung bei Weismann, zu dessen Kritik er eine lange Reihe von Journalaufsätzen¹⁾ veröffentlicht hat.

Nicht in einem besonderen Teilchen des Keimes steckt die Sonderanlage für den entsprechenden Teil des Organismus, sondern von den ordnenden und richtenden Polaritäten der Plasmateilchen der Nachbarschaft hängt es ab, was an jeder Stelle aus einem Teilchen des gleichen Bildungstoffes wird. So wird z. B. aus demselben Keimteilchen eines Hainwindröschens ein grünes Hüllenblatt, wenn es in den Kreis der Hüllenblätter gerät, ein weißes Blütenblatt, wenn es in den Kreis der Blütenblätter gerät und ein Mittelding zwischen beiden, wenn es die Einflüsse beider Blattkreise erfährt, wie dies durch eine Stufenfolge abnormer Windröschensblüten dargetan wird.

Weil Darwin und Weismann zu ihrer Annahme mosaikartig gesonderter Teilanlagen im Keim dadurch gelangt sind, daß sie die Abänderungsfähigkeit jedes kleinsten Körperteiles unabhängig von jedem anderen als gegeben ansahen, so bekämpft Haacke auch diese Voraussetzung mit dem Hinweis darauf, daß die Korrelation aller Teile und damit das innere Gleichgewicht des Organismus durch jede Änderung eines Teiles nach irgend welchen Richtungen hin notwendig gestört werde und darum korrelative Änderungen anderer Teile nach sich ziehen müsse. Wenn das auch grundsätzlich richtig ist, so können doch bei

¹⁾ Aufgeführt in „Die Schöpfung des Menschen“, S. 467.

gewissen Teiländerungen, beim Ersatz eines Teiles durch einen gleichwertigen anderen, die Störungen verschwindend klein werden.

Haacke erklärt es für eine unerwiesene Annahme Darwins, daß Individuen auf Grund geringfügiger Einzelabänderungen überleben; selbst wenn dies der Fall wäre, so müßten die Abweichungen in der geschlechtlichen Fortpflanzung wieder erlöschen. Selbst „der Züchter kann nur die von der Natur vorgezeichneten, in der Organisation begründeten Wege einschlagen; sie sind mit unüberschreitbaren Mauern eingefaßt und teilen sich nur an wenigen Stellen, so daß nur eine nicht eben große Auswahl von Zuchtrichtungen übrig bleibt.“ „Die Natur baut auf der Grundlage, die sie sich geschaffen, nach bestimmtem Plane weiter“; ein unsicheres Tasten, wie Darwin es annimmt, kommt bei ihr nicht vor. Die Selektion Darwins setzt die Zweckmäßigkeit als Grund des Erhaltenwerdens voraus; deshalb ist die Behauptung unsinnig, daß sie die Entstehung des Zweckmäßigen erkläre. Diese Lehre ist „unendlich bequem“ und sich einschmeichelnd für das Verständnis unreifer Jungen, Sekundaner und Apothekerlehrlinge. Aber sie ist ein „Feuerwerkslicht“ und spricht allen Naturgesetzen Hohn, weil sie den immer wiederholten Eintritt äußerst unwahrscheinlicher Fälle, nämlich des zufälligen Zusammenstreffens sehr vieler gleichzeitiger, bestimmter, zueinander passender Teilabänderungen im Organismus als wirklich voraussetzt. Der Darwinist darf wohl als Mensch die Privatansicht hegen, daß die Natur keinen Zweck habe, aber nicht als Naturforscher; denn die Naturwissenschaft greift mit solcher negativen Behauptung in ein ihr fremdes Gebiet über, in dem sie nichts mehr zu sagen hat. Der Darwinismus hat der Wissenschaft die allergrößten Dienste geleistet. „aber seit Jahren ist er nicht allein unfruchtbar geworden, sondern auch verderblich.“

Nach der Verwerfung des Darwinismus bleibt uns als einzig mögliche Annahme die übrig, daß „die Stoffe, die zur Bildung von Organismen zusammentraten, von vornherein so beschaffen waren, daß der Organismus auf bestimmte äußere Einwirkungen durch bestimmte vorteilhafte Veränderungen seines Baues antworten mußte.“ So erklärt Haacke z. B. die Schutzfärbungen. Die glasartige Durchsichtigkeit vieler Hochseetiere, die sie weniger bemerkbar im Wasser macht, betrachtet er als Wirkung der

spärlichen Nahrung der Hochsee, und beruft sich dabei auf die Hungerformen, die jung auf die Hochsee verschlagene Fische der Küstenmeere annehmen (Leptocephalen). Das Weißwerden des Pelzes im Winter und in den Polargenden leitet er aus einer Schwächung der Haut durch die Kälte ab, infolge deren sie unfähig wird, Pigmente aus dem Blute auszuschcheiden; zur Begründung zieht er das Weißwerden der Haare an verletzten Hautstellen und den vorübergehenden Albinismus junger Tiere an. Die Schutzfärbung der Schmetterlinge nach Maßgabe des gefärbten Grundes, auf dem die Raupen vor der Verpuppung gesessen haben, sucht er nach Analogie der Farbenphotographie verständlich zu machen.

Nägelis Vervollkommnungsprinzip deutet Haacke als Streben nach Gleichgewicht; und zwar unterscheidet er das Streben nach dem inneren Gleichgewicht der Teile des Organismus und dasjenige nach äußerem Gleichgewicht des Organismus mit seiner Umgebung. Ersteres entspricht der Steigerung der Organisationshöhe, letzteres der Anpassung an die äußeren Umstände. Da er nur zwei Wissenschaften, Mathematik und Psychologie, gelten läßt, so kann der Begriff des Gleichgewichtstrebens als allgemeiner Ausdruck für die Tendenz der Selbsterhaltung gegen Störungen dienen. Er reicht aber doch nicht aus, um verständlich zu machen, warum unter den vielen möglichen Gleichgewichtszuständen in einem verwickelten organischen Gebilde gerade ein bestimmter gewählt wird und warum das Gleichgewichtsstreben bald Verbindung bald Zerfall, bald Individualisierung, bald Homogeneisierung, herbeiführt. Der Begriff gibt wohl eine Bedingung an, die bei allem Geschehen erfüllt werden muß, läßt aber noch zu viel Möglichkeiten offen. Außerdem vermag er nicht begreiflich zu machen, wie das Streben nach möglichst stabilem Gleichgewicht den Organismus zu etwas andern als dem Tode führen kann, da das Leben nur so lange besteht, als labile Gleichgewichtszustände einander ablösen.

Haacke erkennt auch sehr wohl, daß ein bloß physikochemisches Gleichgewicht im Organismus nicht ausreicht, daß es ordnender und richtender Kräfte, regulativer Prinzipien bedarf, wenn Wachstum und Leben ohne mosaikartige Präformation der Keimteilchen möglich sein soll. Unter der Voraussetzung, daß nur unorganische materielle Kräfte im Organismus walten,

sucht er diese richtenden Kräfte in den Polaritäten der hypothetischen submikroskopischen Plasmakristalle (Gemmen) und ihrer Gruppierungen (Gemmarien). Wie die Gestalt jedes Kristalls durch die chemische Substanz bestimmt wird, aus der er besteht, so soll auch die Form des Organismus durch die chemische Substanz des Plasma mittelbar bestimmt werden, nämlich durch die polaren Kräfte ihrer Kristalle und Kristallbäume. Haacke bringt damit alle mechanischen Versuche der Erklärung des Lebens auf ihren reinsten und konsequentesten Ausdruck. Er weiß aber, daß seine Hypothese mit der Annahme steht und fällt, daß das Plasma eine chemisch einfache Substanz, kein Stoffgemenge ist, und daß diese Annahme den herrschenden Ansichten zuwiderläuft. Haacke müßte daraus folgern, daß, wenn diese herrschenden Ansichten richtig sind, eine mechanistische Erklärung der Lebenserscheinungen überhaupt unmöglich ist. Sein Gleichgewichtsprinzip ruht für die organische Natur auf den hypothetischen Plasmakristallen und diese auf einer Ansicht über das Plasma, die heute wohl keine Aussicht mehr hat, Zustimmung zu finden. Auch seine Ausführungen über den einheitlichen, von ihm im Plasma gesuchten Vererbungsstoff¹⁾ dürften die Aussichten seiner rein chemischen Vererbungstheorie zu heben nicht imstande sein. Er hat entschleiert, was bei Nägeli, Kölliker und Eimer in Dunkel gehüllt blieb, auf wie schwachen Füßen die Epigenesislehre steht, wenn sie mit physiko-chemischen Kräften und Gesetzen auskommen will.

17. Wandelungen in der Auffassung der Korrelationsgesetzes.

Während die Korrelationen der Teile im Organismus vor Darwin ausschließlich unter dem Gesichtspunkt morphologischer Systematik betrachtet worden waren, suchte Darwin den Gesichtspunkt der physiologischen und genealogischen Entwicklung auch bei ihnen durchzuführen und drängte dabei den der morphologischen Systematik ganz beiseite. Je mehr man neuerdings davon abgekommen ist, jede systematische Formverwandtschaft sofort als genealogische Verknüpfung zu deuten, desto mehr mußte auch die Korrelation der Teile als eine systematische Er-

¹⁾ Grundriß der Entwicklungsmechanik, S. 158—172.

scheinung wieder Beachtung finden. Während Darwin nur gleichsam widerwillig zu dem Korrelationsgesetz als einem letzten **Notbehelf griff**, wenn alle anderen Hilfsprinzipien zu versagen schienen, muß das Korrelationsgesetz unter dem Gesichtspunkt gesetzmäßiger innerer Bestimmtheit aller organischen Gestaltungen sich zu dem Range eines obersten Gesetzes erheben, das sowohl die parallele, als auch die divergente und konvergente Entwicklung in nebeneinander herlaufenden Abstammungsreihen beherrscht, also auch wohl für die Entwicklung in geradliniger Deszendenz maßgebend sein dürfte.

Eine interessante Studie „Über die Bedeutung des Prinzips der Korrelation in der Biologie“ hat Em. Radl im Jahre 1901 im „Biologischen Zentralblatt“ Nr. 13—19 veröffentlicht, die die Größe des Umschwungs der Ansichten deutlich zeigt. Felix Vicq d’Azyr (1748—1794) hatte zuerst auf die Einheit des Baues der Tiere Gewicht gelegt; Bonnet und Buffon hatten die Einheit des Bauplans morphologisch durchgeführt. Cuvier, Geoffroy St. Hilaire und Goethe gehen ebenfalls von dem Grundgedanken aus, daß jedes Tier eine gesetzmäßige Einheit ist, deren Teile also auch nicht unabhängig voneinander vorkommen und variieren können. Sie kümmern sich nur um zeitlose morphologische Typen, nicht um die physiologischen Funktionen, durch die sie verwirklicht werden. Cuvier betont die Möglichkeit, von einer Eigenschaft auf das Vorhandensein einer anderen, beständig mit ihr verknüpften zu schließen, Geoffroy St. Hilaire die Einheit des Bauplans, die er zu einer solchen des ganzen Tierreichs überspannt. C. F. Wolf lehrt die morphologische Verwandtschaft der Blattgebilde (Kelch, Krone, Staubfäden); Goethe fügt als seine Entdeckung hinzu, daß alles im beständigen Fluß der Veränderung sei, der in periodischen Zusammenziehungen und Ausdehnungen verlaufe (Blatt breit, Kelch eng). Aber nicht der Fluß der Veränderungen, nicht die Zeitfolge der Erscheinungen ist es, was ihn interessiert, sondern das Beständige, das hinter ihnen feststeht, die zeitlosen Ideen, die sich in ihnen zeitlich entfalten, die Urpflanze und das Urtier, die nirgends existiert haben, sondern bloße Ideen sind. Die Korrelation der Organe denkt Goethe nur als eine solche nach ihrer Größe, nicht nach ihrer Form, als konstantes Größenverhältnis, nicht als kausale Wechselwirkung. Der Gedanke der gelegentlichen Entstehung einer Art aus einer

anderen ist ihm nicht fremd, erregt aber nicht sein Interesse, zieht für ihn keine Konsequenz nach sich und ist noch weit entfernt von dem Glauben an einen gemeinsamen Stammbaum der Organisation.

Darwins Interesse ist ganz auf die Veränderung, die Funktion, die Ursachen der Formentstehung, kurz auf die Entwicklung gerichtet. Demgemäß betrachtet er die Korrelation wesentlich als korrelative Variation im Sinne einer Abweichung vom gegebenen Typus. Nach der morphologischen Korrelation in verschiedenen Typen fragt Darwin ebenso wenig wie nach der in der normalen Entwicklung eines Typus. Er führt nur solche Tatsachen genauer an, die in seine evolutionistische Betrachtungsweise passen. Wie weit die von ihm angenommenen Ursachen der korrelativen Veränderung richtig und erschöpfend sind, bleibt streitig. Anfänglich hat er die Bedeutung der Korrelationen unbillig herabgedrückt, später hat er sie mehr anerkannt.

Soweit bei Roux Korrelationen vorkommen, sollen sie als aus Entwicklungsmechanik (Druck und Zug) entstandene erklärt werden. Bei Weismann haben sie neben der Mosaiktheorie der Sonderanlagen im Keim und neben der Allmacht der Naturzucht keinen Platz mehr.

Rádl sucht nun der Darwinschen Aufstellung gegenüber die ältere morphologische wieder zur Geltung zu bringen, aber nicht um die eine durch die andere zu verdrängen, sondern um die Berechtigung beider und die Notwendigkeit ihrer Verknüpfung darzutun. Überall, wo man durch Vergleichung zu allgemeinen Begriffen gelangt, wo man also aus der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen eine Gruppe zusammenfaßt und heraushebt, ist das Verhältnis der Begriffsteile oder der Merkmale in der Erscheinungsgruppe zueinander korrelativ. Im konkreten Falle handelt es sich darum, ob der Begriff „natürlich“ ist, d. h. ob die Erscheinungen naturgemäß gruppiert und zusammengefaßt sind. Um die Korrelation auch in nicht oder unvollständig beobachteten Fällen zu verbürgen, muß der Begriff Gesetzeskraft haben, d. h. das als zusammengehörig Vorgestellte muß in der Natur auch wirklich beständig zusammen vorkommen. Das leistet der Begriff nur soweit, als er rein typische Merkmale oder Artmerkmale umfaßt und die individuellen Abweichungen unberücksichtigt läßt. In einem richtig gebildeten Artbegriff sind die von ihm umspannten

Merkmale untereinander korrelativ. Individualmerkmale können innerhalb der Art stärker gegeneinander variieren als Artmerkmale, diese wieder relativ stärker als Gattungsmerkmale. Der Korrelationswert zweier Merkmale gegeneinander ist also im Individuum kleiner als in der Art, in dieser wieder kleiner als in der Gattung, d. h. er deckt sich mit seinem systematischen Wert. Die Korrelation der Artmerkmale zueinander entspricht in der organischen Natur der Korrelation der Variablen einer Gleichung zueinander oder ihrer Abhängigkeit voneinander in der unorganischen Natur. Die Abhängigkeit in der organischen Natur ist nur nicht so einfach durch mathematische Formeln auszudrücken, weil die Verhältnisse in ihr viel verwickelter sind als in der unorganischen Natur.

Kausal betrachtet, stellt sich die korrelative Form als Wirkung der physiologischen Funktionen dar, die sie hervorgebracht haben; teleologisch betrachtet ist dagegen die korrelative Form das Endziel, dem die Funktionen zustreben und das immanente Gesetz, das sie beherrscht. Die ältere Naturbetrachtung, die auch den teleologischen Gesichtspunkt einschloß, vermochte deshalb auch den morphologischen Korrelationen leichter gerecht zu werden; die seit zwei Menschenaltern herrschende Richtung dagegen, die von der Teleologie nichts wissen will, schloß die Augen soweit als möglich gegen die morphologischen Korrelationen, um nicht durch sie unwillkürlich zu einer Anerkennung auch des teleologischen Gesichtspunkts in der Naturbetrachtung hingedrängt zu werden. Eine unbefangene Naturauffassung, die beiden Gesichtspunkten die ihnen zukommende Bedeutung wieder einzuräumen willig ist, wird darum ganz von selbst auch zu einer Synthese der morphologischen und physiologischen Seite der Korrelation gelangen, und von einem Korrelationsgesetz statt von bloßen korrelativen Ergebnissen sprechen können.

18. R. v. Wettstein.

Wettstein gehört nicht zu den unbedingten Gegnern der Zuchtwahllehre; um so mehr verdienen seine Argumente für den Neulamarkismus Beachtung, wie er durch Spencer, Nägeli, Eimer, Kassowitz ausgestaltet ist und unter den Paläontologen und Botanikern (z. B. Klinge, Pfeffer, Wiesner, Solms-Laubach, Warming, Henslow, Errera, Costantin, Focke, Reinke) immer mehr Ver-

breitung findet. Wettstein ist dadurch zum Neulamarckismus gelangt, daß sich ihm in bestimmten Fällen bei genauerer Untersuchung die Erklärung durch Selektion nicht stichhaltig erwies, die in anderen Fällen zutreffend sein mag. Er glaubt an Neubildung von Formen sowohl durch Selektion, als auch durch Anpassung, als auch und insbesondere durch Zusammenwirken beider. Von der Selektion glaubt er ebenso wie von der Mutation und Kreuzung, daß sie nur die Mannigfaltigkeit der Formenwelt auf bestimmter Organisationsstufe vermehren, aber nicht die Organisationshöhe steigern können. Diese Leistung schreibt er insbesondere der direkten Anpassung im Sinne des Neulamarckismus zu, insofern sie eine Umgestaltung und Differenzierung zunächst der funktionierenden Organe herbeiführt, korrelativ aber auch die nicht funktionierenden beeinflußt und zuletzt Anpassungsmerkmale in Organisationsmerkmale hinüberleitet. Nur die für die Funktion gleichgültigen Organisationsmerkmale, z. B. die Zahl gleicher Organe, kann von direkter Anpassung ebensowenig beeinflußt werden wie von der indirekten Anpassung vermittels der Zuchtwahl.

Der Neulamarckismus vereinigt in seinem Prinzip der direkten Anpassung das Lamarcksche Prinzip des Gebrauchs und Nichtgebrauchs und das Hilairesche Prinzip des Einflusses äußerer Umstände. Diese beiden Prinzipien stellen sich nur so lange gesondert dar, als man allein in dem ersteren ein aktives, in dem letzteren ein bloß passives Prinzip erblickt. Sobald man sich klar macht, daß einerseits eine veränderte Gebrauchsweise nur unter veränderten äußeren Umständen eintreten kann, und daß andererseits die äußeren Umstände immer nur durch die Reaktionsweise des Organismus auf sie eine biologische Bedeutung gewinnen können, fallen beide in das Prinzip der direkten Anpassung zusammen. In beiden Fällen erscheint nun die direkte Anpassung als funktionelle Anpassung, d. h. als Änderung zunächst der Funktion bei gleichbleibendem Organ und sodann Änderung des Organs durch dauernden Einfluß der veränderten Funktion. Das Prinzip Lamarcks bezog sich nur ursprünglich mehr auf die größeren Organe vielzelliger Organismen (z. B. die Gliedmaßen als Bewegungsorgane), das St. Hilairesche Prinzip mehr auf die Funktionen der einzelnen Zellen in ihrer Reaktion gegen klimatische und sonstige Veränderungen der Umgebung. Letzten Endes

beginnt aber auch im ersteren Falle die Änderung des ganzen Organs mit submikroskopischen Änderungen seiner Zellen, und auch im letzteren Falle tritt die Änderung vieler Einzelzellen als makroskopische Änderung des Organismus in die Erscheinung. Es ist nur zu beachten, daß nicht jede Reaktion auf veränderte äußere Umstände eine Anpassung ist, sondern nur insoweit als sie eine zweckmäßige Änderung der Funktion darstellt, die demgemäß auch eine zweckmäßige Änderung des Organs im Gefolge hat. Zur Umbildung der Organismen kann die direkte Anpassung nur führen, wenn die erworbenen Abänderungen vererbbar sind; um diesen Punkt dreht sich deshalb hauptsächlich der Streit, während die Tatsache einer direkten Anpassung nur von wenigen bezweifelt wird.

In exakter Weise ist die direkte Anpassung durch Bonnier bewiesen, der die Teilstücke von Pflanzenstöcken verschiedenen Kulturbedingungen aussetzte. Neues kann auf diesem Wege nicht hervorgebracht werden, sondern nur Modifikationen oder Umgestaltungen schon vorhandener Eigentümlichkeiten. Selten wird dabei nur eine Eigenschaft verändert, in der Regel mehrere zugleich, die korrelativ miteinander verbunden sind. Einige Arten zeigen eine große Schmiegsamkeit der Anpassung, andere eine auffallende Starrheit.

Indirekte Belege für die Vererbung von Anpassungsmerkmalen sind die Verteilung jüngst entstandener Pflanzenarten auf sich ausschließende Areale, die erbliche Konstanz der nicht hybriden Übergangsformen, durch die stellvertretende Arten an den Grenzen ihrer Gebiete miteinander verbunden sind, das Bestehen ernährungsphysiologischer Rassen, z. B. Kalk- und Kieselformen gleicher Typen, Schmarotzerpilze, ferner die Konvergenzerscheinungen der Organismen verschiedenster systematischer Stellung unter gleichen Lebensbedingungen, endlich die durch Generationen fortschreitende Verkümmern der Organe beim Nichtgebrauch. Die direkten Beweise sind bis jetzt noch spärlich; doch führt Wettstein folgende Beobachtungen als solche an. Kulturen von Spaltpilzen durch lange Generationen hindurch unter bestimmten Vegetationsbedingungen bringen Eigentümlichkeiten hervor, die erblich festgehalten und erst durch entgegengesetzte Anpassungsvorgänge wieder abgestreift werden. Bei einzelnen Hefepilzarten kann so die Sporenbildung durch hohe Temperaturen unterdrückt werden,

und die so erzielten Abarten bilden auch unter normalen Kulturbedingungen zunächst keine Sporen mehr. Der *Bacillus prodigiosus* verliert seine Fähigkeit, einen roten Farbstoff abzuscheiden, wenn er auf Agar-Agar gezüchtet wird und zwar für alle folgenden Generationen; nur wenn ein Nachkomme wieder auf Brot gezüchtet wird, erlangt er diese Fähigkeit für sich und seine Nachkommen zurück. Die einzelligen Organismen zeigen also eine dauernde Umstimmung durch direkte Anpassung, die sich bei den Zellteilungen erhält. Aber auch für vielzellige Organismen ist die Erblichkeit dargetan, z. B. von Hunger und Errera für höhere Pilze (*Aspergillus albus* und *niger*). Getreidearten, Lein und Waldbäume zeigen in verschiedenen Klimaten und Höhenlagen die Vegetationsdauer ihren Standorten angepaßt; ihre Samen halten auch bei der Versetzung in andere Gegenden diese Angepaßtheit, d. h. die Vegetationsdauer ihrer Vorfahren zunächst erblich fest. Die großblütige Enziane der Alpen (*Gentiana acaulis*) stammt durch Konvergenz von mehreren verwandten aber morphologisch deutlich verschiedenen Arten ab, deren Unterschiede aber für ihre dekorative Wirkung nicht in Betracht kommen und deshalb von den Gärtnern nicht beachtet wurden. Gleichwohl hat sich diese *Gentiana acaulis* in den Alpenpflanzenanlagen unserer Gärten zu einem von den wildwachsenden Arten morphologisch stark abweichenden Typus entwickelt, ohne daß natürliche oder künstliche Zuchtwahl dabei im Spiele war, also durch direkte Anpassung.¹⁾

Wenn solche Ansichten sogar von solchen vertreten werden, die wie Wettstein gar nicht die Absicht haben, die positive Leistungsfähigkeit der Zuchtwahl zu bestreiten, so werden sie noch mehr Bedeutung erlangen in den Augen derer, die der Zuchtwahl nur eine negative Rolle zuschreiben oder ihr überhaupt jede Leistungsfähigkeit absprechen. Nur in einem Punkte wird man Wettstein nicht beipflichten können, nämlich wenn er behauptet,

¹⁾ Lucien Daniel gelang es durch Pfropfung verschiedene Pflanzenarten (Tomaten und spanischen Pfeffer, Runkelrüben und Kohl, Kamille, Beifuß und Sonnenblume usw.) zu verschmelzen und von den Mischlingen Nachkommen zu erhalten, die die verschmolzenen Merkmale der Stammarten beibehielten. Auch Standfuß erzielte neben Rückschlägen in die Stammarten häufig Vererbung der Eigentümlichkeiten, die er Schmetterlingen durch besondere Bedingungen bei ihrer Entwicklung künstlich angezüchtet hatte.

daß die direkte Anpassung das einzige Mittel zur Steigerung der Organisationshöhe sei. Denn wenn schon die Häufung kleinster Abänderungen durch funktionelle Anpassung mit der Zeit physiologische Anpassungsmerkmale in morphologische Organisationsmerkmale überführen kann, so ist es doch für viele Organisationsmerkmale (und zwar gerade für die konstantesten, systematisch wichtigsten, aber physiologisch indifferentesten) ausgeschlossen, daß sie auf diesem Wege entstanden sein können. Gerade für sie eröffnet die sprunghafte Mutation eine Möglichkeit der Entstehung, wenn auch solche Fälle, die ihrer Natur nach nur sehr selten vorkommen werden, bis jetzt nicht beobachtet sind, und vielleicht niemals zur Beobachtung gelangen werden. Es liegt aber in der sprunghaften Mutation oder Heterogonie kein Grund, warum sie nur auf Vermannigfaltigung der Formen innerhalb der bestehenden Organisationsstufe beschränkt sein sollte. Vielmehr ist der Eintritt eines völlig Neuen von ihr viel eher zu erwarten als von der funktionellen Anpassung, die sich immer an das Gegebene anklammert und auf möglichst geringe Modifikationen desselben beschränkt.¹⁾

19. Kassowitz.

Max Kassowitz zeigt sich im zweiten Bande seiner „Allgemeinen Biologie“ (Wien 1899) als entschiedenster Gegner des Darwinismus und Anhänger des Neulamarckismus. „Die Ohnmacht der Naturzüchtung“ scheint ihm gleich evident, mag man die Auslese auf sprunghafte oder auf allmähliche kleinste Abänderungen beziehen. Im ersteren Falle kann die Selektion nichts zur Entstehung der zweckmäßigen neuen Formen und Organanpassungen beitragen, weil diese ohne Selektion mit einem Schlage hervortreten. Im letzteren Falle dagegen können kleinste Abänderungen nichts dazu beitragen, die einen zu vernichten und die andern vor dem Untergang im Daseinskampf zu schützen. Es sind nicht die minderwertigen Heringe und Weichtiere, die in unsere Heringstonnen oder in die Walfischmägen geraten.

¹⁾ R. von Wettstein, Der Neulamarckismus und seine Beziehungen zum Darwinismus, Jena 1903; derselbe, Über direkte Anpassung (im Almanach der Wiener Akademie 1902); derselbe, Der gegenwärtige Stand unserer Kenntnisse betreffend die Neubildung von Formen im Pflanzenreich (im Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1900, Bd. XVIII).

Wo verschiedene Rassen miteinander in Wettbewerb treten und eine die andere verdrängt, z. B. die Wanderratte die Hausratte, da vollzieht sich dieser Vorgang ohne Abänderung beider. Die künstliche Zuchtwahl bezieht sich nicht auf Rassen, sondern auf Individuen, und hier wird oft „Kampf ums Dasein“ genannt, was doch nur Abhängigkeit der Individuen von ihren äußeren Lebensbedingungen ist. Die Rückbildung kann nur auf Vererbung der durch Nichtgebrauch erworbenen Abänderungen bezogen werden.

Die Schutz- und Trutzfärbung ist kein Beweis der natürlichen Zuchtwahl. Auffallend gefärbte Raupen werden nach Plateaus Versucher von zahlreichen Tieren gern gefressen. Nach Döderlein gibt es Nachschmetterlinge von gleicher Tracht wie Tagfalter desselben Gebiets, also Ähnlichkeit ohne Schutzwirkung. Manchmal ist auch die nachgeahmte Form tatsächlich gar nicht geschützt, wie man geglaubt hatte. Die Behauptungen stimmen zum einen Teil nicht mit den Tatsachen und haben zum andern Teil nicht die Bedeutung, die ihnen von den Anhängern der Selektionstheorie zugeschrieben wird. Soweit ein Schutz durch Färbung wirklich besteht, setzt er bei den Verfolgern eine instinktive Scheu voraus, und diese kann nur durch Vererbung aus gemachten üblen Erfahrungen entstanden sein, beruht also auf der Vererbung erworbener Eigenschaften. Insoweit die Schutzfärbungen sich durch allmähliche Steigerungen entwickelt haben, können die ersten Stufen keinen Selektionswert gehabt haben, sondern müssen aus anderen Ursachen entstanden sein. Es hindert aber nichts, anzunehmen, daß dieselben Ursachen, die ohne Selektion die ersten Stufen hervorgebracht haben, auch die späteren hervorbringen konnten, selbst wenn keine Selektion mitgewirkt hätte.

Der Züchter wählt sich die Individuen zur Nachzucht aus, die Natur kann dies nur dadurch, daß sie die nicht zur Fortpflanzung bestimmten tötet, ehe sie zur Fortpflanzung gelangen. Der Kampf ums Dasein genügt aber keineswegs, um den einen Teil der Individuen, die eine kleinste Abänderung nicht besitzen, zu töten, oder gar vor bewirkter Fortpflanzung zu töten. Der Züchter verhindert das Wiedererlöschen der entstandenen Abänderungen durch Kreuzung, indem er die Individuen absondert; der Natur stehen in der Regel solche Mittel nicht zu Gebote. Aus beiden Gründen kann die künstliche Zuchtwahl nicht auf die

Natur übertragen werden. Nur bei der geschlechtlichen Zuchtwahl findet wirklich Wahl statt; deshalb wäre hier im Prinzip eine Zuchtwahl möglich. Die Erfahrung spricht jedoch nicht sehr für ihre Wirklichkeit. Nach Haacke pflanzen sich junge Hirsche mit wenig Geweihzacken mindestens ebenso fort wie alte Sechszehnder. Nach Standfuß spielt die größere oder geringere Farbenpracht der Schmetterlinge bei der Auswahl zur Paarung ganz sicher keine Rolle. Dieselben Einflüsse der Wärme, Feuchtigkeit, Belichtung, Nahrung usw. können beide Geschlechter derselben Art verschieden beeinflussen und demgemäß verschiedene Zeichnung und Färbung hervorrufen, so daß die Beihilfe der geschlechtlichen Zuchtwahl ziemlich überflüssig erscheint. Jedenfalls würde die Wirksamkeit derselben nur unter der Voraussetzung möglich sein, daß individuelle Erwerbungen vererbbar sind. Denn wenn eine Abänderung in sekundären Geschlechtsmerkmalen stattfindet, so muß, damit sie für die Wahl von Einfluß werden kann, gleichzeitig im anderen Geschlecht eine Änderung des Geschmackes eintreten, weil andernfalls die dieser Abänderung ermangelnden Individuen noch ebenso gut wie vor Eintritt jener Abänderung zur Fortpflanzung gelangen würden. Eine solche Geschmackänderung ist aber nicht wohl anders zu verstehen als durch Anpassung an die vorgefundene Abänderung und allmähliche befestigte Vererbung dieser erworbenen Anpassung.

Wenn nun natürliche und geschlechtliche Zuchtwahl nicht imstande sind, stammesgeschichtlich fortschreitende Anpassungen zu erklären, so ist die Hypothese einer Vererbbarkeit erworbener Merkmale unentbehrlich. Damit ist nicht gesagt, daß alle erworbenen Merkmale vererbbar sein müssen; die Nichtvererbbarkeit gewisser, z. B. Verstümmelungen kann deshalb auch nichts gegen die Vererbbarkeit anderer, z. B. der Reflexmechanismen in den Zentralorganen, beweisen. Kassowitz führt eine Reihe von Erscheinungen an, die sich sehr leicht und natürlich durch Vererbung erworbener Eigenschaften erklären, aber nur künstlich und gezwungen mittels anderer Hilfshypothesen deuten lassen.

Die Kuhpocken sind nach neueren Experimenten durch Übertragung der echten Menschenpocken auf Rinder vermittels Anpassung des unbekanntem Erregers an die veränderten Lebensbedingungen entstanden. Diese erblich gewordenen Abänderungen

behält er auch bei der Rückübertragung auf Menschen (Schutzpocken). Nach Darwin haben europäische Hunde in Neuguinea im Laufe von drei bis vier Generationen die auffallendsten Veränderungen der Behaarung, Ohrengestalt, Stimme usw. erlitten. Unsere Schafe verlieren in tropischen Gegenden in wenigen Generationen ihre Wolle. Nach Wallace kommen englische Merinoschafe in Indien nicht fort, wenn sie unmittelbar überführt werden, wohl aber wenn sie erst einige Generationen hindurch im Kapland gezüchtet werden. Es müssen also die im Kapland erworbenen Anpassungen in wenigen Generationen erblich hinreichend befestigt sein, um dann in Indien den Fortbestand zu ermöglichen. Selten sind die äußeren Einflüsse der Art, daß sie zugleich das Keimplasma unmittelbar betreffen, wie dies z. B. bei der Temperatur für Kaltblüter der Fall ist. Bei der Belichtung größerer Tiere ist dies entschieden ausgeschlossen.

Die Pigmentlosigkeit der Flachfische ist eine Folge der mangelnden Belichtung, wie aus dem Wiederauftreten des Pigmentes bei naturwidriger Haltung der ausgewachsenen Tiere folgt. Der Pigmentmangel ist also offenbar eine erworbene Eigenschaft; sie ist aber erblich geworden, weil sich durch künstliche Belichtung der Unterseite von jugendlichen Tieren das Verschwinden des Pigments bei weiterem Wachstum nicht verhindern ließ, wenn es auch schließlich infolge fortgesetzter Belichtung wieder erschien. Das Herumstellen des zweiten Auges auf die Oberseite ist ebenfalls ein Vorgang, der nur auf einmal durch Gebrauch im Jugendzustand gewonnen werden konnte, weil eine allmähliche Verschiebung des Auges nutzlos gewesen wäre. Ohne Vererbung des Ergebnisses der so erworbenen Anpassung würde die Selektion außerstande sein, auch nur zur Befestigung dieses Merkmals mitzuwirken, wie Darwin annimmt.

Dasselbe gilt für die instinktive Scheu der Tiere vor dem Menschen, die sie auf unbewohnten Inseln bei ihrer ersten Bekanntschaft mit dem Menschen noch nicht besitzen, bald aber durch Erfahrung und Anpassung im Laufe weniger Generationen erwerben. Im allgemeinen sind etwa drei bis vier Generationen nötig, um bei der Tierzähmung das Ergebnis der Erziehung zu befestigen und die wilden Instinkte zu unterdrücken. Junge Schäferhunde treiben ohne Dressur die Herde durch Umkreisen, ein von ihren zahmen Vorfahren erworbener Instinkt, den ihre

wilden Ahnen sicher nicht besaßen. Der Verhinderung des Wildschweins am Wühlen passen sich seine Muskeln und Schädelknochen diesem Nichtgebrauch so an, daß in wenigen Generationen das Profil sich wesentlich ändert. Die Reflexmechanismen der Zentralorgane entwickeln sich bei Tierarten mit gleichmäßiger Lebensweise in allen Individuen ziemlich gleichmäßig, so daß die Selektion keine Angriffspunkte findet. Hier kann nur die Vererbung des Erworbenen eintreten. Auch die fortschreitende Entwicklung der Geistesanlagen in der Menschheit bleibt ohne die Vererbung der erworbenen Eigenschaften ein unbegreifliches Wunder.

Brown-Sequard, Obersteiner, Westphal, Luciani, Dupuy und Romanes haben durch zahlreiche Versuche erwiesen, daß die durch Verletzungen des Dorsalmarks oder Hüftnerven erworbene Epilepsie und andere Folgeerscheinungen (wie Verlust brandig gewordener Zehen) sich etwa bei zwei Dritteln der Versuchstiere vererbten, bei unverletzten Kontrolltieren aber niemals auftraten. Weismann deutet diese Tatsache als Übertragung eines eingepflanzten hypothetischen Epilepsie-Bazillus auf die Nachkommen mittels der Keimstoffe. Dagegen ist aber geltend gemacht worden, daß ein solcher Bazillus noch nicht erwiesen ist, daß er überall gegenwärtig sein müßte, wo solche Versuche angestellt werden, daß ein solcher Bazillus auch von anderen vorgeschrittenen Stellen als vom Dorsalmark zum Gehirn vordringen müßte, daß die Defekte bei den Nachkommen immer an denselben Körperstellen wie bei den Vorfahren auftreten, vor allem aber daß auch ohne Wunde, durch Schlag auf den Kopf oder durch subkutane Zerquetschung des Hüftnerven dieselben erblichen Erscheinungen hervorgerufen werden, ohne daß dem hypothetischen Bazillus eine Eingangspforte eröffnet worden wäre.

Kassowitz behauptet, daß gerade solche individuellen Anpassungen besondere Neigung zeigen werden, in erbliche Eigenschaften überzugehen, bei denen möglichst zahlreiche Nervenmechanismen beteiligt sind. Er bekennt sich nach alledem mit entschiedener Überzeugung zu Lamarcks Lehre und schreibt Darwin wesentlich das Verdienst zu, durch seine irr tümliche Zuchtwahllehre das Publikum für das Verständnis der Lehre Lamarcks vorbereitet und empfänglich gemacht zu haben. Alles, was Darwin in der Entwicklungslehre Lamarcks hinzugefügt hat,

erklärt er für unhaltbar, und sieht in dem Ersatz des Schöpfungsbegriffes durch den anthropomorphischen Begriff der Naturzüchtung nur einen Rollenwechsel unter unmöglichen Voraussetzungen.¹⁾

20. Fleischmann, O. Hertwig, Plate, Ziegler.

Fleischmann zählte zehn Jahre lang zu den begeisterten Jüngern der Abstammungslehre, fing dann aber bei dem vergleichenden Studium der Raubtiere und Nagetiere an, die Richtigkeit des biogenetischen Grundgesetzes zu bezweifeln, wandte sich allmählich immer mehr von ihr ab und verwirft sie jetzt als einen Ergebnisse und Aufklärung vortäuschenden Roman.²⁾ Er erklärt es für unzulässig, aus der Keimesgeschichte Rückschlüsse auf die Stammesgeschichte zu ziehen, wie Haeckel will, weil in der Keimesgeschichte sämtlicher Tiertypen, besonders aber der Säugetiere, viel mehr Zeitverschiebungen (Verfrühungen und Verspätungen) und Ortsverschiebungen (Lageveränderungen) als wahre Rekapitulationen vorkommen. Der Furchungsprozeß der Eizelle folgt im Tierreich nicht einem einzigen Schema; bei jeder Art und jedem Organisationstypus beginnt er an einem anderen Objekt, d. h. an einer verschiedenartig beschaffenen Eizelle und läuft in abweichender Weise ab. An den jüngsten Embryonen sind die spezifischen Merkmale der Tierarten ebenso deutlich ausgeprägt, wie sie es etwa an den Eiern der Vogelarten für den Blick eines Kenners sind. „Ohne Bezug auf Ahnenformen folgen die Eistadien in formaler und physiologischer Korrelation aufeinander und bestätigen dadurch für die Embryonalzeit die Herrschaft gemeinsamer Stilregeln im Wirbeltierkreise.“

Oskar Hertwig spricht sich ähnlich über Haeckels biogenetisches Grundgesetz aus; auch er geht von der mechanischen Wiederholung der Vorfahrenreihe auf allgemeine Gesetze zurück, von denen die organische Entwicklung ebensowohl in der Keimesgeschichte wie in der Stammesgeschichte beherrscht wird.³⁾ Weil gewisse Formzustände die notwendigen Vorbedingungen

¹⁾ Vergl. Kassowitz, Die Krisis des Darwinismus (in der „Zukunft“ vom 15. Februar 1902).

²⁾ Albert Fleischmann, Die Descendenztheorie. Gemeinverständliche Vorlesungen über den Auf- und Niedergang einer Hypothese. Leipzig 1901.

³⁾ Die Zelle und die Gewebe. Zweites Buch, Jena 1898.

liefern, unter denen allein die nächst höhere Stufe der Keimesgeschichte sich hervorbilden kann, nur darum kehren sie mit so großer Konstanz wieder. Wir müssen den Ausdruck „Wiederholung von Formen ausgestorbener Vorfahren“ fallen lassen und dafür setzen: „Wiederholung von Formen, welche für die organische Entwicklung gesetzmäßig sind und vom Einfachen zum Komplizierten fortschreiten.“ Die Keimstufen mögen morphologisch gewissen stammesgeschichtlichen Entwicklungsstufen entsprechen; aber physiologisch nach ihrer submikroskopischen Struktur, die ihren eigentlichen Inhalt ausmacht, sind sie etwas ganz anderes. Die Urzelle einer stammesgeschichtlichen Reihe ist möglichst einfach und anlagenleer; die Eizelle eines höheren Tieres dagegen enthält alle Anlagen für den verwickelten Bau des fertigen Organismus in sich. Das gleiche gilt für jede andere morphologisch analoge Stufe der Stammes- und Keimesentwicklung. Aus der Keimesentwicklung dürfen wir nur so viel nach Analogie schließen, daß die Stammesentwicklung gleich ihr nicht ein Spiel von Zufälligkeiten, sondern ein nach innerer Notwendigkeit verlaufender gesetzmäßiger Prozeß sein dürfte.

In der Tat ist die Anerkennung des Satzes, daß gleiche organische Einrichtungen bei fertigen Organismen ebensowohl die Folge gleichlautender gesetzmäßiger Entwicklungsprozesse wie diejenige der Blutsverwandtschaft sein können, sehr geeignet zur Vorsicht auch in der Anwendung des biogenetischen Grundgesetzes zu mahnen. Nicht nur kann eine Keimesgeschichte auf eine völlig unbekannte Stammesgeschichte zurückweisen, die ohne Blutsverwandtschaft mit den uns bekannten Stammesgeschichten mehr oder weniger parallel verlief, sondern es kann auch der morphologische systematische Parallelismus zwischen Keimesentwicklung und Stammesentwicklung mehr oder weniger an Stelle der genealogischen Rekapitulation treten. Ja sogar die ganze Vererbung der stammesgeschichtlichen Vorstufen auf die Stufen der Keimesentwicklung kann da, wo sie besteht, ausschließlich durch das Walten der gleichen Entwicklungsgesetze in beiden vermittelt sein, so daß das Problem der stammesgeschichtlichen Vererbung erst durch sie eine wahre Lösung erhält.

Diese Seite der Frage findet bei Fleischmann keine Beachtung. Plate hat daher ihm gegenüber Recht, wenn er sagt:

„Das biogenetische Gesetz besteht also in vielen Fällen zu Recht, wengleich es kein „Grundgesetz“ ist, sondern nur einen beschränkten Kreis von Tatsachen umfaßt.“¹⁾ Fleischmann schüttet das Kind mit dem Bade aus; d. h. indem er Darwin und Haeckel bekämpft, verwirft er auch die Abstammungslehre in dem irrigen, mit den Darwinisten geteilten Glauben, daß die Abstammungslehre mit der Zuchtwahllehre untrennbar verwachsen sei. Für ihn hängt die Richtigkeit der Abstammungslehre davon ab, daß man für alle größeren Formengruppen Zwischenformen nachweisen kann. Demgegenüber stellt Plate fest, daß keine Tatsache der Paläontologie gegen, sehr viele aber für die Abstammungslehre Zeugnis ablegen, daß man in den letzten 15 Jahrgängen der zoologischen Zeitschriften des In- und Auslands so gut wie keine prinzipiellen Gegner der Abstammungslehre finden wird, daß vielmehr mindestens 95 % der selbständig forschenden Biologen auf ihrem Boden stehen.

Fleischmann gesteht der Abstammungshypothese zu, daß sie eine anregende Wirkung ausgeübt habe, behauptet aber, daß sie zu alt geworden sei, und daß in vorläufiger Ermangelung einer neuen das Geständnis unserer Unwissenheit besser sei als das Festhalten am unhaltbar Gewordenen. Plate bemerkt dagegen mit Recht, Fleischmann habe gezeigt, daß die Zoologie zu einem Chaos unverstandener und zusammenhangloser Angaben herabsinkt ohne das Licht der Abstammungslehre. Fleischmann zieht die Konsequenz der Hypothesenscheu, die sich neuerdings in der unorganischen Natur als allein exakte Wissenschaftlichkeit gebärdet. Will die Naturwissenschaft sich auf apodiktisch gewisse Wahrheiten beschränken und bloß wahrscheinliche Behauptungen als unter ihrer Würde gelegen verschmähen, dann allerdings darf sie niemals über die unmittelbaren Daten der Wahrnehmung, über das Registrieren von Tatsachen hinausgehen, niemals die Tatsachen zu Schlüssen kombinieren, niemals eine Behauptung aufstellen, die sich nicht jederzeit empirisch bestätigen läßt, niemals zu Hypothesen und Theorien durch spekulative Verknüpfung fortschreiten. Damit ist aber aller Wissenschaft der Todesstoß versetzt, denn ihr Wesen (im Unterschiede von der bloßen

¹⁾ L. Plate, Ein moderner Gegner der Descendenzlehre. Im biologischen Zentrablatt 1901, Bd. XXI, No. 5 und 6.

„Kunde“) besteht eben in solchem Hinausschreiten des Denkens über die Erfahrung, das immer nur hypothetisch sein kann. Plate geht allerdings wiederum in der Verteidigung des Selektionsprinzips zu weit,¹⁾ wie Fleischmann in der Verwerfung der Abstammungslehre.

Auf gleichem Boden mit Plate steht Heinrich Ernst Ziegler,²⁾ nur daß er dem Neulamarckismus mehr Zugeständnisse macht. Er gehört zu denen, die aus Furcht vor der Teleologie und dem Neovitalismus an der Zuchtwahllehre festhalten, weil ohne dieses einzige mechanische Erklärungsprinzip des Zweckmäßigen die zugestandenermaßen zurzeit unerklärliche Entstehung der organischen Substanz, Lebenstätigkeit der Zelle, Gewebebildung und Regeneration sonst zu vitalistischen Erklärungsversuchen verleiten könnte. Er gibt zu, daß nicht alle Merkmale direkt oder indirekt nützlich oder schädlich und dadurch dem Einfluß der Zuchtwahl unterworfen sind, daß die Rückbildung nicht durch Zuchtwahl oder bloße Vermischung, sondern nur mit Roux durch funktionelle Anpassung erklärt werden könne, und daß erst eine starke Vernichtung zum Überleben der wenigen hervorragend gut ausgestatteten Individuen führt. (Eine solche findet aber bei der spärlichen Fortpflanzung der meisten höheren Tierarten gar nicht statt). Anfänglich indifferente Eigenschaften können von einem gewissen Entwicklungsgrade an nützlich oder schädlich werden und dadurch unter den Einfluß der Selektion geraten; nützliche können sogar durch fortgesetzte Überentwicklung in gleicher Richtung schädlich werden, z. B. nach hinten gekrümmte Hörner und Stoßzähne.

So zeigen seine Einschränkungen für die Geltung der Zuchtwahl, daß es Gebiete gibt, in denen die Natur ihre Entwicklung auch ohne die Zuchtwahl oder gar gegen sie durchführt; eine positive Leistungsfähigkeit der Zuchtwahl neben ihrer negativen, ausscheidenden, hat er nirgends nachzuweisen versucht. Dagegen führt er manches für die Abstammungslehre an, z. B. die Zahnanlagen der Embryonen oder jugendlichen Tiere, deren Endformen an den gleichen Stellen keine Zähne haben. So haben

¹⁾ L. Plate, Die Bedeutung und Tragweite des Darwinschen Selektionsprinzips, Leipzig 1899.

²⁾ Über den derzeitigen Stand der Descendenztheorie in der Zoologie, Jena 1902.

junge Schnabeltiere in jedem Kiefer auf jeder Seite drei Backzähne, die denen der kleinen Säugetiere der Jurazeit ähneln. Die Embryonen der Zahnlucker (Edentata) weisen viel mehr Zähne auf als die entwickelten Tiere. Die Embryonen der Bartenwale haben eine vollständige Zahnreihe, das Milchgebiß und dahinter eine zweite Reihe von Zahnanlagen für den Zahnwechsel, die sämtlich vor der Geburt resorbiert werden und auf ihre Abstammung von delphinähnlichen Tieren hinweisen.

Nach alledem dürfte in dieser Gruppe O. Hertwig die glückliche Mitte innehalten.¹⁾ Nach ihm wissen wir in Wahrheit nichts von dem Ursachenkomplex, welcher eine bestimmte Erscheinung, nämlich eine Anpassung hervorgerufen hat, die von den Anhängern Darwins für ein Produkt der Naturzüchtung ausgegeben wird. In der Entwicklungslehre besitzen wir eine auf Tatsachen beruhende, bleibende Errungenschaft unseres Jahrhunderts, die jedenfalls mit zu ihren größten gehört. Mit Huxley können wir sagen: „Wenn die Darwinsche Hypothese auch weggeweht würde, die Entwicklungslehre würde noch stehen bleiben, wo sie stand.“

21. J. Reinke.

Reinke betrachtet die Abstammungslehre bloß als eine Hypothese, aber als eine solche von so hohem Wahrscheinlichkeitswert, daß sie den Charakter eines allgemein anerkannten Forschungsprinzips oder Axioms angenommen hat.²⁾ Ihre wichtigsten Indizienbeweise sieht er in den paläontologischen Vorstufen des Pferdes, in den Übergangsformen der tertiären Sumpfschnecke (*Paludina Neumayri*), in der Abstammung der Schmarotzertiere und der in der Tertiärperiode noch fehlenden pflanzlichen Parasiten und Humusbewohner von nicht schmarotzenden Tieren und sich selbständig ernährenden Pflanzen, in den insektivoren Pflanzen, in der Entstehung der größeren Flechten aus mikroskopisch kleinen und dieser aus dem Zusammentritt von Algen und Pilzen, in der Umwandlung der Akazien in Neuholland usw. Er er-

¹⁾ Die Entwicklung der Biologie im 19. Jahrhundert, Jena 1901.

²⁾ J. Reinke, Die Welt als Tat, 2. Aufl., Berlin 1901, S. 343—464; Einleitung in die theoretische Biologie, Berlin 1901, S. 447—544; Studien zur vergleichenden Entwicklungsgeschichte der Laminariaceen, Kiel 1903, S. 47—67; Der gegenwärtige Stand der Abstammungslehre (im „Türmer“, 1902, Oktoberheft); Philosophie der Botanik, Leipzig 1905, S. 121—182.

kennt aber an, daß die paläontologischen Vorstufen des Pferdes keinen allmählichen Übergang zeigen, sondern Gattungen sind, zwischen denen wir keine Übergänge kennen.

Die Abstammungslehre ist jedoch weit davon entfernt, selbst die Lösung des Welträtsels zu sein; sie führt uns vielmehr „in einen Zauberwald, in dem aus allen Richtungen uns eine Fülle ungelöster und großen Teils unlösbarer Rätsel entgegenstarrt.“ Sie läßt die verschiedensten Auslegungen zu; aber selbst wenn in ihrer Handhabung niemals eine Einigung erzielt werden sollte, wird das in ihr verkörperte Entwicklungsprinzip schwerlich wieder aus der Biologie verschwinden.

Reinke glaubt nicht, daß die Arten auseinander bloß auf einem einzigen Wege entstehen. Für die wichtigste Art, namentlich in bezug auf morphologische Organisationsveränderungen, hält er die sprunghafte Abänderung, zu der in der Tertiärzeit die Neigung der Organismen größer gewesen sein muß als jetzt. Freilich haben wir bis jetzt nur die Entstehung von Varietäten durch sprunghafte Abänderung beobachtet, und können diejenige von Arten nur nach Analogie erschließen. Aber dieser Analogieschluß wird dadurch erleichtert, daß eine sichere Grenze weder zwischen schwankenden und erblich fixierten Varietäten, noch zwischen fixierten Varietäten und Arten zu ziehen ist. — Demnächst scheint ihm die Anpassung von Bedeutung, insbesondere in bezug auf die physiologischen Merkmale, die Umwandlung funktionierender Organe nach Maßgabe veränderter Bedürfnisse und die Rückbildung, wie solche z. B. bei der Gewöhnung an schmarotzende Lebensweise entstehen kann. So entstehen z. B. neue Gattungen dadurch, daß grüne Blütenpflanzen sich als Humusbewohner in farblose und ihre Blätter in schuppenartige Gebilde umwandeln (Nestwurz, Schuppenwurz, Leinseide, Fichtenspargel). Die Anpassung führt zu einem Höhepunkt, einem Optimum, auf welchem das Anpassungsgleichgewicht mit der Umgebung erreicht ist und die Anpassung keine Veränderungen weiter hervorrufen kann. Im Gegensatz zu de Vries' Ansicht, nach welcher Artmerkmale nie erworbene Eigenschaften darstellen, hält er daran fest, daß die gesamte tausendfach verzweigte Stammesentwicklung auf der Vererbung erworbener Eigenschaften beruht. Dabei rechnet er sowohl die durch allmähliche Anpassung als auch die durch sprunghafte Abänderung entstandenen Merkmale zu den er-

worbenen. Die Anpassung kann ebenso wie die sprunghafte Abänderung entweder progressiv oder regressiv sein, oder sich auf gleicher Höhe halten. In der Stammesgeschichte wie in der Keimesentwicklung sind innere Ursachen das Treibende; die äußeren Umstände wirken nur als auslösende Reize auf die reagierenden Ursachen sowohl bei der Anpassung wie bei der sprunghaften Abänderung. Bei länger dauernder Anpassung können auch Anpassungsmerkmale zu Organisationsmerkmalen werden. Andererseits zeigen scharf verschiedene Typen gleiche Anpassungsmerkmale, z. B. Flugwerkzeuge, und solche konstante Organisationsunterschiede können nicht durch Anpassung erworben sein. Unter gleichen Verhältnissen, oft an gleicher Örtlichkeit sehen wir deshalb ganz verschiedene Typen, die sich nebeneinander behaupten, weil sie sich gleichmäßig auf einem relativen Anpassungsoptimum befinden.

Ein dritter Weg der Artentstehung ist bei Pflanzen die Kreuzung; Kerner hat den Irrtum zerstört, als ob die Samen der meisten Bastarde nicht entwickelungsfähig seien und sich nicht fortpflanzten. Ein großer Teil der künstlichen Züchtung des Gärtners beruht auf der Kreuzung zufällig hervorgetretener Spielarten mit den Stammarten und mit anderen Spielarten; wenn man von der Kunstzüchtung auf Naturvorgänge schließen dürfte, so könnte auch die Kreuzung bei der natürlichen Artentstehung von Pflanzen eine Rolle gespielt haben, wenn auch keine so große, wie Kerner annimmt.

Ein vierter Weg ist der Einfluß veränderter äußerer Umstände, die, wenn sie lange Generationen hindurch gleichmäßig einwirken, veränderte erbliche Dispositionen in der Art bewirken können. So sind z. B. aus den gefiederten Akazien in der trockenen Luft Neuhollands solche mit ungefiederten Blättern entstanden, die nur noch in den ersten Blättern des Keimes die Neigung zur Fiederung bewahrt haben. Aber die äußeren Umstände können nur als Reiz wirken auf die Fähigkeit der Pflanzen in passender Weise zu variieren, wie schon Warming in seinem Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie (1896) bemerkt hat. Wo diese Fähigkeit den Arten abhanden gekommen ist, da bleiben sie trotz starker Veränderung der äußeren Umstände unverändert, wenn sie nicht zugrunde gehen. So hat der geringere Salzgehalt der Ostsee zwar einen Teil der aus der Nordsee in sie ein-

gewanderten Flora vernichtet, aber keine eigene Flora hervor-
gebracht.

Wesentlich ablehnend verhält sich Reinke gegen die Entstehung neuer Arten durch Häufung kleinster Abänderungen und Auslese. Er behauptet, daß die kleinen Abänderungen um die Gleichgewichtslage des Arttypus herum oszillieren, also immer wieder zu ihm zurückkehren, anstatt sich von ihm zu entfernen. Nicht das Schwingen des Pendels, sondern nur die Verschiebung seines Aufhängungspunktes führt zu einer neuen Art. Ob aber die Verschiebung des Aufhängungspunktes nicht leichter erfolgen kann, wenn gerade ein starker Ausschlag den Schwerpunkt des Pendels ohnehin verschoben hat, zieht Reinke nicht in Erwägung. Den Umfang, den die Bedeutung der Selektion hat, können wir heute noch nicht genau feststellen, doch dürfte ihr Einfluß ein wesentlich negativer, ausmerzender sein, und jedenfalls spielt sie neben der bestimmt gerichteten Abänderung nur eine untergeordnete Rolle. Die künstliche Zuchtwahl ist nicht auf die Natur übertragbar, weil in der Natur einerseits die bewußte Absicht des Züchters wegfällt und andererseits nur die Gesamttüchtigkeit des Organismus im Daseinskampfe aber nicht wie bei der künstlichen Züchtung einzelne, in der Konkurrenz wertlose oder gar schädliche Merkmale in Betracht kommen. Die natürliche Zuchtwahl kann sich nur auf Anpassungsmerkmale, nicht auf typische Organisationsmerkmale erstrecken. Weismanns Selektion der Keimteilchen „ist der Nachsommer seines Darwinismus, nach ihr dürfte die Winterruhe kommen“. Die Zwecke in der belebten Natur lassen sich durch keine Sophistik hinwegdisputieren. Darwins Versuch, sie zu leugnen, indem er den Zufall zum Weltprinzip erhob, ist ebenso wie der Versuch, die Zweckmäßigkeit durch die Selektion oder sonstwie auf blinde Mechaniken zurückzuführen, gleich dem Trugbild einer Fata Morgana zerronnen. Die Naturforscher, die noch an ihm festhalten, wie Ziegler, können dies nur, weil sie der daran geübten Kritik vorsichtig aus dem Wege gehen.

In der Alternative: Vielstämmigkeit oder Einstämmigkeit? verhält Reinke sich ebenso vorsichtig wie Haacke. Er läßt z. B. die Frage offen, ob die Stammbäume der Affen- und Menschenrassen Parallelbildungen aus verschiedenen Urzellen mit ähnlichen Anlagen oder Konvergenzbildungen aus ursprünglich unähn-

lichen Vorstufen, oder ob der Mensch eine Fortbildung des Affen oder der Affe eine Degeneration des Menschentypus auf früherer Entwicklungsstufe sei. Die Abstammungslehre verlangt nur, daß der Mensch sich aus einer Urzelle stammesgeschichtlich entwickelt habe, läßt aber die Stufen zunächst offen. „Wollten wir einen Schluß ziehen von den lebenden chlorophyllosen Angiospermen auf die Urzellen, so müßten wir die Bakterien für regressive, nicht für ursprüngliche Typen halten, und bei den höheren Organismen sehen wir auch wohl Apogamie und Parthenogenesis aus Sexualität entstehen, nicht aber sexuelle Fortpflanzung aus neutraler sich entwickeln. Ferner fragt man vergeblich, ob die Urzellen den atmosphärischen Stickstoff assimilieren konnten und diese überaus nützliche Fähigkeit später verlernten, oder ob die Stickstoffbakterien relativ späte Neubildungen sind, die es lernten, die Stickstoffquellen der Luft zu verwerten. Endlich wird die Möglichkeit niemals auszuschließen sein, daß chlorophyllhaltige Urzellen, Nitrobakterien, Stickstoffbakterien und vielleicht noch andere, längst zugrunde gegangene biologische Typen im Anfange des Lebens ganz unabhängig voneinander auf unserem Planeten erschienen sind und lauter selbständige Reihen darstellen, zwischen denen keinerlei Blutsverwandschaft besteht.“ In eingehenden Spezialuntersuchungen ist Reinke zu dem Ergebnis gelangt, daß die Flechten vielstämmigen, die Laminariazeen aber wahrscheinlich (trotz mancher Gegengründe) einstämmigen Ursprungs sind. Die Entwicklungslehre ist durch und durch spekulativ und erschöpft sich in der Erörterung von Möglichkeiten und Wahrscheinlichkeiten.

Reinke unterscheidet Haeckels biogenetisches Grundgesetz von der Darwinschen Idee, die zu ihm die Anregung gegeben hat, und von der Baerschen Regel. Die beiden letzteren läßt er gelten; das erstere nicht. Darwin sprach den Gedanken aus, das Embryo stelle ein mehr oder weniger verblichenes Bild dar von der gemeinsamen Stammform (in ihrer erwachsenen oder Larvenform) aller Glieder einer Tierklasse. Baer stellte die Regel auf, die Keimesentwicklung führe von den allgemeineren zu den spezielleren Gestaltungsverhältnissen eines organischen Typus hinüber (von der Ordnung durch die Gattung, Familie und Art zum Individuum). Diese Behauptungen sind richtig; die Haeckelsche Formulierung des biogenetischen Grundgesetzes dagegen geht zu

weit, hat schon den Tatsachen der Zoologie gegenüber einen schweren Stand und läßt sich in der Botanik gar nicht aufrecht erhalten. Die Botanik hat auch keinen Anlaß, sich mit Darwins geschlechtlicher Zuchtwahl zu beschäftigen, da das Pflanzenreich keine Erscheinungen bietet, auf die diese Hypothese anwendbar wäre.

Da Reinke eine direkte Bewirkung durch äußere Umstände, die nicht durch eine Reaktion der inneren Ursachen des Organismus vermittelt wäre, bestreitet, und ihm als Botaniker der Irrtum vieler Zoologen fern bleibt, als ob die zweckmäßige Reaktion durch bewußte Zwecktätigkeit zustande käme, so hat er den inneren treibenden Ursachen der artändernden Anpassung mehr Aufmerksamkeit zugewendet. Ohne zu verkennen, daß viele zweckmäßige Reaktionen das Ergebnis funktionierender Anpassungsmechanismen sind, hat er sich doch nicht der Anerkennung der Tatsachen entzogen, daß einerseits die passive Angepaßtheit der Struktur nicht überall ausreichen kann, um die Anpassungsfunktionen zu erklären, und daß andererseits die jeweilige passive Angepaßtheit der Struktur selbst nur das stammesgeschichtliche Ergebnis einer langen Reihe von aktiven Anpassungen sein kann, deren jede die vorhandene Struktur vervollkommnete. Er gelangt damit zu einer aktiven zweckmäßigen Anpassung, zu einer unbewußt zwecktätigen Funktion, d. h. zu einer vitalistischen Hypothese neben und hinter der Maschinentheorie der Organismen, und zieht damit die letzte Konsequenz des Neulamarckismus, welcher Weismann durch seine Selektion der Keimteilchen, Haacke durch die Annahme einer chemischen Einfachheit des Plasma vergeblich zu entgehen suchten.

22. Friedmann.

Die Abstammung oder Deszendenz umfaßt ihrem Begriff nach fünferlei: erstens die Abstammung des Gleichen vom Gleichen oder die spezifische Vererbung des gleichbleibenden Typus, zweitens die aufsteigende Entwicklung oder Rückbildung innerhalb einer Generationenfolge ohne Divergenz oder Konvergenz, drittens parallele Veränderungen in verschiedenen Stämmen im Laufe der Generationen, viertens divergente Veränderungen, sei es in verschiedenen Stämmen, sei es in den Verzweigungen desselben Stammes, fünftens konvergente Veränderungen in verschiedenen Stämmen oder

in verschiedenen, divergent gewordenen Zweigen desselben Stammes. Wer sich bemüht, die irdische Organisation womöglich aus einem einzigen Stamme abzuleiten, wird die Abstammungslehre wesentlich als „Divergenztheorie“ auffassen müssen; aber dieses Bemühen ist selbst für die verschiedenen Ordnungen des Tierreichs nachgerade als aussichtslos aufgegeben worden. Wenn man einen vielstämmigen Stammbaum der Organismen zugibt, so pflegt man doch innerhalb ganzer Ordnungen Einstämmigkeit vorauszusetzen, also auf Divergenz aus gemeinsamen Verfahren zurückzuschließen, weil man geneigt ist, systematische Verwandtschaft genealogisch vermittelt zu denken. Dieser Schluß kann aber voreilig sein, weil systematische Verwandtschaft auch durch parallele Entwicklung aus nicht verwandten, aber ähnlichen niederen Vorfahren und durch konvergente Entwicklung aus unähnlichen Vorfahren entsprungen sein kann.

Friedmann¹⁾ bemüht sich mit eindringender Sachkenntnis und scharfsinniger Kritik in der ersten Hälfte seines Buches zu zeigen, daß viele Übereinstimmungen, die als Beweismittel für gemeinsame Abstammung gelten, auch anders gedeutet werden können und nicht notwendig durch Divergenz der Typen aus gemeinsamen Vorfahren entsprungen zu sein brauchen. In der zweiten Hälfte legt er dann seine Ansichten über die Entstehung der Organismen dar, nämlich im siebenten Kapitel den Einfluß innerer mathematischer Formgesetze auf den Parallelismus der Entwicklung in verschiedenen Stämmen (unter der Bezeichnung „Homologie“), im achten die systematische Verähnlichung (Konvergenz) verschiedener Typen unter dem unmittelbaren oder mittelbaren (selektiven) Einfluß gleicher äußerer Umstände und Lebensbedingungen (unter dem Titel „Analogie“), und im neunten die Verähnlichung von Genossen derselben Lebenssphäre durch (unbewußte oder bewußte) psychische Einflüsse (unter dem Titel „direkte Konvergenz“). Indem er diese drei Gesichtspunkte unter den der „Konvergenz“ im weiteren Sinne des Wortes zusammenfaßt, stellt er seine Auffassung als „Konvergenztheorie“ der Deszendenztheorie gegenüber, die er im engeren Sinne als Divergenztheorie ver-

¹⁾ Die Konvergenz der Organismen. Eine empirisch begründete Theorie als Ersatz für die Abstammungslehre von Dr. Hermann Friedmann, Berlin, Gebr. Paetel, 1904. 242 Seiten.

steht. In Wahrheit kann jedoch Friedmanns „Homologie“, die Bestimmung der Entwicklung aus inneren mathematischen Formgesetzen, nicht wohl unter den Begriff der Konvergenz befaßt werden, da sie bei ungestörtem Walten nur zum Parallelismus der Entwicklung führen kann.

Die Konvergenzerscheinungen haben bereits die Aufmerksamkeit vieler Biologen erregt, aber es fehlt bis jetzt an einer zusammenfassenden Behandlung des zerstreuten Materials. Es ist jedenfalls verdienstlich, daß Friedmann auf die Notwendigkeit einer solchen nachdrücklich hingewiesen und selbst den ersten Versuch dazu unternommen hat. Eine andere Frage ist es, ob es ihm gelungen ist, die übliche Rangordnung zwischen Divergenz und Konvergenz umzukehren, d. h. die Divergenz als sekundäre Erscheinung zu erweisen, die sich erst auf der Grundlage der Konvergenz entwickelt. Diese Frage muß ich verneinen.

Wenn man davon ausgeht, daß die ersten Uroorganismen äußerst einfach gebaut waren, und daß die gleichzeitig unter gleichen Umständen entstandenen keine generellen, sondern nur individuelle Unterschiede zeigten, so kann man ihre Nachkommen praktisch als einstämmig behandeln, obwohl sie von verschiedenen, nicht miteinander verwandten Individuen gleicher Art entsprungen sind. Die Konvergenz findet an solchen für so lange, als nicht eine Divergenz vorhergegangen ist, gar keine Ansatzpunkte, weil selbst bei aufsteigender Entwicklung die Homologie für Parallismus sorgt. Noch mehr gilt dies bei Nachkommen, die wirklich von einem einzigen Individuum abstammen, weil bei diesen sogar die individuellen Unterschiede erst durch Divergenz entstehen müssen. Die Konvergenz könnte nur dann der Divergenz vorangehen, wenn die Uroorganismen, die ohne Vorfahren entstehen, als spezifisch verschieden vorausgesetzt werden, und dies ist wieder nur möglich, wenn sie nicht als allereinfachste, eben noch lebensfähige Elementarorganismen, sondern als mehr oder minder komplizierte Gebilde gedacht werden.

In der Tat sieht sich Friedmann zu dieser Annahme gedrängt, um die Konvergenz als den primären Vorgang behaupten zu können. Im zehnten Kapitel bekennt er sich zu dem Glauben an die Entstehung sogar der Säugetiereier durch Urzeugung. Dies wird ihm dadurch ermöglicht, daß er die Eizellen als homogene Gebilde betrachtet und ihre spezifische Entwicklungsanlage nicht

in einer materiellen Struktur, sondern in dynamischen Konstanten sucht, deren Beschaffenheit und Herkunft dunkel bleibt. Geht man einmal auf autochthon entstandene spezifische Eier oder Keimzellen zurück, so bleibt neben der konstanten spezifischen Abstammung ein ebenso unerheblicher Spielraum für die Konvergenz wie für die Divergenz. Auch die durch Friedmann übernommene Weismannsche Behauptung, daß individuell erworbene Eigenschaften sich nicht vererben, gräbt der Konvergenztheorie genau ebenso ihre Wurzeln ab wie der Divergenztheorie. Im elften Kapitel bekennt sich Friedmann zu einer teleologischen und dynamischen Naturauffassung, lehnt aber den Vitalismus ab.

23. Der Niedergang des Darwinismus.

In den 60er Jahren des 19. Jahrhunderts überwog noch der Widerstand der älteren Forschergenerationen gegen den Darwinismus; in den 70er Jahren hielt dieser seinen Siegeslauf durch alle Kulturländer; in den 80er Jahren stand er auf dem Gipfel seiner Laufbahn und übte eine fast unbegrenzte Herrschaft über die Fachkreise aus; in den 90er Jahren erhoben sich erst zaghaft und vereinzelt, dann immer lauter und in wachsendem Chore die Stimmen, die ihn bekämpften; im ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts scheint sein Niedergang unaufhaltsam. Wir haben schon Proben genug solcher Kritik bei Eimer, Wolff, de Vries, Haacke, Fleischmann, v. Wettstein, Reinke u. a. m. gesehen. Aus der reichen Literatur mögen hier zur Ergänzung noch einige Urteile angeführt werden.

„Für Einsichtige ist der Darwinismus lange tot; was zuletzt noch für ihn vorgebracht ward, ist nicht viel mehr als eine Leichenrede, ausgeführt nach dem Grundsatz „de mortuis nil nisi bene“ und mit dem inneren Zugeständnis der Unzulänglichkeit des Verteidigten.“ So äußert sich H. Driesch, der sich als Anhänger der Abstammungslehre bekennt, in seinem Aufsatz „Kritisches und Polemisches, II. Zur Mutationstheorie“ (im „Biolog. Zentralblatt“ 1902, Nr. 6). Er sieht in den sprunghaften Formumwandlungen, den Vries'schen Mutationen, die künftige Grundlage einer rationalen Abstammungslehre und verwirft die zufällige und allmähliche Entstehung spezifischer Formen durch langsame Steigerung sowie die Erklärung der Vererbungssicherheit und der Entstehung

von Regulationsmechanismen durch Zuchtwahl.¹⁾ Die Variabilität läßt sich weder beliebig steigern, noch auch fixieren. Sehr lange Zeiträume nützen dabei nichts; vielmehr ist das mittels Zuchtwahl erzielbare Maximum schon nach fünf Generationen erreicht und wird nur durch stete Andauer der Selektion vor Rückschlägen bewahrt. de Vries kritisiert er in bezug auf seine Annahme, daß die Mutationen „richtungslos“ seien, d. h. keine Anpassungsmerkmale und Zweckmäßigkeiten zeigten. Nicht nur die durch die Auslese ausgemerzten, sondern auch die bei ihr übrig bleibenden Formen, d. h. die zweckmäßigen, sind durch die Mutation geschaffen; nicht nur die physiologischen Anpassungsmerkmale, sondern auch die morphologischen Organisationsmerkmale sind zweckmäßige Schritte einer aufsteigenden Entwicklung. So bietet die Mutationslehre zwar einen Anfang, bedarf aber der weiteren Ausgestaltung. „Die Mutation schafft den Typus und die Organisationshöhe der Formen, die Adaption die funktionelle Ausprägung.“ Die Ausmerzung des Existenzunfähigen, „diese durchaus negative Selektion ist das einzige, was von dem Darwinschen Theoriegebäude übrig geblieben ist.“

O. Hamann kommt in seinem Werk „Entwicklungslehre und Darwinismus“ (Jena 1892) zu dem Resultat, daß die Art, wie Darwin und seine Nachfolger sich die Entwicklung der Organismen denken, zu den Ergebnissen der Paläontologie, Embryologie und Morphologie im Gegensatz steht. Es fehlen die zahllosen Zwischenformen, die für die allmähliche Umwandlung existiert haben müßten, und das biogenetische Grundgesetz ist im Sinne Baers als Entwicklung vom Allgemeinen zum Besonderen zu deuten. Man muß eine sprunghafte heterogene Zeugung annehmen, kurze Perioden rascher Umwandlung und lange Zeiträume des Stillstands. Die natürliche Zuchtwahl kann nichts ausrichten ohne die Hilfsprinzipien Darwins, die samt und sonders sich als teleologische, wenn auch unbewußt zielstrebig wirkende Prinzipien herausstellen. Aber selbst die Zuchtwahl übt ihre Auslese nur an demjenigen, was die Variation ihr darbietet, und das sind nicht planlos zufällige Abänderungen, sondern zielstrebige Anpassungen, die zurückweisen auf ein inneres Bildungsgesetz des

¹⁾ Driesch, Analytische Theorie der organischen Entwicklung, Leipzig 1894, S. 109, 137—138.

Organismus, das auf die äußeren Reize direkt mit Hervorbringung des Zweckmäßigen antwortet. Die Zuchtwahl ist jedenfalls ohne Einfluß auf morphologische Merkmale, deren Zweckmäßigkeit doch aus einem inneren Bildungsgesetz abgeleitet werden muß. Nimmt man aber ein solches für die morphologischen Merkmale an, so bleibt die Frage offen, wie weit seine Wirksamkeit auch auf die Anpassungsmerkmale übergreift. Insbesondere erfordern die Korrelationserscheinungen eine solche Zielstrebigkeit; denn Harmonie und Zweckmäßigkeit der Gebilde sind nur zwei Ausdrucksweisen desselben Prinzips. Das innere Bildungsgesetz ist ein Gesetz der harmonischen Vervollkommnung und der harmonischen Zweckmäßigkeit. Die Naturkräfte wirken nicht jede für sich blind und ohne Beziehung auf die andere, sondern harmonisch miteinander und nur so können sie aufbauend statt zerstörend wirken. So wirken sie notwendig aber in ihren Folgen zielstrebig; denn Zwecke oder Ziele schließen die absolute Notwendigkeit nicht aus.

Bütschli will in seiner Schrift „Mechanismus und Vitalismus“ (Leipzig 1901) um jeden Preis daran festhalten, daß die Entstehung des Zweckmäßigen auf mechanistischer Grundlage begreiflich sein muß. Da nun eine andere beachtenswerte Theorie dieser Art außer der Darwinschen bis jetzt nicht besteht, so hält er vorläufig an dieser als der relativ wahrscheinlichsten unter allen vorhandenen fest, um nur nicht dem Vitalismus zu verfallen. Es ist klar, daß der Wunsch, an einem liebgewordenen Vorurteil (der mechanistischen Weltanschauung) festzuhalten, und die Scheu vor dem Hinübergleiten in eine so lange als unwissenschaftlich verurteilte Denkweise (den Vitalismus) hier dazu veranlaßt, bei einer Theorie stehen zu bleiben, welche längere Zeit das Ansehen genoß, die Entstehung des Zweckmäßigen auf mechanistischem Wege leisten zu können, von der aber eingestanden werden muß, daß sie in Wirklichkeit das Verlangte eigentlich doch nicht leisten kann. Das erinnert beinahe schon an das Greifen des Ertrinkenden nach dem Strohalm, und in der Tat hat E. du Bois-Reymond das Gefühl des Naturforschers, der sich an den Darwinismus anklammert mit dem Gefühl eines sonst rettungslos Versinkenden verglichen, der sich an einer Planke anklammert. Sollte die vitalistische Richtung der Biologie, wie sie neuerdings in G. v. Bunge, G. Wolff, Driesch, J. und F. Reinke wieder hervorgetreten ist, sich

weiter ausbreiten oder gar zum Siege über die mechanistische Weltanschauung gelangen, so würde der für Bütschli bestimmende Grund wegfallen, am Darwinismus als einer unzulänglichen Verlegenheitsauskunft festzuhalten.

Übrigens ist diese Stellung Bütschlis nicht vereinzelt; wir sahen das gleiche schon bei Ziegler. Goette bestätigt in einem Aufsatz „Über den heutigen Stand des Darwinismus“ in der „Umschau“ 1898, Heft 5, daß manche Naturforscher die Selektionstheorie nur deshalb nicht ganz fallen lassen, weil sie eine erwünschte mechanische Erklärung der Zweckmäßigkeit darbietet, und daß sie die mit dem Darwinismus unverträgliche, bestimmt gerichtete Variation nur darum noch nicht anerkennen mögen, weil sie mit ihr auch ein Vervollkommungsprinzip und andere jenseits des naturwissenschaftlichen Erkennens liegende Ursachen mit in den Kauf nehmen müssen. Wir haben gesehen, wie die beiden Gegner Haacke und Weismann darin übereinstimmen, richtende und ordnende Kräfte im Organismus anzunehmen, deren Wirkung nicht nach physikalischen und chemischen Gesetzen allein verständlich ist, wie Haacke sich mit unseren Kenntnissen über das Plasma in bewußten Widerspruch setzt, um diese richtenden Kräfte aus der Polarität von Plasmakristallen abzuleiten und wie Weismann, diesen Fehler vermeidend, ihren völlig unbekanntem Charakter eingesteht. Man sieht, wie selbst die entschiedensten Anhänger der mechanistischen Weltanschauung in diese Weltanschauung Breschen legen, die der Neovitalismus zum Einzug benutzen kann. So sagt denn auch Goette in seiner Schrift „Über Vererbung und Anpassung“ (Straßburg 1898), daß Darwin zwar die Wahrheit der Abstammungslehre evident gemacht habe, daß aber die Darwinistischen Prinzipien nicht einwandfrei seien und in nicht langer Zeit anderen Auffassungen weichen dürften.

R. Hertwig erklärt sich in der 3. Auflage seines Lehrbuchs der Zoologie (1895) für die stammesgeschichtliche Entwicklung aus inneren Ursachen unabhängig von äußeren Ursachen und bis zu einem gewissen Grade auch vom Kampf ums Dasein. Claus bezeichnet in der 5. Auflage seines Lehrbuchs der Zoologie (1891) die Selektion samt ihrer Nützlichkeitslehre als ein Prinzip, das ganz unzulänglich ist, um mit ihm allein die Abstufungen der Organisation und die Richtung des großen Entwicklungsgesetzes zu verstehen.

Straßburger, der früher ein Anhänger Darwins war, ist ähnlich wie v. Sachs mit der Zeit zu entgegengesetzten Ansichten gelangt. Er behauptet jetzt (im Jahrb. f. wiss. Botanik 1902, S. 518 fg.), daß die Artbildung durch Mutation oder sprunghafte Abänderung im Sinne von de Vries, die Anpassung durch die „direkte“ Bewirkung äußerer Einflüsse im Sinne Nägelis entstehe, während die Selektion aus dem so Entstandenen nur das Minderwertige ausscheide. Nach J. Reinke dürfte diese Ansicht in den weitesten Kreisen der Botaniker Zustimmung finden. Auch Korschinsky vertritt in einem Aufsatz „Heterogonesis und Evolution“ (in der Naturwiss. Wochenschrift 1899, Nr. 24) die Meinung, daß neue Arten nicht nach der Darwinschen Annahme vermittels allmählicher Umwandlung durch Zuchtwahl, sondern nur durch Heterogonesis entstehen. G. Jäger, früher eifriger Darwinist, sieht in der Vererbung die Hauptschwierigkeit des Darwinismus: denn Bestand hat nur, was vererbt wird, und die Vererbung ist einer materialistisch-mechanistischen Lösung unfähig und bildet den rocher de bronze des Vitalismus („Die Kontinuität des Lebens“ im Prometheus, Jahrgang XIII, 1901—1902, Nr. 16).

C. Correns faßt den gegenwärtigen Stand der Frage am Schlusse einer Abhandlung¹⁾ folgendermaßen zusammen: „Die individuellen, durch die Galtonschen Kurven darstellbaren Varianten sind wahrscheinlich gar nicht erblich. Dagegen sind die Mutanten, die, soviel wir jetzt wissen, einzeln, oft als deutliche Sprünge auftreten, sofort erblich. Die Zuchtwahl, die künstliche sowohl wie die natürliche, hat, auf die individuellen Varianten angewandt, jedenfalls keinen bleibenden Erfolg, wahrscheinlich gar keinen. Auf die Mutationen angewandt, liest sie nur unter den schon vollkommen erblich fixierten Abänderungen die für die Existenz der Sippe nützlichen aus und kann so einen Teil der Anpassungen vermitteln. Die natürliche Zuchtwahl jätet nur, sie hat unzählige Formen beseitigt und so Lücken geschaffen, aber nichts Neues hervorgebracht. Wenn von Anfang des Lebens auf unserer Erde an sich alle Nachkommen jedes Individuums entwickelt hätten und zur Fortpflanzung gekommen wären, wenn

¹⁾ Experimentelle Untersuchungen über die Entstehung der Arten auf botanischem Gebiet“ in dem „Archiv für Rassen und Gesellschaftsbiologie“ 1904 Januarheft S. 51—52.

also der Kampf ums Dasein völlig ausgeschaltet worden wäre, so hätten die verschiedenen Pflanzenstämme doch dieselbe Organisationshöhe erreichen können, die wir jetzt finden. Die Mutationen erfolgen teils richtungslos, teils in bestimmter Richtung; auf den letzteren beruht im wesentlichen der Fortschritt in den großen Ästen des Stammbaums der Organismen. Daneben entstehen wahrscheinlich die Anpassungsmerkmale, direkt und indirekt, als Reaktionen auf den Reiz der Außenwelt. Die Bastardbildung ist nur ein untergeordneter komplizierender Faktor. Die Seltenheit jener Mutationen, die als auffällige Sprünge auftreten, lassen sie als ein für die Artbildung wenig“ (?) „brauchbares Material erscheinen, sie sind aber das einzige experimentell sichergestellte.“

Chr. Schroeder schreibt im *Biolog. Zentralblatt* 1905 Bd. 25 Nr. 2 S. 62: „Ich habe in zwölf Jahren etwa 25000 Insekten unter experimentell veränderten Außenfaktoren gezogen, um mich u. a. über die Färbungsverhältnisse und deren Gesetzmäßigkeiten zu unterrichten; ich sehe für die Selektion bei ihnen keine Stätte.“

J. G. Vogt sagt (in der „*Polit. anthropolog. Revue*“ 1902, Heft 3), daß das organische Geschehen selbst wohl für alle Zeiten ein unlösbares Problem bleiben wird, daß die Frage nach den treibenden Ursachen der Entwicklung durch den Darwinismus in keiner Weise beantwortet wird, und daß der Kampf ums Dasein für den Fortschritt vom Niederen zum Höheren absolut nichts beweist oder erklärt. Ebenso wendet er sich aber auch gegen alle diejenigen, welche die treibenden Ursachen der Entwicklung in äußeren Einflüssen der Umgebung suchen, und glaubt seinerseits, daß höchstens gewisse Entwicklungsherde die ungestörte Entfaltung der inneren Entwicklungsfaktoren begünstigen können. Die Zeitschriften, die sonst nur Aufsätze zugunsten des Darwinismus aufzunehmen pflegten, räumen seiner Kritik immer mehr Platz ein und tragen dadurch die Skepsis der Naturforscher allmählich in die weiteren Kreise des Publikums, das naturgemäß mit seinen Ansichten hinter den Fachkreisen stets um mindestens eine Poststation zurückbleibt. So brachten z. B. die preußischen Jahrbücher 1897, Nr. 1 eine gut zusammenfassende Kritik von Camillo Schneider, und selbst sozialdemokratische Zeitschriften öffnen sich den antidarwinischen Aufsätzen von Curt Grottewitz. E. Dennert hat seine Journalaufsätze in eine Broschüre zusammen-

gefaßt, die den Titel trägt: „Vom Sterbelager des Darwinismus“ und den Ansichten seines Meisters Wigand eine verspätete Anerkennung zu verschaffen sucht. Er macht unter anderem darauf aufmerksam, daß die angenommene Zahl selbständiger, scharf gesonderter Typen im Tierreich immer größer wird. Cuvier zählte davon erst 4, Darwin etwa 6, R. Hertwig 7, Boas 9, Fleischmann 16, Kennel 17.

Unter solchen Umständen ist es kein Wunder, daß selbst in die Kreise der Darwinisten eine gewisse Zaghaftigkeit eingedrungen ist und ein gewisser Skeptizismus Platz greift. So gesteht z. B. F. v. Wagner (in der „Umschau“ 1900, Heft 2) die gegenwärtige Krise des Darwinismus ein, und sucht sie daraus zu erklären, daß die vor 40 Jahren gehegten Hoffnungen, man werde bald strenge Tatsachenbeweise für die Darwinschen Theorien finden, sich durchaus nicht erfüllt haben.

Ziehen wir aus diesen Betrachtungen das Fazit, so können wir sagen: die Abstammungslehre ist gesichert, der Darwinismus ist gerichtet. Die Selektion kann überhaupt nichts Positives leisten, sondern nur negative, ausschaltende Wirkungen entfalten. Die Entstehung neuer Arten durch minimale Abänderungen ist möglich, aber nicht erwiesen und, seit man den undulatorischen Charakter der minimalen Abänderungen kennt, weniger wahrscheinlich geworden; die sprunghafte Abänderung ist jetzt in den Vordergrund getreten. Die Zufälligkeit weicht einer bestimmt gerichteten, planmäßigen Entwicklungstendenz aus inneren Ursachen und diese bekundet sich ebensowohl in den kleinsten wie in den sprunghaften Abänderungen. Der Anspruch des Darwinismus, zweckmäßige Resultate aus rein mechanischen Ursachen erklären zu können, ist ganz unhaltbar. Es ist unrichtig, mit Weismann von einer „Allmacht der Naturzüchtung“ zu reden; aber es ist ebenso unrichtig, sie mit Spencer zur völligen Ohnmacht zu verurteilen. Denn ihre vernichtenden Wirkungen fallen doch sehr ins Gewicht und betreffen alle minder angepaßten Formen, gleichviel, ob diese durch Häufung kleinster Abänderungen, durch sprunghafte Abänderung oder durch Kreuzung entstanden sind. Sie behält als negatives Hilfsmittel der Natur ihre Bedeutung für die Erhaltung des Anpassungsgleichgewichts der Teile des Organismus zueinander und des Organismus zu seiner Umgebung, die Bedeutung der Sperrklinke und der Koppelung.

II. Mechanismus und Vitalismus in der modernen Biologie.

1. Johannes Müller und J. von Liebig.

Der Vitalismus der älteren Naturphilosophen und Biologen stützte sich auf Reminiszenzen an Platons Ideenlehre, die Aristotelische Entelechie, die Plotinische Weltseele und das *ἔνορμον* des Hippokrates und entfaltete sich in den Lebensgeistern des Paracelsus, dem Archeus influus van Helmonts, dem impetum faciens Boerhaves, der anima inscia Georg Ernst Stahls, der Lebenskraft Hallers, dem Bildungstriebe Blumenbachs, dem Principe vital von Bachez. Er fand seine namhaftesten naturwissenschaftlichen Vertreter in John Hunter, Alexander von Humboldt (wenigstens in seinen jüngeren Jahren), Bichat, Magendie, Berzelius, Volkmann, Valentin, Rudolf Wagner, Wöhler. Er gipfelte in Johannes Müller, der seinerseits wieder an Überlieferungen der naturphilosophischen Schule Schellings anknüpfte. Schelling hatte im Kampfe gegen die theistische Annahme einer absichtlichen Zwecksetzung durch einen bewußten Schöpfer die Formel gefunden: zweckmäßige Tätigkeit, aber bewußtlos zweckmäßige, und hatte diese bewußtlos zweckmäßige Tätigkeit auf die überindividuelle Vernunft einer der Natur einwohnenden Weltseele bezogen. Die unorganischen Gesetze und Kräfte werden im Organismus nicht gestört oder umgewandelt, sondern nur ihre Wirkungen werden modifiziert, indem andere höhere Kräfte mit ins Spiel traten, die die Erfolge beeinflussen¹⁾.

Auch Müller spricht in seinem in vielen Auflagen verbreiteten Handbuch der Physiologie von „einer bewußtlos wirkenden zweck-

¹⁾ Vergl. meine Schrift „Schellings philosophisches System“, Leipzig 1897 S. 158—159, 163.

mäßigen Tätigkeit“, die auch im Instinkt wirkt. Es ist dies „das Lebensprinzip“ oder „die organische Kraft“, die er manchmal auch Lebenskraft nennt. Das Lebensprinzip ist etwas zu den Eigenschaften der Stoffe Hinzukommendes, das „der chemischen Verwandtschaft nicht allein das Gleichgewicht hält, sondern auch nach den Gesetzen eigener Wirksamkeit organische Kombinationen verursacht“. Es ist nicht ein Ergebnis aus der Harmonie der Organe, sondern die Teile und ihre Harmonie haben vielmehr ihren Grund in der Ursache des Ganzen, die früher als die Teile besteht und durch das Ganze hindurchwirkt. Diese Kraft der Organisation äußert sich zweckmäßig, aber nach blinder (bewußtloser) Notwendigkeit, nach vernünftigem und strengem Gesetz; sie wirkt nach einer dem Organismus zugrunde liegenden immanenten Idee, aber mit Notwendigkeit und ohne Absicht, und ihre Tätigkeit darf nicht mit Begriffsbildern verglichen werden. Ihre Akte sind abhängig von den Reizen, die vom Organismus auf sie ausgehen. Das Organisierte wird in dem Maße der organischen Kraft teilhaftig, als es organisiert wird; denn sie ist von der bereits vorhandenen organischen Natur zwar nicht in ihrem letzten Grunde, wohl aber in ihrer Äußerung abhängig. Beim Wachstum und der Fortpflanzung wird sie aus unbekanntem Quellen vermehrt; beim Tode zieht sie sich eben dahin zurück, woher sie gekommen war. Sie kann mit der organischen Struktur der Pflanze oder des Tieres geteilt werden gleich der empfindenden und vorstellenden Seele. Sie ist also nicht in einem ein für allemal bestimmten Maße mit dem Individuum verknüpft, sondern fließt aus einer supraindividuellen Quelle. Müller hat diesen Punkt nicht näher erörtert; man darf aber annehmen, daß er bei seiner sonstigen Hinneigung zu einem Pantheismus nach Art des Giordano Bruno auch das supraindividuelle Lebensprinzip pantheistisch verstanden habe.

Erwägt man, daß Müller die Begriffe des Protoplasma und der Energie, das Gesetz der Erhaltung der Energie und das der Unmöglichkeit des perpetuum mobile noch nicht kannte, und daß die Physik seiner Zeit noch fern von der heutigen energetischen und dynamischen Auffassung der Imponderabilien war, so darf man sich nicht wundern, daß er es für möglich hielt, daß die organische Kraft eine allerdings von den Imponderabilien der unorganischen Natur verschiedene, „imponderable Materie“ sei. Seit wir aufgehört haben, das Licht und die Wärme als unwäg-

bare Stoffe zu betrachten, muß ein solcher Gedanke gegen die Analogie verstoßen. Müller würde heute nur noch an eine immaterielle Kraft denken können. Aber gerade daran scheiterte sein Vitalismus, daß er das Lebensprinzip doch noch als eine feine unwägbar Materie vorstellte; denn wenn es ein solches war, mußte es auch Gegenstand der Naturwissenschaften sein, die sich mit der Materie beschäftigen, und diese mußten einen solchen Stoff leugnen, so lange sie von ihm nichts entdecken konnten.

So lange die Naturforscher das Lebensprinzip als die Kraft eines bestimmten Stoffes suchten, dachten sie doch immer wieder an die organischen Verbindungen als seinen materiellen Träger, die man damals für noch nicht künstlich darstellbar hielt. Als der Vitalist Woehler den Harnstoff synthetisch dargestellt hatte und damit die künstliche Herstellbarkeit der organischen Verbindungen anerkannt wurde, da gab man jedem Gedanken an einen stofflichen Träger der organisierenden Kräfte, und damit diesen überhaupt den Abschied. Der Vitalismus wurde als unwissenschaftlich verpönt, weil man nur an ein materielles Lebensprinzip dachte, und dieses in der Tat nicht existierte. Daß der materialistische Anstrich des Lebensprinzips bei Müller bloß noch ein stehengebliebenes inkonsequentes Überlebsel aus der Paracelsischen Naturphilosophie war, aber in seine Schellingsche Denkweise gar nicht mehr paßte, blieb dabei außer acht. Müllers Vitalismus wurde ungenau aufgefaßt und wiedergegeben¹⁾, so lange die mechanistische Weltanschauung die unumschränkte Herrschaft behauptete. Erst neuerdings ist seine Lehre von Reinke und Bütschli wieder richtig dargestellt worden.²⁾ Versteht man sein Lebensprinzip als eine immaterielle Kraft, die als nicht energetische außerhalb des Bereichs der exakten Naturwissenschaft liegt, so stimmt sein Vitalismus vollständig mit dem überein, was man jetzt Neovitalismus zu nennen pflegt. Der biologische Neovitalismus ist nur die Erneuerung des Müllerschen Vitalismus mit Ab-

¹⁾ So z. B. E. du Bois Reymond in seiner 1858 gehaltenen Gedächtnisrede (Reden, zweite Folge, Leipzig 1887, S. 217—222) und in seiner Festrede von 1894 (Sitzungsberichte der Berliner Akademie 1894, Bd. 2, S. 626—627).

²⁾ J. Reinke, Einleitung in die theoretische Biologie, Berlin 1901, S. 631—637; O. Bütschli, Mechanismus und Vitalismus, Leipzig 1901, S. 55—56.

streifung dessen, was schon damals eine begriffliche Inkonsequenz an ihm war, und was durch die inzwischen erfolgten Fortschritte der Naturwissenschaften sich als unmögliche Entstellung eines an sich richtigen Gedankens herausgestellt hat.

Wohl der letzte Vertreter der Lebenskraft im älteren Sinne ist Justus von Liebig. In seinen chemischen Briefen verwirft er die einseitige naturphilosophische (?) Vorstellung, als ob die Lebenskraft alles mache, ebenso wie die einseitige materialistische Ansicht, als ob die unorganischen Kräfte allein ausreichten, den Organismus hervorzubringen. „Die Wahrheit liegt in der Mitte, die sich über die Einseitigkeiten erhebt und ein formbildendes Prinzip in und mit den chemischen und physikalischen Kräften für das organische Leben anerkennt.“ Die Sätze von der Unvermehrbarkeit der Masse und der Energie mußten ganz von selbst solche Irrtümer ausschalten, als ob irgend eine Kraft, sei es die Lebenskraft oder eine andere, irgend welche Stoffe oder Energien neu hervorbringen könne. Die Aufgabe der Lebenskraft konnte fortan nur noch in der Umlagerung der Massenteilchen und der Leitung und Umwandlung der Energiearten gesucht werden.

2. Emil du Bois-Reymond.

Im März 1848 veröffentlichte du Bois-Reymond seine „Untersuchungen über tierische Elektrizität“ und in dem Vorwort dazu einen Angriff gegen die Lebenskraft¹⁾ von, wie er selbst sagt, „rücksichtsloser Kühnheit und Aufsehen erregender Heftigkeit“, auf den sich die späteren Urteile der Naturforscher zu stützen pflegten, wenn sie die Lebenskraft als einen völlig überwundenen und veralteten Begriff behandelten. Du Bois verglich seine Leistung mit der Gottschedschen Austreibung des Hanswurst von der Schaubühne. Er bestreitet jeden prinzipiellen Unterschied der organischen von der unorganischen Natur und läßt nur den gelten, daß in ersterer ein labiles, in letzterer ein stabiles Gleichgewicht herrscht. In beiden herrschen dieselben Gesetze, in beiden wirken dieselben Kräfte, und zwar nur solche, deren letzte Komponenten einfach anziehende oder abstoßende Zentralkräfte sind. Andere Kräfte gibt es überhaupt nicht, und es gibt keine anderen Veränderungen in der Körperwelt als ihre Bewegungen, mit deren

¹⁾ Wieder abgedruckt in den „Reden“, Leipzig 1886, Bd. 1, S. 1—28.

Zergliederung in geradlinige Komponenten die analytische Mechanik den Weltprozeß erschöpfen würde, wenn ihre Schwierigkeit nicht unser Vermögen überstiege. Im Grunde gibt es weder Kräfte noch Materie. Kraft ist das Maß, nicht die Ursache der Bewegung; sie für die Ursache zu halten, ist eine Ausgeburt unseres Hanges zur Personifikation.

„Es gibt keine Lebenskraft in ihrem Sinne, weil die ihr zugeschriebenen Wirkungen zu zerlegen sind in solche, welche von Zentralkräften der Stoffteilchen ausgehen.“ Dies folgt aus der Voraussetzung, daß es andere als in ihrer geraden Verbindungslinie wirkende Zentralkräfte auch in der organischen Natur nicht gibt. „Es gibt keine solche“ (Lebens-)„Kraft, weil Kräfte nicht selbständig bestehen, nicht der Materie willkürlich zuerteilt und dann wieder von ihr abgelöst werden können.“ Dies folgt wiederum aus der Voraussetzung, daß es nur Zentralkräfte gibt, die die Erscheinung der Materie hervorbringen, so daß Materie und Kraft nur zwei aus verschiedenen Standpunkten aufgenommene Abstraktionen, aber nicht voneinander trennbare Wesenheiten sind. Es gibt ferner keine Lebenskraft im Sinne einer selbständigen Entität, weil es überhaupt keine Kräfte in diesem Sinne gibt. Gäbe es eine besondere Lebenskraft, so widerspräche sie dadurch dem Gesetz der Erhaltung der Kraft, daß sie bei der Fortpflanzung vermehrt und beim Tode vernichtet wird. Dies folgt wiederum aus der Voraussetzung, daß es keine andere als Zentralkräfte gibt, die als solche selbstverständlich der Energiekonstanz unterstehen. Gäbe es eine Lebenskraft, so wäre sie nicht eine Kraft, sondern ein Komplex unzähliger Kräfte, die von unzähligen Stoffteilchen ausgingen und auf unzählige Stoffteilchen wirkten. Dies folgt daraus, daß du Bois als Kräfte nur Kraftäußerungen von Zentralkräften gelten läßt, die die Erscheinung der Materie hervorrufen, also an Materie gebunden scheinen.

Es zeigt sich somit, daß du Bois' Widerlegung der Lebenskraft ganz auf der Voraussetzung beruht, daß es nur Zentralkräfte gibt, die in ihrer geraden Verbindungslinie wirken. Gibt man diese Voraussetzung zu, so ist die Lebenskraft in der Tat ausgetrieben. Vielleicht wäre aber daraus nur die Folgerung zu ziehen, daß, wenn eine Lebenskraft-Hypothese möglich bleiben soll, sie als nicht zentrale Kraft gedacht werden muß. Es könnte dann zwar sein Bewenden dabei haben, daß es in der unorganischen Natur

keine andere als Zentralkräfte gibt; es müßte aber die Möglichkeit offen gehalten werden, daß es in der organischen Natur noch andere als Zentralkräfte gibt, nämlich eben die Lebenskraft. Unterscheidet man ferner zwischen Kraftäußerung und Kraft, so läßt sich bei einer nicht zentralen Kraft ebenso wie bei einer zentralen eine gleichzeitige Vielheit von Kraftäußerungen mit der Einheit der Kraft selbst vereinigen. Die Lebenskraft könnte dann, als nicht zentrale, für die ganze Welt eine einzige sein trotz der Vielheit ihrer Äußerungen, während die Zentralkräfte so viele sein müssen wie die Punkte, von denen aus sie wirken. Wie jede Zentralkraft nur dahin eine Kraftäußerung entsendet, wo ein Gegenstand für ihr Wirken vorhanden ist, geradeso würde es auch die eine Lebenskraft machen. Wo ein ihr Wirken herausfordernder Gegenstand entsteht oder vergeht, da würde auch eine ihrer Kraftäußerungen auftreten oder verschwinden, ohne daß darum der Kraft mehr oder weniger würde.

Es handelt sich also alles darum, ob andere Kräfte als Zentralkräfte unmöglich sind. Diese Grundvoraussetzung irgendwie zu begründen, hat du Bois keinen Versuch gemacht, und deshalb ist seine ganze Kritik der Lebenskraft eine *petitio principii* geblieben. Wenn er von ihr sagt, daß sie keine Gesetze kenne, sondern nach Gefallen binde und löse, so trägt er selbst einen indeterministischen Freiheitsbegriff aus dem bewußten persönlichen Menschengestalt in den Begriff der Lebenskraft hinein, zeichnet also eine anthropomorphe Karikatur von ihr. Seine Hoffnung, durch seine Untersuchungen über tierische Elektrizität die Lebenskraft abermals aus einer ihrer Verschanzungen, und zwar aus einer der hartnäckigsten, vertrieben zu haben, ist inzwischen als Irrtum erkannt worden, da diese Untersuchungen, so interessant sie waren, doch gar nichts zum Verständnis der Muskelbewegung und Innervation beigetragen haben.

Ohne Zweifel ist Kraft, wenn man darunter Kraftäußerung versteht, gleichbedeutend mit Wirkung in einer mathematischen Formulierung, die das Maß der Wirkung bezeichnet. Aber das Verbot, zu der Kraftäußerung eine Kraft als ihre Ursache hinzuzudenken, bedarf doch wohl einer anderen Begründung als des Vorwurfs des Anthropomorphismus. Wer mit du Bois der Ansicht ist, daß Materie und Kraft im Gebiete des Unbegreiflichen liegen, der hätte doppelten Grund, negativ dogmatische Behaup-

tungen und Verbote in diesem Gebiete sorgfältig zu rechtfertigen, und wenn er das nicht vermag, sich solche zu versagen. —

Im Jahre 1872 in seinem Vortrag „Über die Grenzen des Naturerkennens“ (Reden Bd. I, S. 105—140) betont du Bois den transzendenten Charakter der Unbegreiflichkeit der Materie einerseits und des Bewußtseins andererseits noch stärker und schließt mit der Wendung zum Agnostizismus für alle Zeit („Ignorabimus“). „Nie werden wir besser als heute wissen, was, wie Paul Erman zu sagen pflegte, hier, wo Materie ist, im Raume spukt.“ — Im Jahre 1876 sucht er in seiner Rede „Darwin versus Galvani“ (Reden I 211—239) nachzuholen, was er in seiner ersten Kritik der Lebenskraft versäumt hatte, die Widerlegung der teleologischen Naturbetrachtung, auf die der Vitalismus sich stützt. Dazu dient ihm das Bekenntnis zum Darwinismus, durch den nach seiner Meinung die teleologische Weltanschauung, der Glaube, daß die Natur nur darum so oft Pasch werfe, weil sie mit falschen Würfeln spiele, völlig entwurzelt ist. Auch hier hält er an seiner Grundvoraussetzung fest, welche die physiko-chemische Denkweise jener Zeit in die hellste Beleuchtung rückt: „Es gibt für uns kein anderes Erkennen als das mechanische, ein wie kümmerliches Surrogat für wahres Erkennen es auch sei, und demgemäß nur eine wahrhaft wissenschaftliche Denkform, die physikalisch-mathematische“ (S. 232). Er schließt hier mit der Aufforderung „Laboremus“, wobei allerdings die Frage auftauchen muß, ob die Arbeit der Mühe wert sei, wenn sie doch günstigsten Falles nur ein so kümmerliches Surrogat für wahres Erkennen liefern kann.

Die Dürftigkeit des Gebietes, das durch die Mechanik ausgemessen werden kann, wird noch deutlicher in seinem Vortrag „Die sieben Welträtsel“ vom Jahre 1880 (Reden I 381—417). Er versteht darunter: 1. das Wesen der Materie und Kraft, 2. den Ursprung der Bewegung im Weltall, 3. die erste Entstehung des Lebens, 4. die zweckmäßige Einrichtung der Natur, 5. das Entstehen der einfachsten Sinnesempfindung, 6. den Ursprung des vernünftigen Denkens, 7. die Willensfreiheit. Transzendent nennt er diejenigen Schwierigkeiten, die ihm unüberwindlich scheinen, auch wenn die in der aufsteigenden Entwicklung ihnen vorausgehenden gelöst gedacht werden. Als transzendent bezeichnet er das Wesen von Materie und Kraft, den Ursprung der Bewegung, Sinnesempfindung, Vernunft und Willensfreiheit, als nicht tran-

szendent die Entstehung des Lebens und der Zweckmäßigkeit. Er nimmt an, entweder, daß Gott die Materie so geschaffen habe, oder daß sie von Ewigkeit her so beschaffen gewesen sei, um Organismen hervorzubringen, und daß Darwin das Problem der Naturzwecke gelöst habe. Lassen wir die drei letzten, auf psychischem Gebiete liegenden Probleme beiseite, so haben sich ihm die Unbegreiflichkeiten auf seiten der körperlichen Natur immerhin um eine vermehrt, nämlich die Entstehung der Bewegung. Es ist dies gerade das früher von ihm unbeachtet gebliebene Problem, das von jeher den denkenden Menschen gezwungen hat, Kräfte als Bewegungsursachen anzunehmen, um seinem Kausalitätsbedürfnis Genüge zu tun.

Eine Erkenntnisweise, die in solchem Maße auf fünf unüberschreitbare Grenzen stößt und zuletzt beim Skeptizismus, einem erneuerten Pyrrhonismus, mündet (Dubitemus), sollte doch mit negativen dogmatischen Behauptungen ebenso vorsichtig sein wie mit positiven. Woher schöpft sie die Zuversicht, daß die Mechanik der Atome ausreicht, um zwei der sieben Welträtsel zu lösen, wenn sie an fünf anderen eingestandenermaßen scheitert? Und woraus schöpft sie die Gewißheit, daß es keine andere Erkenntnisweise für den Menschen außer ihr gibt, daß ihre Grenzen die Grenzen der Wissenschaft überhaupt sind? Die Unbegreiflichkeit der Empfindung aus mechanischen Gründen hält du Bois fest, trotzdem er die Möglichkeit ihrer Erzeugung durch mechanische Vorgänge annimmt. Man sollte im Gegenteil glauben, daß nur die Überzeugung von der Unmöglichkeit der Erzeugung der Empfindung durch mechanische Vorgänge dazu berechtigen könnte, ihre Unbegreiflichkeit aus mechanischen Ursachen zu behaupten. Jedenfalls sind diese späteren Vorträge nicht dazu angetan, du Bois erste Kritik der Lebenskraft zu verstärken, wohl aber dazu, die geforderte Skepsis auch auf die Voraussetzungen auszudehnen, aus denen die Unmöglichkeit der Lebenskraft gefolgert worden war.

In der Tat hat du Bois sich gegen Ende seines Lebens dem nicht ganz entziehen können. Seine „Festrede“ vom 28. Juni 1894, in der er dem neu auftretenden Vitalismus eines Bunge und Driesch entgegentritt¹⁾, klingt geradezu kleinlaut im Vergleich zu dem

¹⁾ Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften 1894, 2. Halbband, Stück 32, S. 623—641.

Tone übermächtiger Siegesgewißheit in seinem Vorwort von 1848. Was er in seiner Jugend mit dogmatischer Sicherheit als unumstößliche wissenschaftliche Errungenschaft verkündet, das hält er im Alter zwar noch fest, aber nur, weil ihm die anderen erkennbaren Möglichkeit noch weniger gefallen als diese. Neue Argumente bringt er nicht vor. Er wiederholt, daß Kraft nur ein mathematischer Begriff, die zweite Ableitung des Weges nach der Zeit, sei, unterscheidet also auch jetzt noch nicht zwischen Beschleunigung, Kraftäußerung und Kraft. Gegenüber einer Rektoratsrede von Rindfleisch vom 2. Januar 1888, die bewußte Zurückhaltung von den unerforschlichen Tatsachen des Lebens verlangt, verweist er auf den Helmholtzschen Grundsatz, daß wir uns die Natur begreiflich vorstellen müssen, da es sonst keinen Sinn hätte, sie erforschen zu wollen, verwechselt aber dabei stillschweigend mechanische Erklärbarkeit mit Begreiflichkeit.

Er erkennt an, daß es ziemlich gleichgültig sei, ob man die Lebenskraft bloß auf den Gesamtorganismus, oder auf die einzelnen Zellen, oder auch auf deren hypothetische Lebenseinheiten (Mizellen, Plasome, Granula), oder auf alle im Organismus ineinandergeschachtelten Individualitätsstufen zugleich bezieht, daß also die Änderungen, die durch die Zellenlehre eingetreten sind, für den Vitalismus nichts ausmachen. Er gibt zu, daß für die Verteidigung der mechanischen Weltanschauung eine ernste Schwierigkeit darin liege, daß der Rausch des Darwinismus verfliegen ist, und wir nach wie vor der Zweckmäßigkeit und ersten Entstehung der Organismen als unüberwundenen Rätseln gegenüberstehen. Aber er beruhigt sich dabei, daß es einer schöpferischen Allmacht würdiger war, die Materie mit den zur Entwicklung der Organismen erforderlichen Kräften und Gesetzen ein für allemal zu erschaffen, als bei verschiedenen Gelegenheiten eingreifend nachzuhelfen, d. h. daß der deistische Standpunkt seinem Geschmack mehr zusagt als der theistische oder pantheistische. Noch mehr freilich sagt es seinem Geschmack zu, einen Schritt weiter zum nackten Materialismus fortzugehen, d. h. die Materie samt ihren zur Entstehung der Organismen ausreichenden Kräften und Gesetzen als ungeschaffen und ewig zu betrachten.

Von Driesch kennt du Bois nur die erste Schrift, in der Driesch bloß eine statische Teleologie vertritt, aber noch nicht zu seiner späteren dynamischen Teleologie vorgedrungen ist. Gegen

Bunge, der das Rätsel des Lebens in der Aktivität sucht, bemerkt er, daß diese Aktivität nichts sei als ein durch den Chemismus unterhaltener Stoffwechsel, durch den potentielle in kinetische Energie verwandelt wird. Er übersieht dabei, daß die Aktivität des Lebens vielmehr eine Reaktivität auf Reize ist, die sich gerade in der zweckmäßigen Änderung der jeweiligen Maschinenbedingungen bekundet, durch welche der Energieumsatz im Dienste des Lebens quantitativ und qualitativ geleitet wird.

Bunge und Driesch nehmen an, daß in der Zelle andere Kräfte tätig seien als die, welche die Atome der Zelle außerhalb der Zelle entfaltet haben würden. Du Bois versteht dies dahin, als ob der Neovitalismus behauptete, die Atome selbst entfalteteten in der Zelle andere Kräfte als außerhalb ihrer. „Haben die Atome keine anderen Kräfte entfaltet, so sind eben alle Vorgänge in der Zelle physisch-chemischer Art wie in einem Reagierglase. Mit diesem einfachen Schluß ist der Neovitalismus gerichtet.“ Er übersieht dabei, daß der Neovitalismus gar nicht daran denkt, die Atome in der Zelle und außerhalb ihrer verschieden wirkend zu denken, und er übersieht dies, weil er nach wie vor die Möglichkeit von anderen Kräften als Zentralkräften gar nicht in Betracht zieht. „Die Atome sind nicht wie ein Fuhrwerk, davor die Kräfte als Pferde nun vorgespannt, dann davon abgeschirrt werden können; ihre Eigenschaften sind von Ewigkeit, unveräußerlich, unübertragbar.“ Eben das setzt der Neovitalismus auch voraus und sucht deshalb die Aktivität des Lebens gerade nicht in den Atomen, nicht in energetischen Zentralkräften, sondern in hinzukommenden nicht energetischen Einflüssen, durch welche nur die näheren Bedingungen des Energieumsatzes zweckmäßig verändert werden. Die letzte du Boissche Kundgebung fördert also das Problem nicht, sondern legt nur ein Bekenntnis ab, daß er bei seiner Ansicht bleibt, obwohl ihre Stützen geschwunden sind.

3. Lotze.

Ein Philosoph, der von den Naturforschern als Fachgenosse anerkannt wird, ist Lotze. Er bekämpft den Vitalismus sowohl als naturalistischen wie als psychologischen; d. h. er verwirft die Lebenskraft sowohl im Sinne einer Naturkraft als auch im Sinne unbewußter Einflüsse der Seele auf den Leib. Ferner vertritt er mit Nachdruck die Ansicht, daß die exakte Naturwissenschaft es

nur mit mechanischen Erklärungen der Lebensvorgänge zu tun habe. Bei diesen mechanischen Erklärungen unterscheidet er die Kräfte erster Hand von denen zweiter Hand; unter den ersteren versteht er die unmittelbaren Anziehungen und Abstoßungen der Elemente, unter den letzteren das, was die heutige Physik als die Maschinenbedingungen bezeichnet, durch welche der Energiestrom geleitet, verteilt und umgewandelt wird, nämlich die in der Struktur zur Ruhe gekommenen Produkte der Kräfte erster Hand, Starrheit und Undurchdringlichkeit (Mikrokosmos Bd. I S. 81). Beide Arten von Kräften sind mechanisch und materiell und gehören demnach unter die naturwissenschaftliche Betrachtungsweise. Die Zweckmäßigkeit des organischen Geschehens erklärt sich durch die Zweckmäßigkeit der Anordnung der Teilchen im Keime, diese wieder durch die Zweckmäßigkeit des organischen Geschehens in den Eltern und so fort. Diese präformistische Auffassung schiebt also das Zweckmäßigkeitsproblem immer weiter rückwärts und gelangt dadurch einerseits zu einer Einschachtelungstheorie, andererseits zu einer prästabilierten Harmonie für den Parallelismus aller dieser stammesgeschichtlichen Evolutionsreihen.

Als ein solcher Mechanist, der nur statische Teleologie in der planvollen Anordnung der Teile gelten läßt, stellt Lotze sich in seinen früheren Schriften dar. Die Naturforscher kennen ihn gewöhnlich nur aus seinem Artikel „Leben, Lebenskraft“ in Wagners Handwörterbuch der Physiologie Bd. I. Hier kommt aber ebenso wie in den beiden ersten Bänden des Mikrokosmos der Metaphysiker Lotze gar nicht zu Worte, wenn er auch gelegentlich von einem bildenden Triebe, Bildungsgesetzen, plastischer Kraft redet. Es ist deshalb kein Wunder, daß die Naturforscher ihn für einen Bundesgenossen der mechanistischen Weltanschauung halten.

Der metaphysische Standpunkt Lotzes erschöpft sich aber nicht in den Kräften erster und zweiter Hand, den Atomen und „der nachwirkenden Zweckmäßigkeit der ersten Anordnung“; zu dem Mechanismus der Natur kommen Ergänzungen hinzu, die ihn zu einer höheren Naturordnung erweitern. In ihnen durchbricht Gott den beständig von ihm unterhaltenen Mechanismus der Atomkräfte und dessen Schranken durch Eingriffe, die, sofern sie die Naturordnung nach höheren Naturgesetzen vollenden, noch nicht Wunder heißen können. Außerdem durchbricht er aber die ganze, niedere und höhere Naturordnung durch gesetzlose Eingriffe, die Lotze

nötig erscheinen, um die menschliche Willensfreiheit zu retten. Jedes scheinbare Wirken zweier Dinge aufeinander ist in Wahrheit ein Wirken Gottes; diesen Satz deutet Lotze so, daß auch das bewußte Wirken der Seele auf den Leib nur ein Wirken Gottes ist, wie im Occasionalismus des Malebranche. Nur wegen dieses Occasionalismus scheint ihm ein unbewußtes Wirken der Seele auf den Leib, wie J. H. Fichte es vertritt, überflüssig. Da Gott diese Eingriffe doch so wie so mit seinem bewußten Willen als Mittler vollstrecken muß, so braucht die Individualpsyche sie nicht daneben noch unbewußt anzustreben. Er lehnt also in den Streit-schriften gegen Fichte dessen psychologischen Vitalismus nur deshalb ab, weil ein solcher ihm neben und unter seinem theosophischen Vitalismus überflüssig zu sein scheint.¹⁾ Wenn die Naturforscher von diesem Sachverhalt Kenntnis hätten, würden sie sich hüten, Lotze als Gewährsmann und siegreichen Vorkämpfer der mechanistischen Weltanschauung hinzustellen.²⁾

Es kommt noch hinzu, daß die Atome zwar in Lotzes früheren Schriften, der Medizinischen Psychologie und dem ersten Teile des Mikrokosmos noch eine eigene Realität haben, die auf ihrem Fürsichsein oder ihrer Beseeltheit beruht, daß aber Lotze schon im dritten Teile des Mikrokosmos zwischen einer realistischen und idealistischen Auffassung der Atome schwankt, und daß er in seinen späteren Schriften, der Metaphysik und dem Diktatheit zur Psychologie, die Beseeltheit oder das Fürsichsein der Atome ganz fallen läßt und sie nur noch rein idealistisch als ein ideales Geschehen im göttlichen Bewußtsein auffaßt. Denn wenn es irgend eine feststehende Grundvoraussetzung im Lotzeschen System gibt, so ist es die, daß nur dasjenige Realität hat, was Fürsichsein, inneres Spüren und Merken, Empfindungsfähigkeit, Beseeltheit, Bewußtsein hat. Die Atommechanik wird damit zu einem bloßen Gedankenspiel im göttlichen Bewußtsein verflüchtigt und jeder eigenen Wirklichkeit beraubt, während die Seelen der Menschen und Tiere reale unwandelbare Beziehungspunkte in dem Spiele der Weltereignisse, und die von ihnen ausgehenden zu den Atom-

¹⁾ Vergl. meine Schrift „Lotzes Philosophie“, Leipzig 1888, S. 37—42, 27—30.

²⁾ So z. B. O. Hertwig in „Mechanik und Biologie“ (Zeit- und Streitfragen der Biologie, Heft 2), Jena 1897, S. 29—30.

bewegungen hinzukommenden Aktionen wirkliche Handlungen von eigener Realität bleiben, weil sie auf das selbständige Fürsichsein gestützt bleiben. Mit anderen Worten, das mechanische Geschehen ist an sich realitätslos und nur idealistisch zu deuten; die vitalen Eingriffe der Seelen aber sind reale Aktionen. Das ist so ziemlich der entgegengesetzte Standpunkt wie der der mechanistischen Naturforscher.¹⁾

Die philosophische Schule Lotzes hat sich wesentlich auf die Seite des Vitalismus gestellt und sich bemüht, die Elemente dieser Ansicht, die bei Lotze angedeutet sind, herauszuarbeiten. Ebenso hat sie im Gegensatz zu Fechners psychophysischem Parallelismus die Wechselwirkung zwischen Leib und Seele und mit der psychophysischen Kausalität der Seele auf den Leib auch die Möglichkeit eines psychischen Lebensprinzips verteidigt. Das Schwankende in Lotzes Ansichten hat allerdings dazu geführt, daß diese Verteidigung nach verschiedenen Richtungen auseinandergegangen ist.²⁾

4. Fechner.

Der Psychophysiker Fechner läßt nur ein allgemeines oberstes Weltgesetz gelten, von dem die physikalischen, chemischen und organischen Gesetze nur Besonderungen für bestimmte Umstandskonstellationen, oder genauer: aus dem sie nur abstrakte Ausschnitte sind. Für die organischen Vorgänge gelten andere Gesetze nur insofern, als die Umstände bei ihnen andere sind als in der unorganischen Natur; es gelten dagegen dieselben Gesetze, soweit die Umstände die gleichen sind. So wirkt das Auge nach den Gesetzen einer Camera obscura, weil und soweit seine Einrichtung derjenigen einer Camera obscura gleich ist; ebenso wirkt das Stimmorgan nach dem Gesetze der Zungenpfeifen, das Herz nach denen eines Pumpwerks, soweit ihre Einrichtungen solchen

¹⁾ Vergl. E. Schwedler, Die Lehre von der Beseeltheit der Atome bei Lotze. In der Zeitschrift für Phil. u. phil. Kritik 1902, Bd. 120, Heft 1 u. 2, S. 66—92, 156—160.

²⁾ Vergl. Erhardt, Mechanismus und Teleologie, Leipzig 1890; derselbe, Die Wechselwirkung zwischen Leib und Seele, 1897; Wentscher, Über physische und psychische Kausalität und das Prinzip des psychophysischen Parallelismus, 1896; Busse, Geist und Körper, Seele und Leib, Leipzig 1903. Vergl. auch mein Buch „Die moderne Psychologie“ S. 379—396.

gleich sind. Soweit die Gleichheit der Umstände besteht, darf und muß man die unorganischen Spezialgesetze auf Organismen anwenden; wo der Unterschied beginnt, muß man nach speziellen Gesetzen des organischen Geschehens suchen. Es unterliegt für Fechner keinem Zweifel, daß sehr wesentliche Unterschiede vorhanden sind, daß es besondere organische Gesetze gibt, und daß aus der allgemeinen Gesetzmäßigkeit der einheitlichen Gesamtnatur in erster Reihe die organischen Erscheinungen und erst als deren Niederschlag oder Ausscheidung die unorganischen folgen. Bei dieser im Sinne Schellings stets auf das Ganze, auf die Natur des Allorganismus gerichteten Betrachtung scheint es relativ gleichgültig, ob man von einem Lebensprinzip im Einzelorganismus reden will oder nicht, da ein solcher doch nur ein lebendiges Glied der lebendigen Gesamtnatur darstellt und jedenfalls dem einheitlichen Gesetz der letzteren unterworfen bleibt.

Fechner mißbilligt „die jetzt in Mode stehende Verketzerung des teleologischen Prinzips“. „Jedenfalls wird man nach vorigem die kausale und teleologische Ansicht als sich ergänzend anzusehen haben, statt, wie oft, die eine um der anderen willen zu verwerfen.“ „Je nachdem nun der kausale oder teleologische Gesichtspunkt klarer vorliegt, oder die Richtung der Betrachtung durch die Absicht derselben bestimmt ist, wird man sich vorzugsweise an den einen oder anderen halten können.“¹⁾

Für Fechner gibt es das Problem gar nicht, wie das Entstehen des Organischen aus unorganischen Bestandteilen möglich sei; denn er bestreitet, daß dergleichen vorkomme. Vielmehr nimmt er nach Schellings Vorgang an, daß der organische Zustand der der Natur ursprüngliche sei, und daß die unorganischen Stoffe nur Ausscheidungen aus dem organischen Prozeß sind. Den Unterschied des Organischen und Unorganischen sieht er lediglich in einer andersartigen Bewegungsform, nämlich in dem Wechsel des Vorzeichens während der Bewegung. Seine beiden Ansichten haben gesondert Vertreter gefunden. Preyer hält an der Priorität des Organischen vor dem Unorganischen fest, ohne sich Fechners Meinung über das Unterscheidungsmerkmal beider anzu-

¹⁾ Vergl. Fechner, *Zend-Avesta*, Leipzig 1851, Bd. II, S. 264—273; derselbe, *Einige Ideen zur Schöpfung- und Entwicklungsgeschichte der Organismen*, Leipzig 1873, S. 91—94.

schließen.¹⁾ Virchow dagegen sucht gleich Fechner das Unterscheidungsmerkmal des Organischen in einer besonderen Art der Bewegung, ohne dabei an eine Priorität des Organischen oder des Unorganischen zu denken. Auch läßt er die Art der Bewegung, durch welche das Organische sich vom Unorganischen unterscheidet, offen, während Fechner sie in einer Weise bestimmt, die wohl noch keinen Verteidiger gefunden hat und schwerlich haltbar ist.

5. Virchow und Rindfleisch.

R. Virchow lehrte nämlich schon 1856 in „Alter und neuer Vitalismus“ (Archiv für Pathologie Bd. 9 S. 1—55), daß das Leben und sein Resultat, die Zellenbildung, auf einer mitgeteilten abgeleiteten Kraft neben den Molekularkräften und auf ihrem eigenartigen Gesetz beruhe. Er verstand aber unter dieser abgeleiteten Kraft eine besondere vitale Bewegungsform der kleinsten Stoffteilchen, die von einem Teil der Materie auf den anderen übertragen werden könne. Den Grund dieser eigenartigen vitalen Bewegungsform suchte er keineswegs in hinzukommenden, nicht mechanischen Kräften, sondern betrachtete sie als mechanische Folge einer besonderen Struktur oder Stoffkombination, infolgederen die Molekularkräfte sich in besonderer Weise manifestieren. Für die Entstehung dieser Stoffkombination, durch welche die gewöhnlichen Bewegungen in vitale umschlugen, weiß Virchow dann keinen Grund mehr anzugeben als den Eintritt ungewöhnlicher Bedingungen zu gewissen Zeiten der Erdentwicklung (d. h. eine teleologisch zufällige Urzeugung).

Daß mechanisch betrachtet die Lebensvorgänge in den Organismen sich durch andere, verwickeltere Bewegungsformen von den unorganischen Vorgängen unterscheiden, und daß die Herstellung solcher Bewegungsformen die unerläßliche Vorbedingung für die Lebensvorgänge ist, darin wird man Virchow unbedenklich recht geben, ebenso daß solche verwickelte Bewegungsformen nur an bestimmten verwickelten Stoffkombinationen (Zellplasma) möglich sind. Die Frage ist nur, ob Virchow recht hat, diese mitgeteilte abgeleitete Kraft, die er von den bloßen Molekularkräften

¹⁾ W. Preyer, Naturwissenschaftliche Tatsachen und Probleme. Berlin 1880, S. 51—64.

unterscheidet und in der er den wesentlichen Grund des Lebens sieht, auch dann noch als „Lebenskraft“ zu bezeichnen (S. 20), wenn sie bloß aus zufälligen Stoffkombinationen entsprungen ist und seit dieser zufälligen ersten Entstehung lediglich an der Kontinuität des Keimplasma haftet. Selbst dann, wenn die plasmatische Stoffkombination samt ihrer vitalen Bewegungsform durch einen einmaligen göttlichen Schöpfungsakt hervorgebracht wäre, würde man den Ausdruck „Lebenskraft“ zwar auf diesen einmaligen Schöpfungsakt, aber darum noch immer nicht auf die nach rein mechanischen Gesetzen fortdauernde Stoffkombination und molekulare Bewegungsform anwenden dürfen. —

Der Nachfolger Virchows auf seinem Würzburger Lehrstuhl, Eduard Rindfleisch, ist in die Fußtapfen seines Vorgängers getreten. Er lehnt den Materialismus ab, bekennt sich aber zum Mechanismus als der alleinigen Form des Geschehens und zu einem Neovitalismus, der sich durch molekulare Mechanik verwirklicht. Die Lebenskraft läßt er nur in innigster Verbindung mit einem Lebensstoff gelten, worunter er aber nicht einen besonderen Elementarstoff oder Aggregatzustand, sondern das kontinuierliche Keimplasma versteht. Er betont bei aller Anerkennung des Mechanismus die Autonomie der Zelle, vermöge deren sie z. B. bei der Nahrungsaufnahme das ihr dienliche wählt und das ihr schädliche verschmährt, und leitet aus dem Zusammenwirken der Zellen die Autonomie des zusammengesetzten Organismus in seinen unbewußten und bewußten Entschliefungen ab. Er fordert „ernste, aufrichtige und bewußte Zurückhaltung gegenüber dem Unerforschlichen und unverdrossene Arbeit in der Erforschung und Benutzung dessen, was wir messen und wägen können“. ¹⁾

In einer späteren Rede führt er seine Gedanken noch näher aus. Er weist eindringlich jene Tyrannei des Materialismus von sich, „welche uns einreden will, daß die lebendige Natur für die Erkenntnis der letzten Dinge keinen größeren Zeigewert besitze als die tote, weil die Lebewesen aus keinen anderen Stoffen bestehen als die tote Natur“. Er glaubt, daß wir dereinst eine völlig plausible physikalische Beschreibung der Veränderungen, die der Reiz von Station zu Station bis zur Bewegung durchläuft,

¹⁾ „Ärztliche Philosophie“, Rektorats-Festrede von E. Rindfleisch, Würzburg 1888.

erreichen werden. Aber wir werden nicht erkennen, wie die Empfindung es anfängt, die Bewegung auf Umwegen zu regeln, indem sie die nächstliegenden Reizumwandlungen hemmt. Aus der Empfindung und dem Solidaritätsgefühl der Billionen Zellen im Organismus glaubt Rindfleisch das staunenswerte Zusammenwirken aller Teile zur Harmonie des Ganzen erklären zu können, ebenso die Zelle aus der Beschaffenheit der Atome. Sein Standpunkt ist also letzten Endes hylozoistisch, denn er will aus der bewußten Innerlichkeit der letzten materiellen Elemente ihre Rücksichtnahme auf die Zwecke der höheren Individualitätsstufen ableiten. Leider stimmt das nur nicht mit der Erfahrung überein, daß jede Individualitätsstufe ihrem Bewußtsein nach fast ausschließlich ihre eigene Individualzwecke zu fördern strebt, aber nur ganz ausnahmsweise die einer höheren Individualitätsstufe.¹⁾

6. Wundt.

Der Physiologe und Psychologe Wundt unterscheidet die allgemeine Teleologie des Universums von der besonderen Teleologie im organischen Individuum. Die erstere ist nur eine Umkehrung der allgemeinen Kausalität des Universums und mit dieser nicht nur subjektiv, sondern auch objektiv gleichberechtigt. Die letztere dagegen leitet er nicht wie Fechner aus der ersteren ab, sondern erkennt sie nur soweit an, als die Individuen einer bewußten Zwecksetzung fähig sind. Da die bewußte Zwecktätigkeit der Individuen, sowohl als unmittelbare als auch durch ihren mechanisierten Niederschlag in den Zentralorganen in Gestalt von reflektorischen und instinktiven Dispositionen, nicht ausreicht, um die Zweckmäßigkeit der Einrichtungen zu erklären, nimmt er eine „Heterogonie der Zwecke“ an, d. h. ein Überschießen der bewußten Zwecktätigkeit über ihr bewußtes Ziel hinaus und das zufällige Erreichen anderer, weder bewußt noch unbewußt angestrebter Zwecke durch diesen überschießenden Teil der Tätigkeit.²⁾

Die Erklärung durch ein Überschießen bewußter Zwecktätig-

¹⁾ E. Rindfleisch, Neovitalismus. In der deutschen medizinischen Wochenschrift vom 19. September 1895.

²⁾ Vergl. Wundt, System der Philosophie, Leipzig 1889 und meine Kritik in den Preußischen Jahrbüchern, Bd. 66, Heft 1—2, insbesondere: „4. Die Teleologie“, S. 123—132.

keit über ihr Ziel hinaus kann nur da versucht werden, wo eine nennenswerte bewußte Zwecktätigkeit überhaupt besteht; auf das ganze Pflanzenreich, die niedersten Tiere und die rein organischen Funktionen, selbst der höheren Tiere, ist sie offenbar nicht anwendbar. Aber auch da, wo eine bewußte Zwecktätigkeit besteht, ist weder ersichtlich, wie eine solche dazu kommen sollte, über ihr Ziel hinauszuschießen, noch auch, wie ein solcher etwa über sein Ziel hinausschießender Teil der Tätigkeit dazu kommen sollte, zufällig andere objektive Zwecke zu erfüllen, die er weder bewußt noch unbewußt erstrebt hat, und die doch Sonderzwecke seiner als Individuums sind. Gäbe es solche zufällige Zweck-erfüllung, so wäre es überflüssig, sie an eine bewußte Zweck-tätigkeit anzuknüpfen, mit der sie formell und inhaltlich gar nichts gemein hat; sie könnte dann ebensogut selbständig auftreten. Wundt verwickelt sich in dieselbe Schwierigkeit wie der gesamte Neulamarkismus, der zwar eine aktive zweckmäßige Anpassung des Individuums anerkennt, aber nicht einsehen will, daß diese nur in seltenen Fällen eine bewußte Zwecktätigkeit sein kann und in den meisten eine unbewußte sein muß. —

7. K. E. von Baer.

K. E. von Baer verwarf die Lebenskraft, wie J. Müller und Liebig sie annahmen. Er warf diesem Begriff vor, daß er nur eine Umhüllung der zu lösenden Aufgabe sei, und daß sie in Wirklichkeit nicht existiere, weil sie nicht meßbar sei. Baer folgt dabei dem richtigen Gefühl, daß die Lebenskraft als mechanische Naturkraft ebensogut meßbar sein müßte wie die anderen, falls sie sich nicht in minimalen Leistungen erschöpft. Aber er drückt das nicht richtig aus; denn sehr Vieles ist wirklich, was nicht meßbar ist. Hätte er Recht, so träte sein Einwand genau so den Begriff der Zielstrebigkeit, den er an Stelle der Lebenskraft setzt. Er glaubte aber die Zielstrebigkeit ohnehin der mechanischen Sphäre entrückt, während er von der Lebenskraft sich nicht vorstellen kann, daß Müller sie als nichtmechanische Kraft vorgestellt hat. Andererseits bekämpft Baer ebenso wie Kant und Schelling die anthropomorphische Teleologie im Sinne einer absichtlichen Zwecktätigkeit, weil sie ein Zweckbewußtsein in das handelnde Individuum hinein verlegt. Sein Begriff der Zielstrebigkeit soll ebenso den Fehler der anthropomorphischen bewußten Zweck-

tätigkeit wie den der naturalistischen Lebenskraft vermeiden und ein unbewußtes, von innen kommendes Streben nach einem unbewußten Ziel bedeuten.

Zu der Wortverbindung „unbewußte Zwecktätigkeit“ kann er sich nur darum nicht entschließen, weil ihm mit dem Begriff des Zweckes der Begriff der Bewußtheit unabtrennbar verknüpft scheint. Warum ihm diese Trennung bei dem Begriff Ziel leichter vollziehbar scheint, gibt er nicht an. Tatsächlich ist seine unbewußte Zielstrebigkeit genau dasselbe, was seit Schelling unbewußte Zwecktätigkeit genannt wird. Baer selbst bleibt für die Natur als ein Ganzes in der anthropomorphischen Zwecktätigkeit stecken, die er für das Individuum bekämpft. Er glaubt nämlich, daß eben dasselbe, was für das Individuum unbewußte Ziele sind, für die Natur als Ganzes betrachtet bewußte Zwecke sind, nämlich im Bewußtsein Gottes. Er läßt also darum die Individuen sich mit Zielstrebigkeit begnügen, weil er den Begriff der Zwecktätigkeit im theistischen Sinne für Gott vorbehalten wissen will. Da diese Frage aus dem Bereich der Naturbetrachtung herausfällt, so bleibt für die Biologie nur seine unbewußte Zielstrebigkeit von Bedeutung.¹⁾

8. Die Ächtung des Vitalismus.

Solche Stimmen wie die Baers verhallen in den siebenziger Jahren unbeachtet. Die Naturwissenschaften waren zu der richtigen Einsicht gelangt, daß das Suchen nach einer materiellen, mechanischen, physischen Lebenskraft vergeblich sei, daß weder ein wägbarer noch ein unwägbarer Stoff existiere, an welchem eine besondere Lebenskraft haften könne, daß alle organischen chemischen Verbindungen im Prinzip auch auf unorganischem Wege herstellbar seien, daß auch das Suchen nach einer stofflosen imponderablen Lebenskraft keinen Sinn habe, sofern dieselbe als ein physisches Agens nach Art der Elektrizität oder des Magnetismus gedacht werde. Wäre die Lebenskraft eine besondere Energieart, so könnte sie aus anderen Energiearten durch bloße Umwandlung hergestellt werden, sobald man die geeigneten Maschinenbedingungen dafür einrichtete. Man kennt aber keine

¹⁾ Vergl. R. Stölzle, K. E. v. Baer und seine Weltanschauung, Regensburg 1897.

besondere Energieart, die die organischen Erscheinungen von den unorganischen auszeichnete, sondern findet im Organismus immer nur besondere Kombinationen der auch in der unorganischen Natur vorkommenden Energiearten. Damit ist aller naturalistische Vitalismus endgültig abgetan. Es ist dies als ein großer Fortschritt anzuerkennen, der mit der zeitweiligen Herrschaft anderweitiger Irrtümer nicht zu teuer erkauft war. Die exakte Naturwissenschaft und die Philosophie darf jetzt als vor jedem Rückfall in naturalistischen Vitalismus gesichert gelten; die alten Paracelsischen Phantasien von stofflichen Lebensgeistern können höchstens noch in einem theosophischen Dilettantismus weiter spuken, der seine Konfusion geistiger und stofflicher Prinzipien mit dem Worte „Monismus“ zu decken sucht, das heute ja als Mädchen für alles dienen muß.

Die exakten Naturwissenschaften hatten ferner darin Recht, daß ein hypothetisches, nicht naturalistisches, sondern entweder psychisches oder metaphysisches Lebensprinzip nicht mehr in ihr Gebiet falle und sie als Naturforscher im exakten Sinne nichts angehe. Sie konnten zu solcher Hypothese auf Grund dieser richtigen Abgrenzung eine dreifache Stellung einnehmen. — Erstens konnten sie als denkende Menschen die naturphilosophische Unentbehrlichkeit und Wohlbegründetheit einer solchen Hypothese anerkennen, und ohne ihr Arbeitsgebiet zu verlassen, doch die Grenzbeziehungen und Anknüpfungen zu einem spiritualistischen Vitalismus aufsuchen und pflegen in dem Sinne, wie jede Disziplin verpflichtet ist, sich um ihre Nachbardisziplinen zu kümmern und die Gedankenfäden hinüber und herüber zu spinnen, wenn sie nicht in borniertem Spezialisismus versimpeln will. Diese Stellung nahm der Neovitalismus ein. — Zweitens konnte die Naturwissenschaft sich mit einem non liquet bescheiden, sich ihrer Grenzen bewußt bleiben, aber sich jedes philosophischen Urteils jenseits derselben enthalten, und diese Fragen entweder den Philosophen überlassen oder aber privatim einem philosophischen Skeptizismus und Agnostizismus huldigen. Dies war die Stellung, in welcher sich vorsichtige und als Denker hervorragende Naturforscher bewegten, die selbständig genug waren, sich nicht von der herrschenden Zeitströmung mitreißen zu lassen. — Drittens konnte die Naturwissenschaft über ihre Grenzen übergreifen und negativ-dogmatisch auch jedes psychische oder metaphysische Le-

bensprinzip ebenso verneinen wie die naturalistische Lebenskraft. Dies wurde die herrschende Zeitströmung der siebenziger und achtziger Jahre des neunzehnten Jahrhunderts.

Die Gründe für diese dritte Stellungnahme waren den Naturforschern selbst wenig klar. Der erste Anstoß lag darin, daß man sich die Unterscheidung zwischen einer physischen, materiellen, energetischen Lebenskraft und einem metaphysischen, spirituellen, nicht energetischen Lebensprinzip noch gar nicht zum Bewußtsein gebracht hatte, und daß man deshalb mit der Verneinung des ersteren den Vitalismus überhaupt und in jedem Sinne für abgetan hielt. Jede neue Einsicht hat die Neigung, ihren Geltungsbereich zu überspannen und die Beziehungen und Bedingungen, unter welchen sie gültig ist, außer acht zu lassen. Es lag ferner in der Zeitstimmung, die Philosophie zu verachten, mit der Alchymie und Astrologie zu den überwundenen Afterswissenschaften zu werfen und die Naturwissenschaften allein als wahrhafte Wissenschaften (sciences) gelten zu lassen. Der Unfehlbarkeitsdünkel war von der Philosophie auf die Naturwissenschaften übergesprungen; man glaubte, daß sie allein apodiktisch gewisse Erkenntnis gewähren könnten, daß alles der Menschheit Erkennbare nur durch sie erkannt werden könnte, daß sie aber in der Tat berufen seien, alle lösbaren Probleme zu lösen.

Daraus folgte, daß alles, was das philosophische Denken an Hypothesen über ein immaterielles Lebensprinzip etwa aufstellen möchte, nur wissenschaftlich wertlose Phantasiespiele sein könnten, daß dagegen die naturwissenschaftlichen Facherkenntnisse die menschliche Erkenntnis überhaupt erschöpfen. Da nun die naturwissenschaftliche Facherkenntnis mit einem Lebensprinzip nichts zu schaffen hatte, so folgte daraus weiter, daß die menschliche Erkenntnis überhaupt mit einem solchen nichts zu tun habe. Jeder Versuch, jenseits der Grenzen der exakten Naturwissenschaften etwas zu erkennen und dadurch tiefer in das Verständnis der Lebenserscheinungen einzudringen, war damit von vornherein mit dem Makel der Unwissenschaftlichkeit behaftet, also unter der Kritik.

Es kam ferner hinzu, daß alle Versuche, ein hypothetisches Lebensprinzip zu begründen, an die Zweckmäßigkeit der organischen Einrichtungen und Vorgänge anknüpften. Der Darwinismus hatte aber den Anspruch erhoben, die Zweckmäßigkeit der

Resultate ohne Zuhilfenahme eines zwecktätigen Prinzips aus der zufälligen Verknüpfung rein mechanischer Ursachen erklärt zu haben. Damit war die Grundlage beseitigt, auf der aller Vitalismus bisher gebaut hatte. Die Zeit der unbeschränkten Herrschaft des Darwinismus in den biologischen Wissenschaften mußte zugleich die Periode sein, in welcher die mechanistische Weltanschauung in der Blüte stand. Nichts hat dagegen so sehr zur Erschütterung der mechanistischen Weltanschauung beigetragen als das sinkende Ansehen des Darwinismus in den neunziger Jahren und im neuen Jahrhundert.¹⁾ In den siebziger und achtziger Jahren galt die auf den Darwinismus gestützte mechanistische Weltanschauung als unerschütterliches Dogma und jeder teleologische und vitalistische Hintergedanke als Ketzerei. Die Verneinung der Teleologie wurde von Haeckel Monismus getauft; Monismus in diesem Sinne war die Vorbedingung der Wissenschaftlichkeit.

Hier und da tauchten Stimmen auf, die sich gegen solche Tyrannei einer dogmatischen Zeitströmung zu wehren suchten. Sie blieben zunächst unbeachtet, mehrten sich aber in dem Maße, als die Herrschaft des Darwinismus ins Wanken geriet. Manche Forscher ließen die teleologische Betrachtung neben der kausalen gelten, ohne daran vitalistische Folgerungen knüpfen zu wollen. In dem Maße aber, als die Teleologie wieder zu Ansehen kam, gewannen auch andere Forscher die Grundlage zurück, auf der sie wagen konnten, neovitalistische Hypothesen zu errichten. Wieder andere sahen sich genötigt, Zugeständnisse zu machen, die sich noch nicht für vitalistisch hielten, die aber kaum zu etwas anderem als zur Restauration des Vitalismus führen konnten, z. B. die Wirksamkeit richtender, ordnender, leitender Kräfte unbekannter Art im Organismus.

9. G. von Bunge und O. Hamann.

Der erste Biologe, der sich wieder zum Vitalismus zu bekennen wagte, war G. von Bunge in seiner kleinen Schrift „Mechanismus und Vitalismus“, die er später unter diesem Titel in die ersten vier Auflagen seines „Lehrbuch der physiologischen und patho-

¹⁾ Vergl. den vorhergehenden Abschnitt: I. „Die Abstammungslehre seit Darwin.“ S. 1—77.

logischen Chemie“ als erste Vorlesung herübernahm. Wenn er diesen Titel in der fünften Auflage in „Mechanismus und Idealismus“ geändert hat, so vermag ich darin keine Verbesserung zu sehen, da das Wort Idealismus noch weit unbestimmter und vieldeutiger ist als das Wort Vitalismus. — Die Mechanisten sagen, daß mit dem Fortschritt der Wissenschaft die vermeintlich spezifischen Lebensvorgänge mehr und mehr sich als Wirkungen unorganischer Naturkräfte nach physiko-chemischen Gesetzen herausstellen. „Mir aber scheint es, daß die Geschichte der Physiologie gerade das Gegenteil lehrt. Ich behaupte: Umgekehrt! Je eingehender, vielseitiger, gründlicher wir die Lebenserscheinungen zu erforschen streben, desto mehr kommen wir zur Einsicht, daß Vorgänge, die wir bereits geglaubt hatten, physikalisch und chemisch erklären zu können, weit verwickelterer Natur sind und vorläufig jeder mechanischen Erklärung spotten.“

Bunge führt diesen Gedanken näher aus an dem Beispiel der Nahrungsaufsaugung durch die Zellen der Darmwand, die zwar Fettröpfchen in sich hereinziehen, aber die feinsten Pigmentkörnchen verschmähen, und selbst einer Reihe von Giften die Aufnahme verweigern, die im Magen und Darmsaft leicht löslich sind. Die Einzelzellen im zusammengesetzten Organismus verhalten sich in bezug auf die Auswahl, Hereinziehung, Assimilation, Umwandlung, Aufspeicherung und Ausscheidung der Stoffe ähnlich wie einzellige Organismen, unter denen z. B. die Amöbe *Vampyrella Spirogyrae* jede andere Nahrung als *Spirogyra*-Exemplare verschmäht und *Colpodella pugnax* sich nur vom Ausaugen der *Chlamydomonas* nährt. Der Unterschied zwischen dem einzelligen Organismus und der Zelle eines vielzelligen ist nur der, daß der erstere nur seine eigenen Bedürfnisse berücksichtigt, die letztere aber vor allem die des Gesamtorganismus, beziehungsweise die der Arterhaltung. Die Milchdrüsenzellen liefern z. B. ein Sekret von ganz anderer chemischer Zusammensetzung als das Blut ist, das ihnen als Nährflüssigkeit dient; ihr Sekret ist bei jeder Art genau so zusammengesetzt, daß es den Bedürfnissen des Säuglings entspricht.

Die Zeit ist längst vorbei, wo man glaubte, die Funktionen der Muskeln und Nerven durch elektrische Vorgänge erklären zu können; wir sind ihrer mechanischen Erklärung heut ferner als je. Alle mechanisch erklärbaren Vorgänge sind so wenig Lebensvor-

gänge wie die Bewegung der Baumäste oder des Blütenstaubes durch den Wind. „In der Aktivität — da steckt das Rätsel des Lebens.“ Aktivität und Leben sind vielleicht nur zwei Worte für denselben Begriff, den wir nicht aus der Sinneswahrnehmung, sondern aus der Selbstbeobachtung geschöpft haben. „Wir müssen es versuchen, wie weit wir mit alleiniger Hilfe der Physik und Chemie gelangen. Der auf diesem Wege unerforschbare Kern wird um so schärfer, um so deutlicher hervortreten. So treibt uns der Mechanismus der Gegenwart dem Vitalismus der Zukunft mit Sicherheit entgegen.“ —

Diesen Ansichten Bunges schließt sich O. Hamann vollständig an; auch er betont, daß der Physiologie bisher auch nicht mit einer Lebenserscheinung die Zurückführung auf bloß mechanische, chemische und physikalische Kräfte geglückt ist. Alles drängt auf die Zuhilfenahme einer Lebenskraft im Sinne unbewußter Zielstrebigkeit hin. Nicht ein Polster dunkler Qualitäten, nicht ein Hemmschuh für die wissenschaftliche Forschung, nicht eine bequeme Lagerstätte, wo die Vernunft zur Ruhe gebracht werden soll, ist diese Hypothese, sondern einfach der Ausdruck unserer jetzigen Erkenntnis, nach welcher die organische Natur sich von der unorganischen durch ein besonderes zielstrebiges, formbildendes Prinzip unterscheidet. Es widerspricht dem Stande unserer Erkenntnis, von den Kathedern zu lehren, daß der Organismus mechanisch erklärbar sei. Es ist eine dogmatische Verirrung, zu behaupten, diese jetzt noch fehlende mechanische Erklärung des Lebens müsse später einmal beim Fortschritt der Naturwissenschaften gefunden werden.¹⁾

10. Kassowitz.

Die Unzulänglichkeit aller bisherigen Versuche, den Organismus mit den Mitteln der unorganischen Natur zu erklären, ist in besonders eingehender Kritik von Max Kassowitz im ersten Bande seiner „Allgemeinen Biologie“ (Wien 1899) Kap. 3—15 dargelegt worden. Diese Ausführungen sind um so beachtenswerter, als Kassowitz selbst der mechanistischen Weltanschauung huldigt und mit seiner Kritik keineswegs dem Vitalismus dienen, sondern

¹⁾ Hamann, Entwicklungslehre und Darwinismus, Jena 1892, Kapitel 10: „Die Grenzen der mechanischen Erklärung und das Gesetz der harmonischen Entwicklung“, besonders S. 232—244.

nur für seine eigene mechanische Erklärung des Lebens Platz machen will.

Zunächst betrachteten Lavoisier, Liebig und Mayer den Organismus als Wärmemaschine in dem Sinne, daß die stickstoffhaltigen Muskelfasern die Maschinenteile darstellen, vermittels deren die Verbrennungswärme der Fette und Kohlehydrate in mechanische Energie umgesetzt würde. Die Ausscheidung von Zerfallsprodukten der stickstoffhaltigen Gewebe sollte nur der Abnutzung der Maschinenteile entsprechen. Von der Art der Umwandlung der Wärme in mechanische Energie im Muskel hatte man zwar keine Ahnung, da in seinem Bau jede Analogie mit unseren Maschinen fehlte; ebenso wußte man nicht, wie die Verbrennung der stickstofffreien Brennstoffe bewirkt werden sollte. Die bloße Sauerstoffzufuhr konnte dazu nicht genügen; denn sonst hätte bei reiner Sauerstoffatmung die Verbrennung und Kohlen säureausscheidung zunehmen müssen, was durch Experimente widerlegt wurde.

Der Organismus verbraucht nur soviel Sauerstoff zur Verbrennung, wie ihm paßt; manchmal hält er welchen in noch unbekannter Form zurück, und ein andermal gibt er mit Hilfe solcher Sauerstoffreserven in den Ausscheidungsprodukten mehr Sauerstoff von sich, als er in gleicher Zeit durch Atmung aufnimmt. Ebenso hängt das Maß der jeweiligen Verbrennung nicht von der Menge der jeweilig dargebotenen Nahrungsmittel ab; vielmehr verbrennt der Organismus stets soviel als er braucht, gleichviel ob er es aus Zufuhr oder aus Vorrat schöpfen muß, und legt bei zu reichlicher Zufuhr den Überschuß als Brennstoffvorrat an. Dieser Brennstoffvorrat wird zum Teil zwischen eben den Muskelfasern, wo die Verbrennung selbst stattfindet, gespeichert, während man bei unseren Wärmemaschinen sich hüten würde, Brennstoffvorräte in dem Feuerungsraum zu deponieren. Wie der Muskel es anfängt, einen angemessenen Teil seines Brennstoffvorrats zu verbrennen, sobald ein äußerer Reiz oder ein innerer Innervationsreiz ihn trifft, bleibt dabei ebenso unklar, als wie ein Hemmungsreiz im Nerven die Verbrennung infolge äußeren Reizes hindern kann.

Wunderbar bleibt ferner, daß die Maschine nicht mit verbrennt; denn wenn auch die stickstoffhaltigen Gewebe außerhalb des Organismus schwerer verbrennlich sind als Fette und Kohlenhydrate, so gilt innerhalb des Organismus das Umgekehrte. Ei-

weißstoffe werden nämlich im Organismus in jeder beliebigen Menge, die der Darm aufzunehmen vermag, zersetzt; überschüssige stickstofffreie Nahrungsmittel werden dagegen als Glykogen und Fett unverbrannt aufgespeichert. Aber gerade die stickstoffhaltigen Verbindungen, deren leichte Zersetzbarkeit die stickstofffreien vor Verbrennung im Organismus schützt, dienen dazu, die Maschinenteile herzustellen, innerhalb deren die Verbrennung, und vermittels deren der Umsatz thermischer in mechanische Energie erfolgt. Wenn die stickstoffhaltigen Ausscheidungen wesentlich von der Abnutzung der Maschinenteile herrührten, so müßte ihre Menge mit der geleisteten Arbeit abnehmen, also bei einem untätigen, ruhenden Organismus kleiner sein, als bei einem angestrengt arbeitenden. Der Versuch zeigt dagegen, daß die Stickstoffausscheidung in Ruhe und Arbeit dieselbe, also von der abnutzenden Inanspruchnahme der Maschinenteile unabhängig ist. In den Absonderungsdrüsen, wo die thermische Energie sich in Pumpdruck umsetzen muß, fehlt uns wiederum jede Analogie mit unorganischen Pumpwerken, die uns den Vorgang mechanisch verständlich machen könnte. Dagegen wissen wir jetzt, daß die Sekrete verflüssigte und umgewandelte Zellen der Absonderungsdrüsen selbst sind, deren Abgang durch Neubildung der Zellen ersetzt werden muß, und zu diesem Vorgang kennen wir erst recht keine Analogie in unorganischen Maschinen. Wenn die Muskeln den Umsatz von thermischer in mechanische Energie leidlich sparsam bewirken, so würde dieser Umsatz im Pumpdruck der Drüsen eine gewaltige Verschwendung zeigen.

Auf die Pflanzen wurde die Analogie der Wärmemaschine erst viel später als auf die Tiere angewendet, als man erkannt hatte, daß auch die Pflanzen einen stetigen Oxydationsprozeß unterhalten. Es war aber hier nicht so leicht wie bei den Tieren, die mechanische Energie aufzuzeigen, in welche die Verbrennungswärme maschinell umgewandelt werden sollte. Die meisten Bewegungen der Pflanzen sind auch durch Quellungserscheinungen schon ausreichend zu erklären, die keine Wärme binden, sondern vielmehr noch welche frei machen. Der Tierkörper kann etwa ein Fünftel seiner Verbrennungswärme in mechanische Energie umwandeln; bei der Pflanze kann es nur ein verschwindend kleiner Teil der Verbrennungswärme sein, der in mechanische Energie umgesetzt wird. Unter dem Gesichtspunkt einer kalorischen Ma-

schine betrachtet, wäre also die Pflanze äußerst unökonomisch eingerichtet in bezug auf die Verwertung ihrer Brennstoffe, dagegen unübertrefflich ökonomisch in bezug auf die Abnutzung ihrer Maschinenteile. Die Pflanze liefert nämlich gar keine stickstoffhaltigen Ausscheidungen, die auf eine solche Abnutzung schließen ließen. Daß die Analogie der Wärmekraftmaschine auf die Pflanze so wenig paßt, sollte gegen ihre Benutzung beim tierischen Organismus mindestens vorsichtig machen. Schon Liebig fällt über die Erklärung der Muskelkraft nach Analogie einer kalorischen Maschine das Endurteil: „Sie ist eine Formel ohne Inhalt, die mehr verwirrt als nützt.“ An ihre Stelle ist ganz unvermerkt die andere Ansicht getreten, daß alle Kraftäußerungen der Organismen von den chemischen Spannkraften abgeleitet werden müssen, die bei den vitalen Oxydationsprozessen in lebendige Kräfte umgewandelt werden. —

Die Auffassung ist von einer Anzahl neuerer Physiologen dahin genauer präzisiert worden, daß die Nahrung für den Organismus genau so viel wert ist, als ihre Verbrennung Kalorien (Wärmeeinheiten) oder Kilogrammster Arbeit liefert. Diese chemisch-physiologische Kalorientheorie scheidet aber ebenso an den Tatsachen wie die Dampfmaschinentheorie, ganz abgesehen davon, daß sie nicht einmal den Versuch wagt, die Umwandlung der chemischen Analogie in mechanische ihren Maschinenbedingungen nach vorstellbar zu machen. Der Grundfehler dieser Theorie ist, daß sie die Nahrungsstoffe nur nach ihrem Brennwert und gar nicht nach ihrem Bauwert schätzt, während der Organismus sie in erster Reihe nach ihrem Bauwert schätzt und deshalb ganz andere qualitative Maßstäbe an sie anlegt, als den bloß quantitativen der Kalorienausbeute. Außerdem bleiben aber alle die Schwierigkeiten bestehen, die schon bei der Dampfmaschinentheorie hervorgehoben worden sind, nämlich die Verbrennung bei so niedriger Temperatur, die Beschränkung der Verbrennung auf einen bestimmten Teil der im Feuerungsraum befindlichen Brennstoffe, das plötzliche explosionsartige Aufblähen des Brandes bei einem äußeren oder inneren Reize, die Nichtverbrennung der noch leichter verbrennbaren Maschinenteile usw. Wir wissen nichts von den Heizvorrichtungen des Organismus und nichts von den maschinellen Regulationsapparaten der Verbrennung, durch welche die Körperwärme konstant erhalten und beim Fieber gesteigert wird. Wir

wissen endlich nicht, ob im tierischen Organismus ebenso wie im pflanzlichen die chemischen Energiequellen nicht doch noch durch andere Quellen mechanischer und strahlender Energie ergänzt werden.

Vor allen Dingen ist der Satz nicht aufrecht zu erhalten, daß jeder Stoff, der im Organismus verbrannt wird, also Verbrennungswärme liefert, auch ein Nahrungsmittel sei, d. h. die eiweißersparende Wirkung der Fette und Kohlehydrate ersetzen könne. Alkohol, Glycerin, Milchsäure, verschiedene Pflanzensäuren und Harnsäure sind solche Stoffe, die zwar in den Blutkreislauf aufgenommen und an allen Körperstellen durch Einwirkung lebender Gewebe weiter oxydiert werden, aber trotzdem keinen Nahrungswert besitzen. Vom Alkohol und Glycerin ist jetzt sicher nachgewiesen, daß sie als Gifte wirken, d. h. als Reizmittel, die den Eiweißzerfall beschleunigen und erhöhen. Fett hat einen bedeutend höheren Verbrennungswert als Leim; außerdem wird Fett im Organismus vollständig, Leim unvollständig verbrannt. Trotzdem leistet nach Voit der Leim in der Ersparung von Körpereiß mehr als das Fett. Wenn ein Organismus nur soviel Eiweiß in der Nahrung erhält, wie seinem Eiweißverlust im Hungerzustande entspricht, so kann er damit seinen Bestand nicht erhalten, es sei denn, daß er daneben soviel mehr Kohlehydrate erhält, daß ihre Verbrennungswärme das $2\frac{1}{2}$ fache der rechnungsmäßig erforderlichen beträgt. Daß bei vielen Stoffen der Nahrungswert mit der Verbrennungswärme ziemlich gut übereinstimmt, erklärt Kassowitz daraus, daß sowohl die Verbrennungswärme als auch der Bauwert der Fette und Kohlenwasserstoffe wesentlich durch die Zahl der Kohlenstoffatome bestimmt sei, die sie in einem Moleküle enthalten. Das Wasser und die Salze des Kalis, Natrons, Kalks, Magnesiums und Eisens liefern keine Verbrennungswerte; aus der chemisch-physiologischen Kalorientheorie ist deshalb die Notwendigkeit ihres Abbaus und Wiederersatzes aus der Nahrung nicht abzuleiten. Gleichwohl zeigt die Erfahrung, daß eine Zufuhr solcher Salze in der Nahrung unentbehrlich ist, daß also ein beständiger Verlust an solchen stattfinden muß, der des Ersatzes bedarf. Man wird deshalb diese Salze trotz mangelnder Verbrennungswärme zu den Nahrungsmitteln rechnen müssen. Es gibt also Nährstoffe ohne Brennwert und Brennstoffe ohne Nährwert; damit ist die Kalorientheorie gerichtet. —

Von einer anderen Seite her sucht die osmotische Theorie den Lebenserscheinungen näher zu kommen, nämlich durch die Analogie mit den porösen Wänden und Häuten, welche den Austausch verschiedener Flüssigkeiten und Lösungen vermittels des osmotischen Drucks bewirken. Ludwig hatte die Nierenabsonderung auf Filtration und Osmose zurückgeführt und diese Auffassung suchte man auf den Verkehr aller Nachbarzellen ohne Ausnahme auszudehnen, was so lange besonders einleuchtend schien, als man von dem Protoplasma noch nichts wußte und die Zellen für häutige Bläschen mit flüssigem Inhalt hielt. Für das Pflanzenreich konnte diese Theorie länger festgehalten werden, weil bei ihm die meisten Zellen durch Häute abgeschlossen sind und deutlichere Hohlräume mit flüssigem Inhalt tragen. Den Saftdruck, ja sogar das Zellenwachstum suchte man durch osmotischen Druck zu erklären.

Aber schon hier bildeten die Wurzelspitzen und Vegetationspunkte eine Gegeninstanz, insofern ihr Protoplasma ohne Zellhöhlen doch die lebhafteste Aufsaugungstätigkeit entfaltet. Genauere Erforschung zeigte, daß weder bei der Pflanze noch beim Tier der Stoffaustausch der Zellen, Gefäße, Darmwände und Drüsen nach den Gesetzen der Osmose verläuft, sondern daß sich ganz andere Gesetze über diese überlagern, die den Gesamteffekt oft in das Gegenteil verkehren. Bei der Osmose ist der Durchtritt stets ein wechselseitiger, bei den lebenden Organen oft nur ein einseitiger ohne Gegendurchtritt eines anderen Stoffes. Der Durchtritt von Wasser in die Darmwand erfolgt 26mal so schnell, als sie nach den Gesetzen der Osmose sollte. Der osmotische Druck innerhalb einer Zelle trifft alle Teile der Hülle gleichmäßig, das Wachstum der Zelle aber erfolgt öfters und die Wanderung des Saftstroms stets nur nach bestimmten Richtungen. Jede Zellwand übt Auswahl in den Stoffen, denen sie den Eintritt und den Austritt gestattet. Die Zelle wie die Absonderungsorgane produzieren oft selbst erst die Stoffe, die sie durch Exosmose ausstoßen. Nicht nur gelöste Stoffe, auch Fett und Eiweiß werden vom Darm- und Nierenepithel aufgesogen und weiter befördert. Manche Häute lassen gewisse Stoffe nur in gewissen Mengen eintreten, und die Hülle ein und derselben Zelle zeigt an verschiedenen ihrer Teile oft genug ein entgegengesetztes Verhalten. Die Lebhaftigkeit und Schnelligkeit des Wachstums steigt zu-

nächst mit steigender Temperatur, nimmt dann aber bei weiterer Temperatursteigerung wieder ab; wenn das Wachstum eine bloße Folge des osmotischen Druckes in den Zellen sein sollte, so müßte auch die Osmose in ähnlicher Weise von der Temperatur abhängig sein, was aber nicht der Fall ist.

Um solche Abweichungen mit der osmotischen Theorie in Einklang zu bringen, braucht man Hilfshypothesen, die noch viel rätselhafter sind als die zu erklärenden Erscheinungen. Vor allem dreht diese Theorie sich im Kreise, denn sie kann die chemischen Vorgänge, durch welche die osmotischen Häute mit ihrer wunderbaren mannigfachen Leistungsfähigkeit gebildet werden, selbst wieder nur durch osmotische Vorgänge erklären. Alle osmotischen Vorgänge im Organismus sind tatsächlich nach Maßgabe der Bedürfnisse des Organismus geregelt, und dieselben Häute, die den störenden Überfluß eines Stoffes ausscheiden, halten den dem Organismus unentbehrlichen Bestand desselben Stoffes zurück. Die Gesetze der Osmose sind nicht umgestoßen, aber den Zwecken des Lebens dienstbar gemacht und vermögen diese Hinaushebung über sich selbst nicht zu erklären. —

Als man die Wirksamkeit der Fermente oder Enzyme näher kennen gelernt hatte, schien sich wieder ein anderer Weg zum Verständnis der organischen Vorgänge aufzutun. Denn die Fermente leisten außerhalb des Organismus in der Retorte dasselbe wie innerhalb desselben; ihre Wirksamkeit vollzieht sich nach rein chemischen Gesetzen. Die Fermenttheorie hatte nur nötig, die in der Retorte beobachtete Fermentwirkung in die Leibeshöhlen, Kanäle und Zellen zu verlegen, so schien der Lebensprozeß nach rein chemischen Gesetzen begreiflich. Aber wenn es bei der osmotischen Theorie unverständlich geblieben war, wie an jede Stelle Häute von so ganz eigenartiger osmotischer Durchlässigkeit gelangt seien und wie diese Häute ihre osmotischen Eigenschaften je nach Bedarf wechseln können, so bleibt bei der Fermenttheorie das ungelöste Problem, wo die Fermente herkommen, wie sie entstehen, warum an dieser Stelle dieses, an jener jenes Ferment vorhanden und wirksam ist, warum sie ihre Wirkung bald entfalten, bald zurückhalten, und wie sie es anfangen, sich nach Bedarf umzuwandeln. Wenn die Fermenttheorie allein zur Erklärung ausreichen soll, so muß sie auch die Entstehung, räumliche Verteilung und zeitliche Veränderung der Fermente durch

die Fermentwirkung anderer hinter ihnen stehender Fermente erklären, und so fort ins Unendliche. —

Walshs Entdeckung der elektrischen Entladung der Zitterfische (1778), Galvanis irrthümliche Deutung seiner Froschschenkelversuche und du Bois-Reymonds Nachweis von elektrischen Strömungen in durchschnittenen Muskeln wiesen auf einen anderen Weg. Ludwig bezeichnete die Nervenkräfte schlechtweg als elektrische Kräfte; Virchow suchte die elektrische Substanz in den Achsenzylindern, die Isolierungsmasse in den Markscheiden; Hermann glaubte, daß galvanische Vorgänge bei der Erregungsleitung die Hauptrolle spielten; Albrecht bestimmte die Ganglienzellen als Elektrizitätsquelle, und Engelmann deutete die Drüsenabsonderung als elektrische Osmose. Die Leitungsgeschwindigkeit der Nervenregung beträgt nur einige zwanzig bis einige dreißig Meter, sinkt bei Abkühlung und erreicht in der Teichmuschel nur einige Zentimeter in der Sekunde. Geschlossene Stromkreise sind nicht nachweisbar; der Bestand von elektrischen Strömen in undurchschnittenen Muskeln ist höchst zweifelhaft. In durchschnittenen Muskeln besteht ein schwacher Strom vom Längsschnitt zum künstlichen Querschnitt; aber dieser hört auf, wenn der Nerv gereizt wird. Zuckungen sind durch alle anderen Arten von Reizen, die auf den Nerven wirken, ebensogut auszulösen wie durch elektrische Reize. Die Nerven sind keine besseren Leiter für elektrische Ströme als irgend ein anderes tierisches Gewebe; die Markscheiden sind keine Isolatoren gegen Elektrizität. Ein unterbundener Nerv leitet keinen Reiz mehr zum Muskel; er leitet aber die Elektrizität noch ebensogut. In Drüsen ist die Richtung des Stromes derjenigen der sezernierten Flüssigkeit gerade entgegengesetzt. du Bois-Reymonds Hypothese von polaren Molekülen paßt höchstens für Muskeln, aber nicht für Lebenserscheinungen in anderen Geweben. Wenn das Leben auf elektrodynamischen Ausgleichen beruhte, so müßten doch die Spannungsunterschiede aus chemischen Prozessen abgeleitet werden, die, wenn sie vitalen Charakter haben sollten, wieder auf elektrodynamische Ströme zurückweisen müßten, so daß man sich auch hier im Kreise drehte. Die elektro-dynamische Theorie des Lebens, der unter den Philosophen Fortlage huldigte, darf gegenwärtig wohl als aufgegeben gelten. —

Schließlich bespricht Kassowitz noch die von Virchow auf-

gestellte Ansicht, daß das Leben auf einem besonderen Bewegungs- oder Schwingungszustande beruhe, der von dem lebenden Teil der Materie auf den noch unbelebten übertragen werden könne. Leuckart hatte in diesem Sinne den Einfluß der Samenzelle auf die Eizelle, Nägeli die Gärung, Haeckel die Vererbung zu deuten versucht. Kassowitz weist auf die bisherige Unfähigkeit dieser Theorie hin, ihre allgemeinen Behauptungen irgendwie im besonderen durchzuführen und die Schwierigkeiten zu beseitigen, die daraus entspringen, daß die fermentative Bewegungsform auf die ihr zugänglichen Stoffe bald übertragen wird, bald nicht. Es erhellt daraus, daß die Übertragung der Bewegungsformen doch keinesfalls das letzte Prinzip des Lebens sein kann, sondern höchstens Mittel im Dienste eines anderen Prinzips. Daß bei einer Fermentwirkung gewisse Bewegungsformen von dem Ferment auf den anderen Stoff übergehen, in diesem als Störung des bestehenden Gleichgewichtszustandes wirken und für den neu eintretenden Gleichgewichtszustand mitbestimmend sind, leugnet auch Kassowitz nicht; er bestreitet nur, daß die für das Leben entscheidenden Fermentwirkungen anders als unter Mitwirkung der lebenden Substanz selbst zustande kommen können. Diese Ansicht ist in bezug auf die zeitlich zweckmäßige Aktivierung und Inaktivierung der Fermente gewiß ebenso richtig wie in bezug auf die räumliche Verteilung der verschiedenen Fermente in den Zellen und in vielzelligen Organismen. Ihre Richtigkeit dürfte jedoch ganz unabhängig davon sein, ob gewisse Fermente von der lebenden Substanz abtrennbar sind oder nicht, während Kassowitz glaubt, daß sie mit ihrer Unabtrennbarkeit zusammenfällt.¹⁾ —

Das Ergebnis, zu dem Kassowitz gelangt, ist, daß alle Versuche, das Leben vermittels physiko-chemischer Gesetze nach Analogie unorganischer Vorgänge zu erklären, bis jetzt vollständig gescheitert sind, wofür er die Bekenntnisse von E. du Bois-Reymond, Hoppe-Seyler, Ferdinand Cohn und Hermann anführt. „Ein Teil der Forscher und physiologischen Schriftsteller sucht sich nun freilich über das peinliche Eingeständnis der gänzlichen Erfolglosigkeit der herrschenden Theorien mit Umschreibungen und Worterklärungen hinüberzuhelfen, die aber im Grunde genom-

¹⁾ Vergl. Kassowitz, Gärung (in der „Zukunft“, 1902, Nr. 3, S. 105 bis 115).

men einem solchen Eingeständnis ziemlich gleichwertig sind. — Daß solchen Scheinerklärungen und Umschreibungen, welche höchstens ein trügerisches Gefühl kausaler Befriedigung hervorrufen, ein offener Ignoramus vorzuziehen ist, das bedarf wohl keiner besonderen Begründung“. Es macht sich im Gegensatz zu der früheren Hoffnungsfreudigkeit mehr und mehr eine Mutlosigkeit und eine resignierte Stimmung geltend, da nach Wiesners Bekenntnis die Kluft, welche die Organismen von der unorganischen Natur trennt, mit dem Fortschreiten unseres Wissens immer größer wird. Selbst die mutigsten halten den Kampf um eine physikochemische Erklärung des Lebens „wenigstens nach der gegenwärtigen Konstellation für aussichtslos, weil es ihnen unwahrscheinlich vorkommt, daß die jetzt bekannten Gesetze zur Erklärung des Lebens ausreichen“ (Hermann, Lehrbuch der Physiologie, 9. Aufl. S. 6). „Da wir aber nicht wissen können, ob wir in absehbarer Zeit die Aufdeckung dieser noch unbekanntem Gesetze erleben werden, so ist eigentlich auch damit ein Verzicht auf die mechanische Erklärung der Lebenserscheinungen ausgesprochen“ (Kassowitz, Allg. Biologie, Bd. I S. 121—123).

Diese Sachlage, die dem Wiederaufleben des Vitalismus so günstig ist, will aber Kassowitz durch eine metabolische Theorie des Lebens zum Abschluß bringen. Diese besagt, daß alle Lebenserscheinungen in einem Abbau und Wiederaufbau lebender Substanz bestehen, und daß die Lebhaftigkeit der Erscheinungen der Lebhaftigkeit dieser Mauserung oder dieses Stoffwechsels in der submikroskopischen Struktur des Protoplasma entsprechen. Als Vorgänger dieser Ansicht führt er Lavoisier, A. v. Humboldt, Prochaska, Tiedemann, Liebig, Claude Bernard, Beale, Foster, Playfair, Kendrick, Parker, Hoppe-Seyler, Wundt, Hermann, Weismann, Detmer, Hering, Pflüger an. Sie ist also nicht ganz neu; neu ist nur die extreme Behauptung von Kassowitz, daß nicht bloß ein Teil der Auswurfstoffe, sondern ihr ganzer Betrag von der Zerstörung organisierter Körperteile herrührt, oder, genauer ausgedrückt, daß die Verbrennungswärme der nicht in das Körperplasma eingebauten und wieder abgebauten, sondern nur unter dem Einfluß des Körperplasma verbrannten Nahrungsmittel nichts zum Lebensprozeß beitrage. In dieser Fassung ist die Richtigkeit der Behauptung sehr anfechtbar. Mögen immerhin die Maschinenbedingungen im Organismus fehlen, um diesen Teil der Verbren-

nungswärme in mechanische Energie umzusetzen, so ist doch die thermische Energie auch als solche für den Lebensprozeß wichtig genug, und die Verbrennung, der sie entstammt, ist durch den Lebensprozeß hervorgerufen. Ob dieser Beitrag groß oder klein ist, und ob der Nutzen, den er dem Organismus bringt, bei gewissen Stoffen (z. B. Alkohol) durch den Schaden, den er ihm zufügt, überwogen wird, das ist eine sekundäre Frage. Der Unterschied zwischen der gewöhnlichen, gemäßigten Ansicht und der extremen, von Kassowitz vertretenen, scheint aber auch für die mechanische Erklärung des Lebens ganz unerheblich. Kassowitz weiß sehr wohl, daß es sich nur um eine Hypothese handelt, da die letzten Strukturelemente der lebenden Substanz, um deren Abbau und Wiederaufbau es sich handelt, unserer optischen Wahrnehmung für immer entzogen sind (I, 8). Noch problematischer sind seine Hilfshypothesen über die submikroskopische Struktur des Protoplasmas und ihren Einsturz und Wiederaufbau bei Reizeintritt, ferner seine Bekämpfung der katalytischen Gärungstheorie zugunsten seiner metabolischen.

Es ist eigentümlich, daß ein Forscher, der die Unzulänglichkeit der übrigen Theorien so klar durchschaut, seine Stoffwechsellehre für eine ausreichende mechanische Erklärung des Lebens halten kann.¹⁾ Wie kommt derselbe Reiz dazu, die lebende Substanz zur Dissimilation und Assimilation, zur Selbsterstörung und Selbstwiederherstellung anzuregen? Welchen Vorzug haben die Nährstoffe für den Wiederaufbau vor den Bestandteilen, die bei der Selbsterstörung ausgeschieden werden, da doch die ersteren erst assimiliert und eingebaut werden müssen, während die letzteren beides schon sind? Diese und ähnliche Fragen bleiben unbeantwortet. —

Etwas Richtiges enthält ja jede der als unzulänglich verurteilten Theorien. Der Organismus ist eine Wärmekraftmaschine, aber er ist mehr als das. Er braucht die Verbrennungswärme von Nahrungsmitteln als Betriebsenergie des Lebens, aber er braucht auch Nahrungsmittel ohne Verbrennungswert daneben und schätzt die mit Verbrennungswert nicht bloß nach diesem, sondern auch und in erster Reihe nach ihrem Bauwert. In jeder Zelle

¹⁾ Vgl. Kassowitz, Vitalismus und Teleologie (im Biologischen Centralblatt vom 15. Dez. 1905).

sind, selbst wenn eine Zelhöhle fehlt, doch größere oder kleinere Vakuolen im Protoplasma, deren flüssige Inhalte miteinander und mit der Umgebung in osmotischem Stoffaustausch stehen; aber die ein- und vielzelligen Organismen sind keine bloßen Systeme von osmotischen Plasmaschichten und Häuten, und der Stoffaustausch und Säftestrom in ihnen steht noch unter ganz anderen Gesetzen als bloß den osmotischen. Alle Formbildungsvorgänge sind durch chemische Veränderungen eingeleitet und bestimmt, und diese werden durch Fermente bewirkt; aber es hängt nicht von den Fermenten ab, daß sie da sind, an der rechten Stelle sind, zur rechten Zeit aktiviert und wieder desaktiviert werden. Die Ganglienzelle muß eine Quelle elektrischer Spannungsdifferenzen und der Nerv eine Leitungsbahn sein, sonst könnten nicht Batterien von Ganglienzellen elektrische Schläge erteilen, die an der Körperoberfläche wirksam werden. Alle chemischen, elektrischen und sonstigen Vorgänge weisen letzten Endes auf bestimmte Bewegungsformen der Moleküle und ihre Übertragung zurück; aber das Leben besteht nicht in einer ganz spezifischen Bewegungsform, sondern darin, daß an jeder Stelle zu jeder Zeit die richtige, dem Organismus dienliche von allen möglichen unorganischen Bewegungsformen eintritt, und es gibt keine Bewegungsform, die das erklären könnte.

So ist auch die bis ins kleinste durchgeführte metabolische Mauserung eines der mechanischen Hilfsmittel des Lebens; aber sie ist weder das Leben selbst, noch kann sie es erklären. Es bedarf vielmehr einer Erklärung, wie diese Mauserung überall, wo das Leben waltet, zustande kommt, da sie doch in der unorganischen Natur keinerlei Analogie hat. Gewiß ist der Organismus einer chemischen Fabrik vergleichbar; aber wir kennen keine chemische Fabrik, die, wie der Organismus, sich wesentlich damit beschäftigt, ihre eigenen Tiegel, Retorten, Geräte und Bauten fortwährend chemisch zu zerstören und von den zugeführten Beschickungsmaterialien wieder neu herzustellen, und die kein Produkt liefert als sich selbst. Gerade diese metabolische Theorie führt das Urteil am deutlichsten ad absurdum, daß sich das Leben aus physiko-chemischen Kräften und Gesetzen allein erklären lasse.

Der grundlegende Irrtum von Kassowitz dürfte darin bestehen, daß er das Leben aus einer „lebenden Substanz“, d. h. aus einem Stoff oder einer Stoffverbindung als Träger und Produzenten des

Lebens erklären will. Lebende Substanz ist aber nur ein Produkt des Lebens; lebend heißt die Substanz nur, sofern sich das Leben an ihr abspielt. Jede Stoffverbindung ist ein Durchgangspunkt des Lebens, nämlich einerseits Ergebnis der vorangegangenen, andererseits Stützpunkt und mechanisches Hilfsmittel der nachfolgenden Lebenserscheinungen. Aber eine materielle Masse, die nicht durch das ihr zufließende Leben, sondern an sich selbst durch ihre eigene materielle Beschaffenheit lebend wäre, eine solche kann es nicht geben, und von einer solchen zu reden und nach ihr zu forschen ist das *περὶ τὸν ψεῦδος* und die *petitio principii* der materialistischen und mechanistischen Weltanschauung. Kassowitz gelangt zu seiner materialistischen Ansicht nur dadurch, weil er die Teleologie verwirft, und er verwirft die Teleologie nur darum, weil er das objektiv und an sich Zweckmäßige mit dem subjektiv uns zweckmäßig Scheinenden identifiziert und von der Voraussetzung ausgeht, daß die Anerkennung der naturgesetzmäßigen Notwendigkeit alles Geschehens die teleologische Betrachtung und Bedeutung desselben ausschließe. Tatsächlich zweifelt aber kein Vitalist daran, daß die Naturzwecke sich nach naturgesetzlicher Notwendigkeit realisieren, und die Frage dreht sich nur darum, ob diese Notwendigkeit aus physiko-chemischen Gesetzen allein entspringt, oder aus der Übereinanderlagerung von organischen und unorganischen Naturgesetzen, vitaler Autonomie und Mechanik der Atome.

11. O. Hertwig.

Hertwig ist bedeutend vorsichtiger in seinen Urteilen als der ihm sonst nahe stehende Kassowitz. Gegenüber der chemisch-physiologischen Richtung hat die anatomisch-biologische Richtung unseren Einblick in das Leben vertieft und immer mehr zu der Einsicht geführt, daß sowohl der mechanistische wie der vitalistische Standpunkt einseitig ist und beide in ihrer Einseitigkeit gleich unberechtigt sind. Die Lebenserscheinungen beruhen auf einer ganz neuen Welt von Organisationen des Stoffes, an welche die chemische Wissenschaft, wie sie jetzt ist, nicht heranreicht. Pflanzen und Tiere zeigen dem Forscher eine ganz neue Welt ungewein mannigfacher Wirkungen, wie sie in der unbelebten Natur gar nicht vorkommen können, weil die dafür erforderliche Organisation ganz fehlt. „Das Einfachere ist durchaus nicht immer

das besser Bekannte und der gewöhnliche Gang der Wissenschaft ist sogar wohl der, daß wir aus dem Studium des Zusammengesetzteren das Einfachere überhaupt erst kennen lernen.“

Mit mindestens dem gleichen Rechte, wie man von den physikalisch-chemischen Kräften der Atome im Reagierglas zu denen in der Zelle aufzusteigen versucht hat, kann man auch vom menschlichen Bewußtsein zu dem der Zelle und des Atoms hinabsteigen. Der Biologe hat beide Wege zu meiden, den ersteren, weil er viel zu beschränkt und nicht erschöpfend genug für seine Aufgaben ist, den zweiten, weil er den realen Boden der Naturwissenschaft verläßt. (Der zweite Weg gehört der vergleichenden Psychologie an.) Die Erklärung der Welt als eines Mechanismus sich stoßender Atome beruht nur auf einer Fiktion, welche zur Darstellung mancher Verhältnisse nützlich sein mag, aber doch nicht der Wirklichkeit entspricht¹⁾. Durch Kombination unorganischer Kräfte ist keine gestaltende Kraft und keine organische Gestalt hervorzubringen²⁾. „Die Kräfte, die im Zellenorganismus diese oder jene Erscheinung hervorrufen, entziehen sich auf dem derzeitigen Entwicklungsstadium der Naturwissenschaften vollkommen einer physikalischen und einer chemischen Erkenntnis.“

Man kann zeigen, daß der Knochen, das Auge, das Ohr, der Kehlkopf nach den mechanischen Prinzipien gebaut sind, wie sie es sein müssen, um mechanischen Zwecken zu dienen; aber ihre Entwicklung hat noch niemand mechanisch begriffen, und dies ist zurzeit unmöglich. Das gleiche gilt bei jedem Entwicklungsgang; „denn überall treffen wir auf den einer mechanischen Erkenntnis sich absolut entziehenden Faktor, welcher von allen der wichtigste ist, auf die Tätigkeit des Zellenorganismus“. Hertwig ist ein Anhänger der progressiven Entwicklung, der er auch die ausnahmsweise Rückbildung von Organen und Organismen, ebenso wie ihre Vervollkommnung unterordnet. Er führt zustimmend Aussprüche an, die auf die Abhängigkeit der Teile vom ganzen hinweisen. Die Pflanze bildet die Zellen, nicht die

¹⁾ O. Hertwig, Die Entwicklung der Biologie im 19. Jahrhundert. Jena 1901.

²⁾ Derselbe, Mechanik und Biologie. Zeit- und Streitfragen der Biologie, Heft 2. Jena 1897.

Zellen die Pflanze (de Bary). Die Struktur des Zellenmosaiks ist etwas zur Organisation noch Hinzugefügtes, nicht selbst Grund der Organisation (Withmann). Das ganze bestimmt die Teile und nicht umgekehrt (Rauber). Der werdende Organismus ist ein im Wachstum sich ausdehnender, zerklüftender und gesetzmäßig sich gliedernder Protoplasmakörper (Rauber). „Die Zellen determinieren sich zu ihrer späteren Eigenart nicht selbst, sondern werden nach Gesetzen, die sich aus dem Zusammenwirken aller Zellen, auf den jeweiligen Entwicklungsstufen des Gesamtorganismus ergeben, determiniert“¹⁾. Schwer dürfte es zu erraten sein, welche Vitalisten Hertwig im Sinne hat, wenn er ihnen Einseitigkeit vorwirft. Ich kenne nur solche Vitalisten, die die Lebenserscheinungen aus dem Zusammenwirken der physiko-chemischen Gesetze mit der vitalen Autonomie abzuleiten versuchen, sich also von unberechtigter Einseitigkeit fernhalten und mit Hertwig auf gleichen Boden stehen. Die „Einseitigkeit“, d. h. die Leugnung oder Ignorierung oder Unterschätzung der anderen Seite ist ausschließlich bei den Mechanisten zu finden.

12. Haacke.

W. Haacke, der in seinen biologischen Ansichten Kassowitz und Hertwig nahe steht, möchte gern gleich Kassowitz mit den physiko-chemischen Gesetzen ausreichen, wird aber im Gegensatz zu Kassowitz zu einer teleologischen Auffassung hingedrängt. Erhaltungsmäßige, harmonische, zweckmäßige Lebewesen werden ungeheuer viele Male öfter erzeugt, als sie es dürften, wenn bloß der Zufall bei der Abänderung der Teile herrschte. Er stellt z. B. eine Berechnung darüber an, wie groß die Wahrscheinlichkeit wäre, daß bei zufälliger Abänderung hundert Federkieläste einer Pfauenfeder ihre drei Farben so abändern, daß die Zeichnung eines Pfauenauges entsteht. „Die Natur spielt mit gefälschten Würfeln, Naturgesetze genannt, und muß, wo es ihr gelang, die erforderlichen Würfel in den Becher zu tun, einen Pasch werfen. Ob man aber wirklich einen Würfelfälscher annehmen müsse, diese durch sie unbeantwortbare Frage verneint die ihrer Grenzen bewußte Wissenschaft nicht.“ Die Zweckmäßigkeit der Natur-

¹⁾ O. Hertwig, Die Zelle und die Gewebe. Zweites Buch. Jena 1898. S. 257—258, 280, 88—89, 144.

gesetze ist tief im Kosmos begründet. Wo wir sie noch nicht auf direkte Anpassung zurückführen können, z. B. bei der Schutzfärbung, müssen wir die Hoffnung festhalten, daß uns das künftig gelingen wird, wie es bei manchen Strukturen, z. B. dem Knochenbau, schon gelungen ist.

Die Welt, in der wir leben, mußte aus einer selbst schon zweckmäßigen ursprünglichen Verteilung der Uratome mit Notwendigkeit und ohne darwinistisches Herumprobieren der Natur entstehen. Diesen Anfang darf der Gläubige als einen von Gott gesetzten auffassen, der so eingerichtet ist, daß er nach bloßen Naturgesetzen zu einer Welt des Guten, Wahren und Schönen führt. „So sehr wir uns auch sträuben mögen, wir können die Verteilung der Materie im Weltall und die Eigenschaften ihrer letzten Elemente nicht anders beurteilen als nach ihrem Zwecke.“ Der Naturforscher kann höchstens feststellen, daß die Versetzung einer Pflanzenart in ein anderes Klima sie so beeinflußt, daß eine bestimmte Umwandlung vor sich gehen muß; aber er kann nicht sagen, warum diese Beeinflussung zweckmäßig ist, d. h. sie befähigt, den Unbilden des neuen Klimas zu trotzen, warum die neue Organisation mit der übereinstimmt, die zum Fortbestand der Pflanze unter den veränderten Bedingungen erforderlich ist, oder warum diese Veränderungen gerade solche sind, daß sie die Vererbung erworbener Eigenschaften vermitteln.

Die stammesgeschichtliche Entwicklung der Organisation macht den Eindruck, als ob die einzelnen Teile des Organismus mit Willen begabte und einem bestimmten Triebe folgende Wesen wären, deren Zusammenwirken den Organismus zu einem einheitlichen Gebilde gestaltet. Und dies ist kein bloßer Schein. Denn der Organismus ist ein gesetzmäßig sich verändernder Komplex von Bahnen, auf der sich gesetzmäßig sich verändernde Stoffteilchen bewegen, nicht in einem innern Kreislauf, sondern aus der Umgebung durch den Körper hindurch in die Umgebung zurück. Die Veränderungen hängen von dem Zusammenwirken der auf ihren Bahnen sich treffenden Stoffteilchen ab und sind bestimmt durch die plötzlichen Empfindungsänderungen der Atome, die wieder von den Änderungen in der Stellung der Atome zu ihren Nachbarn (z. B. Eintritt in chemische Verbindungen oder Austritt aus solchen) abhängen. Was, objektiv betrachtet, Streben nach Gleichgewicht ist, das ist, subjektiv betrachtet, Streben nach

Lust; beides ist potentiell präformiert, nämlich für den etwaigen Fall des Eintritts bestimmter Beziehungen zur Nachbarschaft. Wie der Wille der Uratome sich mit ihrer Umgebung ändert, so auch derjenige der zusammengesetzten Individuen; denn die Seele jeder Individualitätsstufe baut sich aus den Seelen der nächst niederen Individualitätsstufen auf. Es gibt also Uratomseelen, Elementatomseelen, Molekuleseelen, Gemmenseelen, Gemmarienseelen, Zellseelen, Personseelen und Stockseelen. Alle haben ihren Willen, der sich letzten Endes aus Uratomwillen aufbaut. Die Welt ist also Wille, und der Wille ist es, der die Vorgänge beherrscht. Der Stoffbegriff ist als wissenschaftlich wertlos auszuscheiden. „Wir kennen nur die Reaktionen des Weltsubstrats, die Reagentien kennen wir nicht.“ Der Wille ist schon im Instinkt der Tiere meistens nicht bewußt; auf niederen Individualitätsstufen dürfte er es also noch weniger sein. Gleichgewichtsstreben und Luststreben sind nach Art des psychophysischen Parallelismus durch ein metaphysisches Band (Syndesmos) verknüpft (Syndesmismus).

In dieser Haackeschen Naturphilosophie laufen zwei Auffassungen durcheinander, einerseits ein makrokosmisches Präformationssystem, andererseits ein System mikrokosmischer Anpassungen. Nach der ersteren Ansicht ist die Zwecktätigkeit rein in den Welt schöpfer verlegt und auf die ursprüngliche Verteilung der materiellen Elemente im Weltenraum beschränkt, während alles weitere Geschehen nach blinder Notwendigkeit aus der Anfangskonstellation und den physikochemischen Gesetzen folgt. Nach der zweiten Auffassung dagegen sind es die Individualwillen der verschiedenen Individualitätsstufen, die in ihrer Anpassung an die jeweilige Umgebung eine Zwecktätigkeit entfalten und die zweckmäßige Harmonie des ganzen aufrecht erhalten. Nach der ersten Ansicht sind die materiellen Gesetze der Materie erschöpfend, und das psychische Leben läuft als einflußloses, passives, parallelistisches Anhängsel nebenher. Nach der zweiten Ansicht ist die stoffliche Welt bloßer Schein ebenso wie die bewußten psychischen Phänomene, und die Individualwillen sind in ihrer unbewußten Zwecktätigkeit die wahren Reagentien in den Weltreaktionen, die zugleich das metaphysische Band der beiden parallelen Erscheinungssphären bilden. Die erstere Ansicht liegt Haacke als Naturforscher näher; aber sie läuft seinem Kampfe gegen allen Präformationismus und alle Einschachtelung

zuwider, da sie zwar nicht auf mikrokosmische Schachtelkeime oder Schachtelatome, wohl aber auf ein makrokosmisches Schachteluniversum führt. Die zweite, naturphilosophische Ansicht dürfte deshalb auch für Haacke die entscheidende und mit seinen eigentlichen Intentionen übereinstimmende sein¹⁾.

13. Weismann.

Weismann ist zuerst im Jahre 1876 auf die Teleologie eingegangen in seinen „Studien über die Deszendenztheorie“ Bd. II, Abschnitt IV: „Über die mechanische Auffassung der Natur“ (S. 275 bis 330). Die Naturwissenschaft darf nicht auf das Forschen nach mechanischen Erklärungen verzichten, ohne sich selbst aufzugeben. Es ist freilich erwünscht und notwendig, daß der Naturforscher über die (mechanische) Erforschung der Natur zu einer abschließenden Weltanschauung fortgehe; aber er wird eben damit Philosoph. Die Welt als Ganzes mit ihrer unendlichen Harmonie kann nicht aus blinder Notwendigkeit entstanden sein; so wäre sie nur das Werk des Zufalls, da (nach von Baer) die Wirkungen einer Reihe von Notwendigkeiten, die nicht untereinander verbunden sind, in ihrer gegenseitigen Beziehung nur Zufälle genannt werden können. Die Welt muß vielmehr das Resultat eines planmäßig gerichteten, großartigen Entwicklungsprozesses sein. Es ist unabweislich, ein teleologisches Prinzip neben dem Mechanismus anzuerkennen.

Mit dem Mechanismus ist die Welt noch nicht begriffen, wenn man nicht den teleologischen Grund des Mechanismus als die gemeinsame Wurzel mit begreift, aus der das harmonisch abgewogene Zusammenwirken der physischen Kräfte und ihr Resultat, die vernünftige Welt, entspringt. Von diesem Grunde können wir nur das eine mit Bestimmtheit sagen, daß er teleologisch sein muß, und dies ergibt eine der materialistischen gerade entgegengesetzte Weltanschauung, eine immanente Teleologie, in der göttliche Allmacht und Atombeseeltheit verbunden sind. Wir behalten das beruhigende Gefühl, einem harmonischen Weltganzen als notwendiges, entwicklungsfähiges und einem Ziele zustrebendes Glied eingefügt zu sein. Die mechanische Naturauffassung

¹⁾ W. Haacke, Die Schöpfung des Menschen und seiner Ideale, Jena 1895. Aus der Schöpfungswerkstatt, Berlin 1897.

läßt sich nicht nur mit einer teleologischen Weltauffassung verbinden, sondern muß mit ihr verbunden werden.

Trotz dieses Bekenntnisses zu einer immanenten Teleologie ist Weismann Gegner des Vitalismus und bekämpft die Lebenskraft in jeder Gestalt, als phyletische wie als ontogenetische, als metaphysische wie als physische. Die Lebenskraft allein ohne Ernährung und Atmung kann das Werden und Wachsen des Organismus nicht aufrecht erhalten (es ist auch wohl noch keinem Vitalisten eingefallen, dergleichen zu behaupten); sondern sie muß mit den Einflüssen der Außenwelt zusammenwirken. Die Lebenserscheinungen sind nichts anderes als die Reaktionen des Organismus auf die Einflüsse der Außenwelt. Weismann gelangt von diesen richtigen Voraussetzungen aus zu falschen Folgerungen, weil er in dem Vorurteil befangen ist, daß die Teleologie und die mechanische Kausalität nicht bloß nicht abwechselnd, sondern auch nicht gleichzeitig sich entfalten können, daß demgemäß die Lebenskraft ihre Zwecktätigkeit weder zwischen mechanische Vorgänge einschieben noch auch durch Superposition mit ihnen kombinieren könne. In jedem dieser Fälle glaubt er, daß die mechanische Naturauffassung aufgehoben sei, während sie doch nur durch etwas Höheres ergänzt ist; nicht sie selbst, sondern nur ihre vermeintliche Alleingültigkeit wird aufgehoben.

Gewiß steht und fällt die phyletische Lebenskraft mit der ontogenetischen, weil die Stammesentwicklung sich nur in einer Reihe von Individualentwicklungen verwirklichen kann. Geht man also von der Voraussetzung aus, daß es keine ontogenetische Lebenskraft geben könne, so ist es eine formell richtige Folgerung, daß es auch keine phyletische Lebenskraft geben kann. Kann dagegen die Stammesentwicklung ohne phyletische Lebenskraft nicht erklärt werden, so muß daraus auch auf die Wirksamkeit einer ontogenetischen Lebenskraft geschlossen werden.

Daß die Annahme einer metaphysischen Entwicklungskraft mit den Grundsätzen der Naturforschung in Widerspruch stehe, hat Weismann nur behauptet, aber nicht begründet; denn die Leugnung der Möglichkeit des Zusammenwirkens vitaler und unorganischer Kräfte kann nicht als Begründung gelten, weil sie selbst in der Luft schwebt. Es ist nicht abzusehen, warum die Teleologie nur hinter, aber nicht in dem Mechanismus denkbar sein soll, warum nicht in jeder Individualitätsstufe Finalität und

Kausalität ineinander und nur verschiedene Seiten derselben gesetzmäßigen Bestimmtheit, aus verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet, sein können, warum nicht die Finalkausalität höherer Individualitätsstufen mit der Finalkausalität der niedrigsten, der Atome zusammenwirken sollte, und warum nicht unorganische Gesetzmäßigkeit von einer höheren organischen überlagert sein sollte. Nur dieses Ineinander ergibt eine wahrhaft immanente Teleologie, während die bloß hinter dem Mechanismus stehende eben damit ihm transzendent bleibt, nämlich die vorweltliche Zwecktätigkeit eines der Welt transzendenten Schöpfers, die im Weltprozeß nicht als Tätigkeit, sondern nur als Resultat erhalten bleibt.

Weismann weiß die Anpassung durch die ontogenetische Lebenskraft nur als eine zweckmäßige Präformation des Keimes zu deuten, die ihn veranlaßt, gerade zu der Zeit so zu variieren, wo die Umstände hervortreten, zu denen diese Variation paßt, und er bekämpft die so gedeutete Anpassung mit Recht, weil sie eine prästabilisierte Harmonie zwischen Änderung der Umgebung und Änderung des Individuums voraussetzt. Aber er bemerkt weder, daß diese Deutung der Anpassung gerade den Begriff der aktiven, zwecktätigen Anpassung aufhebt und damit die ontogenetische Lebenskraft aufhebt, noch auch daß er selbst der prästabilisierten Harmonie, der er im einzelnen entgehen will, im ganzen verfällt. Denn die universelle Weltharmonie, die Weismann annimmt, soll ja nach ihm gerade eine prästabilisierte, vor Beginn des mechanischen Weltprozesses eingerichtete und festgelegte sein. Gott hat die Weltuhr gemacht, aufgezogen und angestoßen, und nun geht sie nach rein mechanischen Gesetzen als harmonisches Kunstwerk von selbst weiter, während der Uhrmacher untätig zusieht. Es ist dies die spezifisch deistische Auffassung der prästabilisierten Harmonie, im Gegensatz zu dem theistischen concursus divinus und der pantheistischen Immanenz.

Weismann hat sein ganzes Leben lang daran gearbeitet, die Lebenserscheinungen rein mechanisch begreiflich zu machen und die Entstehung des Zweckmäßigen ohne Mitwirkung zwecktätiger Kräfte zu erklären, und das Ende dieser Bemühungen ist, daß er damit gescheitert ist, wie aus seinem abschließenden Lebenswerk, den zweibändigen „Vorträgen über Deszendenztheorie“ (Jena 1902) hervorgeht. Zuerst überzeugt, daß Darwins natür-

liche Zuchtwahl mit ihrer „indirekten Anpassung“ das Problem der Entstehung des Zweckmäßigen ohne zwecktätige Kräfte gelöst habe, bekämpfte er als eifriger Darwinianer einerseits die heterogene Zeugung, sprunghafte Abänderung oder de Vriessche Mutation, andererseits die direkte Anpassung des Neulamarckismus. Er fühlte ganz richtig, daß die sprunghafte Abänderung unwiderstehlich auf den Vitalismus hindrängt, wenn man ihren Ergebnissen irgend welche Zweckmäßigkeit zugesteht, und daß sie ein Prinzip einführt, das die indirekte Anpassung durch natürliche Zuchtwahl überflüssig macht. Er fühlte ebenso richtig, daß die „direkte Anpassung“ im Sinne des Neulamarckismus nur selten aus bewußt zweckmäßigen Reaktionen, in der Regel aber aus unbewußt zweckmäßigen Reaktionen entspringen muß, und daß letztere wiederum auf ein zwecktätiges Prinzip im Organismus zurückweisen. Deshalb bot er alles auf, den Neulamarckismus dadurch zu entwurzeln, daß er die Vererbbarkeit individuell erworbener Merkmale bestritt.

In beiden Punkten ist die moderne Biologie über seinen Einspruch zur Tagesordnung hinweggegangen, indem die sprunghafte und doch zweckmäßige Abänderung mehr und mehr Anerkennung findet, und die Vererbbarkeit gewisser erworbener Eigenschaften immer sicherer wird, in beschränkterem Umfange sogar von Weismann selbst eingeräumt wird. Freilich haben erst wenige Anhänger der sprunghaften Abänderungen und der direkten aktiven Anpassung die vitalistischen Konsequenzen dieser Tatsachen so durchschaut, wie Weismann, der gerade deshalb sie zu bestreiten sucht.

Daß die Darwinsche Zuchtwahl unter Individuen und Arten nicht ausreicht, um die rein mechanische Entstehung des Zweckmäßigen zu erklären, sah auch Weismann mit der Zeit ein. Die Rouxsche Ergänzung durch Gewebeselektion ließ er zwar gelten, aber nur für das Individuum, in welchem sie erfolgt, während ihm ihre Übertragung auf dessen Nachkommen durch den Grundsatz der Nichtvererbbarkeit erworbener Merkmale als ausgeschlossen gelten mußte. Die mechanische Entstehung des Zweckmäßigen suchte er durch seine Hypothese eines Mosaiks von Sonderanlagen (Determinanten) im Keim und durch eine hypothetische Selektion dieser Keimteilchen zu sichern. Aber diese Hypothese hat in den Kreisen der modernen Biologie die entschiedenste Ablehnung und

nachdrückliche Bekämpfung erfahren und kaum einen unbedingten Anhänger gefunden¹⁾; auch ich habe sie anderwärts als unhaltbar nachgewiesen²⁾. Das Merkwürdigste ist aber, daß Weismann in seinen „Vorträgen“ selbst die Unzulänglichkeit seiner Hypothese anerkennt und sie für unfähig erklärt, das zu leisten, was sie leisten soll, nämlich die Erklärung des Zweckmäßigen in den Organismen.

Über den Sonderanlagen des Keimes läßt er nämlich „vitale Affinitäten“ schweben, Kräfte völlig unbekannter Art, die aber die Struktur der Keimteilchen bei ihrer hypothetischen Vermehrung durch Teilung aufrecht erhalten und die in zerstreuter Ordnung in alle Körperteile und Organe gelangenden Sonderanlagen des Keimes richtig wieder zusammenfügen sollen. Es sind leitende und ordnende Kräfte, die nicht an den einzelnen Sonderanlagen der Keimteilchen haften, aber auch nicht, wie Weismann zu glauben scheint, an der Struktur ihrer Zusammenfügung haften können, weil ja ihre Leistung eben darin besteht, diese Struktur aufzulösen und nach vollzogener Auflösung und trotz derselben in den Organen in anderer Weise wieder aufzubauen. Es sind Kräfte, deren Angriffspunkte zwar bekannt, deren Ausgangspunkte oder Träger jedoch unbekannt sind. Es sind Kräfte, die je nach Bedarf abstoßen oder anziehen, lösen oder binden können (und eigentlich noch mehr als das können müssen, um ihre Aufgaben zu erfüllen, nämlich drehen und scheren). Sie sind in allen Lebenseinheiten wirksam, müssen also in sich einen ebensolchen ineinandergefügten Stufenbau bilden wie diese Lebenseinheiten selbst. Wodurch diese ordnenden und leitenden vitalen Kräfte sich von der Lebenskraft unterscheiden sollen, hat Weismann nicht angegeben. Jedenfalls sind sie es, denen allein das Zustandekommen zweckmäßiger Resultate im Organismus zu verdanken ist. Ob nicht seine ganze Determinantentheorie und Germinalselektion überflüssig werden, sobald man diese vitalen Kräfte annimmt, hat Weismann nicht in Erwägung gezogen.

¹⁾ Vergl. insbesondere Kassowitz, Allgemeine Biologie, Bd. II, Wien 1898; Haacke, Grundriß der Entwicklungsmechanik, Jena 1897; derselbe „Die Schöpfung des Menschen und seiner Ideale“, Jena 1895. Auf S. 467 sind die Abhandlungen und Journalaufsätze angeführt, in denen Haacke Weismann kritisiert hat.

²⁾ „Weismanns Neudarwinismus“, in „Nord und Süd“ 1904, Aprilheft.

Bis zur Stunde läßt sich weder beweisen, daß eine Lebenskraft im Organismus wirksam ist, noch auch beweisen, daß eine solche nicht mitspielt und die physikochemischen Kräfte allein alles hervorbringen. Die Naturforschung darf nur da unbekannte Kräfte annehmen, wo sie mit den bekannten nachweislich nicht auskommt. Weismann hat eingestanden, daß sogar unter der Voraussetzung seiner Determinantentheorie und Germinalselektion die physikochemischen Kräfte unzureichend sind, um die Ordnung der Teilchen zu erklären, und daß sie unter allen andern Voraussetzungen noch weniger dazu ausreichen. Er ist deshalb folgerichtig zu der Ergänzungshypothese vitaler Affinitäten fortgeschritten, wobei er nur ihre Identität mit der Lebenskraft übersieht und für seine Person keine Neigung verspürt, dieser Hypothese weiter nachzugehen und ihre Konsequenzen zu durchdenken. Er lehnt es für seine Person ab, in das Gebiet der Grunderscheinungen des Lebens einzutreten, begnügt sich einstweilen damit, das Leben als eine physikochemische Erscheinung zu betrachten, und schiebt seine tiefere Erklärung einer ferneren Zukunft zu. Damit spottet freilich die „Biologie“ ihres Namens, wenn sie sich mit der Erforschung der toten Bedingungen des Lebens begnügt und auf die Erforschung seines wesentlichen Gehalts und tieferen Grundes verzichtet.

Weismann hat sehr wohl die Perspektive im Auge, daß der wesentliche Grund des Lebens zugleich der Grund des Empfindens, Wollens und Denkens ist, und daß das Psychische im Organischen ein Summationsphänomen aus den psychischen Elementen des Anorganischen ist¹⁾. Er irrt nur, wenn er es für ein bloßes Summationsphänomen hält; denn die vitalen Kräfte bringen zu dem Summationsphänomen der Atome in psychischer Hinsicht ebensogut etwas Neues hinzu wie in physiologischer Hinsicht, und ihre physiologische Leistung ist wie alles Natürliche schließlich bloßes Mittel für das Zustandekommen des psychischen Resultates. Die leitenden und ordnenden Kräfte verwandeln durch ihre zwecktätigen Reaktionen die einmalige Schöpfung einer prästabilierten Harmonie der Atommechanik in den stetigen Fluß einer in jedem Augenblick von neuem stabilisierten Harmonie, das

¹⁾ Vergl. Weismann, Vorträge über Deszendenztheorie, Jena 1902, Bd. I S. 411—412, Bd. II S. 3, 6, 23, 40—41, 59, 416—417, 441—443.

tote Uhrwerk des deistischen Makrokosmos in einen lebendigen Allorganismus. Nicht, wie Weismann der phyletischen Lebenskraft unterstellt, schnurrt sie gleich einem Uhrwerk ohne Rücksicht auf die Umgebung die in ihr präformierten typischen Gestaltungen in vorher bestimmten Perioden ab, sondern in beständiger Reaktion auf die jeweiligen Zustände der übrigen Welt hält sie in jedem ihrer lebendigen Teile die Harmonie mit dem Ganzen aufrecht. So wird gerade der eifrigste Verfechter der mechanistischen Weltanschauung in der Biologie zum lebendigsten Zeugnis für die Richtigkeit des Vitalismus.

14. Bütschli.

O. Bütschli verwarft sich gegen ein teleologisch-vitalistisches Prinzip nur, sofern es in die kausale Gesetzmäßigkeit der bestehenden Welt eingreift, nicht aber, sofern es als metaphysisches Prinzip die kausale Gesetzmäßigkeit im voraus zu Zwecken geordnet hat¹⁾. Er identifiziert kausale und mechanische Gesetzmäßigkeit und verkennt, daß teleologische Eingriffe in die mechanische Gesetzmäßigkeit selbst eine Kausalität organischer Kräfte nach organischen Gesetzen sein müssen. Wie er einerseits den kausalen Charakter der organischen Finalität verkennt, so andererseits den teleologischen Charakter der unorganischen Kausalität; denn er glaubt, daß die teleologische Denkweise bei der unorganischen Natur plötzlich aufhöre und deshalb keine apriorische Anschauungsform sein könne wie die Kausalität. Auch in der organischen Natur scheint sie ihm nicht allgemeines Naturgesetz zu sein, weil es unzweckmäßige Reaktionen und Grenzen der zweckmäßigen gibt. Es ist dabei aber nicht beachtet, daß unzweckmäßige Reaktionen nur da eintreten, wo die Reaktionsweise für bestimmte Reizklassen und Reizgrenzen bereits aus Zweckmäßigkeitseründen mechanisiert ist, und daß der zweckmäßigen Reaktionsfähigkeit schon durch die Beschränktheit der individuellen Kraft und Abänderungsfähigkeit Grenzen gezogen sind, die selbst als teleologisch begründete anzuerkennen sind.

Bütschli geht von der philosophischen Voraussetzung aus,

¹⁾ O. Bütschli, Mechanismus und Vitalismus. Leipzig 1901.

daß einerseits Zweckgeschehen und Bewußtsein, d. h. eine bewußte und auf Erfahrungen gestützte Intelligenz, nicht voneinander zu trennen seien, und daß anderseits das Physische nur aus physischen, das Psychische nur aus psychischen Ursachen begreiflich, d. h. daß eine kausale Abhängigkeit des Psychischen vom Physischen und umgekehrt uns unbegreiflich sei. Diese Voraussetzungen sind jedenfalls nicht mehr naturwissenschaftlicher Art. Nimmt man sie an, so folgt aus der ersteren, daß eine Zwecktätigkeit nur da angenommen werden darf, wo eine bewußte Intelligenz vorhanden ist, die sie ausübt, und überall da gezeugnet werden muß, wo eine solche nicht angenommen werden kann, d. h. bei den allermeisten organischen Vorgängen. Aus der zweiten Voraussetzung folgt die Unmöglichkeit teleologischer Eingriffe, sofern diese als etwas Psychisches verstanden werden. Daß aber diese Voraussetzungen von vielen Philosophen bestritten werden, scheint Bütschli nicht bekannt zu sein, da er sie als unbedingt sicher behandelt.

Sekundäre Gesetzmäßigkeiten, die von den primären, allgemeinen physikochemischen abhängen, gibt es auch in der unorganischen Natur, z. B. in den quellbaren Körpern. Der Vitalismus beginnt erst da, wo Gesetzmäßigkeiten angenommen werden, die nicht aus jenen ableitbar sind. Der Vitalismus kann die Unmöglichkeit nicht erweisen, das Leben physikochemisch zu erklären; der Mechanismus kann nur dadurch sich selbst als ausreichend erweisen, daß er seine Aufgabe restlos löst und keinen Zweifeln mehr an seiner Zulänglichkeit Raum läßt. Vorläufig können nur einzelne wenige Teilerscheinungen der physikochemischen Erklärung zugänglich sein, weil auch dem einfachsten Organismus ein zu verwickelter Bedingungskomplex zugrunde liegt. Zwischen Mechanismus und Vitalismus gibt es keinen Vermittlungsstandpunkt, so wenig wie zwischen Determinismus und Indeterminismus. — Diesen Behauptungen Bütschlis gegenüber ist zu bemerken, daß es nicht darauf ankommt, die Unmöglichkeit, sondern nur die große Unwahrscheinlichkeit einer mechanischen Lebenserklärung zu erweisen, daß dieser Beweis schon jetzt von den Vitalisten als erbracht behauptet wird, daß die Vertröstung auf die Zukunft eine Flucht in das asyllum ignorantiae ist, daß der Mechanismus allerdings den Vitalismus ausschließt, der Vitalismus aber den Mechanismus nicht aus-, sondern ein-

schließt und ohne seine Grundlage unmöglich, weil gegenstandslos wäre.

Bütschli will um jeden Preis daran festhalten, daß die Entstehung des Zweckmäßigen aus rein mechanischen Ursachen möglich sein muß, weil er sich durch die oben angeführten Voraussetzungen ihre Erklärung aus unbewußten psychischen Ursachen abgeschnitten hat. Da nun eine andere beachtenswerte Theorie dieser Art außer der Darwinschen Selektionstheorie bis jetzt nicht besteht, so hält er vorläufig trotz aller gegen sie erhobenen Bedenken an dieser als der relativ wahrscheinlichsten unter allen vorhandenen fest, um nur nicht dem Vitalismus zu verfallen. Er betrachtet also das Zweckmäßige als ein zufällig Entstandenes, das sich unter allen möglichen Kombinationen auch vorfand, das aber allein existenzfähig war und dadurch Dauer erlangte. Auch die zweckmäßigen Reaktionsweisen der lebenden Materie und die Fähigkeit, sie durch Vererbung fortzupflanzen, sieht er in diesem Sinne als zufällig entstandene und zufällig gesteigerte an.

Organisation und Entwicklung hat in der unorganischen Natur freilich keine Analogie; aber Bütschli bestreitet sie auch in den einfachsten Lebewesen, z. B. einem Mikrokokkus, worin ihm wenige Biologen beipflichten dürften. Er sucht die Grenzen zwischen Unorganischem und Organischem möglichst zu verwischen, um das allmähliche Hervorgehen des letzteren aus dem ersteren durch zufällige Abänderung und Selektion glaubhaft zu machen; aber die Analogien, die er dabei anführt (Kristallisationsvorgänge, Teilung eines Tropfens, Schaumbildungen), reichen nicht aus, um die Kluft zu überbrücken, weil die Vereinigung von Wechsel des Stoffs und Erhaltung einer innerlich differenzierten Struktur überall vermißt wird. Gerade die zufällige Entstehung des Höheren aus dem Niederen ist ein Hauptpunkt, der den Darwinismus zu Falle gebracht hat; wenn der Mechanismus sich nur dadurch behaupten zu können glaubt, daß er diesen schwächsten Punkt des Darwinismus zu seinem Stützpunkt erwählt, so scheinen seine Zukunftsaussichten wenig günstig. Er dürfte in dem Maße an Boden verlieren, als der Darwinismus aus dem Zeitbewußtsein entschwindet. Und wenn es nur die oben angeführten philosophischen Voraussetzungen sind, die die Biologie hindern, sich zum Vitalismus zurückzuwenden, so wird eine solche Wendung von einer Veränderung nicht sowohl der naturwissen-

schaftlichen Ansichten als vielmehr der philosophischen Zeitströmung abhängen.

Eimer und Ziegler.

Eimer will deshalb nichts von einer besonderen inneren Entwicklungskraft wissen, weil alles „mit ganz natürlichen Dingen“ zugeht, was er mit „ganz materiell, physikalisch“ gleichsetzt¹⁾. Ziegler verwirft den Neovitalismus, weil derselbe das Gebiet der Naturwissenschaften verläßt und sich auf das der Transzendentalphilosophie begibt²⁾. Beide Vorwürfe sind sehr charakteristisch, weil sie die inneren Gründe der meist unbestimmten Abneigung deutlich aussprechen, die für die Mehrzahl der heutigen Naturforscher bestimmend sind, wenn sie von dem Vitalismus nichts wissen wollen. Es lohnt deshalb, einen Augenblick bei ihnen zu verweilen.

Daß in der Natur alles mit ganz natürlichen Dingen zugeht, das bestreitet auch keiner der heutigen Vitalisten. Daß aber die Grenzen des Natürlichen mit denen des Materiellen und Physikalischen zusammenfallen, das wird allerdings von den Vitalisten bestritten als ein unbegründetes Vorurteil, als die *petitio principii* der materialistischen und mechanistischen Weltanschauung, durch die der Begriff der Natur in einer dem Tatsachenbestand zuwiderlaufenden Weise beschränkt und verengert wird. Nur wer in diesem Vorurteil befangen ist, kann in einem gesetzmäßigen Lebensprinzip etwas außerhalb der Natur Belegenes, Unnatürliches, Übernatürliches oder Naturwidriges sehen. Wer den Begriff der Natur soweit faßt, wie die Tatsachen der Erfahrung es verlangen, der wird in dem Leben und dem ihm eigentümlichen Prinzip nur den Gipfel der Natur, in der Autonomie des Lebens nur eine Naturgesetzlichkeit höherer Stufe und in der Wirkungsfähigkeit des Lebensprinzips nur eine Naturkraft höherer Art sehen.

Gesetzt, der Vitalismus gehörte ins Bereich der Transzendentalphilosophie, wie Ziegler behauptet, müßte er darum unwahr sein, oder gäbe das den Naturforschern ein Recht, ihn für falsch

¹⁾ Th. Eimer, Die Entstehung der Arten, Bd. I, Jena 1888, S. 70.

²⁾ H. E. Ziegler, Über den derzeitigen Stand der Deszendenztheorie, Jena 1902. S. 44.

zu erklären? Das wäre doch nur aus dem Obersatz zu schließen, daß alles, was in den Bereich der Transzendentalphilosophie gehört, unerkennbar und das darüber Behauptete falsch, fiktiv, illusorisch sei; eine solche Voraussetzung wäre aber selbst eine transzendentalphilosophische Behauptung. Außerdem ist auch der Untersatz, daß der Vitalismus in den Bereich der Transzendentalphilosophie gehört, nicht haltbar. Gewiß gehört er in den Bereich der Philosophie, speziell der Naturphilosophie, aber nicht der Transzendentalphilosophie, sondern einer induktiven, auf die Erfahrung gestützten Naturphilosophie. Die eigentliche Kantsche Bedeutung des Begriffes „transzendental“ (Bedingung a priori der Möglichkeit der Erfahrung) kann hier nicht gemeint sein, sondern nur die von „etwas die Grenzen der Erfahrung Überschreitendem“.

Mag man nun unter „Erfahrung“ die unmittelbare Erfahrung in der subjektiv-idealen, bewußtseinsimmanenten Sphäre, oder die mittelbare Erfahrung in der objektiv-realen Sphäre einer bewußtseinstranszendenten Natur verstehen, in beiden Fällen überschreitet die Naturwissenschaft die Erfahrung genau in demselben Sinne wie die Naturphilosophie. Denn die Natur, von deren Kräften und Gesetzen die Naturwissenschaft redet, liegt außerhalb des Bewußtseins und ist unabhängig von ihm, seinem Eintreten oder Erlöschen, und die Gesetze, Stoffe, Kräfte, Energien, Moleküle, Atome usw., die sie zur Erklärung benutzt, liegen ebenso sehr jenseits der mittelbaren, wie jenseits der unmittelbaren Erfahrung. Wäre alles in diesem Sinne Transzendente mystisch, unbegreiflich, fiktiv, illusorisch, unwissenschaftlich, so fiel auch die Naturwissenschaft selbst mit unter diese Verurteilung. Sind aber ihre hypothetischen Begriffe trotz ihres transzendentalen Charakters als logisch geforderte induktive Rückschlüsse aus der Erfahrung wissenschaftlich gerechtfertigt, so ist es auch der hypothetische Begriff eines Lebensprinzips, den die Naturphilosophie zu bilden sich logisch genötigt findet. Man kann um den Wahrscheinlichkeitsgrad solcher induktiven Hypothesen in jedem konkreten Falle streiten, aber nicht a priori abstrakte Grenzen ziehen, jenseits welcher keine induktiven Rückschlüsse mehr statthaft sein sollen; das wäre ein negativer Dogmatismus, der ganz sicher die Grenzen des menschlichen Erkenntnisvermögens überstiege.

Es ist ein weit verbreiteter Irrtum, als ob Kant diese Leistung

vollbracht und die Grenzen der menschlichen Erkenntnis, die Scheidelinie zwischen Erkennbarem und Unerkennbarem ein für allemal streng wissenschaftlich festgelegt hätte. Es ist aber Kant niemals eingefallen, sich mit den Grenzen der menschlichen Erkenntnis im allgemeinen, oder gar mit denen der induktiven, bloß wahrscheinlichen Erkenntnis zu beschäftigen; seine Absicht ging durchaus nur dahin, die Grenze zu bestimmen, jenseits deren es keine apodiktisch gewisse, von der Erfahrung unabhängige Erkenntnis aus reiner Vernunft mehr gibt. Diese Grenzziehung ist aber für uns völlig bedeutungslos, da die heutige Naturphilosophie überhaupt keine apodiktisch gewisse Erkenntnis und keine von der Erfahrung unabhängige Erkenntnis aus reiner Vernunft mehr anstrebt und zu bieten beansprucht. Die moderne Naturwissenschaft und Naturphilosophie begnügen sich gleichmäßig mit einer bloß wahrscheinlichen Erkenntnis, die Kant für unter der Würde der philosophischen Wissenschaft und seiner Erkenntniskritik belegen ansah, und für die es ihm gar nicht eingefallen ist, Gesetze aufzustellen und Grenzen zu ziehen. Die Berufung auf Kant kann also keinesfalls der heutigen Naturphilosophie Schranken gebieten¹⁾.

16. G. Wolff.

Gustav Wolff war durch die Untersuchung eines bestimmten Falles von Restitution, nämlich der Augenlinse des Triton, zu der Überzeugung gelangt, daß hier kein präformierter Regenerationsmechanismus, sondern eine aktive zweckmäßige Anpassung des Organismus vorliege, weil der Ersatz von einem andern Teile, von der Iris ausgeht, und vertrat von da an die Ansicht, daß diese zweckmäßige Anpassung nur im vitalistischen Sinne begreiflich sei. Er war dadurch zum entschiedensten Gegner Darwins und Weismanns geworden, die er mit Nachdruck kritisch bekämpfte. Er betont die Tatsache, daß bis jetzt alle Versuche, die Zweckmäßigkeit mechanisch zu erklären, gescheitert sind und daß die mechanische Erklärbarkeit derselben ein bloßes Dogma der mechanistischen Weltanschauung ist.

Leben ist Fähigkeit der zweckmäßigen Anpassung, denn mit

¹⁾ Vergl. meine Schriften: „Kants Erkenntnistheorie und Metaphysik in den vier Perioden ihrer Entwicklung“ S. 16—19, 66—95; „Geschichte der Metaphysik“ Bd. II S. 7—9.

dem Tode verliert die organische Materie diese Fähigkeit. Der Darwinismus will unter Voraussetzung des Lebens, das doch nichts als zweckmäßige Anpassungsfähigkeit ist, die Zweckmäßigkeit der Angepaßtheit als ein nachträglich Hereingebrachtes erklären, verlangt also, daß wir uns Organismen denken, denen das einzige fehlt, was das Wesen des Organismus ausmacht. Er merkt nicht, daß die Erklärung der Zweckmäßigkeit mit der des Lebens zusammenfallen muß, und daß er mit dem „Leben“ eben dasjenige voraussetzt, was er sich anschickt zu erklären. „Selbst wenn wir den ganzen Organismus, alle seine Funktionen, zu denen auch seine Entstehung gehört, mechanisch verständen, so hätten wir damit vom eigentlich Biologischen noch nichts verstanden.“ Beim Kreuzschnabel z. B. ist das biologisch Wesentliche die Beziehung des Schnabels zu den Nadelbaumzapfen, und über diese sagt uns die Entwicklungsmechanik dieser Vogelart gar nichts¹⁾.

Gegen Bütschli hat er im Jahre 1902 eine Entgegnung unter dem gleichen Titel „Mechanismus und Vitalismus“ veröffentlicht. „Daß es nicht nur das Recht, sondern auch die Pflicht des Naturforschers ist, den mechanistischen Maßstab, soweit es nur irgend möglich ist, auch an die organische Natur zu legen, hat ja noch niemand bestritten.“ Der Vitalismus behauptet nur, daß der Organismus in seiner Gesamtheit nicht physikochemisch begreiflich ist. Da Bütschli die psychischen Erscheinungen von mechanistischer Begreiflichkeit ausschließt, so steht auch er selbst in betreff ihrer auf vitalistischem Standpunkt. Der eigentliche Vitalismus unterscheidet sich von Bütschli nur dadurch, daß er nicht bloß einen Teil der Lebenserscheinungen, sondern alle als nicht mechanisch erklärbar betrachtet. Bütschli basiert einen großen Teil seiner Polemik noch immer auf den weit verbreiteten Irrtum, als wenn die Teleologie außerhalb der Kausalität stehe.

„Die teleologische Auffassung ist nicht nur ebenfalls eine kausale, sondern sie sucht sogar da einen kausalen Zusammenhang herzustellen, wo der Mechanismus einen solchen übersehen will, nämlich zum Teil durch psychische, zum Teil durch psychoïde Ursachen, d. h. solche, die mit den psychischen die Art ihrer Wirkung gemein haben. Wolff nennt nur die bewußtpsychischen

¹⁾ G. Wolff, Beiträge zur Kritik der Darwinschen Lehre, Leipzig 1898, S. 68—69, S. IV, S. 61—64.

Ursachen psychische, die unbewußtpsychischen aber psychoïde, nämlich diejenigen, welche wie die posthypnotischen und Instinkthandlungen ohne Bewußtsein des Zweckes vollbracht werden; er untersucht aber diese psychoïden Handlungen nicht näher. Unter Intelligenz und Wille versteht er nur bewußte Intelligenz und bewußten Willen. Wir suchen eine Handlung kausal zu erklären, indem wir sie teleologisch beurteilen, d. h. in kausale Abhängigkeit von ihrem Effekt bringen; Intelligenz und Wille (im obigen Sinne) als Vermittelung gehören dabei bereits ins Gebiet der Hypothese. Selbst der Darwinismus betrachtet den Nutzen eines Organs als die Ursache seines Daseins, erkennt also die Zweckmäßigkeit als Tatsache an.

Die Mechanisten behaupten, man dürfe es der mechanistischen Weltanschauung in Anbetracht ihrer sonstigen Verdienste nicht so übel nehmen, daß sie noch nicht geleistet habe, was sie leisten wolle. Aber es ist die Frage, ob das vor der Herrschaft der mechanistischen Weltanschauung Geleistete wirklich so gewaltig unter demjenigen steht, was unter ihrer Herrschaft geleistet ist, Denn viele neuere Entdeckungen sind gar nicht dem Standpunkt, sondern der Verbesserung der Instrumente zuzuschreiben, und schon viele richtige Entdeckungen sind unter unrichtigen Voraussetzungen gemacht, so daß die Richtigkeit einer Entdeckung noch nichts für die Richtigkeit der Voraussetzungen beweist, unter denen sie gemacht ist. Die mechanistische Weltanschauung liebt es, das Wort Zweck zu vermeiden und den teleologischen Charakter unter Ersatzworten wie Funktion, Leistung, physiologische Bedeutung einzuschmuggeln. Die mechanistische Weltanschauung gibt eine Erklärung des Zweckmäßigen gleich der eines Mannes, der, um die Gewinnung seines Reichtums befragt, antwortet: wenn ich nicht reich geworden wäre, so wäre ich zugrunde gegangen. Sie sträubt sich gegen die Forderung der Vernunft, auch für die Entstehung des Zweckmäßigen, die sie einfach voraussetzt, eine kausale Erklärung zu suchen, statt sie Gott oder dem Zufall zu überlassen.

Der teleologische Charakter eines Vorganges ist unabhängig von der Häufigkeit seiner Wiederholung; aber unser Urteil über denselben wird gerade durch die Häufigkeit seiner Wiederholung zur Anerkennung seines teleologischen Charakters gedrängt. Die Häufigkeit offenbart uns die teleologische Beziehung, insofern

der Vorgang ohne teleologischen Zusammenhang sich von dem nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung im voraus zu Erwartenden allzuweit entfernen würde. Die Regeneration von Kristallen ist nicht wie die von Tieren ein zweckmäßiger Vorgang, weil der Kristall nicht wie das Tier durch eine Verstümmelung in seiner Existenzfähigkeit beeinträchtigt wird.

17. Driesch.

H. Driesch vertritt in seiner ersten Periode vor 1896 die Gleichberechtigung der kausalen und teleologischen Betrachtungsweise, versteht aber die Teleologie nur als statische Teleologie der morphologischen Ergebnisse, die so aussehen, als ob ein Vitalagens bei ihrer Entstehung mitgewirkt hätte. Durch eingehendes Studium der Regenerationserscheinungen an niederen Tieren, Embryonen und Eiern im Furchungsprozeß gelangte er von 1896 ab zu einer dynamischen Auffassung der Teleologie, nach welcher die Autonomie der Lebensvorgänge auf dem kausalen Zusammenwirken eines realen Vitalagens mit den unorganischen Kräften beruht. Das Kausale ist selbst teleologisch, d. h. von Teleologie durchdrungen, die über seine Kausalität übergreift und sich damit als die höhere der beiden Kategorien erweist. Mit dem Darwinismus, sofern er zweckmäßige Ergebnisse aus zufälligen mechanischen Ursachen erklären will, hat Driesch vollständig gebrochen; ebenso sehr bekämpft er aber alle materialistischen Vererbungstheorien, mögen sie nun, wie Kassowitz und Haacke, die organische Form aus der chemischen Beschaffenheit der Keimstoffe oder, wie Weismann, aus ihrer submikroskopischen anatomischen Struktur ableiten.

Jedes Organ, z. B. eine Wurzel, ein Sproß, eine Blüte, ist nichts in sich Einheitliches und Gleichartiges wie ein Kristall, sondern ein höchst verwickeltes, aus vielen Elementarorganen zusammengesetztes Gebilde. Für jeden dieser Teile müßten besondere chemische Stoffe angenommen werden; aber solche könnten höchstens als Vorratsstoffe die Entwicklung erleichtern und durch Reize sie anregen, während sie auf die Anordnung der Teile im Organe keinen Einfluß hätten. Soll diese Anordnung durch die Struktur oder Tektonik des Keimes erklärt werden, so setzt sie eine sehr hochkomplizierte Struktur voraus, in der sie maschinell präformiert ist. Nicht durch einfache Auseinanderfaltung oder

Zerlegung kann die Form des Organismus sich aus der Struktur des Keimes entfalten, sondern nur durch eine Reihe strukturell präformierter Reaktionen auf die herantretenden Reize. Dies folgt daraus, daß bis zu einem gewissen Punkte der Differenzierung aus jeder der vielen Furchungszellen des Organismus jeder Teil desselben werden kann, wie durch eine große Zahl von Versuchen erwiesen ist. Auch bei der Regeneration von Pflanzen und niederen Tieren zeigt sich noch diese allgemeine Leistungsfähigkeit und Vertretbarkeit der Teile untereinander. Immer hängt das, was aus einem Teile wird, nicht oder doch nicht bloß von seiner eigenen Struktur ab, sondern wesentlich von seiner Stellung zum Ganzen und von den Diensten, die er dem Ganzen leisten soll.

Die Präformation des Keims für Reizreaktionen erfordert eine sehr viel kompliziertere Struktur als diejenige für bloße Zerlegung. Sie muß aus der Struktur der elterlichen Organismen erklärt werden, die den Keim gebildet haben, und so rückwärts bis zum ersten ursprünglichen Uroorganismus. Mit jedem Rückgang müßte danach die Struktur komplizierter werden, und im Uroorganismus, in dem alle künftige Entwicklung strukturell präformiert sein muß, würde sie den höchsten Grad der Kompliziertheit erreichen, während man doch sonst geneigt ist, diesen am einfachsten zu denken. Betrachtet man dagegen den Uroorganismus und die Keime als strukturlose chemische Stoffgemenge, so ist zu beachten, daß, wie schon Herbst¹⁾ gezeigt hat, beim Aufeinanderwirken chemischer Stoffe nur eine Veränderung der bestehenden Verschiedenheiten, aber keine Vermehrung ihrer Zahl und keine typische Ordnung derselben zu erwarten ist.

Da nun weder strukturlose chemische Verbindungen noch strukturierte imstande sind, die zweckmäßige Form zu erklären, so muß man annehmen, daß die Entwicklung durch zweckmäßige Reaktionen erfolgt, durch die aus einfacheren Strukturen allmählich immer kompliziertere werden, und daß diese zweckmäßigen Reaktionen von einem Vitalagens geleitet werden. Dadurch wird aber die reine Maschinentheorie der Organismen, die von Descartes zuerst aufgestellt ist, unzulänglich; denn alle maschinelle Struktur ist nun selbst Produkt einer Reihe von zweckmäßigen

¹⁾ Herbst, Formative Reize in der tierischen Ontogenese. Leipzig 1901. S. 116 f.

Vitalreaktionen in der individuellen und stammesgeschichtlichen Entwicklung. Eine Maschine kann auf verschiedenartige Leistungen und auf Selbstregulationen eingerichtet sein, aber nur gegen Reize und Störungen von bestimmtem Typus. Sie kann nicht auf atypische Reize zweckmäßig reagieren, geraubte Teile selbständig wieder ergänzen, gewaltsam umgelagerte wieder zurechtrücken oder so umbilden, daß wieder der normale Zustand hergestellt wird. Sie kann auf einen Selbstteilungsakt mechanisch eingerichtet sein, der aus einer Maschine zwei von gleicher Leistungsfähigkeit macht; aber sie kann dies nur vermitteltst maschineller Vorrichtungen des Ganzen, die den Teilen fehlen, so daß diese sich nicht weiter teilen können. Das alles kann aber der Organismus, und er kann es nur, weil er mehr ist als Maschine, weil seine Reaktionen unter der Leitung eines Vitalagens stehen. Die Unmöglichkeit einer Maschine, die sich selbst regeneriert und von selbst teilt, erachtet Driesch für den zweiten logisch zwingenden Beweis des Vitalismus, wie er den ersten in der Unabhängigkeit der Resultate von den sie bildenden Keimteilchen und in der Unfähigkeit des Plasmas zur Bestimmung der spezifischen Anordnung der Teilprodukte sah.

Es gibt keine „lebende Substanz“, wie Kassowitz und Haacke glauben; was als solche erscheint, ist bloß eine nichtlebende chemische Substanz von gegebener Struktur unter Leitung des Lebensagens, und das Leben besteht nicht in einem jeweiligen Zustande dieser Substanz, sondern in den beständig fortlaufenden zweckmäßigen Reaktionen, die sie unter der Leitung des Lebensagens vornimmt. Kausal notwendig ist auch die Zwecktätigkeit des Lebensagens, das nur eine der inneren Bedingungen bei dem Kausalvorgang der Reaktion darstellt. Aber gesetzmäßige kausale Notwendigkeit ist ein weiterer Begriff als unorganische Gesetzmäßigkeit, die sich zuletzt auf mechanische zurückführen läßt. Auch die Lebensvorgänge sind Energievorgänge, aber sie sind bestimmt durch Faktoren, die zu den physikochemischen in Gegensatz stehen und nach anderen Gesetzen als diese wirken. Die Frage ist, in bezug auf welche Seiten der Phänomene die beiden Hauptsätze der Energetik noch Freiheit lassen; Ostwald z. B. hat die Zeitdauer der Vorgänge als eine solche freigelassene Größe anerkannt, ist aber bei Erörterung der Lebensvorgänge auf diesen wichtigen Gesichtspunkt nicht eingegangen.

Das Lebensagens identifiziert Driesch mit der Entelechie des Aristoteles und versteht darunter ein überindividuelles, an sich unräumliches Prinzip, das bei seiner individuellen Betätigung sich sowohl zeitlich als auch dreidimensional räumlich äußert und auf die Herstellung eines Typus abzielt¹⁾.

In seiner im Jahre 1903 veröffentlichten Schrift über die Seele untersucht Driesch die tierische und menschliche Handlung von den frei kombinierten Reflexen, z. B. den Umdrehungsbemühungen verkehrt hingelegter niederer Tiere an, durch die zweckmäßig modifizierten Instinkte (Kettenreflexe) und die Handlungen enthirnter Frösche, Tauben und Hunde hindurch bis zu den menschlichen Handlungen hinauf. Er schöpft aus diesen Betrachtungen neue Beweise für die Autonomie der Lebensvorgänge. Die zufälligen und künstlichen Hirnverletzungen zeigen nach Überwindung des Shoks, sofern nicht allzu tiefe Eingriffe erfolgt sind, teils eine wenig geänderte Art der Handlungen und Bewegungsreaktionen, teils eine baldige Wiederherstellung des normalen Verhaltens. Es folgt daraus, daß das Gehirn ein „harmonisch-äquipotenzielles System“ ist, d. h. ein solches, das in allen seinen Hauptteilen entweder direkt das Gleiche leisten kann oder indirekt durch Wiederherstellung des Fehlenden. Ein solches System kann nicht als bloße Maschine, seine Leistungen nicht als bloß maschinelle Leistungen gedacht werden. Dieser von Driesch als fünfter bezeichnete Beweis schließt das Gehirn den restitutionfähigen und regenerationsfähigen niederen Organismen und Embryonen an. Zwei andere Beweise bezeichnet er als dritten und vierten Beweis, erkennt aber an, daß bei jeder Handlung beide zugleich zur Geltung gelangen, nur verschiedene Seiten desselben Vorgangs in Betracht ziehen und nur künstlich auseinander gehalten werden.

¹⁾ Hans Driesch, Die Maschinentheorie des Lebens (im „Biologischen Zentralblatt“ 1896, Bd. XVI Nr. 9). Studien über das Regulationsvermögen der Organismen (im „Archiv für Entwicklungsmechanik“ 1899—1901). Die Lokalisation morphogenetischer Vorgänge, Leipzig 1899. Die organischen Regulationen, ebd. 1901. Kritisches und Polemisches (im „Biologischen Zentralblatt“ 1902). Zwei Beweise für die Autonomie von Lebensvorgängen (in den Verhandlungen des fünften internationalen Zoologenkongresses zu Berlin 1901, Jena 1902). Vergl. meine Aufsätze: Ein vitalistischer Zoolog (in der „Gegenwart“ 1902 Nr. 27) und: Die regulatorischen Leistungen des Organismus (Kap. B VII dieses Werkes).

„Es gibt wohl anorganische Systeme, welche in ihrer Reaktionsfähigkeit durch die Spezifität sie treffender äußerer Faktoren“ (Reize) „absolut bestimmt werden, derart, daß die typische Kombination dieser auch diejenige jener ist (Phonograph); aber es sind keine anorganischen Systeme, keine Maschinen erdenkbar, welche in ihrer Reaktionsfähigkeit durch äußere Faktorenkombinationen derart bestimmt werden, daß sie die Elemente dieser Kombinationen in durchaus anderer, freier, aber doch in sich gesetzlicher“ (nämlich für einen bestimmten Zweck modifizierter) „Weise bei ihren Reaktionen kombinieren und so verwenden können.“ (Erfahrungsverwertung in zweckmäßigen Antwoortsreaktionen.)

„Es gibt keine anorganischen Reaktionen, welche in ihrer Spezifität derart durch die Spezifität der Ursache bestimmt werden, daß jeder beliebigen individuellen Kombination dieser eine ebenso typisch individuelle Kombination jener entspricht, während doch die einzelnen Elemente der Ursachkombination durchaus nicht, also weder mittelbar noch unmittelbar, als Einzelursachen entsprechender Einzelemente der Effektkombination angesehen werden können.“ Die Ursachkombinationen und die Effektkombinationen stellen begrifflich geschlossene Einheiten dar, während sie physikochemisch gar keine Einheiten sind.

Als „Indizien“ für die Autonomie stellt er dann noch folgende Punkte zusammen: 1. die Bildung von Antitoxinen und die Änderungen in der Durchlässigkeit der Häute; 2. die von nicht funktionierenden Teilen ausgehenden adaptiven Formregulationen und manche funktionellen Anpassungen; 3. die rückwärts verlaufenden Prozesse der Entdifferenzierung und Formzerstörung für bestimmte Zwecke; 4. die auf verschiedenen Wegen zu gleichen Zielen führenden Regulationen; 5. die Wiedereinstellung von Pflanzenteilen in ihre typischen Lageverhältnisse zueinander nach Störungen derselben (Nolls Morphästhesie); 6. die „Stimmung“ bei Richtungs- bewegungen und die „Klinkung“ bei Reflexen; 7. die Entstehung der durch den Nervenleitungsprozeß geschaffenen Assoziations- reservoire oder Dispositionen in den Nervenzentren¹⁾. — In seinem neuesten Werk²⁾ bekennt sich Driesch zu einem reinen Dynamis-

¹⁾ H. Driesch, Die „Seele“ als elementarer Naturfaktor, Studien über die Bewegungen der Organismen, Leipzig 1903, S. 74–79.

²⁾ „Naturbegriffe und Natururteile“, Leipzig 1904.

mus; alle Naturagentien sind substantielle Kräfte, die sich gesetzmäßig äußern, und zwar je nach ihrer Beschaffenheit auf qualitativ verschiedene Weise, aber immer innerhalb des Rahmens der energetischen Gesetze. Je mehr qualitative Bestimmtheit die Kräfte haben, desto nichtssagender wird der Rahmen der energetischen Gesetzlichkeit, desto mehr kommt es auf die Sondergesetzlichkeit der Kräfte und auf die in ihr maßgebenden Konstanten an. Man gewinnt nichts dabei, wenn man, dem Zeitgeschmack folgend, dieses inhaltlere energetische Schema an höhere dynamische Agentien anlegt. Schon in der Chemie gibt es eigentlich so viel verschiedene Energiearten wie chemische Umsetzungsarten. Die Zurückführung dieses „qualitativen dynamischen Atomismus“ auf einen rein quantitativen lehnt Driesch ab, was wohl damit zusammenhängt, daß er nur eine bewußtseinsimmanente Natur kennt und im Bewußtseinsinhalt allerdings das Qualitative nicht ganz abzustreifen ist. Das Vitalagens, dessen Gesetzlichkeit die Entelechie als ihre Konstante enthält, ist ebenfalls ein qualitativ dynamisches Agens. Es wirkt, da Berührung ein unklarer und unhaltbarer Begriff ist, gleich jeder andern Kraft als Fernkraft. Es wirkt an Raumorten, ohne selbst räumlich ausgedehnt zu sein, und wirkt nicht, wie die Zentralkräfte, von einem Zentrum aus, hat also auch nicht in dem Sinne wie diese einen räumlichen Sitz. Durch seine Kraftäußerungen lenkt es das Energiegetriebe der Welt, ohne es zu stören und ohne etwas Eigen-Quantitatives hinzubringen. Es verhält sich wie ein neu hinzukommender Parameter bei der Gibbsschen Phasenregel, durch den die Möglichkeit des Geschehens erweitert wird. Es mag spezifisch organische Energiearten geben, die wir noch nicht kennen; aber dann gehört das Vitalagens nicht zu ihnen, sondern lenkt sie ebenso wie die unorganischen Energiearten. Es hemmt und löst Potentiale, wo es nötig ist (S. 206) und wann es nötig ist (S. 185). Die Hemmung denkt sich Driesch als Kompensation eines sonst nicht kompensierten energetischen Intensitätsunterschiedes, die Lösung als Aufhörenlassen dieser Kompensation zu bestimmtem Zeitpunkt, wodurch dann etwas geschieht. Die Überwindung einer ohnehin schon bestehenden energetischen Kompensation von Intensitätsdifferenzen führt Driesch ebenfalls auf die Aufhebung einer Hemmung an anderer Stelle oder an anderen Energiearten zurück, durch die ein Potentialfall ausgelöst wird

(S. 186). Es fragt sich indessen, ob es immer eine vom Vitalagens unmittelbar bewirkte dauernde Hemmung sein muß, durch die ein Geschehen bis zu einem bestimmten Zeitpunkt suspendiert wird, ob nicht vielmehr das Vitalagens solche dauernde Kompensationen durch Lenkung des Energiegetriebes mittelbar bewirkt und sich damit begnügt, zum rechten Zeitpunkt die Hemmung zu lösen. Das Problem der Teilung des Vitalagens, die Rolle, die es in der Vererbung spielt, das Verhältnis der behaupteten Entelechiekonstanz zur stammesgeschichtlichen Wandelbarkeit der Typen und das Sein oder Nichtsein des Vitalagens vor und nach dem individuellen Lebenslauf des Organismus bleiben für Driesch noch offene Fragen.

18. Johannes Reinke.

J. Reinke läßt dem Mechanismus, den physikochemischen Vorgängen nach unorganischen Gesetzen, kurz der von Descartes begründeten „Maschinentheorie des Lebens“ volle Gerechtigkeit widerfahren, betrachtet den Organismus in erster Reihe als eine mit maschinellen Vorrichtungen arbeitende chemische Fabrik und Formgebungswerkstatt, hält es für die Aufgabe der Naturwissenschaften, die physikochemische Erklärung der Vorgänge soweit als irgend möglich zu treiben, und unterstellt sich bereitwillig auch der modernen energetischen Betrachtungsweise. Er hält aber diese letztere nur für eine Art der Auffassung, für ein nicht erschöpfendes Weltbild, und fordert zunächst, daß man den durch den Organismus fließenden Strom der solaren oder der chemischen Energie von den Vorkehrungen und Einrichtungen in der Struktur der Organismen unterscheidet, durch welche der Energiestrom seine Richtung empfängt, verteilt und vereinigt und den verschiedensten Umwandlungen in andere Energiearten unterworfen wird.

Die Kräfte der Sonne oder der chemischen Verbindungen in den Nahrungsmitteln, durch welche dem Organismus Energie zugeleitet wird, nennt er energetische Kräfte. Die Kräfte der organischen Struktur, die den Energiestrom leiten und umwandeln, sind zwar ihrem Ursprung nach ebenfalls energetisch, sofern sie nur mit den Mitteln des energetischen Widerstandes der Materie sich durchsetzen und meistens auf Elastizität zurückführen; aber sie unterscheiden sich von den Kräften, die den Energiestrom liefern und urterhalten, dadurch, daß sie das in den Organismus durch

jene eingeführte Energiequantum weder vermehren noch vermindern. Deshalb nennt Reinke sie „nichtenergetische Kräfte“, was leicht zu Mißverständnissen Anlaß geben kann, nämlich zu ihrer Verwechslung mit solchen Kräften, die in keiner Hinsicht energetisch sind, weder ihrem Ursprung, noch der Art ihrer Wirksamkeit, noch ihrem Effekt nach.

Die Struktur des Organismus, welche den Energiestrom leitet, entspricht den „Maschinenbedingungen“ der Physik. Sie macht es, daß die Räder des Mühlwerks von dem Energiestrom in Bewegung gesetzt, die Werkzeugmaschinen in Gang gebracht, die Speisung, die Beseitigung der Auswurfstoffe und die Aufspeicherung der fertigen Produkte samt allen dazu erforderlichen maschinellen Selbstregulationen im Betrieb erhalten werden. Die maschinell bestimmte energetische Leistung jedes Teiles wie des Ganzen, oder die Funktion der auf den Energiestrom reagierenden maschinellen Struktur, oder die strukturell präformierte Kombination der energetischen und elastischen Kräfte stellt die Gesamtleistung des betreffenden Systems oder die „Systemkraft“ desselben dar, die Reinke bisher als die „Arbeitsdominante“ desselben bezeichnete. Solche Systemkräfte oder Arbeitsdominanten sehen wir ebensowohl in dem Funktionieren der Maschine wie in dem der Organismen. Jeder Teil hat seine Systemkraft, die sich der Systemkraft des Ganzen eingliedert und von ihr umspannt wird. Die Struktur im Organismus dient bald als Leitschiene, Geleise, richtunggebende Vorkehrung, bald als Transformator der Energie in eine andere Energieart, bald als Katalysator, Autoxydator oder Sensibilisator im Sinne einer Beschleunigung oder Verlangsamung der ohnehin ablaufenden Energietransformationen.

Alles dies hält sich innerhalb des naturwissenschaftlichen Gebietes, und in den für Fachgenossen bestimmten Schriften und Vorträgen: bemüht sich Reinke mit Recht, diese physikochemische Seite seiner Biologie in den Vordergrund zu rücken. Daß diese Systemkräfte oder Arbeitsdominanten auch gestaltend und formbildend wirken können, wenn die organische Struktur danach ist, dürfte nach Analogie der formgebenden Werkzeugmaschinen nicht zu bezweifeln sein; die so maschinell produzierten Formen können sogar unter Umständen selbst wieder als neue Maschinenbedingungen für einen auf sie zu leitenden Energiestrom dienen, so daß Reinkes Satz: „Arbeitsdominanten können keine neuen

Arbeitsdominanten erzeugen“ sich schwerlich aufrecht erhalten läßt. Es kann z. B. die Arbeitsdominante einer Bohrmaschine ein Geschützrohr ausbohren und mit Zügen versehen, und die so hervorgebrachte Struktur des Geschützrohrs kann zur Maschinenbedingung werden, durch welche die chemische Energie des Schießpulvers in die mechanische Energie des Geschosses von bestimmter Fortschreitungs- und Rotationsrichtung umgewandelt wird. Wohl aber bleibt es richtig, daß eine Arbeitsdominante nicht eine Arbeitsdominante ihresgleichen produzieren kann, die wieder die Fähigkeit besäße, ihresgleichen zu produzieren, und daß sie noch weniger imstande ist, sich selbst zu zerlegen und wieder zusammzusetzen, ihre umgelagerten Teile wieder in die rechte Ordnung zu bringen oder umzubilden, auf atypische Störungen zweckmäßig zu reagieren, sich selbst zu vervollkommen, oder gar eine vollkommenere, als sie selbst ist, zu produzieren. Hier treten also die Darlegungen von Driesch ergänzend und näher ausführend zu denen von Reinke hinzu.

Darum drängt die Anerkennung der Systemkräfte, die nur aus einer bestimmten Konfiguration der anorganischen materiellen Kräfte des Systems entspringen, weiter zur Anerkennung von Kräften oder Agentien, die nicht bloße Summationsergebnisse sind. Manche Leser und Beurteiler Reinkes haben irrtümlich geglaubt, seine ganze Dominantenlehre verstanden zu haben, wenn sie die Arbeitsdominanten in seinem Sinne auffaßten, und haben daraus dann nicht zutreffende Folgerungen gezogen, insbesondere an Arbeitsdominanten gedacht, wenn Reinke von Dominanten ohne näheren Zusatz sprach, aber Gestaltungsdominanten im vitalistischen Sinne damit meinte. Um solchen Mißverständnissen künftig vorzubeugen, hat Reinke neuerdings erklärt, den Ausdruck „Arbeitsdominante“ künftig vermeiden und durch Systembedingungen oder Systemkraft ersetzen, den Ausdruck „Dominante“ aber auf die in keinem Sinne mehr energetischen Kräfte beschränken zu wollen, die das Zustandekommen der Systembedingungen herbeiführen helfen¹⁾. Bisher hatte er dieselben „Bildungs- oder Gestaltungsdominanten“ genannt, was insofern nicht unbedenklich schien, als einerseits auch die Systemkräfte formbildend und gestaltend wirken

¹⁾ J. Reinke, Zur Dominantentheorie. In den „Preußischen Jahrbüchern“ 1902, Bd. 110 Heft 3.

können, andererseits auch die Dominanten im engeren Sinne nur mittelbar durch Beeinflussung der Arbeit in den Zellen ihren gestaltenden Einfluß ausüben können, indem sie diese Arbeit den veränderten Umständen mit Rücksicht auf die zu erzielende Form zweckmäßig anpassen.

Die Struktur kann nur eine passive Angepaßtheit zeigen, und die von ihr ausgehende „Systemkraft“ nur durch Angepaßtheit an gewisse typische Reizarten innerhalb bestimmter Grenzen zweckmäßig sein. Die Dominanten zeigen sich in der aktiven zweckmäßigen Anpassung, durch die individuell und stammesgeschichtlich alle Zuwachse in der passiven Angepaßtheit der Struktur entstanden sind. Diese Zweckmäßigkeit ist das innerste Wesen des Lebendigen, die sich selbstverständlich auf der Grundlage der unorganischen Naturgesetzmäßigkeit entfaltet. Die Telephobie oder Scheu vor den Zwecken ist eine Kinderkrankheit der Biologie, die den Materialismus nachgerade überwunden haben sollte. Einer naturwissenschaftlichen Analyse sind nur die Systemkräfte, nicht die Dominanten zugänglich; aber die Biologie muß sich daran gewöhnen, daß sie ihre Aufgabe, das Leben zu erforschen, nur lösen kann, wenn sie über die Naturwissenschaft hinaus in das Gebiet der Naturphilosophie hinübergreift, da sie als reine Naturwissenschaft das Wesen des Lebendigen, die reaktive Zweckmäßigkeit, gar nicht berührt. In der Ausdrucksweise von Driesch kann man sagen: Die Systemkräfte zeigen nur statische Teleologie, und die dynamische Teleologie beginnt erst bei den Dominanten im engeren Sinne.

Die zweckmäßige Anpassung ist immer Reaktion auf einen äußeren oder inneren Reiz; sie wirkt beständig im Leben jeder Zelle, und ohne solche könnte der Gesamtorganismus gar nicht bestehen. Ihre Gesetzmäßigkeit ist eine andere, aber darum nicht minder notwendige; sie zeigt Intelligenz, aber ohne Bewußtsein, ist also unbewußte Finalität gleich den niederen psychischen Funktionen der instinktiven Triebtätigkeiten. Sie ist den Gesetzen der Energetik nicht unterworfen, weil sie ein in jedem Sinne nicht energetisches, obwohl dynamisches, Prinzip ist, und wirkt ohne Arbeitsleistung und Energieverbrauch auf den Organismus, indem sie den energetischen Kräften ihre höhere Gesetzmäßigkeit auferlegt. Die Dominanten sind unkörperliche, unbewußt psychische, metaphysische Tätigkeiten; aber sie gewinnen eine Ver-

körperung in den Abänderungen der Struktur, die sie hervorbringen. Sie beziehen und stützen sich auf die vorgefundene Struktur, die das individuelle und stammesgeschichtliche Produkt früherer Dominanten ist; die Art ihrer jeweiligen Leistung ist also stets von der Beschaffenheit der bereits erreichten Struktur ebenso abhängig wie von dem jeweiligen Reiz.

Wie jeder Teil eine Systemkraft hat, so hat auch jeder Teil im Organismus eine Dominante; wie die Systemkräfte sich gemäß dem Stufenbau der Individualitäten ineinander schieben, so auch die Dominanten. Die Dominante jeder höheren Individualitätsstufe ist Oberdominante für die der niederen Stufen. Die Individualdominante ist einerseits Oberdominante für die Dominanten ihrer Organe und Zellen, andererseits Glied in der Speziesdominante und zuletzt in der Universaldominante, die die teleologische Harmonie des Weltalls regelt, der Betätigung der Weltvernunft und der Weltkraft oder des Weltwillens. Nur unser Denken baut die Oberdominanten aus Unterdominanten auf, während genetisch jede Oberdominante sich in die innere Mannigfaltigkeit ihrer Unterdominanten zerlegt und entfaltet. Reinke nennt also genau dasselbe Dominanten, was Driesch Entelechien oder in seiner vorletzten Schrift „Psychoïde“ nennt.

Außer in der Leitung der organischen Lebensvorgänge betätigen die Dominanten ihr Gestaltungsvermögen in der Formierung der bewußtpsychischen Phänomene (Empfindungen usw.), also als das, was die Philosophie Kategorialfunktionen (Anschauungs- und Denkformen) nennt. Die organische Struktur ist Träger der Systemkräfte, aber nicht der Dominanten; für die Dominanten ist sie nur ein Gegenstand, auf den sie sich beziehen, ebenso wie die schon gebildeten bewußt psychischen Phänomene niederer Stufe, die durch sie in solche höherer Stufe emporgehoben werden. Die Seele eines Organismus ist die Gesamtheit der in ihm wirksamen, auf ihn bezogenen Dominanten. Auf diese Seite der Entelechien oder der Psychoïdfunktionen ist Driesch nicht eingegangen, weil er als erkenntnistheoretischer Solipsist den Vorstellungsobjekten in seinem Bewußtsein nicht noch einmal ein eigenes Bewußtsein zuschreiben kann.

Die Struktur ist von Wichtigkeit für das Seelenleben, insofern sie sowohl die Empfindungsdominanten, als auch die auf den Organismus wirkenden Dominanten in ihrer zwecktätigen Reaktion

mit bestimmt, aber weiter auch nicht. Die Struktur eines Menschenhirns mit allen seinen Gedächtnisdispositionen ist z. B. mitbestimmend für die Empfindungsdominanten, die sich bei der Vorstellungsassoziation betätigen; aber sie ist nicht selbst etwas Seelisches. Seelisch kann man nur die unbewußten psychischen Tätigkeiten oder Dominanten und die bewußtpsychischen Phänomene, die aus ihnen folgen, nennen. Wo beides fehlt, kann von Seelischem nicht die Rede sein, mag auch eine noch so komplizierte Struktur für Systemkräfte vorhanden sein. Die Maschinen haben weder Dominanten, noch auch, wenn man von den etwaigen Empfindungen ihrer Atome absieht, Empfindungen; es scheint deshalb nicht gerechtfertigt, wenn Reinke von „Maschinenseelen“ spricht, bloß weil sie Systemkräfte oder Arbeitsdominanten haben. Die Dominanten sind dem Organismus immanent; bei den Maschinen werden sie durch die den Maschinen transzendente Absicht ihres Erfinders, Erbauers und Monteurs ersetzt¹⁾.

19. Friedrich Reinke.

Wir müssen den Organismus sowohl kausal, als auch teleologisch begreifen lernen. Beide Standpunkte müssen sich ergänzen. Wenn die Kausalerklärung nach Kirchhoff doch nur eine vollständige und einfachste Beschreibung ist, so kann dasselbe auch die teleologische Erklärung sein. Die Beanspruchung der Zelle durch den Funktionsreiz ist mechanisch; aber die Reaktion der Zelle auf diesen Reiz läßt sich nicht vollständig in mechanische Ursachen auflösen. Die Zweckmäßigkeit der Maschinenstruktur steckt in der Konfiguration der Teile, durch welche die sonst blind wirkenden Energien gezwungen werden, eine ganz bestimmte Arbeit zu verrichten. In dieser (statischen) Zweckmäßigkeit der Maschinenbedingungen liegt noch nichts Hypothetisches; dieses beginnt erst bei der Frage, ob diese Zweckmäßigkeit des Organismus rein immanent, oder ob sie, wie bei der Maschine, transzendent hineingelegt ist. Eine apodiktisch gewisse Entscheidung läßt sich darüber noch nicht treffen.

¹⁾ J. Reinke, Die Welt als Tat, 2. Aufl. Berlin 1901. Derselbe, Einleitung in die theoretische Biologie, Berlin 1901. Derselbe, Philosophie der Botanik, Leipzig 1905. Vergl. meinen Aufsatz: Ein Umschwung in der modernen Biologie (in der „Gegenwart“ 1902 Nr. 1).

Könnten wir bestimmt sagen, daß in den Zellen eine unbewußte Vorstellung und ein unbewußter Wille fehlte, so wäre eine immanente Lösung des Problems ausgeschlossen. Denn der Zweckbegriff erfordert eine Intelligenz; ohne solche wäre das Leben und die Biologie unmöglich. Wir wissen nicht, was Intelligenz ist und wie sie zustande kommt, ohne sie darum leugnen zu wollen. Soll der Zweck und die Intelligenz im Organismus nicht bloß transzendent sein, wie bei den Maschinen, so muß sie als unbewußte in den Zellen stecken, unter gegenseitigem Einfluß stehen und ohne Zaudern und Zweifeln das Richtige wollen. Wie diese unbewußten, intelligenten, in den Zellen wirksamen Kräfte es anfangen, die energetischen Kräfte zu beeinflussen, wissen wir ebensowenig, als wie die energetischen Kräfte sich untereinander beeinflussen. Aber wir bedürfen derartiger Symbole als Darstellungsmittel der physiologischen Vorgänge (Wachstum, Fortpflanzung, Vererbung), und ihre Annahme behindert weder die biologische Forschung, noch beeinflußt sie ihre bisherigen Methoden.

Wir wissen jetzt, daß die Zelle nicht ein strukturloses Quantum einer organischen chemischen Verbindung ist, sondern eine kompliziert arbeitende, physikochemische Maschine. Die Einsicht in die Unmöglichkeit der Entstehung einer solchen Maschine aus bloß mechanischen Ursachen (d. h. einer Urzeugung) ist „eine Erkenntnis, die eine Katastrophe des bis jetzt allmächtigen Dogmas des wissenschaftlichen Materialismus herbeigeführt hat“. Es bleibt nur die Urzeugung mit Hilfe intelligenter Kräfte übrig, die mit den Naturkräften zweckmäßig walten, aber ihre Gesetze dabei so wenig durchbrechen wie der Chemiker, wenn er das gleiche tut.

Die maschinelle Struktur der parablastischen Bildungen, die bald mehr chemische (z. B. rote Blutkörperchen, Drüsenzellen), bald mehr physikalische Apparate (z. B. Bindegewebe, Muskeln, Nerven, Neuroglia) darstellen, geht von den protoplasmatischen Zellteilen aus, wie der Bau des Netzes und Kokons von der Spinne und Seidenraupe, nur mit dem Unterschiede, daß erstere noch beschränkt lebendig, letztere aber tot sind. Sowohl die einzelnen Markteile der Zellen, als auch Gruppen von Markteilen nicht nur gleichartiger, sondern auch verschiedenartiger Zellen arbeiten sich dabei in die Hand, um ein bestimmtes Ergebnis zustande zu bringen; so z. B. kooperieren die Zellen von Knochen,

Muskeln, Gelenkkapseln, Blutgefäßen, Nerven usw., die alle nötig sind, um ein ganzes Gelenk herzustellen. Bei jedem mechanischen Erklärungsversuch solcher zweckmäßigen Vorgänge fehlt ein wesentlich beteiligter Faktor, der von den Markteilen der Zellen aus wirkt, für uns mechanisch unerklärbar bleibt und doch ausschlaggebend ist. Es bleibt nichts übrig als die Hypothese, daß die einzelnen Zellen und Zellgruppen eine unbewußte Intelligenz haben, die sich nach den Reizen richtet, sowohl nach den äußeren, als nach den ihr von anderen Zellen zugeleiteten, eine instinktive Intelligenz, die im Gegensatz zur bewußten Intelligenz nicht zaudert, sondern sicher zugreift. F. Reinke schließt sich deshalb der Dominantenlehre seines Bruders J. Reinke an¹⁾.

20. von Helmholtz, Hertz, Paul du Bois-Reymond.

Helmholtz erkennt in seinen „Populären wissenschaftlichen Vorträgen“ (Braunschweig 1865—1876, Bd. II, S. 81), „die in der Tat ganz wunderbare und vor der wachsenden Wissenschaft immer reicher sich entfaltende Zweckmäßigkeit im Aufbau und den Verrichtungen der lebenden Wesen“ an, ebenso, „daß in unendlich vielen Fällen die organische Zweckmäßigkeit den Fähigkeiten der menschlichen Intelligenz so außerordentlich überlegen erscheint, daß man ihr eher einen höheren als einen niederen Charakter zuzuschreiben geneigt sein möchte“. In den unbewußten Intellektualfunktionen (z. B. Schlüssen), die von den entsprechenden bewußten nicht wesentlich verschieden sind (Bd. II, S. 94—95), hätte Helmholtz ein geeignetes Mittel besessen, um den der menschlichen Intelligenz überlegenen Charakter der organischen Zweckmäßigkeit zu erklären. Es ist besonders charakteristisch für die Zeit, in der er lebte und wirkte, daß er von diesem Mittel keinen Gebrauch machte, sondern sich der Darwinistischen Strömung anschloß und glaubte, Darwin habe mit seiner Zuchtwahllehre das Naturgesetz offenbart, durch dessen blindes Walten eine so hohe Zweckmäßigkeit in den Organismen zustande komme.

Der bedeutendste Schüler von Helmholtz, Heinrich Hertz, der die bisher konsequenteste Durchführung der Mechanik auf rein hylokinetischer Grundlage geliefert hat, ist weit entfernt, die Gel-

¹⁾ Friedrich Reinke, Grundzüge der allgemeinen Anatomie, zur Vorbereitung auf das Studium der Medizin nach biologischen Gesichtspunkten bearbeitet. Wiesbaden 1901, S. 23, 181—186, 191, 220—221, 228, 281—282.

tung der Mechanik über das Bereich des Leblosen hinaus auszudehnen, und drückt sich in dieser Hinsicht mit einer Vorsicht aus, die von den Vertretern der mechanistischen Weltanschauung vorteilhaft absticht. Das mechanische Grundgesetz auf belebte Systeme anzuwenden, hält er für eine unwahrscheinliche Hypothese. Nur soviel gilt ihm als sicher, daß man den Einfluß eines belebten Systems auf ein unbelebtes so betrachten dürfe, als ob er auch von einem unbelebten Systeme ausginge. Er gibt zu, daß die Kräfte der belebten Natur ganz andere sein und ganz andere Eigenschaften haben können, als die der unbelebten.

Der Satz der Energieerhaltung ist weiter als das Grundgesetz der Mechanik (der Satz der geradesten Bahn); er kann aus diesem abgeleitet werden, aber nicht umgekehrt. „Es wären natürliche Systeme denkbar, für welche der Satz von der Erhaltung der Kraft gälte, und welche sich dennoch nicht in geradesten Bahnen bewegen. Es wäre z. B. denkbar, daß der Satz von der Erhaltung der Energie Gültigkeit hätte auch für belebte Systeme und daß dieselben sich dennoch unserer Mechanik entzögen.“ Wir können weder behaupten, daß die inneren Vorgänge der Lebewesen lediglich denselben Gesetzen folgen, noch daß sie andern folgen. Wie Lust und Schmerz aus der Mechanik ausgeschlossen bleiben müssen, so scheint auch die Mechanik zu einfach und zu beschränkt, um die Mannigfaltigkeit des niedrigsten Lebensvorganges wiederzugeben. Es erscheint daher vorsichtiger, die Geltung des mechanischen Grundgesetzes auf leblose Körper zu beschränken.

Wir sind fest überzeugt, daß in der Natur nur solche Kräfte vorkommen, die dem Energiegesetz unterstehen, und daß diese Elementarkräfte vom absoluten Zeitwerte und Orte unabhängig sind; streitig ist jedoch, ob sie nur von der Entfernung, oder auch von der absoluten oder relativen Geschwindigkeit, oder auch von der Beschleunigung oder noch höheren Differentialquotienten abhängen. Fraglich ist ferner, ob die Elementarkräfte nur bestehen können in Anziehungen und Abstoßungen auf der Verbindungslinie zwischen je zwei unendlich kleinen Elementen der Materie; unzweifelhaft dagegen scheint es Hertz zu sein, daß in der Natur nur solche Kräfte vorkommen, die sich als Summe von Wechselwirkungen zwischen unendlich kleinen Elementen der Materie darstellen lassen. Dem ist jedoch die Erwägung entgegenzustellen,

daß, wenn es in der organischen Natur Kräfte gibt, die nicht der Mechanik unterstehen und nicht auf der geraden Verbindungslinie zweier Punkte wirken, jede Nötigung wegfällt, sie von einem Punkte ausgehen zu lassen, während die Nötigung bestehen bleibt, sie auf einen oder mehrere Punkte wirken zu lassen¹⁾.

Schon vor Hertz hatte Paul du Bois-Reymond, der weniger bekannte aber bedeutendere Bruder Emils, sich dahin geäußert, daß für die mechanische Forschung in der Physik und Chemie noch vieles, im Organischen noch alles jungfräulicher Boden sei, und daß das Leben vielleicht mechanisch unergründlich sei.²⁾

21. Verschiedene Stimmen zugunsten des Vitalismus.

Der Vitalismus greift allmählich mehr und mehr um sich; der eine Forscher macht ihm an diesem, der andere an jenem Punkte Zugeständnisse, oft genug verschämte, die das Kind nicht beim rechten Namen zu nennen wagen, manchmal auch nur halbe Zugeständnisse, die den Vitalismus bloß vorbereiten. Albrecht z. B. bekennt sich in seinen „Vorfragen der Biologie“ (Wiesbaden 1899) einerseits als Mechanisten und behauptet doch andererseits, daß eine unüberbrückbare Kluft zwischen den Lebenserscheinungen und den physiko-chemischen Mechanismen, von denen sie hervorgebracht werden sollen, bestehe. Je nachdem wir den Blick auf das einzelne Geschehen oder auf das Geschehen in der Gesamtheit, in der Organisation, einstellen, sehen wir Physiko-chemisches oder Physiologisches. Danach käme es nur auf einen Unterschied des Gesichtspunktes und der subjektiven Betrachtungsweise heraus, ob man ein Lebloses oder ein Lebendiges im Organismus vor sich zu haben glaubt. Aber der Organismus existiert doch nur als ein Ganzes, als ein Gesamtgeschehen; stellt man den Blick auf ein physiko-chemisches Einzelgeschehen in seinen Teilen ein, so abstrahiert man von demjenigen, was der Organismus wirklich und an sich selber ist, und wodurch er von allem Unorganischen verschieden ist, wird also seinem Wesen nicht gerecht.

Von philosophischer Seite her nimmt Coßmann in seinen

¹⁾ Heinrich Hertz, Ges. Werke, Bd. III, Die Prinzipien der Mechanik, Leipzig 1894, S. 12—13, 45, 160—172.

²⁾ Paul du Bois-Reymond, Über die Grundlagen der Erkenntnis in den exakten Wissenschaften, Tübingen 1890, S. 70, 116.

„Elementen der empirischen Teleologie“ (1899) eine ähnliche Stellung ein. Er verteidigt die Gleichberechtigung von Teleologie und Kausalität, die Unzurückführbarkeit ihrer Gesetze aufeinander, die gesetzmäßige Notwendigkeit und darum Berechenbarkeit beider, die induktive Behandlung auch der Teleologie, die bloße Wahrscheinlichkeit und den hypothetischen Charakter aller Induktionsergebnisse auf beiden Gebieten, die Durchdringung der kleinsten Teile des Organismus mit Teleologie, die Allgültigkeit, aber nicht die Alleingültigkeit der Kausalität. Die Biologie hat sich eine gewisse Sprachtechnik ausgebildet, um teleologische Gesetzmäßigkeiten darzustellen, ohne sie als solche zu bezeichnen; sie wendet die Teleologie in dieser Weise praktisch fortwährend an, auch wenn sie sie theoretisch leugnet. Die durch kein Kausalgesetz zu erklärende teleologische Gesetzmäßigkeit ist in vielen naturwissenschaftlichen Kreisen seit langem ein offenes Geheimnis. Grade weil Cossmann an eine Lebenskraft gar nicht denkt, weil er nach Drieschs Ausdrucksweise nur statischer, nicht dynamischer Teleolog ist, gerade darum hat sein Buch in Naturforscherkreisen eine Beachtung gefunden, die ihm andernfalls vielleicht versagt geblieben wäre, die z. B. dem viel besseren Buch von Erhardt (Mechanismus und Teleologie, Leipzig 1890) versagt geblieben ist.

Die Erscheinungen der Regeneration haben diejenigen Forscher, welche sich eingehend mit ihnen beschäftigt haben, in der mechanistischen Auffassung wenigstens wankend gemacht, wenn sie auch nicht hingereicht haben, alle so ins vitalistische Lager hinüberzutreiben wie Wolff und Driesch. So hält z. B. Herbst in seiner Schrift „Formative Reize in der tierischen Ontogenese“ (Leipzig 1901) die Entscheidung zwischen der physiko-chemischen und der vitalistischen Auffassung noch offen, was vor 20 Jahren undenkbar gewesen wäre. Morgan nimmt in seinem Buche „Regeneration“ gesonderte Fundamentalfaktoren für die Lebensvorgänge an, überschreitet also tatsächlich die Maschinentheorie des Lebens; aber er scheut davor zurück, mit den hergebrachten Anschauungen völlig zu brechen und für die besonderen vitalen Fundamentalfaktoren auch einen besonderen Namen zu suchen. Selbst solche Forscher, die für ihr Teil an der mechanistischen Weltanschauung festhalten, können sich doch der Wahrnehmung nicht entziehen, daß die Versuchung, zum Vitalismus überzugehen, gewachsen ist. So sagt z. B. Roux, der Urheber und Hauptvertreter der Ent-

wickelungsmechanik: „Es ist nicht zu leugnen, daß die Verführung zu letzterer Auffassung mit der Zunahme unserer Kenntnis zunächst erheblich zugenommen hat“¹⁾. Er begeht dabei nur den Irrtum, zu glauben, daß das mechanisch nicht mehr ausreichend Ableitbare nur noch teleologisch ableitbar sei, als ob also das Teleologische nicht zugleich kausal wäre und als ob das Kausale und das Mechanische sich deckten und Wechselbegriffe wären.

Viele Biologen kommen aber auch schon deutlicher mit der Sprache heraus und erklären die rein mechanistische Weltanschauung für unzulänglich im Bereiche des Organischen. So erkennt z. B. Hering²⁾ an, daß das Lebendige heute noch ebenso wie früher als ein ungelöstes Rätsel vor uns liegt, und daß wir überall früher oder später auf das geheimnisvolle Walten der lebendigen Substanz treffen, wie weit wir auch mit der physiko-chemischen Untersuchung vordringen. „Das Leben könnte nur aus sich selbst ganz verstanden werden, und eine Physik und Chemie, welche allein dem Boden der unbelebten Natur entsprossen und darum nur dieser angepaßt ist, wird eben deshalb nur zur Erklärung dessen hinreichen, was dem Lebendigen mit dem Toten gemeinsam ist.“ „Im Grunde war es auch seinerzeit nicht die bloße Negierung der Lebenskraft, was der Physiologie zu ihren damaligen glänzenden Erfolgen verhalf, sondern die damit verbundene Einführung der strengen naturwissenschaftlichen Methode und des ganzen durch dieselbe bereits gewonnenen wissenschaftlichen Rüstzeugs in die Biologie; und nur insoweit der Vitalismus zugleich der Träger unersprießlicher Methoden der Behandlung biologischer Probleme war, hat er wirklich geschadet und seine Beseitigung wirklichen Nutzen gebracht.“

Dazu drängt sich folgende Bemerkung auf. So wenig heute jemand sich weigern wird, Eisenbahnen und Telegraphen zu benutzen, so wenig Gefahr ist vorhanden, daß man die heutigen Methoden der Naturforschung samt allem ihren Rüstzeug wieder über Bord werfen könnte, um zu den alten naturphilosophischen Konstruktionen zurückzukehren. Auch um die Mitte des vorigen Jahrhunderts hätten die modernen Forschungsmethoden ganz von

¹⁾ Einleitung zum „Archiv für Entwicklungsmechanik“ Bd. I Heft 1, Leipzig 1894, S. 22.

²⁾ Ewald Hering, Zur Theorie der Nerventätigkeit, Leipzig 1899, S. 5—7.

selbst ihren Siegeslauf verfolgt, weil ihre Überlegenheit und Brauchbarkeit sich jedem Naturforscher handgreiflich aufdrängte. Es war ganz überflüssig, damals das Kind mit dem Bade auszuschütten und den Vitalismus zu bekämpfen, bloß um den exakten Forschungsmethoden zu ihrem ohnehin gesicherten und unaufhaltsamen Siege zu verhelfen. Wenn die Vitalismustöter weiter kein geschichtliches Verdienst für sich in Anspruch nehmen können als das, den modernen Forschungsmethoden zum Siege verholfen zu haben, so ist ihr Verdienst recht fraglich; denn dann haben sie nur offene Türen eingestoßen.

W. Preyer hält die Lebenserscheinungen damit noch nicht für erklärt, wenn man zeigt, daß sie physikalische und chemische Prozesse sind. „Nachdem die Physiologie von der Physik ein großes Kapitel nach und nach entlehnt hat, ist vielleicht die Zeit nahe, es ihr zurückzuerstatten.“ Die Mechanik ist notwendig, aber nicht ausreichend zur Erklärung des Lebens, weil die Mechanik des Lebens nur ein Teil des Lebens ist. Biophysik und Biochemie müssen die Begriffe der Materie und des Lebens anders fassen als bisher; sie müssen der Qualität des Bewegten auch in den empfindenden Körpern Rechnung tragen und auch die in den empfindenden Körpern wirksamen Bewegungsursachen in sich schließen, welche aus den Empfindungen entspringen und nicht in energetischen Formeln befaßt sind. Gleichwohl lehnt Preyer ein besonderes Lebensprinzip ab, weil es als stoffliches nicht existiere und als unstoffliches „nicht wirken könne, es sei denn, daß man ihm übernatürliche“ (soll heißen übermechanische oder überphysikalische) „Macht zuschreibe“. Infolge seiner Ableitung der Protoplasmaorganismen aus früheren Flammenorganismen glaubt er ein besonderes Lebensprinzip entbehren zu können; diese Ableitung, die jeder näheren Darstellung der etwaigen Übergänge ermangelt, hat aber bis jetzt keinen Beifall gefunden.¹⁾

Ottomar Rosenbach betrachtet den Organismus mit Recht als Transformator der ihn durchströmenden Energie. „Nicht die Kraft, die das betriebene System liefert, sondern das Prinzip, nach dem das Gleichgewicht der spezifischen transformierenden Apparate gestaltet ist und sich innerhalb weiter Grenzen mit den

¹⁾ W. Preyer, Naturwissenschaftliche Tatsachen und Probleme, Berlin 1880, S. 310—314.

wahrnehmbaren Mitteln erhält, bleibt das Geheimnis¹⁾. „Ein konstruktives Gebilde ist eben nicht ein zufälliger... Gleichgewichtszustand, sondern ein zielstrebig, für bestimmte Zwecke gestaltetes System, ein Funktionsträger“ und muß auf ein transzendentes, nach einer Norm oder Idee wirkendes Prinzip oder einen schöpferischen Faktor zurückführen, der wohl unterschieden werden muß von der bewußten Individualseele. Der Organismus gleicht einem Instrument, z. B. einem Klavier, die bewußte Individualseele dem Klavierspieler; das schöpferische transzendente Prinzip dagegen faßt in sich sowohl das Analogon des Instrumentenbauers als auch die künstlerischen Inspirationen, die sich in dem Spiel des Klavierspielers verwirklichen (sei es durch notenschriftliche Vermittlung der musikalischen Kompositionen eines andern, sei es durch Improvisationen des Spielers selbst). Rosenbach hält das teleologisch schöpferische Prinzip für bewußt im Sinne des Theismus; ob das richtig ist, oder ob es absolut unbewußt ist im Sinne des Pantheismus, das ist jedenfalls eine Frage, die außerhalb der Grenzen der Biologie liegt.²⁾

Wallace sagt von der Kraft der Fortpflanzung, der Variation und der Fortpflanzung der Variationen: „Hier haben wir also Anzeichen einer neuen, in Tätigkeit getretenen Kraft, welche wir Lebenskraft nennen können, da sie gewissen Gestaltungen des Stoffes alles Charaktere und Eigenschaften verleiht, welche das Leben bedingen.“³⁾ Auch Kerner nimmt „keinen Anstand, die mit den andern nicht zu identifizierende Naturkraft, deren unmittelbarer Angriffspunkt das Protoplasma ist, und deren eigentliche Wirkung wir das Leben nennen, wieder als Lebenskraft zu bezeichnen“.⁴⁾

Dennert plaidiert gleichfalls für die Wiederaufnahme des Wortes Lebenskraft, deren Begriff von dem Materialismus lange Zeit unterdrückt worden ist, jetzt aber wieder mehr und mehr anerkannt wird, weil er eben unentbehrlich ist. Die Lebenskraft ist nicht mystischer und geheimnisvoller als irgend eine andere

¹⁾ Energetik und Medizin. Beilage zur „Wiener medizinischen Presse“ 1897 Nr. 23.

²⁾ Der Organismus als Transformator, in der „Wiener klinischen Rundschau“ 1901 Nr. 41.

³⁾ Wallace, Der Darwinismus, 1891, S. 737.

⁴⁾ Kerner, Pflanzenleben Bd. I S. 49, Bd. II S. 408.

Naturkraft, und ebenso gesetzmäßig wie diese. Wie jede Naturkraft ihr bestimmtes Herrschaftsgebiet hat, so auch die Lebenskraft das ihrige, nämlich die lebenden Organismen.¹⁾ Wer unter der Lebenskraft eine übernatürliche Kraft versteht, der faßt eben den Begriff der Natur zu eng, als einen auf die unorganischen Kräfte beschränkten.

G. Jäger, der früher eifriger Darwinist und Mechanist war, bekennt, daß ihn sein Ausflug in das Reich der spezifischen Stoffe vollständig von den mechanistischen Verirrungen seiner jüngeren Jahre kuriert hat. Einen Sieg der mechanistischen Auffassung kann man nur erträumen, wenn man von den für alles Leben grundlegenden Tatsachen der Vererbung vollständig absieht. Die Vererbung nämlich „ist eine Zweckursache oder besser gesagt eine ganze Pandorabüchse voll Zweckursachen; denn die in ihr steckenden Ursachen arbeiten samt und sonders nach einem ihnen überlieferten Plane, der ihnen als Endzweck vorschwebt“. Wenn die Anhänger der vitalistischen Richtung „ein lebensschaffendes und -erhaltendes, anderen Gesetzen als die Welt der stofflichen Moleküle unterliegendes Etwas als Träger der Lebenskraft und Vererbung annehmen, . . . so ziehen sie nur die Konsequenz von allem, was wirkliche Wissenschaft bisher zutage gefördert hat.“ So lange Mathematik, Physik und Chemie unsere naturwissenschaftliche Schulung liefern, so lange wir die organische Natur nur durch ihre Brille betrachten, so lange wird man von allem, was man durch sie nicht sehen kann, nichts wissen wollen und das, was Kern und innerstes Wesen des Lebens ist, den physiko-chemisch unerklärbaren Rest, leugnen.²⁾

Gaule meint, daß jeder Vergleich des Organismus mit einer Maschine vermieden werden muß; denn ihr Unterschied liegt gerade darin, daß die Maschinenbedingungen, Arbeitsdominanten oder Systemkräfte in der Maschine unveränderlich sind, im Organismus aber sich ändern, daß die Maschine keine Mauserung, keine allmähliche oder plötzliche Anpassung an veränderte Lebensbedingungen kennt wie der Organismus. Letzterer folgt nicht nur periodischen Änderungen der Umgebung, z. B. der Jahres- und Tages-

¹⁾ E. Dennert, Vom Sterbelager des Darwinismus, Stuttgart 1903, S. 22—23.

²⁾ G. Jäger, Die Kontinuität des Lebens (in „Prometheus“ Jahrgang XIII, 1901—1902, Nr. 16—17).

zeiten; er zeigt oft auch plötzliche und stürmische Anpassungen, z. B. die plötzliche Vermehrung der roten Blutkörperchen beim Ballonaufstieg in große Höhen. Wenn Gaule aber J. Reinke vorwirft, diese Unterschiede übersehen zu haben, so irrt er; Reinke schließt gerade aus solchen Änderungen der Arbeitsdominanten auf die Wirksamkeit von Gestaltungsdominanten, die in der Maschine fehlen.¹⁾

Haberlandt hat im Jahre 1899 gezeigt, daß die javanische Liane *Conocephalus ovatus* nicht durch einen bloß physikalischen, sondern durch einen Lebensvorgang das durch die Wurzeln aufgesogene salzhaltige Wasser als fast reines Wasser durch die Blätter wieder ausscheidet. Die Wasserausscheidung hörte nämlich auf, wenn er die absondernden drüsigen Zellen (Hydathoden) der Blätter durch Sublimatlösung vergiftete. In einigen Tagen bilden sich jedoch anstatt der vergifteten, unterhalb der Blattoberhaut belegenen Hydathoden neue Wasserausscheidungsorgane von ganz anderem Bau und anderer Herkunft, nämlich stecknadelkopfgroße Knötchen im Anschluß an das Gefäßsystem der Blätter. Wenn diese sehr empfindlichen Neubildungen nach etwa einer Woche durch Austrocknung zugrunde gegangen sind, bilden sich auf der Unterseite des Blattes Wucherungen, die als Wasserblasen weiter fungieren, und durch die sich das Blatt noch weiter erhält. Hier liegen zweckmäßige Neubildungen vor, die durch keinen Selektionsvorgang zu erklären sind, weil eine Vergiftung der Hydathoden in der Natur gar nicht vorkommen kann.²⁾

Verworn unterscheidet in der zweiten Auflage seiner „Allgemeinen Physiologie“ (Jena 1797) einen mechanischen und einen psychischen Vitalismus. Der erstere führt, soweit er sich von jedem Rückfall in den älteren Vitalismus frei hält, den Namen Vitalismus mit Unrecht; denn mag er nun an zeitweilig noch unbekannte physikalische und chemische Kräfte und Gesetze oder an eine besondere Anordnung der materiellen Teilchen in Organismen denken, immer bleibt er innerhalb der Grenzen unorganischer Naturgesetzlichkeit. Der psychische Vitalismus überschreitet allerdings diese Grenzen, aber zugleich auch die der

¹⁾ Justus Gaule (Zürich), Theorien des Lebens (in der „Nation“ 1902 Nr. 40).

²⁾ Vergl. E. Dennert, Vom Sterbelager des Darwinismus, Stuttgart 1903, S. 19—25.

Naturwissenschaft zugunsten philosophischer Spekulationen. Ein Vitalismus hat demnach in keiner Gestalt Platz und Berechtigung in der Naturwissenschaft. Hiergegen ist nur zu bemerken, daß die Biologie nach Ansicht des Vitalismus keine bloße Naturwissenschaft mehr sein kann, sondern nur noch als Verknüpfung von Naturphilosophie und Naturwissenschaft ihre Aufgabe lösen kann, und daß deshalb auch ein psychischer Vitalismus in ihr sehr wohl Platz finden kann.

Friedrich Ratzel hat eine „allgemein geteilte“ Ansicht nach der andern hinabsinken sehen und dadurch immer mehr den Glauben an die Allgemein- und Ewiggültigkeit der angeblichen Naturgesetze verloren, die mit der Miene der Unfehlbarkeit vorgetragen, aber dann auch unter Umständen ganz unbefangen wieder zurückgezogen werden. „Nachdem wir die naturwissenschaftliche Weltanschauung als eine Decke kennen gelernt haben, die zu kurz ist und außerdem noch einige große Löcher hat, haben wir uns notgedrungen zur Philosophie zurückgewandt“¹⁾

Pauly unterscheidet eine dreifache Zweckmäßigkeit an Organismen: 1. anatomisch in den funktionsgemäßen Einrichtungen, 2. physiologisch in den zweckmäßigen Leistungen der Organe, die sich je nach den Umständen ändern, um Mittel für den konstanten Zweck zu bleiben, 3. psychisch im Denken und Handeln. Das Urteilen im dritten Gebiet zeigt ein Vermögen, das wirklich zu teleologischen Leistungen ausreichend ist, indem es von innen heraus die Mittel nach dem Zwecke reguliert. Der Sehsakt zeigt alle Übergänge zwischen bewußten und unbewußten Urteilen und lehrt uns ebenso wie die Betrachtung der chemischen Vorgänge, daß „Leben“ so viel ist wie „zweckmäßig reagieren“, und daß wir in der physiologischen Zweckmäßigkeit nicht eine zufällige Erscheinung, sondern unbewußtes Urteilen nach Zwecken, eine bis ins kleinste gehende Vernünftigkeit der Reaktion des Organismus seinen Bedürfnissen gegenüber zu sehen haben. Das Prinzip, das die Zuchtwahllehre zu ersetzen hat, muß ein inneres, psychisches sein, das seine Zweckmäßigkeiten direkt erzeugt, wie es das Leben erfordert, dessen Bedürfnisse nicht auf eine indirekte Erfüllung im Sinne Darwins warten können. Der Neulamarckismus, der Neovitalismus und die Versuche einer empirischen Teleologie

¹⁾ Weltentwicklung und Welterschöpfung (in den „Grenzboten“ 1902 Nr. 24).

weisen konvergent auf eine innere, psychische Ursache der aktiven Anpassung hin, ohne die verpönte Lebenskraft (im Sinne einer materiellen, energetischen Kraft) wieder aufleben lassen zu wollen. Was dagegen im Prinzip falsch ist, wie die indirekte mechanische Entstehung des Zweckmäßigen durch Selektion, kann dadurch nicht wahr werden, daß man es an eine andere Stelle im Organismus verlegt, wie z. B. Roux in die Gewebe oder Weismann in die Keimteilchen. Pauly zieht aus der aktiven Anpassung also die richtige Konsequenz, daß sie nur durch unbewußte psychische Zwecktätigkeit möglich ist.¹⁾

Dacqué sieht in diesen Äußerungen Paulys „die bedeutsamste Ansicht in neuerer Zeit“. „Es besteht nach der Beobachtung, die man über den Gedankengang der Forschung in den letzten Jahren machen konnte, kaum ein Zweifel, daß wir uns einer neuen Art von vitalistischem Prinzip zu bewegen, das sich von den Tendenzen des bis jetzt noch herrschenden materialistischen (Darwin), wie es in Haeckel seine Vollendung gefunden, wesentlich unterscheiden wird. Unter Geltendmachung der Lamarckschen Prinzipien wird, ähnlich wie es Eduard von Hartmann schon in seiner „Philosophie des Unbewußten“ zum Ausdruck gebracht hat, das „innere Entwicklungsgesetz“ wieder in sein Recht treten, ohne daß die rein mechanisch wirkenden Ursachen bei der Artbildung ausgeschlossen zu werden brauchen. Der Selektion und dem Kampf ums Dasein fallen zweifellos wichtige Rollen bei der Entwicklung der Formen zu, aber sie werden nicht mehr die allmächtigen Prinzipien, sondern deren Hilfsfaktoren sein.“²⁾

Francé behandelt den „Neovitalismus“ ziemlich unbefangen auf 50 Druckseiten.³⁾ Er gibt zu, daß die empirische Lehre von der Veränderlichkeit der Arten durch die theoretische Lehre von den Ursachen dieser Veränderungen ergänzt werden muß; die Summe dieser ursächlichen Hypothesen ist der Neovitalismus, der „ganz innerhalb des Rahmens der Naturwissenschaft fällt und

¹⁾ A. Pauly, Wahres und Falsches in Darwins Lehre (in der Beilage zur „Münchener Allgemeinen Zeitung“ 1902 Nr. 68), auch als Broschüre in mehreren Auflagen erschienen.

²⁾ Der Descendenzgedanke und seine Geschichte vom Altertum bis zur Neuzeit. Von Dr. Edgar Dacqué. München 1903, S. 118—119.

³⁾ Darwinistische Vorträge und Abhandlungen Heft 12: „Die Weiterentwicklung des Darwinismus“. Von R. H. Francé in München. Odenkirchen 1904, S. 73—123.

deshalb als Erklärungsversuch und Ergänzung der Leben- und Formentstehungslehre zugelassen werden muß“ (S. 74, 80). Man kann nicht alle Phänomene durch dasselbe Prinzip erklären, und das vitalistische Tatsachenmaterial deutet sicher auf ein bisher noch nicht bekanntes Prinzip in der Natur hin, mag dies nun ein materielles oder ein dynamisches sein (113—114). Die bisherigen Anhaltspunkte haben auch nicht ausgereicht, um etwas Endgültiges über die Art seines Wirkens, seiner Gesetzmäßigkeit und ihrer Angliederung an die bisher bekannten Naturgesetze festzustellen; aber der Neovitalismus hat in begrüßenswert scharfer Weise bereits festgestellt, was die Grenzen der physikalisch-chemischen Erklärungsmöglichkeiten sind, und in welchen Punkten neue Erklärungen eingreifen können (114, 122). So ist er dankenswert und vielversprechend, obwohl noch im Fluß und im Kampfe befindlich.

Von einem Siege des Vitalismus kann vorläufig keine Rede sein. Die Biologen, die sich offen und ausdrücklich zu ihm zu bekennen wagen, stehen bis jetzt noch vereinzelt da. Aber die Selbstgewißheit der Naturwissenschaften, mit der sie ein Menschenalter lang den Vitalismus als einen völlig unwissenschaftlichen, veralteten und überwundenen Standpunkt verhöhnten, ist doch schon stark erschüttert. In biologischen Werken und Fachzeitschriften ist der Vitalismus wieder zu einem diskutierbaren Problem geworden, während er dreißig Jahre lang als völlig unter der Kritik stehend galt und das Bekenntnis zu ihm genügte, um solchen Bekenner als einen wissenschaftlich unzurechnungsfähigen Phantasten zu diskreditieren. Wer unter dieser Zeitströmung sein Leben lang zu leiden gehabt hat, wird auch diesen mäßigen Umschwung schon zu würdigen wissen, zumal er für den weiteren Verlauf des zwanzigsten Jahrhunderts einen völligen Sieg des Vitalismus voraussehen läßt.¹⁾

¹⁾ Vergl. „Philosophie des Unbewußten“ 11. Aufl., Bd. I. S. 36—173, 377—396, 430—433, 444—475, Bd. II S. 65—82, 202—221, 448—451, 536—541, Bd. III S. 33—40, 74—79, 238—242, 265—271, 292—294, 318—330, 451—474, 478—486; „Kategorienlehre“ S. 431—495, 318—324, 425—427; „Die moderne Psychologie“ S. 397—422; „Neukantianismus, Schopenhauerianismus und Hegelianismus“ S. 62—65, 137—145, 155—157; „Kants Erkenntnistheorie und Metaphysik“ S. 228—256; „Die allotrope Kausalität“ im Archiv für systematische Philosophie Bd. V Heft 1, 1—24.

III. Die qualitative Energetik in der modernen Biologie.

1. Ostwald.

Die moderne qualitative Energetik neigt dahin, das Leben als eine besondere Energiequalität anzusehen, die sich durch Energieumsatz aus unorganischen Energiearten entwickelt und in sie zurückverwandelt. Diese Auffassung erscheint wichtig genug, um sie näher zu prüfen. Es mögen hierzu einige einleitende Bemerkungen über den Begriff der Energetik gestaltet sein.

Newton hatte außer Zeit und Raum noch zwei Grundbegriffe festgehalten: Kraft und stoffliche Masse, und der Materialismus des 19. Jahrhunderts ist ihm darin nachgefolgt. Die theoretische Physik lehrt aber, daß man außer Zeit und Raum nur noch einen Grundbegriff brauchen kann, und daß man sich entscheiden muß, ob man als solchen die Kraft, die stoffliche Masse oder die Energie wählen will. Wählt man mit Boscovich, Ampère, Cauchy, Tyndall u. a. m. die Kraft, so werden die Atome zu stofflosen Zentralkräften und die Masse ist lediglich durch die Zahl der gleichartigen Uratome bestimmt. Wählt man mit Huyghens und Hertz' Mechanik den Stoff, so ist die Kraft eine bloße Erscheinung des bewegten Stoffes. Wählt man mit Mach, Helm und Ostwald die Energie, so ist die Kraft nur ein Differentialquotient der Energie und der Stoff ein örtlicher Gleichgewichtszustand sich durchringender Energien. Im ersteren Falle erhält man eine rein dynamische Physik, im zweiten Falle eine bloß kinetische, genauer hylokinetische, im dritten Falle eine rein energetische.

Die hylokinetische Physik ist ebenso wie die dynamische

atomistisch, verwirft aber im Unterschied von dieser alle Fernkräfte, auch die auf molekulare Entfernungen wirkenden; statt deren braucht sie die Hypothese starrer Atomverbindungen aus nicht angebbaren Ursachen (Hertz). Die dynamische und die energetische Physik sind darin einig, den Stoff für ein unwahrnehmbares Phantasma, für ein Trugbild der menschlichen Sinnlichkeit zu erklären. Die dynamische und hylokinetische Physik erkennen die Gesetze der Energielehre an, suchen sie aber als ein Gesamtergebnis oder Summationsphänomen aus der Molekularmechanik abzuleiten, ebenso wie die verschiedenen Arten oder Erscheinungsformen der Energie (Wärme, Licht, Elektrizität usw.). Wenn ihnen dies auch noch nicht vollständig gelungen ist, so ist doch auf diesem Wege schon soviel erreicht worden, daß er als durchaus fruchtbar anerkannt werden darf. Die rein oder qualitativ energetische Physik verwirft mit der Molekularehypothese auch die Molekularmechanik und die Erklärung der verschiedenen Energieformen durch dieselbe; sie läßt vielmehr die letzteren als unerklärbare gegebene Tatsachen bestehen, die nur durch ihre gegenseitige quantitative Vertretbarkeit auf eine gemeinsame Wurzel zurückweisen.

Die Energetik spaltet sich demnach in eine mechanistische Energetik und eine reine oder qualitative; erstere sucht Molekularmechanik und Energetik zu vereinigen (Helmholtz, Thomson, Clausius und die meisten neueren Physiker), letztere verwirft diese Verknüpfung und will die Energetik von ihr frei halten (Mayer, Mach, Helm, Ostwald). Sie setzt sich über die philosophische Erregenschaft hinweg, daß alle Qualität nur subjektiv im Bewußtsein ist, und dasjenige, was ihr in der objektiven Realität entspricht, nur intensive oder extensive Quantitätsverhältnisse sind. Sie will auf die Energie als ein einheitliches Prinzip hinaus und vermag doch nicht begreiflich machen, woher die verschiedenen ineinander umsetzbaren Energiearten stammen, in deren eine allemal das einheitliche Prinzip verhüllt erscheint. Sie mißachtet alles, was die Atomtheorie und die Lehre vom Äther bisher an Erklärungen beigebracht haben, und ist doch bisher nicht imstande gewesen, bessere Erklärungen an deren Stelle zu setzen. Deshalb scheint die mechanistische Energetik den Vorzug zu verdienen.

Der hylokinetischen Physik ist die Brücke zum Seelischen abgebrochen, für sie bleibt die Entstehung des Empfindens und

Wollens ein ewig unlösbares Rätsel (Dubois-Reymond). Für die rein energetische Physik hingegen scheint im Begriff der Energie die Brücke gegeben, die zum Seelischen und zur Empfindung hinüberleitet; sie will das Ignorabimus nicht mehr für sich gelten lassen. Wenn das, was wir Materie nennen, ein Produkt oder eine bloße Erscheinung der Energie ist, so kann die Empfindung oder psychische Erscheinung ebenso gut ihr Produkt sein. Die Energie wäre dann das gemeinsame Dritte hinter beiden Erscheinungsformen, hinter der Materie und dem Bewußtsein. Mit dieser Einsicht kommt die Physik unvermerkt zur Schellingschen Naturphilosophie zurück, das heißt, sie wird gleich ihr zur Identitätsphilosophie, indem sie ihren dritten Grundbegriff zur gemeinsamen Wurzel der Materie und des Geistes erhebt. Indem sie identitätsphilosophisch zu werden versucht, bemüht sich die moderne Physik, den Weg zur Verbindung mit den Geisteswissenschaften zurückzugewinnen, den sie sich als einseitiger Materialismus oder als Hylokinetik abgeschnitten hatte. Die Zuversicht, daß ihr Prinzip das höchste Weltprinzip ist, aus dem nicht nur die materielle, sondern auch die geistige Welt entspringt, erhebt sie über den Agnostizismus, erweitert ihren Gesichtskreis und nötigt sie mit einem Schlage, sich als „Naturphilosophie“ zu proklamieren.

Auf diesem Punkte ist nun die moderne Physik angelangt. Nicht die dynamische Richtung der Physik ist es, die sich zu solchen Konsequenzen aufgeschwungen hat, sondern die rein energetische. Die erstere konnte in der Masse ihrer Vertreter von dem schielenden Seitenblick auf unendlich kleine oder auch ausdehnungslose Stoffteilchen in den Mittelpunkt der Atomkräfte nicht recht loskommen (Fechner), und die wenigen Ausnahmen, denen dies gelang, blieben hierin auf die Denkweise ihrer Zeitgenossen ohne Einfluß. Die energetische Richtung hingegen mußte, weil sie ohnehin revolutionär auftrat, es leichter haben, mit dem alten sinnlichen Vorurteil des Stoffes aufzuräumen. Die mechanistische Energetik ließ die Frage noch offen, ob die Molekularmechanik, aus welcher die verschiedenen Energiearten als Gesamtergebnisse hervorgehen, auf stoffliche oder auf unstoffliche, rein dynamische Atome zu beziehen sei, und gestattete dadurch dem Wahngebilde des Stoffes in den Köpfen der meisten Physiker ruhig weiter zu vegetieren. Erst die qualitative Energetik hat sich das hohe

Verdienst erworben, mit der physikalischen Bedeutung dieses subjektiven Phantasmas gründlich aufzuräumen und dadurch den Materialismus aus der Physik zu verbannen. Dieses Verdienst bleibt bestehen, auch wenn man die mechanistische Energetik anstelle der qualitativen setzt; denn nachdem die letztere der Physik einmal den materialistischen Star gestochen hat, kann die erstere ihre Atommechanik nur noch auf völlig stofflose Zentralkräfte beziehen, d. h. sich einem atomistisch gegliederten reinen Dynamismus, als der Grundlage aller Energien, zuwenden, wie ihn die Philosophie längst proklamiert hat.

Indem die Energetik das naturwissenschaftliche Denken aus den Fesseln des Materialismus befreite und zu einer identitätsphilosophischen Auffassung der Welt zurückführte, überschritt sie auch zugleich die Grenzen der Physik als solchen und brachte den so lange verpönten Namen der Naturphilosophie wieder zu Ehren. Schon Mach hatte seinen „Prinzipien der Wärmelehre“ einen langen philosophischen Anhang beigefügt, der Bruchstücke der Erkenntnistheorie, Methodologie, Kategorienlehre und Naturphilosophie behandelt, allerdings noch wesentlich unter dem Gesichtspunkt des Agnostizismus. Der Chemiker Ostwald, der sich als Machs Schüler bekennt, hat im Sommer 1901 an der Leipziger Universität „Vorlesungen über Naturphilosophie“ gehalten, die dann als stattlicher Band bei Veit & Co. (Leipzig 1902) veröffentlicht sind. Als Organ weiterer naturphilosophischer Forschung gibt er zugleich „Annalen der Naturphilosophie“ heraus. Der physikalische Spezialismus der Experimentalforscher gilt also nicht mehr als der Weisheit letzter Schluß: die mathematische Formel, die bei Mach die Stelle der Substanz vertritt, rückt samt der Rechnung wieder in die ihr gebührende Stellung eines schätzbaren Hilfsmittels des Denkens zurück.

Auch in erkenntnistheoretischer Hinsicht ist der eingetretene Umschwung bedeutungsvoll. Bisher befand sich die Naturwissenschaft in dem Wahne, absolut gewisse Erkenntnis innerhalb ihres Gebietes zu liefern, außerhalb ihres Gebietes aber jede Möglichkeit einer Erkenntnis leugnen zu müssen. Das heißt, sie war positiver Dogmatismus als Physik, negativer Dogmatismus oder Agnostizismus als allgemeine philosophische Weltanschauung; nur sie war Wissenschaft, die Philosophie dagegen Aberglauben. Ostwald erkennt nunmehr an, daß die geistigen Operationen in der Natur-

wissenschaft dieselben sind wie in der Philosophie, daß beide in gleicher Weise keine Gewißheit, sondern nur Wahrscheinlichkeit liefern, und daß später vielleicht einmal ganz andere physikalische Grundbegriffe anstelle der heutigen treten können, womit dann auch die Formeln der Physik eine ganz andere Gestalt annehmen würden. Wenn er trotzdem an dem Machschen Begriff einer hypothesenfreien Naturwissenschaft festhalten zu können glaubt, so befindet er sich in einer Selbsttäuschung. Er verkennet, daß Erkenntnis bloßer Wahrscheinlichkeiten und Erkenntnis bloßer Hypothesen Wechselbegriffe sind, daß die Physik nicht bloß mit Ursachenhypothesen, sondern auch mit Gesetzhypothesen und Begriffshypothesen arbeitet, und daß die von ihm gestatteten „Protothesen“ (S. 399) genau dasselbe sind, was man sonst „Hypothesen“ nennt.

Über die Naturphilosophie des Unorganischen habe ich mich schon anderwärts ausführlich ausgelassen und auch mit Ostwald auseinandergesetzt.¹⁾ Hier handelt es sich nur um die Anwendung der Energetik auf das organische und seelische Leben, die auf S. 312 des Werkes beginnt.

Während Ostwald die mechanistische Weltanschauung, d. h. den Glauben, das Organische aus Molekularmechanik erklären zu können, eifrig bekämpft, hält er selbst an dem Glauben fest, daß die energetische Weltanschauung ausreiche, das Organische als Produkt unorganischer Naturgesetze zu erklären. Er glaubt, hier nirgends vor Rätseln oder hoffnungslosen Aufgaben zu stehen, wenn er auch zugibt, daß wir dabei große Wechsel auf wissenschaftlichen Kredit ziehen müssen. In der Tat sind die von ihm angeführten Analogien unorganischer und organischer Vorgänge viel zu unbestimmt, um zu einer eigentlichen Erklärung der letzteren etwas beizutragen. „Zweckmäßig ist alles, was die Dauer vergrößert, unzweckmäßig alles, was sie verkleinert“ (S. 337). Hätte Ostwald Recht, daß die Zweckmäßigkeit sich nur auf die zeitliche Dauer und räumliche Ausbreitung der Gebilde bezieht, so ständen Kristalle, Schlacken und Felsen teleologisch höher als Organismen, ein Eichbaum höher als ein Mensch.

¹⁾ Vergl. mein Buch: „Die Weltanschauung der modernen Physik“, Sachsa i. H., H. Haacke, 1902.

Der einzige Unterschied des Organischen vom Unorganischen, den Ostwald anerkennt, ist der, daß in den Organismen die Energie sich in eine neue Qualität, die Nervenenergie, umwandelt, die in der unorganischen Natur nicht vorkommt. Ob aber diese Umwandlung stattfindet oder nicht, hängt wie bei jeder anderen Energieumwandlung lediglich von den äußeren Bedingungen, den sogenannten Maschinenbedingungen, ab. Der Organismus ist also nichts als eine etwas andere Verbindung von Energiearten, deren Besonderheit ganz und gar durch unorganische Gesetze bestimmt ist, und nichts von den hinzukommenden Kräften und Gesetzen anzunehmen gestattet, die von J. Reinke als „Gestaltungsdominanten“ von H. Driesch als „Vitalagens“ bezeichnet werden. Den Unterschied von Tier und Pflanze erachtet er im Grunde für willkürlich (S. 361), was man nur dann billigen kann, wenn man den Zusatz „im Grunde“ als gemeinsamen genetischen Ursprung deutet.

Man kann die Frage offen lassen, ob die Nervenenergie als eine besondere Energieart neben Wärme, Elektrizität usw. zu betrachten sei oder nicht. Wir sprechen doch nur darum von verschiedenen Formen der einheitlichen Energie, weil sie sich in ihren Wirkungen auf unsere Sinne verschiedenartig bekunden. Eine eigenartige unmittelbare Bekundung der Nervenenergie für unsere Sinne läßt sich nicht behaupten, und ob die bisherigen Erfahrungen ausreichen, um die Annahme einer solchen eigenartigen Energieform mittelbar zu rechtfertigen, ist doch sehr zweifelhaft. Für die mechanistische Energetik, die ja doch alle Energiebetätigungen als Summen von Molekularenergie auffaßt, hat die Frage eigentlich gar kein Interesse; die qualitative Energetik würde die Nervenenergie jedenfalls nur dann als besondere Energiequalität ansprechen können, wenn sie das Grundmerkmal aller, die Vertretbarkeit und Äquivalenz allen anderen Energiearten gegenüber, mit Sicherheit auf sie anwenden könnte. Wenn dagegen das logarithmische Verhältnis des Weberschen Gesetzes schon zwischen dem Sinnenreiz und Nerveneindruck und der Empfindung Geltung hätte, so wäre die Äquivalenz aufgehoben, also die Grundbedingung verneint, ohne welche der Nerveneindruck nicht eine eigene Energieart heißen kann. Ostwald hält jenes für wahrscheinlich (S. 186), ohne daraus die unausweichliche Folgerung zu ziehen. Ich suche dagegen das logarithmische

Verhältnis erst in der Beziehung zwischen Nerveneindruck und Empfindung und kann deshalb die Frage offen lassen.

So lange man bei den materiellen Vorgängen in den Nerven und im Zentralorgan verweilt, ist es selbstverständlich, daß alle in ihnen vorkommende Energie aus dem durch den Organismus fließenden Energiestrom und aus keiner anderen Quelle stammt, und daß sie den energetischen Gesetzen unterworfen bleibt. Welchen Namen man ihr in jedem Augenblicke gibt, scheint dagegen unerheblich. Wesentlich ist vielmehr die Frage, ob die organischen Vorgänge bloßes Ergebnis der unorganischen Naturgesetze sind, oder ob diese in ihnen mit besonderen, höheren, organischen, biologischen Naturgesetzen zusammenwirken, so daß das Gesamtergebnis ein anderes wird, als wenn erstere allein gewirkt hätten. Die moderne Biologie ist der Beschäftigung mit dieser Frage neuerdings wieder sehr ernstlich näher getreten; für Ostwald, der von der Chemie und Physik herkommt, dagegen ist es charakteristisch, daß die Frage für ihn noch immer gar nicht als Frage in Betracht kommt, d. h. daß sie von vornherein zugunsten eines ausschließlichen Wirkens unorganischer Naturgesetze entschieden ist, genau in demselben Sinne, wie dies für die materialistische und mechanistische Weltanschauung der meisten älteren Biologen und Physiker bisher als Dogma galt. Den Materialismus und Mechanismus hat die Ostwaldsche Naturphilosophie glücklich überwunden, aber den Bannkreis einer bloß unorganischen Naturgesetzlichkeit hat sie noch nicht überschritten. Es ist sehr begreiflich, daß der Physiker zunächst mit den ihm gewohnten Gesetzen auszukommen sucht, wenn er auf das Gebiet der Biologie übergreift; ein Umschwung der naturphilosophischen Ansichten konnte deshalb in diesem Punkte nur von der Biologie selbst ausgehen.

Die Nervenenergie ist zunächst unbewußt, sowohl als der durch den Reiz bewirkte Eindruck in Nerven, als auch als reflektorische, instinktive oder triebartige Reaktion, als auch als Umsatz zwischen beiden durch eingeschaltete Zwischenglieder. Die Eindrücke nennt Ostwald unbewußte Empfindungen, die Reaktionen unbewußte Handlungen, die Zwischenglieder des Umsatzes oder die Verarbeitung des Eindrucks im Nerven bis zur Reaktion unbewußtes Denken oder unbewußte Wahl- und Schlußakte (S. 401—402). Unbewußtes Wollen dagegen lehnt er

ab, weil er unter Wollen nur die bewußte Willensempfindung als Begleiterscheinung des energetischen Vorganges versteht. Gewiß sind Umsätze von Nervenenergie in Muskelenergie nicht Wollen zu nennen; aber ebenso wenig ist der Umsatz von Licht- oder Schallenergie in Nervenenergie schon Empfindung zu nennen. Unbewußte Empfindung ist in keinem Sinne widerspruchlos, da Empfindung das Insichfinden oder das Bewußtwerden des Eindrucks bedeutet. Eine Muskelreaktion, die nicht aus Wollen entspringt, kann wiederum nicht „Handlung“ heißen.

Unbewußtes Denken und Streben (oder Begehren) ist unmöglich, wenn es nichts weiter im Organismus gibt als Nervenenergie, wenn keine höheren Kräfte nach höheren organischen Naturgesetzen in ihm wirken. Gibt es aber solche, so sind sie nichtenergetische Kräfte ohne Potential und ohne Kraftzentra, die weder die objektiv reale Erscheinung der Materie hervorrufen, noch auch die konstante Energiesumme alterieren, deren Äußerungen deshalb auch dann, wenn sie unbewußt verlaufen, mit psychischen Bezeichnungen belegt werden dürfen. Ob man für solche unbewußte psychische Tätigkeit die Worte Wollen und Denken oder lieber andere, z. B. Streben (Begehren) und gesetzliche logische Determination (ideale Antizipation) anwenden will, ist nebensächlich, weil bloße Sache der terminologischen Übereinkunft und ändert nichts an den Begriffen. Die Hegelsche und Herbartsche Schule kennt wohl unbewußten Trieb und unbewußtes Streben, reserviert aber das Wort Wollen für bewußte Willkürakte; die Schopenhauersche Schule nimmt Wollen im weitesten Sinne als Gattungsbegriff für alles Streben und Begehren, und diese Terminologie ist von vielen modernen Psychologen übernommen worden, die sonst nicht auf Schopenhauerschem Boden stehen. In diesem weiteren Sinne des Wortes ist gegen unbewußtes Wollen nichts mehr einzuwenden.

Die Nervenenergie kann noch nicht unbewußte seelische oder unbewußte geistige Energie heißen, obwohl Ostwald sie manchmal so nennt (S. 381, 398). Als Nervenenergie ist sie zwar unbewußte, aber keineswegs unbewußt geistige Energie, sondern einfach eine Art der unbewußten physischen Energie. Die unbewußt geistige Energie leugnet Ostwald eben dadurch, daß er Kräfte ohne Potential und ohne Zentra im Organismus leugnet. Die bewußtgeistige Energie dagegen gilt ihm als eine zweite Art orga-

nischer Energie neben der Nervenenergie, nämlich als Zentralorganenergie (S. 393, 396, 403, 418); um Bewußtsein entstehen zu lassen, muß eine weitere Umwandlung der Nervenenergie im Zentralorgan stattfinden und ein weiteres Quantum Energie verbraucht werden (S. 403, 402). Es macht Ostwald „nicht mehr Schwierigkeiten zu denken, daß kinetische Energie Bewegung bedingt, wie, daß Energie des zentralen Nervensystems Bewußtsein bedingt“ (S. 396).

Ohne Zweifel ist das Zentralbewußtsein jedes Individuums an sein Zentralorgan gebunden und durch die Form bedingt, in welche die zugeleitete Nervenenergie in diesem Zentralorgan umgesetzt wird. In den Säugetieren z. B. ist dieses Zentralorgan das Großhirn, in niederen Tieren ein Ganglion oder auch nur eine Ganglienzelle, in der Zelle wahrscheinlich der Kern und das Zentralkörperchen, in primitiven Vorstufen der Zelle irgend eine Vorstufe der Kernbildung (Körnchen). Wo das Individuum so einfach ist, daß kein Unterschied mehr zwischen seinen Unterbewußtseinen und seinem Zentralbewußtsein besteht, da kann auch seine bewußte Individualempfindung bloß durch das lebende Protoplasma bedingt sein, ohne eines Zentralorgans zu bedürfen. Wo dagegen im Individuum ein solcher Unterschied besteht, da kann sicherlich auch nichts in sein Zentralbewußtsein eintreten, ohne daß vorher die physische Nervenenergie der peripherischen Teile in physische Zentralenergie umgesetzt ist. Aber dieser Umsatz bleibt völlig innerhalb des physischen Gebietes als isotrope physische Kausalität. Soll die unbewußte physische Energie des Zentralorgans in bewußtseelische Empfindung umgesetzt werden, so ist dazu ein neuer Vorgang erforderlich.

Von den Anhängern Fechners, zu denen in dieser Hinsicht auch Mach gehört, wird derselbe als psychophysischer Parallelismus gedeutet, vor den Anhängern Lotzes als psychophysische Kausalität. Ostwald verwirft den Parallelismus zugunsten einer psychophysischen Kausalität durch Energieumwandlung (S. 378, 395). Er bemerkt aber nicht, daß die Kausalität in diesem Falle Übergang in ein anderes Gebiet, nämlich von der objektiv realen Sphäre des Daseins als Natur in die subjektiv ideale Sphäre des Bewußtseins, d. h. allotrope Kausalität ist, daß Reizintensität und Empfindungsintensität in ganz anderer Weise verschieden sind

als verschiedenartige Reize untereinander. Noch niemand hat nachgewiesen, daß Energie im Zentralorgan verschwindet, wenn ein intensiver Bewußtseinsinhalt entsteht, und dieser Beweis wird auch nie erbracht werden. Dadurch ist aber schon die Annahme widerlegt, daß das Bewußtsein eine Energieart neben den physischen Energiearten sei. Jeder energetische Erklärungsversuch des Bewußtseins muß scheitern, weil zwar das Bewußtsein ein Produkt desselben Spieles der Kräfte ist, welches auch die Energie produziert und ihre Erscheinungsform bestimmt, weil aber die Sphären, in welche diese beiden Produkte (Energie und Bewußtsein) fallen, ganz und gar verschieden sind, und die physische Energie ebenso wenig in die Bewußtseinssphäre hinübergreifen kann, wie die psychische Bewußtheit mit ihren Qualitäten in die Sphäre des objektiv realen Daseins und der physischen Wirksamkeit. Erst bei diesem Übergang aus einer Sphäre in die andere tritt das logarithmische Verhältnis des Weberschen Gesetzes in Kraft — Beweis genug, daß die Äquivalenz und Vertretbarkeit der Energiearten untereinander und mit ihr der Energiebegriff überhaupt auf die physische Sphäre beschränkt ist.

Wollte Ostwald hingegen behaupten, daß gar kein Energieumsatz zwischen Zentralorganenergie und Bewußtseinsenergie stattfindet, sondern daß beide ein und dasselbe sind, nur das eine Mal von außen, das andere Mal von innen gesehen, so würde er in den Parallelismus zurückfallen, dem er zu entgehen wünscht. Zwischen der physischen Energie des Zentralorgans und der Intensität und Qualität des Bewußtseinsinhalts samt seiner Bewußtseinsform gäbe es dann weder Energieumsatz noch Kausalität mehr, sondern die letztere wäre eine passive Begleiterscheinung der ersteren und fiel ganz aus der Kausalität heraus. Die Empfindung würde in demselben Sinne nur den passiven geistigen Parallelvorgang des physischen Energievorganges im Zentralorgan darstellen, wie nach Ostwald die Willensempfindung nur die bewußte Begleiterscheinung des die Muskelbewegung auslösenden Energieumsatzes im Zentralorgan ist (S. 422, 423).

Diese parallelistische Auffassung kann aber Ostwald schon darum nicht gelten lassen, weil sie den Zweck des Bewußtseins, d. h. seinen Nutzen für die Selbsterhaltung des Individuums im Daseinskampfe aufheben würde. Ohne Zweifel kann das Bewußtsein mit Hilfe des Gedächtnisses auf Grund früherer Er-

fahrungen die Zukunft bis zu einem gewissen Grade voraussehen und die zweckmäßigen Mittel zur Abwehr von Gefahren und zur Befriedigung der Bedürfnisse von unzweckmäßigen unterscheiden und diesen vorziehen (S. 409, 419, 422, 432). Aber was hülften ihm diese Erkenntnisse, wenn es ohnmächtig wäre, sie in Tat umzusetzen, wenn es nur passive Begleiterscheinung physischer Vorgänge im Zentralorgan wäre? Soll das Bewußtsein zur Mitarbeit an der Selbsterhaltung befähigt sein, so muß es sein Kennen in Können verwandeln, d. h. die Energievorgänge im Zentralorgan unmittelbar oder mittelbar beeinflussen können.

Mittelbar könnte es sie nur beeinflussen durch Vermittlung nichtenergetischer Kräfte im Organismus, deren Existenz Ostwald abweist; unmittelbar kann es sie nur beeinflussen, wenn es selber entweder Energie oder eine nichtenergetische Kraft ist. Letzteres gilt wiederum für Ostwald als ausgeschlossen, worin ich ihm beipflichte. Folglich bleibt für Ostwald nur übrig, daß das Bewußtsein selber eine Energieart ist, aber eine solche, die noch von der physischen Energieform des Zentralorgans wesentlich verschieden ist, da sie diese beeinflussen können soll. Nun besteht aber bei dem Einfluß des Bewußtseins auf die Leibesbewegung nicht einmal mehr ein logarithmisches Verhältnis wie bei dem Einfluß des Reizes auf die Empfindung; es besteht hier weder Äquivalenz noch irgendwelche Proportionalität, so daß die erste Vorbedingung fehlt, um den einheitlichen Energiebegriff und seine Besonderung in verschiedene Arten auf das Bewußtsein anzuwenden. Die energetische Auffassung muß danach an der Erklärung des Bewußtseins als völlig gescheitert gelten. —

Blicken wir auf Ostwalds Leistung zurück, so ist zu rühmen, daß er nach einem metaphysischen Prinzip, einer einheitlichen Substanz sucht, aus der einerseits die eine objektiv reale materielle Welt, andererseits die vielen Bewußtseinswelten hervorgehen. Es ist klar, daß dieses Prinzip aus keiner der Erscheinungssphären entlehnt sein darf, die aus ihm erklärt werden sollen, daß es also ebensowohl immateriell wie unbewußt sein muß. In diesem Suchen nach einem identitätsphilosophischen, immateriellen und unbewußten metaphysischen Prinzip weiß ich mich mit Ostwald einig; er mißverstehet mich, wenn er annimmt, daß ich das Unbewußte als immaterielle, unbewußte, absolute Substanz und alleiniges metaphysisches Prinzip als unhaltbar zugegeben

hätte (S. 406), und er mißversteht sich selbst, wenn er in seinem Prinzip der substantiellen Energie etwas anderes als ein „allmächtiges Unbewußtes“ sieht.

Die Unterschiede sind, wenn auch wichtig genug, doch gegen diese Grundübereinstimmung sekundärer Art. In der unorganischen Natur hält er die Energie für etwas Ursprüngliches, ich sie für ein Gesamtergebnis unorganischer Zentralkräfte oder Potentialkräfte. In der organischen Natur glaubt er mit der Energie, den energetischen Kräften und den unorganischen Naturgesetzen auszukommen, während ich daneben Kräfte ohne Potential annehme, die nach höheren, organischen Gesetzen wirken, die Energiesumme unverändert lassen und sich nicht materiieren. Endlich glaubt er auch das Bewußtsein als eine Energieart auffassen zu dürfen, die durch Umwandlung von physikalischer Energie in Nervenenergie, dieser in Zentralorganenergie und dieser wieder in bewußtgeistige Energie entsteht; ich dagegen halte es für ebenso unmöglich, daß das Bewußtsein und die Zentralorganenergie sich wie Wärme und Bewegungsenergie ineinander verwandeln, als daß das Bewußtsein eines organischen Individuums die bloße Innenseite oder passive Begleiterscheinung der energetischen Vorgänge im Zentralorgan sei.

Alle diese drei von mir gemachten Ausstellungen weisen meines Erachtens auf einen Grundfehler in der Konzeption des Prinzips zurück. Ostwald suchte ein metaphysisches identitätsphilosophisches Prinzip und hält die Energie für ein solches. Tatsächlich ist aber die Energie weder ein metaphysisches noch ein identitätsphilosophisches Prinzip. Sie ist es ebensowenig, wie die Materie oder der bewußte Geist. Sie gehört vielmehr ebenso wie die Materie zu der Sphäre des objektiv realen Daseins und ist ebensowenig wie diese imstande, auch nur die Naturseite der Erscheinungswelt zu erschöpfen. Auch Ostwald verschließt sich nicht dem Gedanken, daß die Energie sich dereinst als ebenso unzulänglich zur vollständigen Erklärung des Naturgeschehens erweisen könnte wie die Materie¹⁾; er gibt nur nicht zu, daß die biologischen Tatsachen schon jetzt diese Unzulänglichkeit auf das Eindringlichste predigen. An Stelle des die unorganische

¹⁾ S. 308: vergl. auch Ostwald Vortrag: „Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus“. Leipzig, Veit & Co. 1895. S. 34—35.

und organische Natur erschöpfenden Prinzips der Kraft setzt er ein bloß für die unorganische Natur ausreichendes Prinzip der Energie, an Stelle des metaphysischen Prinzips der Kraft das pseudometaphysische, in Wahrheit aber einseitig phänomenale Prinzip der Energie. Mit diesem der einen Seite der Erscheinungswelt entnommenen Prinzip will er alsdann auch die andere Seite derselben, das Bewußtsein, erklären, wobei er sich natürlich in gerade so unlösbare Schwierigkeiten verwickeln muß wie der Materialismus.

Denn die Energie ist genau in demselben Sinne wie die Materie eine objektiv reale Erscheinung, ein Summationsphänomen von Kraftäußerungen, bloß aus einem etwas andern Gesichtspunkt betrachtet. Die Hylokinetik, die die Energie aus bewegter Materie erklären will, und die Energetik, die die Materie aus einem konstanten Zusammensein verschiedener, im Gleichgewicht befindlicher Energiearten erklären will, stehen insofern auf gleichem Boden, daß sie ein sekundäres Phänomen aus einem primären erklären wollen (S. 373), anstatt beide als koordinierte phänomenale Wirkungen eines nicht mehr phänomenalen metaphysischen Prinzips, der Kraft, aufzufassen. Beide leugnen zwar die Kraft nicht, halten sie aber nur für ein Produkt bewegter Materie, beziehungsweise für einen aus der Energie abgezogenen Abstraktionsbegriff des subjektiven menschlichen Denkens, während sie in Wahrheit das genetische Prius der Materie wie der Energie ist.

So wenig der Energiebegriff ausreicht, um das der unorganischen und organischen Natur gemeinsame Agens zu charakterisieren, so wenig reicht der Kraftbegriff aus, um das zu charakterisieren, was der objektiv realen Sphäre der Natur und der subjektiv idealen Sphäre des Bewußtseins gemeinsam ist. Wie man vom Energiebegriff auf den Begriff der Kraftäußerung zurückgehen muß, um das der unorganischen und organischen Natur Gemeinsame zu bezeichnen, so muß man vom Begriff der Kraftäußerung auf den der Intensität zurückgehen, um das der Kraftintensität und Gefühlsintensität Gemeinsame herauszuheben. Wie sich die organische Natur von der unorganischen dadurch unterscheidet, daß in ihr auch nichtenergetische Kräfte walten, so die Bewußtseinsphäre von der Natursphäre dadurch, daß in ihr nichtdynamische, nicht aktive sondern rein passive Intensitäten, die Gefühlsintensitäten, auftreten. Die Energetiker haben das ganz richtige

Gefühl, daß auch die allotrope Kausalität, der Umsatz aus natürlicher Kraftäußerung in Bewußtseinsinhalte und zurück, nur die gesetzmäßig (d. h. logisch) determinierte Umformung eines logisch noch Unbestimmten, in seiner unlogischen Wesenheit Verharrenden sein kann; sie haben nur Unrecht, es in der Energie zu suchen. In der Energie kann es noch weniger zu finden sein als in der Kraft, sondern nur in demjenigen, was der aktiven dynamischen Intensität und der passiven Gefühlsintensität gemeinsam ist, d. h. in der Intensität oder intensiven Quantität. Für uns, denen von der äußeren Natur die Energie am unmittelbarsten erfahrbar ist, ist erkenntnistheoretisch die Kraftäußerung die zweite Ableitung (der zweite Differentialquotient) der Energie in der Natur; der Natur nach oder genetisch ist dagegen die Energie das zweite Integral der Kraftäußerung, also ein höchst kompliziertes Produkt aus dieser. Die Kraftäußerung ist wiederum ein Produkt aus Masse und Beschleunigung, also aus extensiver und intensiver Quantität, von denen nur die letztere einer Umformung fähig ist, durch die sie in die subjektive ideale Sphäre des Bewußtseins eintritt, während extensive Quantitätsverhältnisse im Bewußtseinsinhalt nur aus intensiven synthetisch rekonstruiert werden können.¹⁾

Man kann diese synthetischen Rekonstruktionen aus Gefühlsintensitäten für das Bewußtsein auch Integrationen nennen und ihre Ergebnisse, die Empfindungen, Anschauungen, Begriffe usw., als Integrale auffassen. Aber es besteht dabei ein großer Unterschied, insofern bei der Konstruktion des Bewußtseinsinhalts aus Gefühlsintensitäten synthetische Funktionen höherer Art hinzukommen, bei der Integration der Kraftäußerung zum „Antrieb“ und zur „Energie“ jedoch nicht. Will man zu den Integrationen der subjektiv idealen Sphäre ein Analogon in der objektiv realen Sphäre der Natur suchen, so muß man schon über die unorganische Natur hinaus zur organischen aufsteigen. Wie die Synthesen der Atomgefühle zu Empfindungen usw. nur in Individuen höherer Ordnung vorkommen, so entsprechen auch die synthetischen Funktionen, durch die sie für Bewußtseine höherer Individualitätsstufen produziert werden, ganz genau den nicht-

¹⁾ Vergl. „Die moderne Psychologie“ S. 338, 393—394, 415—416, 441; „Kategorienlehre“ S. 63—68, 409—416, 425—426.

energetischen Kraftäußerungen, durch welche die energetischen Kräfte der unorganischen Natur und ihre Energieumsätze so geleitet werden, daß Individuen höherer Individualitätsstufen entstehen und fortbestehen. Dieselben nichtenergetischen, synthetisch formierenden Kräfte vollziehen einerseits die Integration der physikochemischen Kräfte zu organischen Lebensvorgängen, andererseits die Integration der atomistischen Gefühlsintensitäten zu Zellen- und Ganglienempfindungen usw. Es sind dieselben unbewußten Funktionen, die dort als organische Gestaltungsdominanten, hier als Empfindungs- und Anschauungsdominanten in ihren Ergebnissen offenbar werden.

Vor dem Materialismus hat die Energetik den großen Vorzug, daß sie dem Dynamismus näher führt als jener es vermag. Der ältere Materialismus mit seinem Dualismus von Kraft und Stoff hatte zwar den Kraftbegriff schon erfaßt, konnte aber den Stoffbegriff noch nicht loswerden und beide nicht zusammenschweißen; der neuere hylokinetische Materialismus überwindet diesen Dualismus nur durch Aufopferung des Kraftbegriffes als eines ursprünglichen Prinzips und rückt dem Dynamismus um so ferner, je krampfhafter er sich an den Stoffbegriff klammert. Die Energetik dagegen macht, indem sie den Stoffbegriff ganz beseitigt, für den Dynamismus die Bahn frei, und wenn sie ihn noch nicht erreicht, so ist es nur, weil sie den integralen Gesichtspunkt über den differentialen stellt. Damit entrichtet sie ebenso wie der Materialismus dem Sinnenschein ihren Tribut. Weil die Sinne nur Energien, das heißt integrale Gesamtergebnisse der Kraftäußerungen wahrnehmen, werden diese für das Ursprüngliche, Genetisch-Erste gehalten, obwohl doch schon Aristoteles wußte, daß das für uns Frühere der Natur nach das Spätere ist. Wer an die Wirklichkeit des Naturprozesses glaubt, kann nicht umhin, sein stetiges Werden und Wandeln aus differentialem Gesichtspunkte nachzukonstruieren, und in dieser Rekonstruktion mehr zu sehen, als ein abstraktes Spiel des subjektiven Denkens, nämlich ein, wenn auch inadäquates Bild der realen Genesis der Ergebnisse. Die mechanistische Energetik steht in dieser Hinsicht auf richtigem Boden, hat aber noch nicht den Mut gefunden, sich von der stofflichen Atomvorstellung mit Entschiedenheit loszusagen und zu einem stofflosen, atomistisch gegliederten Dynamismus zu bekennen. Faßt man die Überwindung des Stoffbegriffs durch

die qualitative Energetik und die Entstehung der Energie aus Atomkraftäußerungen oder Zentralkräften oder Potentialkräften, wie die mechanistische Energetik sie lehrt, in Eins zusammen, so dürfte man der Wahrheit am nächsten kommen.

2. K. C. Schneider.

Schneider betrachtet die physikochemische Erklärung des Lebens als eine eigentlich schon abgetane Verirrung, die aber mit dem Beharrungsvermögen der Vorurteile in vielen Köpfen noch eine Zeitlang weiter spukt. Es ist nicht zu fragen, wie Lebensvorgänge physikochemisch zu erklären sind, sondern was sie überhaupt lehren. Jede Maschinentheorie des Lebens ist unhaltbar, weil aus den vorliegenden Systembedingungen allein zweckmäßiges Geschehen nicht abgeleitet werden kann, und weil keine Maschine sich unvorhergesehenen Umständen zweckmäßig anpassen kann. Das Zweckmäßige in allen Lebensvorgängen erscheint ihm so selbstverständlich, daß er darauf gar nicht mehr zurückkommt. „So lange die Zuchtwahl noch in den Köpfen spukt, ist gewiß, daß alle Anläufe zu tieferem Verständnis der Lebenserscheinungen im Sande stecken bleiben müssen.“ Sich mit der Widerlegung der älteren Theorien zu befassen, die gewisse Lebenserscheinungen aus physikalischen Vorgängen in ganzen Organen erklären wollten, wäre Zeitverschwendung; die eigentlichen Lebensprobleme beginnen erst in den Zellen. Aber sie sind nicht etwa erst da zu suchen, wo unsere Unwissenheit anfängt, sondern sie stecken gerade so rätselhaft in allen den Vorgängen am lebenden Plasma, die wir bereits am besten durchforscht haben. Das Leben ist ein unbekannter Prozeß, und der Stoffwechsel ist nur seine Außenseite.

In alledem steht Schneider ganz auf der Seite des Neovitalismus und im Gegensatz zu der mechanistischen Weltanschauung. Aber er lehnt die Auffassungen der Lebensvorgänge ab, die von den Neovitalisten aufgestellt werden. Er verwirft die Autonomie der Lebensvorgänge und die dynamische Teleologie von Driesch, die Bildungsdominanten, die nach Reinke zu den unzulänglichen maschinellen Systembedingungen (Arbeitsdominanten) als leitende und ordnende Oberkräfte hinzukommen sollen, ebenso die unbewußt psychischen Vermögen und Willensregungen, denen sie verwandt sein sollen. Er verwirft überhaupt die Annahme nicht materieller,

sich nicht materiiender Agentien oder Kräfte, die gleichsam über dem System der materiellen Teilchen schweben, ohne an irgend welche von ihnen als an ihre stofflichen Träger gebunden zu sein, und doch je nach Bedarf verändernd auf das System einwirken. Er lehnt auch die Lebenskraft des älteren Vitalismus ab, sofern sie an eine besondere Stoffart gebunden gedacht wurde, knüpft aber insofern an denselben an, als er sich wirkende Agentien nur an stoffliche Träger geknüpft denken kann. Da es keine besondere Stoffart sein soll, so müssen es die materiellen Atome und Moleküle selbst sein, an welche das Lebensprinzip als an sein stoffliches Substrat gebunden ist, wenn es auch nur bei einer bestimmten Gruppierung der Atome zum Vorschein kommt.

Da das Lebensprinzip keine besondere Kraftart sein soll, so muß es eine besondere Energieart sein, eine „vitale Energie“, die von anderen Energiearten so spezifisch verschieden ist wie diese untereinander. Weil man heute gewohnt ist, in jeder Wirkung eine Energie zu sehen, glaubt Schneider auch in der kausalen Einwirkung des Lebensprinzips auf das materielle System des Organismus ungeprüft eine Energie annehmen zu müssen, wobei die Verwandtschaft des deutschen und griechischen Wortes mitspielen mag. Er lehnt sich dabei an Ostwalds Nervenenergie an; gäbe es eine solche, so hätte Schneider recht, sie zur Plasmaenergie zu erweitern, da das Plasma der Nervenzellen auch nur differenziertes Zellplasma überhaupt ist.

Die Äußerung der vitalen Energie oder die Aktivität der lebenden Substanz ist selbst weder ein physikalischer noch ein chemischer Vorgang, auch kein katalytischer, sondern ein Vorgang besonderer Art, der Erregungszustand der lebenden Substanz, eine durch Umsatz der zuströmenden Reizenergie entstandene Energieform. Der Umsatz der zuströmenden physikochemischen Energiearten in vitale Energie ist durch die Anordnung der Moleküle im Zellplasma bedingt, wie bei jedem anderen Energieumsatz, und die vitale Energie dürfte vielleicht wie die anderen Energiearten in eigenartigen Schwingungszuständen der Atome bestehen. Sie haftet als besondere Qualität der neugebildeten Stoffgruppierung und ihren molekularen Bewegungszuständen ganz unabhängig von deren Entstehung an, wie die Süßigkeit dem Zucker. Sie bewährt sich als Energie, indem sie Arbeit leistet, und zwar die größte in der Entwicklung des Organismus. Für jeden Einzelvorgang ist

sie eine besondere, je nach der Beschaffenheit der materiellen Teilchen, an denen sie haftet, und stellt somit auch für jeden Teilvorgang des Lebens eine besondere Ursache dar. Ihr Sitz ist in den Körnchen des Plasma, insbesondere in den Sinneskörnchen, Reizspeicherkörnchen und Reizsynthesekörnchen.

Das eigentliche Geheimnis liegt in den Qualitäten, die an bestimmte Stoffkonfigurationen und molekulare Bewegungsarten gebunden sind. Freilich ist Qualität nur etwas der subjektiven Erscheinung Angehöriges, bewußt Psychisches, dem in der Natur bloß räumliche Verteilung, Ortsveränderung und Kraftäußerung (also extensive und intensive Quantität) entspricht. Der Erregungszustand der lebenden Substanz oder die aktuelle vitale Energie ist unerläßliche Bedingung für alle Anpassungsvorgänge und für die Zweckmäßigkeit des vitalen Geschehens. Dies wäre unbegreiflich, wenn die vitale Energie bloß ein besonderer molekularer Schwingungszustand wäre, in den durch besondere Atomgruppierung die zugeleitete physikochemische Reizenergie umgewandelt ist. Es wird aber dadurch erklärt, daß die vitale Energie mit psychischer Energie identisch ist, daß die vitalen Energieäußerungen psychische Phänomene sind, und daß die in irgend einem Organismusteil auftretenden qualitativen Gefühle etwas reell Wirkungsfähiges sind. Wie überall vitale Energie zu finden ist, so auch überall bewußt psychische Phänomene. Es besteht Kausalität zwischen Reiz und Empfindung, Empfindung und Willensregung, und der psychophysische Parallelismus ist zu verwerfen. Die Annahme eines Willens besteht nur zu Recht, wenn die Vorgänge in der Nervensubstanz keine bloß physischen sind. Das unbewußte Wirkungsvermögen sucht Schneider im Gefühl, nicht im Willen, den er nur als Bewußtseinstatsache gelten läßt.¹⁾

Gegen diese Auffassung müssen folgende Bedenken erhoben werden. Wenn die „lebende Substanz“ eine Gruppierung von materiellen Atomen ist, so haftet sie letzten Endes an Zentralkräften. Wenn die vitale Energie nur eine Umwandlung anderer Energiearten ist und gleich diesen aus Atombewegungen resultiert, so muß sie auch gleich der Gravitationsenergie eine zweite Ab-

¹⁾ Karl Camillo Schneider, Vitalismus, elementare Lebensfunktionen Leipzig und Wien 1903. Derselbe, Lehrbuch der vergleichenden Histologie der Tiere, Jena 1902.

leitung, die Kraftäußerung, haben, vermittelt deren potentielle Energie der Lage in aktuelle Energie übergeht; diese Kraftäußerung ist wiederum nur auf Zentralkräfte zu beziehen, wenn ihr Resultat Energie sein soll. Mögen wir also von einer materiellen lebenden Substanz oder von einer vitalen Energie ausgehen, immer werden wir auf Zentralkräfte zurückgewiesen. Diesen gegenüber bleibt aber die Kritik E. du Bois-Reymonds in vollem Rechte bestehen. Jeder Erklärungsversuch des Lebens, der von einer materiellen lebenden Substanz ausgeht, kann nur materialistisch ausfallen; jeder, der von einer vitalen Energieart ausgeht, kann nur in atomistische Mechanik münden. Der Versuch, auf diesen Voraussetzungen eine vitalistische Auffassung des Lebens zu errichten, steht mit sich selbst im Widerspruch.

Soweit in den Lebensvorgängen Energie zu finden ist, handelt es sich um eine der Energiearten, die aus der Physik und Chemie bekannt sind. Alle „Arbeit“ im physikalischen Sinne des Wortes, die im Organismus geleistet wird, stammt nachweislich und anerkanntermaßen aus einer oder mehreren der bekannten physikochemischen Energiearten. Noch niemand hat in Organismen eine „Arbeit“ aufzeigen können, die nicht aus physikochemischen Energiearten erklärlich wäre und zu ihrer Erklärung die Annahme einer besonderen vitalen Energieart erforderlich machte. Noch niemand hat überhaupt eine besondere Energieart in Organismen aufzeigen oder ihre Unterscheidungsmerkmale von andern Energiearten angeben können. Wir nennen die Energiearten nur insoweit qualitativ verschieden, als ihre Einwirkung auf unsere Sinne qualitativ verschiedene Empfindungen auslöst; wir haben kein Recht, von einer vitalen Energiequalität zu sprechen, solange wir nicht die qualitativ abweichenden Empfindungsqualitäten angeben können, die diese hypothetische Energieart in unserm Bewußtsein auslöst.

Wenn der Umsatz der physikochemischen Reizenergie in vitale Energie durch die Maschinenbedingungen des Systems bestimmt ist, so ist er mechanisch bestimmt; denn die vitale Energie selbst ist außerstande, die Maschinenbedingungen abzuändern, durch die sie erst zustande kommt. Wo nur Zentralkräfte walten, sind alle noch so komplizierten energetischen Resultate bloße Kombinationsergebnisse aus den gesetzmäßigen Einzelwirkungen der Zentralkräfte, d. h. aus der Atommechanik, die keine andern Sonderzwecke

als die der einzelnen Atome verfolgen kann. Wenn im Organismus bloß Zentralkräfte wirken, so ist aus dem Bannkreis der mechanistischen und materialistischen Weltanschauung nicht herauszukommen. Die Anlehnung an die lebende materielle Substanz des älteren Vitalismus ist in dieser Hinsicht ebenso verhängnisvoll, wie die Anlehnung an die Energetik, die bei Ostwald folgerichtig antivitalistisch auftritt.

Wäre das Lebensprinzip nur eine Umwandlung von Molekularenergie in bestimmte Schwingungszustände oder ähnliche physische Daseinsformen, so könnte es niemals Anpassungen herbeiführen, die für Individuen höherer Ordnung zweckmäßig sind, weder solche Anpassungen, die die Harmonie mit der Außenwelt, noch solche, die die Harmonie der Teile im Organismus aufrecht erhalten und vervollkommen. Das kann nur ein unbewußtes Wirkungsvermögen leisten, das nicht aus den Zentralkräften allein resultiert, sondern zu diesen hinzukommt, um die Maschinenbedingungen des Organismus für zweckentsprechenden Energieumsatz zu regulieren. Wenn das Gefühl dies vermöchte, wie Schneider annimmt, so wäre eben damit dargetan, daß es nicht vitale Energie sei, sondern etwas zu allen Energiearten Hinzukommendes und ihre Umsätze Leitendes. Das Gefühl hat aber überhaupt keine Wirkungsfähigkeit, nicht einmal motivatorische, sondern ist bloß ein manometrischer Index für die Stärke, in welcher die Empfindung und Vorstellung das unbewußte Wirkungsvermögen motivieren.

Ob man das motivierbare unbewußte Wirkungsvermögen unbewußten Willen nennen will oder nicht, ist eine gleichgültige, weil rein terminologische Streitfrage. Es genügt die Anerkennung, daß alle vitale Aktivität von dem unbewußten Wirkungsvermögen ausgeht, daß dieses kein Kombinationsresultat aus Zentralkräften, sondern etwas zu ihnen Hinzukommendes ist, daß es in keinem Sinne energetisch ist, daß es aber auch nicht in irgend welchen bewußtpsychischen Phänomenen wurzelt, sondern diese selbst erst produziert. Bewußtseinszustände als „psychische Energie“ zu bezeichnen ist ebenso unmöglich, wie eine solche mit einer in Atomschwingungen bestehenden „vitalen Energieart“ zu identifizieren. Das ginge selbst dann nicht an, wenn Empfindung „die Kenntnisnahme eines physikalisch-chemischen oder vitalen Vorganges durch das Bewußtsein“ wäre; denn „Kenntnisnahme durch das Bewußtsein“ ist

nicht identisch mit dem zur Kenntnis genommenen Vorgang, sondern bringt etwas ganz neues hinzu. In der Tat aber verschafft kein bewußt psychisches Phänomen dem Bewußtsein die geringsten Kenntnisse von den molekularen Vorgängen in den Nervenzellen, durch die es ausgelöst wird. Das unbewußte Wirkungsvermögen wirkt zwar kausal auf die Abänderungen der Maschinenbedingungen ein, aber es leistet keine Arbeit, sondern läßt alle Arbeit von der zuströmenden oder aufgespeicherten physiko-chemischen Energie verrichten. Es ist selbst ein nicht energetisches Agens, weil seine Kausalität sich nicht aus der Kombination von Zentralkraftäußerungen zusammensetzt.

Schneiders Versuch, den Vitalismus auf Grund einer lebenden Substanz und einer vitalen Energie zu errichten, muß demnach als völlig gescheitert gelten. Solche vergebliche Versuche wirken aber oft lehrreicher als unzulängliche Anläufe auf dem richtigen Wege. Sie zeigen, wie dringend das Bedürfnis in den Fachkreisen erwacht, über die mechanistische Weltanschauung hinaus zu einer vitalistischen zu gelangen, und indem sie die Ungangbarkeit bestimmter Wege deutlich machen, tragen sie dazu bei, die vorurteilvolle Scheu vor dem Beschreiten des allein gangbaren und zum Ziele führenden Weges allmählich zu überwinden.

B. Systematisches.

IV. Organisches und Unorganisches.

A. Die Priorität des Organischen.

Schon Herder und Kant hatten unter „Natur“ einen universalen Organismus oder die teleologische Einheit des Alls verstanden, die sich durch das dynamische Spiel der Kräfte verwirklicht und erhält. Schelling macht mit der Natur als einem Allorganismus Ernst und behauptet, daß das Unorganische nur aus dem Organischen verstanden werden könne, insofern beide Glieder und Differenzierungsprodukte des Allorganismus sind, aber nicht umgekehrt das Organische aus dem Unorganischen¹⁾. Unter den modernen Naturforschern haben nur zwei an dieser Ansicht Schellings festgehalten, Theodor Fechner („Einige Ideen zur Schöpfungs- und Entwicklungsgeschichte der Organismen“, Leipzig 1873) und W. Preyer („Naturwissenschaftliche Tatsachen und Probleme“, Berlin 1880).

Fechner hatte schon in seinem „Zendavesta“ und in der „Psychophysik“ behauptet, daß die Bewußtseinsschwelle der Individuen höherer Ordnung, z. B. der Gestirne oder des Universums, tiefer liege als die der Individuen niederer Ordnung, z. B. der Menschen und Tiere, daß die Gestirne Bewußtseinsindividuen oder Engel seien und daß das materiell vermittelte Bewußtsein des

¹⁾ Vergl. Schellings sämtliche Werke, Abt. I, Bd. 3, S. 306, Bd. 4, S. 305—306, Bd. 6, S. 467.

Universums Gott sei. Da lag ihm der Gedanke nahe, daß die Bewußtseine der untergeordneten Individuen nur Ausschnitte oder Ausscheidungen aus dem Universalbewußtsein, Sprossen des in ihnen enger individualisierten Urbewußtseins der Welt seien („Einige Ideen“ S. 101). Dann lag aber der parallele Gedanke nicht fern, daß die Gestirne und das Universum auch organische Individuen höherer Stufe seien und daß der ursprüngliche Kosmorganismus erst nachträglich sich zu Organismen niederer Stufen differenziert habe. Es kam nur darauf an, diesen Gedanken näher auszuführen.

Fechner hält daran fest, daß die teleologische und kausale Ansicht des Naturgeschehens einander ergänzen müssen und keine um der anderen willen zu verwerfen sei (93). Was sich psychisch als Tendenz zur allmählich annähernden Erreichung des Zweckes, das stellt sich physisch als Tendenz zur Stabilität dar (93). Der Zweck der Differenzierung und Spezialisierung des Urbewußtseins und Kosmorganismus war der, das ganze bewußte Leben auf eine höhere Stufe zu heben, als sich ohne solche Besonderung erreichen ließ (105). Das Endziel der Stabilitätstendenz ist die Überführung des stabilen Weltprozesses in einen stabilen organischen Prozeß, in welchem sich das erreichte Passendste auf ewig wiederholt (90), also auch das Bewußtsein auf dem erreichten Gipfel beharrt.

Das Universum ist ursprünglich ein einziges kosmorganisches System und erst durch die Differenzierung in individuelle Sonderorganismen gliedert es sich in das Organische und Unorganische (74, 89). Das Unorganische bildet zwischen den Einzelorganismen, die aufeinander angewiesen sind, das Bindeglied einer Verknüpfung, die selbst Träger einer geistigen Zwischenwirkung ist (105) und in den Gestirngeistern und dem Weltgeist oberhalb der Bewußtseinsschwelle liegt. Einige dieser organischen Differenzierungsprodukte haben die Fähigkeit zu höherer Entwicklung aus dem Kosmorganismus mitgebracht, andere nicht oder in geringerem Maße; erstere führen den Stammbaum des Tier- und Pflanzenreiches höher, letztere bleiben für alle Zeit auf tieferen Stufen stehen (73). Denn Arbeitseinteilung kommt wie im äußeren, so auch im inneren Leben nie durch äußere Zufälligkeiten, sondern nur durch innere Entwicklung zustande (61). Die Entstehung der Sonderorganismen aus dem gemeinsamen Kosmorganismus

macht ihre Abhängigkeit voneinander, ihre wechselseitige Korrelation und ihre gegenseitige Ergänzung, kurz das „Gesetz der bezugsweisen Differenzierung“ verständlich, das viel wichtiger ist, als ihr Kampf ums Dasein (57—58, 65—66). Die früheren Zustände waren labiler als die jetzigen; die Arten waren früher mannigfaltiger und wandelbarer als jetzt, wo schon eine gewisse Stabilisierung eingetreten ist (68—70, 77—78).

Das Urmeer der Erde denkt Fechner sich von vornherein im Zusammenhang mit organischem Stoffe, nur lockerer und loser als den organischen Urschleim, zu welchem sich die festen Stoffe auf der festen Erdkruste niedergeschlagen haben, das Luftmeer noch lockerer von einem zusammenhängenden Bläschenschaum durchwoben. Der ursprünglich einheitliche, alle drei Reiche umfassende Erdorganismus schwitzt also nach unten eine feste Schale aus, sondert darüber das tropfbare Meer aus und atmet darüber die Luft aus. Im Meere schwimmen insularisch von vornherein größere und kleinere Geschöpfe, in der Luft schweben solche wolkenartig und spalten bei ihrer Differenzierung Infusorienstaub ab (86—87, 76). Ob der kosmorganische Zustand der Erde ursprünglich kalt und dunkel oder heiß und licht gewesen sei, will Fechner unentschieden lassen (51). Daß aber der kosmorganische Zustand der ursprüngliche sei, läßt er kaum bloß für eine Hypothese gelten, sondern hält es für wesentlich gefordert zur Erklärung der Organismen (20).

Das Prinzip der Tendenz zur Stabilität formuliert Fechner folgendermaßen: „In jedem sich selbst überlassenen oder unter konstanten Außenbedingungen befindlichen System materieller Teile, und mithin auch im materiellen Weltsystem, sofern wir es als ein abgeschlossenes betrachten, findet bei Ausschluß ins Unendliche gehender Bewegungen eine kontinuierliche Fortschreitung von instablen zu stabilen Zuständen bis zu einem voll oder approximativ stabilen Erdzustand statt“ (30). Die lebendige Kraft (soll heißen Energie) kann dadurch nicht in ihrer Größe, sondern nur in ihrer Äußerungsform geändert werden (35). Fechner stützt sich dabei nur auf Zöllner; offenbar zielt aber sein Prinzip der Tendenz zur Stabilität auf das Nämliche ab, was man jetzt als zweiten Hauptsatz der Energielehre, als Prinzip der Energieentwertung oder des Entropiewachstums bezeichnet.

Im kosmorganischen Verband der materiellen Teile sind die

organischen Bewegungen größer, von molaren Abmessungen; im Sonderorganismus sind sie kleiner, von bloß molekularen Abmessungen, weshalb Fechner sie auch als molekularorganisch bezeichnet. Der Übergang vom Kosmorganischen zum Molekularorganischen vollzieht sich durch die Verkleinerung der organischen Bewegungen (75) gemäß dem Prinzip der Tendenz zur Stabilität. Indem dabei unorganische Materie ausgeschieden wird, die es ursprünglich nicht gab, ist das Wachstum des unorganischen Reiches auf Kosten des (kosm) organischen im Sinne dieses Prinzips (77—78). Das Organische unterscheidet sich vom Unorganischen lediglich durch die Form seiner Bewegung. Bei unorganischen Bewegungen ändern die Massen oder Massenteilchen nur den Ort, bei organischen auch die Ordnung oder das Vorzeichen in bezug aufeinander (12, 1—2, VI). So sind Wärmeschwingungen der Moleküle in einem festen Körper unorganisch, der Umlauf eines Planeten um seine Sonne organische Bewegung. Rotation würde organische Bewegung sein, wenn sie aus inneren Kräften stattfinden könnte. In Wirklichkeit mischen sich in jedem System organische und unorganische Bewegungen (11).

Betrachtet man diese Aufstellungen kritisch, so erscheinen sie in ihren Voraussetzungen nicht haltbar. Die Bewußtseinschwelle liegt bei den zusammengesetzten Individuen nicht tiefer, sondern höher als bei den Individuen, aus denen sie zusammengesetzt sind; sie müßte darnach beim rezeptiven Universalbewußtsein ein Maximum sein, nicht aber ein Minimum. Damit fällt auch die Möglichkeit weg, die Sonderbewußtseine als bezugsweise Besonderungen des Universalbewußtseins aufzufassen, und damit verliert wieder der parallele Versuch in bezug auf die organischen Individuen die Stütze der Analogie. Der Unterschied des Unorganischen und Organischen ist nicht durch einen so einfachen Unterschied der Bewegungsform zu bestimmen, wie Fechner annimmt; es ist ganz willkürlich, jeden Umschwung oder Umlauf aus inneren Kräften als organisch zu bezeichnen, wenn jeder Stoffwechsel und jeder Umsatz aus einer Energieart in die andere fehlt. Dann kann aber auch das Molekularorganische nicht durch bloße Verkleinerung der Bewegungen aus Kosmorganischen entstanden sein; es verliert überhaupt der Begriff des Kosmorganischen jede Bestimmtheit, wenn das von Fechner angegebene Merkmal unzulänglich ist. Das Unorganische sehen wir aller-

dings vielfach als Ausscheidung des Lebensvorganges; aber umgekehrt zieht auch der Lebensvorgang überall unorganische Stoffe in sich hinein und gibt ihnen bis zur Wiederausscheidung organische Form und Bewegungsweise. Ob einer von diesen beiden entgegengesetzten Vorgängen ursprünglicher ist als der andere, ist nicht durch den einfachen Hinweis darauf zu entscheiden, daß wir den ersteren beobachten können.

Es ist ganz richtig, daß die Tendenz zur Stabilität die größeren, molaren Bewegungen in kleinere molekulare überführt, d. h. die kosmische kinetische Energie letzten Endes in thermische umsetzt und diese im Universum auszugleichen strebt. Aber es ist nicht richtig, daß der stabile Endzustand konservativer Molekularbewegungen, dem dieser Prozeß zuführt, noch als ein organischer Prozeß aufgefaßt werden kann. Nach den heutigen Anschauungen ist ein Lebensvorgang nur möglich, wo Zustände von einer gewissen Labilität miteinander abwechseln; wo dagegen die Zustände ein gewisses Maß von Stabilität erreicht haben, hört die Möglichkeit organischen Lebens auf. Ein System, in welchem alle Energie in die einzige Energieart der Wärme von überall gleicher Temperatur umgesetzt ist, hat jedenfalls aufgehört, zu Umsätzen zwischen verschiedenen Energiearten befähigt zu sein, ohne welche keine Lebenserscheinung möglich ist. Das nach Fechner fortdauernde Wachstum der unorganischen Materie auf Kosten der organischen muß gerade nach Fechners Voraussetzungen schließlich dazu führen, daß alle Materie unorganisch wird. Der Zweck des Naturprozesses kann also nicht an seinem Ende liegen, das durch stabile Gleichgewichtszustände und durch konservative Molekularbewegungen charakterisiert ist, sondern nur auf seiner Mitte, wo ein Maximum von Organisationshöhe und damit von bewußtgeistigem Leben erreicht ist. Am Anfang und am Ende liegt das Minimum von Bewußtsein, das durch die Stufe der Atombewußtseine repräsentiert wird. Die Art, wie der Kosmorganismus oder der Erdorganismus sich „bezugsweise differenzieren“ und wie das Zusammenpassen der Differenzierungsprodukte aus dem Kosmorganismus folgen soll, dürfte am wenigsten vor der Kritik Stand halten. —

Preyer weist in seinen Darlegungen („Tatsachen und Probleme“ S. 27, 51—52, 57—64, 304—308, 313—319) die besonderen Voraussetzungen, auf die Fechner sich stützt, zurück,

eignet sich aber die allgemeinen Gedanken an. Er weist darauf hin, wie alle Kohle Ausscheidungsprodukt früherer organischer Vorgänge ist und überträgt dies von den Gesteinen pflanzlichen und tierischen Ursprungs auf alle anderen unorganischen Stoffe. Er bemüht sich, die Flamme als einen Organismus hinzustellen, weil sie sich nährt, atmet und durch Teilung fortpflanzt. Er glaubt endlich, die Protoplasmaorganismen seien nur die letzten Überbleibsel, „die Zeichen der Totenstarre vorzeitiger, gigantischer glühender Organismen, deren Atem vielleicht leuchtender Eisendampf, deren Blutflüssiges Metall, und deren Nahrung vielleicht Meteoriten waren.“ „Empfindungsvermögen haftet also aller Materie an, Empfindung nur dem lebenden Körper, Lebensfähigkeit nur einer gewissen Gruppierung der Teile, Leben ist die Bewegung derselben. Sie hat zu allen Zeiten irgendwo stattgefunden.“

Da Preyer keine bestimmten Behauptungen über die Art der Gruppierung der Teile und die Form der Lebensbewegung aufstellt, sondern sich mit unbestimmten Wendungen begnügt, so ist er nicht so leicht wie Fechner zu kritisieren. Die Flamme ist nur zerstörend, der Protoplasmaorganismus aber ist auch aufbauend. Die Flamme ist kein Individuum wie der Organismus, sie teilt sich nicht spontan, wie dieser es tut, sondern kann höchstens passiv durch äußere Umstände geteilt werden. Man kann einen ganzen Weltkörper als Individuum bezeichnen und ihm Leben zuschreiben, sofern auf ihm noch Stoffwechsel stattfindet, mag er glühend oder erkaltet sein; aber man kann nicht einer einzelnen Flamme Individualität und Leben zuschreiben.

Es ist nicht zulässig, die Herkunft gewisser Gesteinsschichten von protoplasmatischen Organismen auf alle unorganischen Stoffe auszudehnen. Gewiß sind alle jetzigen unorganischen Stoffe Produkte früherer Stoffwechselprozesse, aber sie sind darum noch nicht der Niederschlag individuellen Lebens in dem Sinne, wie die aus Pflanzen und Tieren entstandenen Niederschläge und Ausscheidungsprodukte. Vor allem fehlt uns jede Brücke für den Übergang eines Stoffwechsels in Glühhitze zu dem protoplasmatischen Stoffwechsel zwischen dem Gefrierpunkt des Wassers und der Erstarrungstemperatur des Eiweiß. Aber gerade um diesen Übergang handelt es sich, wenn die Abstammung des protoplasmatischen Lebens aus einem terrestrischen Glutstoffwechsel nicht bloß behauptet, sondern auch verständlich und plausibel gemacht

werden soll. Die Analogie der Flamme mit Plasmaorganismen wiederum schwebt als geistreicher Einfall in der Luft, so lange nicht dargetan werden kann, daß zwischen beiden ein genealogischer Zusammenhang besteht; denn die übrigen Vergleichspunkte reichen nicht aus, um beide gemeinsam unter den Begriff Organismus zu subsumieren. Für Preyer ist dieser Nachweis eines genealogischen Zusammenhanges doppelt wichtig und unentbehrlich, weil er kein anderes Unterscheidungsmerkmal des Organischen vom Unorganischen gelten läßt, als daß ersteres selbst wieder von Organischem abstammt. Allerdings müssen gewisse Bedingungen im Lebenslauf der Erde erfüllt sein, damit überhaupt die Möglichkeit für die Entstehung und den Fortbestand von Protoplasmaorganismen gegeben ist; aber daß in diesen Möglichkeitsbedingungen zugleich die zureichende Ursache ihrer Entstehung gegeben sei, ist in keiner Weise dem Verständnis dadurch näher gerückt, daß auf erloschene Flammen zurückgewiesen wird. Der Versuch, die Entstehung der Plasmaorganismen auf Flammenorganismen zurückzuführen, ist Preyer ebensowenig gelungen wie Fechner.

B. Die Gleichewigkeit des Organischen und Unorganischen.

Schon im Jahre 1748 behauptete de Maillet, daß die aus glühendem Zustande erkaltete Erde die Keime zu ihrer Fauna und Flora aus dem Weltraum empfangen habe, wo solche unsichtbar kleine Keime herumschwömmen. J. von Liebig lehrte, daß die „organische Substanz in demselben Sinn ewig und von jeher vorhanden sei, als die unorganische.“ H. C. Richter in Dresden erneuerte 1865 und 1871 die Behauptung de Maillets und führte sie dahin näher aus, daß die Keimchen als Staub in die Atmosphären der Weltkörper emporgehoben und durch den Austausch zwischen diesen Atmosphären und der Luft des Weltraumes von einem Weltkörper auf den andern übertragen würden. Im Jahre 1871 wiesen Helmholtz und W. Thomson in Vorträgen auf die Möglichkeit hin, daß Keime durch Meteorsteine aus dem Weltraum auf die Erde gelangt sein könnten. Auch E. du Bois-Reymond schloß sich dieser Ansicht an, um den Schwierigkeiten der Urzeugung zu entgehen, und ihm folgten alle diejenigen Anhänger der mechanistischen Welt-

anschauung, die durch die Annahme einer Urzeugung in vitalistische Bahnen gedrängt zu werden fürchteten.

Die Ansicht von Richter erscheint schon deshalb nicht haltbar, weil nicht anzunehmen ist, daß organischer Staub höher als eine Meile in die irdische Atmosphäre emporgetragen wird, und weil der Austausch zwischen der Erdatmosphäre und der Luft des Planetensystems unserer Sonne schwerlich näher als 10 Meilen an die Erdoberfläche heranreicht. Nur bei vulkanischen Eruptionen kann Lavastaub in bedeutend größere Höhen emporgeführt werden, gerade dieser aber kann keine lebenden Keime enthalten. Es bleibt also eine Zwischenschicht von mindestens 9 Meilen zwischen den höchsten organischen Staubteilchen, die von der Erde stammen, und der Schicht, wo ein Austausch zwischen Erdatmosphäre und der Weltraumlufte stattfindet, so daß keine Keime von der Erde in den Weltraum gelangen können. Nach Analogie werden auch von anderen Weltkörpern keine lebenden Keime in den Weltraum gelangen, so daß das Herumschweben solcher im Weltraum keine begründete Annahme ist.

Aber gesetzt, die Verhältnisse auf anderen Weltkörpern wären so wesentlich andere, daß von ihnen aus freischwebende Keime in den Weltraum gelangen könnten, so würden sie doch von diesem nicht lebensfähig zur Erdoberfläche gelangen können. Denn sie würden bei der Geschwindigkeit, mit der die Erdatmosphäre sich gegen sie bewegt, sich bald durch Reibung erwärmen und verbrannt sein, ehe sie auch nur in die dichteren Schichten der Erdatmosphäre gelangt wären. Es bleibt also nur die Übertragung durch Meteore übrig.

Meteore können Keime enthalten, wenn die Weltkörper, aus deren Zerfall sie hervorgingen, solche enthielten, während die Bedingungen zu ihrer Entwicklung fehlten. Die meisten Keime gehen allerdings bei großer Kälte zu Grunde; doch gibt es Dauerformen niederer Organismen, die eine intensive Kälte ertragen. Ob die Temperatur des Weltraumes nicht doch niedriger ist, als die niedrigsten von Organismen ausgehaltene Temperatur, darüber fehlt es noch an genauen Feststellungen. Meteore werden in den dichteren Teilen der Erdatmosphäre glühend und verbrennen, wenn sie nicht schon eine beträchtliche Größe haben. Sind sie größer, so zerspringen sie, und ihre kleineren Bruchstücke verbrennen. Nur die größten Bruchstücke gelangen unverbrannt zum

Erboden; sie bleiben in ihrem Innern kalt, weil die Zeit zu kurz war, um die Hitze von der glühenden Oberfläche ins Innere zu leiten. Im massiven Inneren der Meteormasse können keine Keime liegen; an der Oberfläche belegene müssen verbrennen. Nur in Spalten, die in die Tiefe gehen, können Keime liegen. Diese müßten aber durch eine dichte Masse von Sand oder Humus gegen das Eindringen komprimierter und erhitzter Luft geschützt sein, welche sie verbrennen würde. Das Platzen des Meteors in diesen Spaltflächen darf nicht schon in einer gewissen Höhe erfolgen, weil sonst die bloßgelegten Keime doch noch verbrannt oder durch Erhitzung getötet würden; es muß aber unmittelbar vor oder bei dem Aufschlagen erfolgen, damit die Keime aus ihrer Verschüttung befreit werden.

Das Zusammentreffen aller solcher Bedingungen ist sehr wenig wahrscheinlich. Meteore mit Spalten, die durch Detritus gegen das Eindringen heißer Luft geschützt sind, dürften schwerlich bisher zur Beobachtung gelangt sein. Keinenfalls sind bisher organische Keime an und in Meteoren konstatiert worden und noch weniger deren Lebensfähigkeit. Die organische „Sternschnuppenmaterie“, an welche dereinst die Alchemisten glaubten, war irdischen Ursprungs, z. B. vertrocknete und wieder aufquellbare niedere Pflanzen, Froschlaich und dergleichen mehr. Die ganze Annahme der Übertragung ist schon in dieser Gestalt eine höchst unwahrscheinliche Möglichkeit. Die Unwahrscheinlichkeit wird noch dadurch gesteigert, daß die meisten Meteore ins Meer fallen, die uns bekannten dauerfähigen Keime aber nicht von Meeresorganismen stammen und im Meere nicht die Bedingungen für ihre Entwicklung finden würden. Jede Organismenart ist für bestimmte Lebensbedingungen eingerichtet, kann nur unter diesen oder wenig abweichenden gedeihen und braucht, um sich abweichenden Bedingungen anzupassen, mindestens einen sehr allmählichen Übergang durch viele Generationen.

Die von einem anderen Weltkörper herkommenden Keime sind auf ganz andere Lebensbedingungen eingerichtet, als die Erde sie bietet und müssen auf dieser zugrunde gehen. Die durch Meteore übertragenen Keime müßten von Organismen herühren, welche einem sehr viel kleineren Weltkörper als der Erde angehört haben, der in einem sehr viel vorgerückteren Stadium eines Lebenslaufes gestanden hat als die Erde, nämlich im Stadium

des Zerfalles. Das Wasser muß auf ihm schon lange verschwunden gewesen sein, die etwaige Atmosphäre noch schwächer und dünner als die des Mondes. Wir begreifen überhaupt nicht, wie auf solchem Weltkörper noch Leben möglich war; es sei denn, daß wir es um viele Millionen Jahre rückwärts verlegen, in eine Zeit, wo der Weltkörper noch viel größer und der Erde ähnlicher war. Selbst dann müssen die Bedingungen des Lebens in bezug auf Temperaturwechsel und Temperaturgrenzen, Feuchtigkeit, Luftdruck und Sauerstoffvorrat ganz andere gewesen sein als auf der Erde, so daß nicht anzunehmen ist, der Keim einer an diese Bedingungen angepaßten Organismenart könne auf Erden die zu einer Entwicklung und seinem Fortleben erforderlichen Bedingungen vorfinden.

Schwerer, als alle diese Bedenken, wiegt der Umstand, daß die Lebensfähigkeit eines so aufbewahrten Keimes sich durch unermeßliche Zeiten hindurch behaupten müßte. Daß Weizen aus ägyptischen Gräbern noch keimfähig sei, ist eine längst widerlegte Fabel. Der Bericht von Charles Des-Moulins über keimfähigen Pflanzensamen aus römischen Gräbern steht zu vereinzelt da, um eine mehr als tausendjährige Erhaltung zu verbürgen, und scheint auf Irrtümer in der Zeitbestimmung der Gräber hinzuweisen. Alle sorgfältigen Untersuchungen stimmen darin überein, daß der Prozentsatz keimfähiger Samen bei längerer Aufbewahrung von Jahr zu Jahr abnimmt. Diese Regel dürfte auch für die Dauersporen und sonstigen dauerfähigen Keime niederer Organismen gültig sein. Dann ist aber auch keinerlei Aussicht vorhanden, daß in Meteorspalten keimfähige Samen zur Erde gelangen könnten. Selbst wenn Keime die Katastrophe überdauert hätten, welche zur Zertrümmerung erstorbener Weltkörper in Meteore geführt haben, so würden die Milliarden und Millionen Jahre, die zwischen ihrer Entstehung und ihrem Anlangen auf der Erde liegen, mit Sicherheit hingereicht haben, um ihre Entwicklungsfähigkeit zu vernichten.

Aber gesetzt den Fall, alle Schwierigkeiten seien überwunden, und es sei ein entwicklungsfähiger Keim unter solchen Umständen auf die Erde gelangt, daß ihm eine Entwicklung zum Leben ermöglicht worden sei, so hätte dies doch immer nur der Keim eines sehr tiefstehenden Organismus, etwa einer Spaltalge oder eines Spaltpilzes sein können. Daß sich aus diesem Organis-

mus von selbst, d. h. nach den physiko-chemischen Gesetzen, der ganze Formenreichtum der Erde habe entwickeln können, das hätte selbst Darwin abgelehnt. Die Zeit, wo in Deutschland geglaubt wurde, daß die Darwinschen Prinzipien genügten, um aus allem alles entstehen zu lassen, naht sich nachgerade ihrem Ende. Das Problem, wie die höheren Organisationsformen aus einem so tiefstehenden Keime stammesgeschichtlich hervorgehen konnten, erscheint heute nicht minder schwierig als das, wie eine Spaltalge oder ein Spaltpilz aus unorganischer Materie hervorgehen konnte. Nur weil man das erstere Problem mit Hilfe des Darwinismus gelöst zu haben glaubte, das letztere aber auf diesem Wege nicht zu lösen wußte, und doch die mechanistische Weltanschauung als die wissenschaftlich allein berechnigte festhalten wollte, verschloß man die Augen vor den Schwierigkeiten der Übertragungshypothese. Wenn dagegen der Vitalismus für die Entwicklung vom Spaltpilz bis zum Menschen doch unentbehrlich wäre, dann würde jeder Grund wegfallen, sich gegen die autochthone Entstehung der niederen Organismen auf der Erde selbst im Sinne des Vitalismus zu sträuben.

Man hat vielfach darauf hingewiesen, daß die Übertragungshypothese das Problem der Entstehung des Organischen nicht löst, sondern nur zurückschiebt. Das ist ganz richtig; aber die Vertreter dieser Hypothese wollen gerade die Zurückschiebung anstatt der Lösung, weil sie das Problem für falsch gestellt halten. Sie wollen die Entstehung des Organischen immer weiter zurückschieben, nämlich entweder bis zur Entstehung der Welt, falls diese einen Anfang hat, oder bis ins Unendliche, falls sie keinen Anfang hat. Die Gleichewigkeit des Organischen mit dem Unorganischen schließt eben die Entstehung des einen aus dem anderen ganz ebenso aus, wie die des anderen aus dem einen. Aber an dem Zurückschiebungsvorwurf ist soviel richtig, daß diese Ansicht das Organische als eine schlechthin unerklärliche Tatsache stehen läßt, sei es als ein zweites Schöpfungswunder neben den Schöpfungswundern der unorganischen Natur, sei es als ein ewiges, unerschaffenes Wunder neben dem gleichewigen Wunder des Daseins einer Welt überhaupt. Die Wissenschaft strebt nach möglichster Reduktion der unbegreiflichen Wunder durch Zurückführung des einen auf das andere; die Übertragungshypothese verzichtet auf den Versuch einer solchen numerischen Re-

duktion der Unbegreiflichkeiten, indem sie die Gleichewigkeit des Organischen mit dem Unorganischen proklamiert und verkennt damit die Aufgabe der Wissenschaft.

C. Die Priorität des Unorganischen.

a) Die Urzeugung im Sinne der mechanistischen Weltanschauung.

Die Erde hat sich aus glühendem Zustande abgekühlt; wenn die Anfänge des organischen Lebens weder aus Flammenorganismen zurückgeblieben, noch auch durch Meteore von außen her ihr zugetragen sind, dann bleibt nichts übrig, als daß sie auf der Erde selbst autochthon entstanden sind. Die meisten Anhänger der mechanistischen Weltanschauung behaupten deshalb die Urzeugung von Organismen aus physiko-chemischen Kräften nach den Gesetzen der unorganischen Natur. Daß selbst von den tiefstehendsten mikroskopisch sichtbaren Organismen keines auf andere Weise als aus den Organismen oder Keimen seiner Art entsteht, ist jetzt allgemein anerkannt; aber man beruft sich darauf, daß die noch sichtbaren Kleinlebewesen bereits so kompliziert gebaut sind, daß sie nur durch eine lange stammesgeschichtliche Entwicklung aus viel einfacheren submikroskopischen Organismen (Nägelis Probien, Weismanns Biophoriden) entstanden sein können. Manche Bazillen und Protozoen, an deren Existenz wir glauben müssen, sind trotz allen Suchens noch nicht gefunden, z. B. die Krankheitserreger der Masern, des Keuchhustens, der Krebsgeschwülste. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß sie schon für die Wahrnehmung vermittelt Lichtschwingungen zu klein sind. Auch bei den einfachsten Bakterien ist noch eine, die Kernschicht umgebende Marksicht von Plasma unter der Zellhülle deutlich zu unterscheiden; ihre stammesgeschichtlichen Vorfahren dürften von noch viel einfacherem Bau gewesen sein, wovon wir leider niemals etwas erfahren werden, weil feinere Hilfsmittel als Lichtwellen uns zur Wahrnehmung nicht zu Gebote stehen. In diesem submikroskopischen Gebiete hat also die Phantasie freies Spiel, und es ist dabei nebensächlich, ob man die einfacheren stammesgeschichtlichen Vorfahren der kleinsten sichtbaren Organismen zugleich als Analoga der unsichtbaren Bestandteile in der Struktur der jetzt lebenden sichtbaren auffaßt oder nicht.

Wenn von selbst oder unter gewissen Versuchsbedingungen submikroskopische Organismen entständen, so könnten wir davon nichts wahrnehmen; das ist sicher. Unter welchen Bedingungen sich aus solchen submikroskopischen Organismen sichtbare entwickelt haben mögen, ist eine ebenso schwierige Frage, wie die nach der Umwandlung der Arten überhaupt. Wir glauben an die Entstehung höherer Ordnungen des Tier- und Pflanzenreiches aus niederen, obwohl kein Versuch gelingt, solche Umwandlung herbeizuführen und wir die Bedingungen, unter denen sie erfolgt, nicht anzugeben vermögen. Die meisten Anhänger der Urzeugung nehmen an, daß in vergangenen Zeiten der Erdgeschichte günstigere Bedingungen bestanden als jetzt, und daß deshalb die früheren Urzeugungsvorgänge sich jetzt nicht mehr wiederholen können. Nur Nägeli vertritt die Ansicht, daß die Urzeugung im Gebiete des unsichtbar Kleinen auch gegenwärtig noch fort dauert, insbesondere in porösen Oberflächenschichten, (Lehm, Sand), wo die Molekularkräfte der festen, flüssigen und gasförmigen Körper zusammenwirken können. In der Tat bietet die Erde auch heute noch hinreichend warme Stellen; wenn die Geologie sich mehr und mehr gewöhnt hat, auch für die Vergangenheit der Erde bloß mit den noch in der Gegenwart wirksamen Kräften zu rechnen, so wird die Biologie ebenfalls diesem Ziele zustreben müssen. Andererseits ist nicht zu leugnen, daß der Kohlen säurereichtum und Wassergehalt der Erdatmosphäre früher größer gewesen sein muß und daß wahrscheinlich auch stärkere und häufigere Gewitter aufgetreten sind, von deren elektrischen Entladungen die Entstehung der für die Organismen so wichtigen Salpetersäure abhängt. Man wird die Frage, ob die Bedingungen früher günstiger waren oder nicht, füglich in der Schwebe lassen dürfen, wenn sich herausstellen sollte, daß sie weder früher noch jetzt zur Erzeugung von Organismen ausreichen.

Die Unzulänglichkeit der unorganischen Vorgänge zur Entstehung des Organischen zeigt sich an zwei Punkten: erstens können sich nicht komplizierte organische Verbindungen von bedeutender chemischer Spannkraft und sehr labilem Gleichgewichtszustande von selber bilden, und zweitens können sich aus solchen Verbindungen, selbst wenn sie entstanden sind, noch immer keine Organismen bilden.

Die Stoffe, aus denen die Organismen ihre drei wichtigsten

Elemente: Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff schöpfen, sind Kohlensäure, Wasser und Salpetersäure, als hochoxydierte Verbindungen, die erst desoxydiert werden müssen, um brauchbar zu werden. Diese Desoxydation erfordert Energieaufwand, welcher entweder aus der strahlenden Energie der Sonne, oder aus chemischer Energie durch Verbrennung von Nahrungsmitteln (Tiere), organischen Resten (Pilze), Schwefelwasserstoff (Schwefelbakterien) oder Ammoniak (Nitrobakterien und Stickstoffbakterien) gewonnen wird. So lange noch keine Organismen vorhanden sind, kann nur die Sonnenstrahlung und die Verbrennung von Schwefelwasserstoff und Ammoniak als eine Energiequelle in Betracht kommen. Um die Sonnenstrahlung zur Desoxydation der Kohlensäure zu verwenden, dazu bedarf es eines Katalysators, des Blattgrüns oder ähnlicher Farbstoffe, die durch Farbträger (Chloroplasten) produziert werden, und diese Farbträger stellen bereits Organe dar, die nur durch Selbstteilung gleicher Organe entstehen, also eine lange Stammesgeschichte voraussetzen.

Die mechanistischen Anhänger der Urzeugung nehmen deshalb neuerdings an, daß die Schwefelbakterien und Nitrobakterien älter als die grünen Urpflanzen seien. Nun kennen wir aber keine unorganische Quelle der Ammoniakentstehung in der Natur, da selbst das Ammoniak der Vulkane wahrscheinlich aus organischen Resten stammt. Damit sind die Nitrobakterien und Stickstoffbakterien ganz auf den Humus verwesender Pflanzenschichten angewiesen, scheiden also aus den Uroorganismen aus. Der Schwefelwasserstoff, den die Schwefelbakterien verbrennen, kann dagegen durch Einwirkung gelöster Säure auf Schwefelmetalle auf unorganischem Wege entstehen.

Die Schwefelbakterien können möglicherweise die ältesten Organismen der Erde sein; aber sie können auch gleich den Stickstoffbakterien und Nitrobakterien parasitische Umbildungen und Verkümmierungen andersartiger Organismen sein. Sie sind auf ganz bestimmte, eng begrenzte Wohnsitze angewiesen, wo der Boden oder das Wasser mit Schwefelwasserstoff durchtränkt ist. Sie sind wahrscheinlich ein eigener Stamm des organischen Reiches, von dem keine genealogische Brücke zu den ganz anders gearteten übrigen Organismen hinüberführt, falls sie nicht gar auch nur rudimentäre Rückbildungen in der Anpassung an eine tiefere Lebensstufe darstellen.

Fast noch schwieriger als die Aufzeigung des verfügbaren Energiestromes für die Uroorganismen ist die Vorstellung der Maschinenbedingungen, durch welche dieser Energiestrom zu solchen Umwandlungen geführt werden kann, daß er Kohlensäure, Salpetersäure und Wasser desoxydiert und (bei den Stickstoffbakterien) passiven Stickstoff der Atmosphäre aktiviert und oxydiert. Wir kennen die umständlichen Maschinenbedingungen des chemischen Laboratoriums, wir ahnen die außerordentliche Feinheit in der submikroskopischen Struktur des Zellplasmas und wir kennen einige der hochkomplizierten und äußerst labilen chemischen Verbindungen, welche die Zelle hervorbringt, um sie als Katalysatoren (Fermente, Enzyme) zu verwenden. Aber keines dieser drei Hilfsmittel dürfen wir voraussetzen, wo in der freien Natur von selbst aus Kohlensäure, Wasser, Salpetersäure oder Stickstoff usw. Schwefelalbumine und Phosphorproteine entstehen sollen. Niemals ordnen sich von selbst die Moleküle so, daß sie aus verhältnismäßig stabilen Gleichgewichtszuständen, wie sie in jenen Rohmaterialien bestehen, in sehr labile übergehen.

Mag immerhin ein Energiestrom vorhanden sein, der die Umwandlung aktueller Energie in chemische Spannkraft ermöglicht, so sind doch dazu entweder komplizierte künstliche oder organische Maschinenbedingungen nötig, oder aber Katalysatoren von noch höherer Zusammensetzung und noch labilerem Gleichgewicht als die Verbindungen, die durch sie gewonnen werden sollen. Immerhin wäre die Herstellung solcher Maschinenbedingungen durch das bloße Spiel der unorganischen Kräfte nach unorganischen Gesetzen unmöglich. An dieser Unmöglichkeit wird nichts geändert, wenn man sich diese Entstehung in noch so lange Zeiträume auseinandergezogen und in noch so viel Stufen einer allmählichen Zunahme zerlegt denkt. Jede kleinste Zunahme in der Komplikation der chemischen Zusammensetzung und in der Labilität widerspricht den Naturgesetzen, sofern nicht Maschinenbedingungen angenommen werden, wie sie von selbst nach unorganischen Gesetzen nicht entstehen können.

Während die Erde aus glühendem Zustande sich abgekühlt hat, muß alles brennbare an ihrer Oberfläche verbrannt sein; übrig geblieben ist nur der unverbrennliche passive Stickstoff, und ein Rest von überschüssigem Sauerstoff. Flüchtige und flüssige Verbrennungsprodukte müssen bei den hohen Verbrennungstempera-

turen stets die höchste stabile Oxydationsstufe erreicht und in dieser Gestalt als Säuren sich mit den basischen Bestandteilen der Erdrinde verbunden haben. Für den Bestand von Zwischenstufen, wie Kohlenoxyd, salpetrige Säure, Pflanzensäuren, blieb bei dieser Entstehungsart keine Möglichkeit, noch weniger für anderweitige brennbare Verbindungen wie Ammoniak und Kohlenwasserstoffe. Am allerwenigsten konnten höhere organische Verbindungen aus mehreren Elementen auf diesem Wege zustande kommen, um als Baumaterial für Organismen zu dienen.

Gesetzt es wäre zufällig Eiweiß dabei entstanden, so hätte dies doch sicher in geronnener oder in kristallinischer Gestalt auftreten müssen, aber keinesfalls Dehnbarkeit (Viskosität), Quellbarkeit (Imbibitionsfähigkeit), Kontraktilität und Elongationsfähigkeit zeigen können. Außerdem wissen wir jetzt, daß gar nicht die Schwefelalbumine, sondern die Phosphorproteine das zentrale Gerüst des lebenden Plasmas ausmachen, für die die ersteren wesentlich nur als Nahrungsstoffe und metaplasmische Baustoffe dienen. Diese Phosphorproteine sind aber noch viel komplizierter zusammengesetzt als die Schwefelalbumine. Es gibt Eiweiß im Dienste des Lebens, aber es gibt kein lebendes Eiweiß; deshalb ist der Versuch vergeblich, den Unterschied zwischen lebendem und totem Eiweiß bestimmen zu wollen, aber noch vergeblicher der Versuch, aus gegebenem totem Eiweiß durch Umwandlung in lebendes Eiweiß das Leben ableiten zu wollen.

Alle Organismen, die wir kennen, haben eine Struktur, die in ihren verschiedenen Teilen verschieden ist, während alle Kristalle und chemischen Verbindungen eine Struktur haben, die in jedem ihrer Teile sich gleichmäßig wiederholt. Das Leben scheint an eine innere Differenzierung des Baues gebunden; die mechanistischen Anhänger der Urzeugung aber müssen diesen Erfahrungssatz bestreiten und vielmehr behaupten, daß die ursprünglichen Organismen noch gar keine Differenzierung ihrer überall gleichmäßigen chemischen Molekularstruktur hatten. Andererseits müssen sie zugeben, daß sie die Fähigkeit der Assimilation und Dissimilation, der Atmung, Ernährung, des Wachstums, der regulatorischen Selbsterhaltung, der Kontraktilität und Elongationsfähigkeit, der aktiven Anpassung und der Selbstteilung schon besitzen mußten, um leben und ihre Art erhalten zu können. Wenn einige

(wie z. B. Roux) die Meinung verteidigt haben, daß diese Fähigkeiten auch erst allmählich durch indirekte Anpassung (Selektion erworben seien, so haben andere (z. B. Weismann) mit Recht darauf hingewiesen, daß diese Fähigkeiten eine unentbehrliche Voraussetzung schon der ersten Uroorganismen gewesen sein müssen, weil dieselben ohne sie früher oder später wieder zu Grunde gegangen wären, ohne Nachkommenschaft zu hinterlassen. Diese Eigenschaften scheinen nun mit einer ursprünglichen Differenzierung der Struktur verknüpft und für eine chemisch gleichmäßige Struktur unerreichbar zu sein. Ein gewisses Maß von submikroskopischer Struktur differenzierung müssen deshalb schon die ersten submikroskopischen Uroorganismen gehabt haben, um lebensfähig zu sein. Diese Struktur differenzierung kann sich in der stammesgeschichtlichen Entwicklung wohl gesteigert, aber nicht erst gebildet haben.

Eine in allen Teilen homogene Struktur kann als Folge der chemischen Beschaffenheit aufgefaßt werden; eine in ihren Teilen verschiedene Struktur, eine Anordnung chemisch verschiedener Stoffe, die der Ernährung, Regulation und Fortpflanzung dient, kann dies nicht mehr sein. So wenig sich Splitter von Glas, Holz, Messing und Kautschuk von selbst zu chemischen Apparaten zusammensetzen und so wenig sich Retorten, Ständer, Luftpumpen und Verbindungsrohre von selbst so ordnen, wie sie zu einer chemischen Arbeit geordnet sein müssen, ebensowenig ordnen sich die Moleküle von Schwefelalbumin und Phosphorprotein von selbst zu einem lebensfähigen Organismus, und sei es auch nur ein submikroskopischer Organismus der aller primitivsten Art.

b) Die Urzeugung im Sinne des Vitalismus.

Fassen wir die bisherigen Ergebnisse zusammen, so besagen sie folgendes: Das Organische kann nicht das Prius des Unorganischen sein, weil die Flammenorganismen ein phantastischer Einfall sind und Übergänge von solchen zu Protoplasmaorganismen nicht nachweisbar und nicht denkbar sind. Das Organische kann nicht gleich ewig mit dem Unorganischen sein, nicht nur weil dadurch auf die Lösung des Problems der Entstehung des einen aus dem andern verzichtet würde, sondern auch, weil die Übertragung der Keime von einem Weltkörper zum anderen bloß eine

ganz unwahrscheinliche Verlegenheitsausflucht ist. Das Organische kann nicht nach physiko-chemischen Gesetzen allein von selbst aus dem Unorganischen entstanden sein, weil höchst labile chemische Verbindungen nicht von selbst aus stabilen entstehen, weil die höchst komplizierten Maschinenbedingungen, die zu solchen rückläufigen Energieumwandlungen nötig sind, noch weniger von selbst entstehen, weil die labilen chemischen Verbindungen in den Organismen individualisiert sind und weil schon die primitivsten Organismen eine differenzierte Struktur besessen haben müssen, die ihnen Ernährung, Wachstum und Fortpflanzung ermöglichte.

Wenn diese Ergebnisse richtig sind, so bleibt nur noch eine vitalistische Stellungnahme zu dem Problem übrig, weil die übrigen Möglichkeiten eliminiert sind. Die ersten Organismen sind einmal auf der Erde aufgetreten, als diese genügend abgekühlt war; wenn sie weder aus feurigen Organismen der Glutperiode übrig geblieben, noch aus herbeigetragenen Keimen hervorgegangen, noch durch das Spiel der unorganischen Kräfte und Gesetze allein zustande gekommen sind, so müssen bei ihrer Entstehung noch andere Kräfte und Gesetze mitgewirkt haben. Diesem Schlusse dürfte kaum auszuweichen sein. Es müssen dies nicht-energetische ordnende und leitende Kräfte gewesen sein, deren Wirkungsweise durch die Individualzwecke der zu schaffenden oder geschaffenen Organismen geregelt wurde und sich in der aktiven Anpassung an die jeweilig gegebenen äußeren Umstände bekundete.

Dieses Prinzip des Lebens kann erst dann seine reaktive Tätigkeit entfaltet haben, als die äußeren Bedingungen dazu auf der Erde gegeben waren, und nur an solchen Stellen, wo sie gegeben waren.

Wenn die Frage schwer zu lösen schien, ob die Bedingungen in früheren Erdperioden für die Entstehung des Organischen günstiger waren als jetzt, so hat diese Frage nunmehr nur noch ein untergeordnetes Interesse. Da wir diese Bedingungen vorläufig nicht kennen, so können wir auch nicht beurteilen, ob sie noch jetzt vorhanden sind oder nicht. Wenn aber unter dem mechanistischen Gesichtspunkt die Fortdauer gleicher Bedingungen auch die Fortdauer submikroskopischer Urzeugungen in der Gegenwart zur Folge haben müßte, so fällt diese Folgerung aus dem vitalistischen Gesichtspunkt fort. Denn die Reaktivität des Lebens-

prinzips, die früher, als noch keine Organismen auf Erden lebten, aber möglich geworden waren, teleologisch gefordert war, ist jetzt, wo jede Lebensgelegenheit der Erde mit Leben besetzt ist, nicht mehr teleologisch gefordert. Die Reaktivität des Lebensprinzips kann sich jetzt darauf beschränken, das bestehende Leben zu erhalten, zu regulieren, fortzupflanzen und fortzubilden, hat aber nicht mehr nötig, sich auf die Entstehung des Lebens aus Leblosem zu richten.

Man hat neuerdings die Bedeutung des Urzeugungsproblems wieder mehr gewürdigt, als es lange Zeit hindurch der Fall war, ja wohl gar in ihm allein schon einen zwingenden Beweis für die Wahrheit des Vitalismus gesehen. Wo es sich um Wahrscheinlichkeitsgründe handelt, wird die Schätzung dessen, was ein hinlänglich zwingender Beweis sei, immer auseinandergehen, insbesondere in einem Gebiete, das der Erfahrung entrückt ist und nur der denkenden Betrachtung offen liegt. Aber soviel ist gewiß, daß dieses Problem ein bedeutendes Gewicht in die Wagschale des Vitalismus wirft und ganz geeignet ist, den Wahrscheinlichkeitsgrad, der ihm aus der Erörterung anderer biologischer Probleme zufließt, zu verstärken¹⁾.

2. Die Grenzfrage.

Das unterscheidende Merkmal des Organischen vom Unorganischen sah man im ersten Drittel des neunzehnten Jahrhunderts noch vorzugsweise im Stoff, genauer: in bestimmten chemischen Verbindungen, die nur im Organismus möglich sein sollten. Die künstliche Darstellung organischer Verbindungen lehrte die Irrtümlichkeit dieser Ansicht kennen; und man suchte seitdem das Unterscheidungsmerkmal vorzugsweise in der Form. Das Unorganische ist kristallinisch oder amorph, das Organische hat die runde, gestreckte oder verästelte Zellenform oder die typischen Formen der Zellverbände. Neuerdings wurden jedoch Beobach-

¹⁾ Vergl. meine Philosophie des Unbewußten, 11. Aufl., Bd. II, S. 213—221; J. Reinke, Die Welt als Tat, 2. Aufl., Berlin 1902, Kap. 26, S. 310—339; derselbe, Der Ursprung des Lebens auf der Erde (im Türmerjahrbuch 1903, S. 37—52); A. Weismann, Vorlesungen über Descendenztheorie, Jena 1902, Bd. II, S. 411—416, 418—419; Kassowitz, Allgemeine Biologie, Wien, 1899, Bd. II, S. 7—9.

tungen gemacht, die dieses Unterscheidungsmerkmal noch weniger berechtigt erscheinen lassen als das vorhergehende.

Was man amorph nennt, ist in Wirklichkeit nicht formlos, sondern ein krauses Gewirr von kristallinen und zellenähnlichen Formen. Zwischen den Kristallen und den einzelligen Organismen hat sich ein Zwischenreich mannigfaltiger Formen im Unorganischen eingeschoben, die alle einfacheren morphologischen Typen der einzelligen Organismen vorwegnehmen. Während die organischen Stoffverbindungen in der unorganischen Natur nicht von selbst entstehen, sondern nur durch die bewußte Absicht des Chemikers unter künstlichen Bedingungen im Laboratorium hergestellt werden können, bilden sich die zellenähnlichen Formen in der unorganischen Natur vielfach ganz von selbst ohne menschliches Zutun oder unter Versuchsbedingungen, die den Vorgang wesentlich sich selbst überlassen. Zwischen kristallinen und organischen Formen hat man mehr und mehr Zwischenstufen kennen gelernt; und während man sich früher bemühte, die organischen Typen nach Analogie der Kristalle zu begreifen und praktisch zu erklären, scheint es jetzt im Gegenteil, als wenn der Kristallisationsvorgang aus den zellenähnlichen Formbildungen verstanden werden müßte.

Wo ein bisher für zuverlässig gehaltenes Unterscheidungsmerkmal hinfällig wird, da scheint leicht eine für unüberschreitbar gehaltene Grenze zu sinken, und die Phantasie gewinnt freien Spielraum. Auf der einen Seite liegt die Gefahr vor, die unorganischen Gesetze auch für die organischen Formbildungsvorgänge als ausreichend, also den Sieg der mechanistischen Weltanschauung für gesichert anzusehen, weil die einfachsten Organismen mit Formen arbeiten, die auch in der unorganischen Natur schon gegeben sind. Auf der anderen Seite tritt die Versuchung nahe, die Eigentümlichkeiten des organischen Lebens in die unorganische Natur zurückzuübertragen, Keimchen und Fortpflanzungsvorgänge zu sehen, wo keine sind, und eine organische Deutung der gesamten Naturvorgänge anzustreben. Dem gegenüber wird daran festzuhalten sein, daß der Organismus zwar mit unorganischem Material und mit den im Unorganischen vorgefundenen zellenähnlichen Formen arbeitet, daß er aber beide in ganz anderer Weise verwendet, als dies in der unorganischen Natur vorkommt. Das Leben liegt weder im Stoff noch in der Form, noch in einer festen

und ständigen Verknüpfung beider, sondern in einem dynamischen Prozeß, durch den beide in stets wechselnde Beziehungen zueinander gesetzt und den Zwecken komplexerer Individualitätstufen dienstbar gemacht werden.

Immerhin ist es von Wichtigkeit, irrtümliche Unterscheidungsmerkmale fallen zu lassen, um der richtigen Einsicht näher zu kommen. Deshalb wird die Erkenntnis, daß die unorganische Natur von zellenähnlichen Formen wimmelt, eine mindestens ebenso bedeutungsvolle Etappe im biologischen Verständnis bilden wie dereinst die Erkenntnis, daß organische Stoffe künstlich darstellbar seien. Bis jetzt ist aber die erste Erkenntnis noch wenig verbreitet; die meisten offiziellen Vertreter der Naturwissenschaft scheuen sich sogar, sich mit diesen Dingen zu befassen, aus Furcht, sich eine Blöße zu geben. Das ist ein Vorgang, der sich immer wiederholt, wenn lange gehegte Vorurteile ins Wanken kommen, wenn die Beobachtungen schwierig sind und an die Grenzen der mikroskopischen Wahrnehmbarkeit heranreichen, zum Teil sogar über diese hinausweisen. Deshalb dürfte es nützlich sein, kurz zusammenzustellen, was in dieser Hinsicht schon jetzt als gesicherter, wissenschaftlicher Besitz gelten kann.

Schon 1648 erhielt Glauber aus festem Eisenchlorid und Kalisilikatlösung einen „Eisenbaum“. Im Jahre 1836 fand Ehrenberg in Quarzkristallen dicht aneinandergedrängte Kügelchen oder Körnchen bis zu 0,0004 mm Durchmesser und beobachtete die Entstehung solcher beim Niederschlag von Kieselsäure. G. Rose und Link beobachteten 1837 und 1839 solche runde Körner bei der Fällung von Kalk- und Metallsalzen und das nachherige Zusammenwachsen solcher Körner zu Kristallbildungen. Virchow entdeckte 1857 die Myelinformen der Ölschäume aus wässerigen Lösungen ölsaurer Alkalien, die den Sphärokristallen nahestehen. Rudolf Böttger berichtete 1865 und 66 von baum- und strauchartigen Vegetationen von Metallsalzen in wässriger Natronwasserglaslösung, Traube 1866 von verschiedenen geformten Zellen aus Leim und Gerbsäure und aus verschiedenen Metallsalzen. Von 1875 an werden dann die Mitteilungen über Zellen- und Niederschlagsmembranen und ihre Veränderungen immer häufiger. J. Reinke, Ferdinand Cohn, Georg Quincke, H. de Vries, A. Righi, Neuberg, G. Tammann, Graham, Bütschli, Famintzin, Vogelsang, Hansen, Harting, W. Biedermann, von Schrön, Benedict, Münden und

andere haben diese eigentümlichen Erscheinungen nach verschiedenen Richtungen hin durchforscht.¹⁾ Als Ergebnis läßt sich folgendes hinstellen:

Überall, wo zwei Flüssigkeitsschichten von verschiedener Zähigkeit zusammenstoßen, bildet sich eine Oberflächenspannung, die zu einem Abrundungsstreben führt. Der Tropfen und der Schlauch sind die einfachsten abgeschlossenen Gebilde, die dabei entstehen und durch das abweichende Lichtbrechungsvermögen der gespannten Oberfläche sichtbar werden, wofern nicht ihr Durchmesser kleiner ist als eine halbe Lichtwelle oder etwa 0,00025 mm. Tropfen und Schlauch gehen in allen möglichen Formen ineinander über. Tropfen oder Körnchen reihen sich perlschnurartig aneinander und können miteinander verfließen; Schläuche können durch stellenweise eintretende Verdickungen oder Einschnürungen einer zusammenhängenden Tropfenreihe ähnlich sehen. Aus einem Tropfen können kleine Schläuche hervorragen, die sich zu ihnen verhalten wie Scheinfüße oder Geißeln zu Moneren oder Sporen; ein zylindrischer Schlauch kann durch Teilungswände in Kammern gegliedert sein, nach Art eines pflanzlichen Sprosses. Die Schläuche können kurz oder lang sein und bald den Stäbchenbakterien, bald fadenförmigen Algen gleichen. Wenn die eine Seitenwand eines Schlauches sich schneller verdickt als die andere, so erhält ihre Spannung das Übergewicht über die ihr gegenüberliegende; die erste wird konkav eingebogen, die zweite konvex ausgebogen. So entstehen gekrümmte, wellenförmige, ppropfenzieherartige und spiralförmige Schläuche. Durch Strömungen und Wirbel in der Flüssigkeit können die

¹⁾ Vergl. Georg Quinke, „Über die Klärung trüber Lösungen“, „Über unsichtbare Flüssigkeitsschichten“ und „Die Oberflächenspannung usw.“ in den „Annalen der Physik“ 1902—1903, vierte Folge, Bd. 7—10. Dasselbst ist auch die übrige Literatur zu finden, ausgenommen: Von Schrön „Le tre Conferenze tenute nell' Aula dell' Università di Napoli. Relazione fatta dal Dr. A. Nacciarone, 1899; Max Münden, „Vier Beiträge zur Granulafrage“ im Archiv für Anatomie und Physiologie, physiologische Abteilung 1896 und 1897 und im Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, erste Abteilung 1899; derselbe: „Die bakteriologisch-biologische Grundlage physikalischer, chemischer und mineralogischer Formgestaltungen“ in den Verhandlungen der Naturforscherversammlung 1901, II, erste Hälfte Seite 63—72; L. Rhumbler, „Physikalische Analyse von Lebenserscheinungen der Zelle“ im „Archiv für Entwicklungsmechanik“ 1898 und 1899, Bd. 7 und 9.

Flüssigkeitsschichten verschiedener Zähigkeit so gegeneinander verschoben werden, daß ebene Spannungsf lächen windschief oder schraubenförmig gedreht werden, daß Schneckenformen und Wendeltreppen entstehen. Auch zu den Kiesel- und Kalkschalen der verschiedenen Infusorienarten finden sich Analoga in der Formenwelt dieser unorganischen Gebilde.

In den Schläuchen, Tröpfchen, Linsen können wieder kleinere Tröpfchen oder Körnchen einzeln oder gruppenweise eingebettet liegen, wenn bei der Entstehung jener Gebilde Teilchen der einen Flüssigkeitsart in die andere mit eingeschlossen wurden; sie können den Hohlräumchen und eingeschlossenen Körnchen des Protoplasma ähneln. Der Verdichtungsprozeß der Oberfläche kann sich mehrmals wiederholt haben und liefert dann Körnchen mit konzentrischen Schichten (Famintzinsche Schichtungskörper), ähnlich den Stärkekörnern oder Hagelkörnern. Eine dichtere Masse in einem Tropfen kann dem Kern einer Zelle gleichen. Die Körnchen können sich in brombeerartige Gruppen zusammendrängen und Mikrokokkenkolonien gleichen. Oft scheiden sich auch Luftbläschen an der Grenzschicht der Flüssigkeiten ab, die das Bild verwickelter machen, der Schwimffähigkeit der Gebilde trotz ihrem größeren spezifischen Gewicht eine längere Dauer geben und ihre Bewegung von Licht und Wärmestrahlen abhängig machen (positive und negative Phototaxis). Die Schläuche haben nicht nur an ihren Spitzen öfters Luftblasen oder dickere Tropfen, sondern bisweilen auch auf ihnen senkrecht stehende oder schräge seitliche Auswüchse; oder sie treten als Büschel auf, die auseinander streben.

Die Bläschenkolonien bringen die Myelinformen und die Sphärokristalle zweiter Art hervor; die Verzweigungen der Schläuche bilden die Grundlage zu den Kristallbäumen, Kristallskeletten oder Dendriten; die Schlauchbüschel oder hohlen Nadelbüschel liefern einerseits die Trichiten, andererseits die Sphärokristalle erster Art, die aus zentralen Strahlen gebildet sind. Die Myelinformen, die beiden Arten der Sphärokristalle, die Dendrite und Trichite werden allgemein als Übergangsformen zwischen den eigentlichen Kristallen und höheren morphologischen Gebilden angesehen. Eine Mittelstellung zwischen den eigentlichen Kristallen und den Sphärokristallen zweiter Art, Myelinformen und Trichiten nehmen wiederum die Kristalle von Eiweiß, Leim und

Oxyhämoglobin ein, insofern sie langsamer als die ersten erstarren und aus größeren zellenartigen Gebilden hervorgehen.

Diese Zusammenhänge legen den Gedanken nahe, daß auch die eigentlichen Kristalle nichts weiter sind als erstarrte Schaummassen, deren Schaumlamellen in konstanten, durch die Oberflächenspannungen bestimmten Winkeln aufeinanderstoßen. Nach Frankenheim, von Hauer und O. Lehmann wird die Kristallform durch kleine Beimengungen fremder Stoffe völlig verändert. Dies läßt sich daraus verstehen, daß durch kleine Beimengungen fremder Stoffe auch die Oberflächenspannung zweier aneinander stoßenden Flüssigkeitsarten stark verändert wird, wie es die kleinen Zusätze von Klärungsmitteln zu trüben Lösungen zeigen. Die Auffassung der Kristalle nach Raumgitterschemen ist mit derjenigen nach erstarrten Schäumen wohl vereinbar. Denn jedes Salz gibt mit Wasser zwei Lösungen, die einander in Oberflächenspannung versetzen und aus deren zäheren sich das Salz abscheidet durch Erstarren der gespannten Oberflächenschicht. Geht die Erstarrung langsam vor sich, so stellen sich größere Schaumlamellen in bestimmte Winkel (90° , 120° , 45° usw.) zueinander ein, die vom Verhältnis der Oberflächenspannungen abhängen. Erfolgt aber die Erstarrung zu rasch, so ergreift sie Schaumwände, die dünner sind als die doppelte Wirkungsweite der Molekularkräfte (etwa $0,0001$ mm); dann bleiben die Winkel unbestimmt und es ergibt sich eine amorphe Masse. Doppelt brechende Kristalle entstehen, wenn die Schaumlamellen beim Eintrocknen und Erstarren Wände von bestimmter Lage anders dehnen und pressen als andere. Bei den drei Arten natürlicher Kieselsäureschäume (Tabaschir, porzellanartiger Kieselsäureschaum und Hydrophan), mit denen gewisse künstlich dargestellte Kieselsäureschäume Ähnlichkeiten aufweisen, ist die Schaumstruktur locker, bei den Kristallen dagegen dicht.

Verschiedene Forscher haben behauptet, die Entstehung von Kristallen aus zellenähnlichen Gebilden und die Auflösung der Kristalle in solche beobachtet zu haben (insbesondere von Schrön und Münden). Andere haben das Gegenteil behauptet, und es ist durchaus möglich, daß bei vielen Kristallisationsvorgängen die zellenähnlichen Anfangsformen unterhalb der Grenze des Sichtbaren bleiben und erst die scharfen Kanten der zusammenstoßenden Schaumwände zusammengeflossener Zellen sichtbar werden,

insbesondere, wenn in diesen Kanten und Ecken Luftbläschen oder Fremdkörperchen von anderem Lichtbrechungsvermögen sich ansammeln. Diese Ansicht über die Entstehung der Kristalle würde als allgemeingültige Theorie freilich immer nur Hypothese bleiben, wenn ein Teil dieser Vorgänge sich in Dimensionen unterhalb der Sichtbarkeit, obzwar oberhalb der doppelten Wirkungsweite der Molekularkräfte abspielte, also zwischen 0,00025 und 0,0001 mm. Wenn sie aber auch nur als Hypothese gerechtfertigt wäre, so würde daraus folgen, daß die zellenähnlichen Formen in der unorganischen Natur das genetische Prius sowohl der kristallinen als auch der amorphen Struktur sind und daß die beiden letzten nur Erstarrungsprodukte der aus den ersten entspringenden Gebilde sind. Wenn aber auch diese Erklärung der Kristallisation nur für gewisse Arten von Kristallen richtig sein sollte, so wäre doch die Priorität der zellenähnlichen Formen vor gewissen kristallinen und amorphen eine ebenso wichtige Erweiterung unserer Kenntnisse wie die Analogien zwischen vielen unorganischen und organischen Formbildungen von mikroskopischer Kleinheit.

Die physikalische Grundlage aller dieser Vorgänge ist die Schaumbildung, die immer zwei Flüssigkeiten von verschiedener Zähigkeit erfordert. Die dünnere dieser Flüssigkeiten kann auch ein Gas sein, wie, zum Beispiel, die atmosphärische Luft beim Seifenschaum. Wir wissen bis jetzt eben so wenig, worin der flüssige Aggregatzustand besteht, als was eigentlich eine Lösung ist. Wir nennen Pseudolösungen das Schweben feiner Teilchen in einer Flüssigkeit, Pseudoflüssigkeiten das Schweben fester Teilchen in Verdampfungsgashüllen (zum Beispiel: erhitztes Kohlenpulver oder ein erhitztes Gemenge von wasserfreiem Natriumkarbonat, Kohle und Magnesia). Wir sprechen von Pseudolösungen und Pseudoflüssigkeiten, so lange die schwebenden Teilchen eine mikroskopisch wahrnehmbare Größe haben; stehen sie aber unterhalb dieser, so gehen die Pseudolösungen ohne feste Grenze in echte Lösungen und die Pseudoflüssigkeiten in echte Flüssigkeiten über. Pseudolösungen mit hinreichend großen schwebenden Teilchen erscheinen trübe; die Klärung durch Zusatz eines Klärungsmittels besteht darin, daß das sich durch die Flüssigkeit stoßweise verbreitende Klärungsmittel die Oberflächenspannung der schwebenden Teilchen oder der sie unmittelbar umgebenden dichteren Flüssigkeitsschichten verändert und dadurch zur Bildung

von Bläschen führt, die zu Schaumflocken zusammenfließen und zu Boden sinken.

Wo zwei Lösungen von verschiedener Zähigkeit und Konzentration miteinander gemischt sind, die langsam erstarrende Oberflächenschichten miteinander bilden, da können die zellenähnlichen Gebilde sich derartig aneinander lagern, daß sie sich gegenseitig stützen und vor dem Niedersinken bewahren. Die ganze Masse bildet dann einen Schaum, dessen Wände durch ihre Oberflächenspannung einen gewissen Widerstand gegen Verschiebung leisten. Sind die Schaumlamellen mikroskopisch klein, so heißt solcher Schaum eine Gallerte. Jede Flüssigkeit, die sich zu Fäden ziehen läßt, zeigt dadurch an, daß sie eine schaumige oder gallertartige Struktur hat. Solche Gallerten gibt es von vielen unorganischen Stoffen, z. B.: Kieselsäure, Eisenoxydhydrat. So lange die Schaumzellen einer Gallerte flüssige Wände haben, können sie mit anderen zusammenfließen oder auch durch Flüssigkeitsaufnahme quellen und durch Flüssigkeitsabgabe schrumpfen; denn die noch flüssigen Schaumwände sind dehnbar und durchgängig. Sobald dagegen die Schaumwände erstarrt sind, hört ihre Dehnbarkeit, Durchgängigkeit und Verschmelzbarkeit mit anderen auf. Durchgängig bleiben sie nur da, wo sie brüchig, durchlöchert, porös sind. Eine steife Gallerte verhält sich deshalb in osmotischer Beziehung ganz anders als eine noch flüssige. Feste, von Poren unterbrochene Wände aus geronnenen Schäumen oder steifen Gallerten dienen den Organismen wesentlich nur als Schutzhüllen und Stützgerüste, während die Lebensvorgänge sich an noch flüssigen Gallerten abspielen. Es mag sein, daß in den ausgereiften Plasmakörnchen die inneren Teilchen schon aus mehr oder minder steifer Gallerte bestehen, also schon erstarrt sind, und nur die äußeren Schichten noch aus zähflüssiger, elastischer quellfähiger Gallerte bestehen. Dann kann aber auch die chemische Wirksamkeit der Körnchen nur noch von diesen äußeren Schichten ausgehen, und wenn die Erstarrung weiter fortschreitet, müssen die ganzen gealterten Körnchen ausgeschieden und durch junge, noch nicht erstarrte ersetzt werden. D. h. die Zelle muß sich in Bezug auf diejenigen Körnchen mausern, die nicht für die Lebensdauer der Zelle der Erstarrung zu widerstehen vermögen.

Deshalb sind diejenigen Schäume oder Gallerten die geeignetste Stätte des Lebens, die am langsamsten erstarren. Die

Schäume und Gallerten aus unorganischen Verbindungen (metallischen und alkalischen Salzen) sind darum wenig geeignet zur Grundlage von Organismen, weil sie meistens in einigen Sekunden oder Minuten erstarren und den Lebensvorgängen keine genügende Zeit zu ihrer Entfaltung lassen würden. Organische Verbindungen (wie Stärke, Leim, Eiweiß) gerinnen viel langsamer und eignen sich deshalb viel besser zur Grundlage des Lebens; sie haben außerdem vor der ebenfalls langsam gerinnenden Kieselsäure den Vorzug, verwickelte chemische Verbindungen zu sein und bei ihrem Abbau und Wiederaufbau zu den mannigfachsten chemischen Umsätzen Gelegenheit zu geben. Aber auch sie bleiben nicht immer im Zustande flüssiger Gallerten, sondern werden zuletzt, und wenn es selbst Jahre dauert, fest und unbrauchbar zu Quellungen, Verschmelzungen und Formveränderungen. Dies ist der Grund, daß das Leben, um sich selbst zu erhalten, mit wechselnden Stoffen arbeiten, daß es die erstarrten oder der Erstarrung sich nähernden stofflichen Unterlagen abstoßen und durch neu aus Flüssigkeiten gebildete ersetzen muß. Das Leben muß die materielle Grundlage, auf der es ruht, immer von neuem abbrechen, indem es die alt werdenden, der Erstarrung nahe rückenden oder bereits erstarrten materiellen Teile chemisch auflöst und ausscheidet. Das Leben ist nichts als ein beständiger Kampf gegen das Altern und die Erhärtungstendenz seiner stofflichen Grundlagen. Bei mehrzelligen Organismen tritt zu dieser Mauserung jeder einzelnen Zelle noch die Mauserung des Gesamtorganismus hinzu, die sich in der Abstoßung ausgedienter Zellen und ihrem Ersatz durch neugebildete junge vollzieht. Damit rücken wir dem Unterscheidungsmerkmal des Organischen vom Unorganischen näher.

Wenn der kristallinen und amorphen Struktur zellenähnliche Formbildungsprozesse voraufgehen, so könnte man versucht sein, in diesen ebenso ein Analogon der Lebensvorgänge zu sehen wie in den zellenähnlichen Gebilden ein Analogon der organischen Formen. Wie der Baum in seinem Holze, dem Niederschlag des Lebensprozesses früherer Jahre, tot ist und nur in seinem Kambiumring, der Stätte des diesjährigen Wachstumes, lebt, so könnte man versucht sein, den Kristall zwar als tot, aber die Oberflächenschicht des in der Mutterlauge liegenden Kristalles als lebendig anzusehen, sofern in ihr sich ein Wachstumsprozeß in zellenähn-

lichen, noch nicht erstarrten Formgebilden oder noch flüssigen Schaumlamellen vollzieht. Gleichwohl wäre diese Gleichsetzung übereilt, weil das Wichtigste bei ihr übersehen wäre.

Der Kristall, mag es sich um Metallsalze oder um Leim und Eiweiß handeln, wächst allerdings ebenso gut, wie ein Organismus wächst. Aber bei dem Kristall ist das Wachstum lediglich Produkt der Molekularkräfte und der durch sie bedingten Oberflächenspannungen, sei es mit, sei es ohne elektrische und chemische Spannungen. Bei dem Organismus dagegen ist das Wachstum nicht bloßes Produkt der zusammenwirkenden Molekularkräfte allein, sondern ein Produkt aus dem Zusammenwirken dieser mit den unbekanntten Kräften, die den Stoffwechsel leiten. Bei dem Wachsen des Kristalles ist dieser völlig passiv, bei dem Wachsen des Organismus ist dieser aktiv, wenn auch nur reaktiv in bezug auf die gegebenen Bedingungen. Bei dem Kristall erstarrt jede Form, sobald sie fertig gebildet ist, bei dem Organismus bleibt sie im Fluß des Werdens und der Veränderung. Wenn der Kristall in seinem Wachstum lebte, so lebte er nur dem Tode, dem alsbaldigen Sterben ohne Nachkommen; der Organismus aber lebt wirklich, denn er lebt nicht dem Tode, sondern dem Leben, der Erhaltung des Lebens durch die Mauserung und Fortpflanzung.

Der Kristall läßt die Bedingungen, unter denen er wächst, unverändert; der Organismus bestrebt sich, die Bedingungen, unter denen er wächst, beständig zu seinen Gunsten zu verändern; er sucht sich der Umgebung anzupassen und die Umgebung seinen Zwecken dienstbar zu machen. In diesem mehr oder minder erfolgreichem Streben nach Veränderung der vorgefundenen Bedingungen liegt seine „Aktivität“, die man mit Recht bloß einen anderen Ausdruck für sein „Leben“ genannt hat. Diese Aktivität ist darauf gerichtet, die je nach den Umständen wechselnden Mittel für die Erhaltung des Lebens zu beschaffen; in diesem Sinn ist sie Anpassung und Zwecktätigkeit. Als die allem Leben gemeinsame zwecktätige Anpassung aber ist der Stoffwechsel zu bezeichnen, der allein es ermöglicht, der Erstarrungstendenz der Schäume und Gallerten zum Trotz immer für flüssige Schäume und Gallerten als unentbehrliche Grundlage des Lebens vorzusorgen.

Die zellenähnlichen Formen der unorganischen Natur entstehen kausal notwendig nach physiko-chemischen Gesetzen, aber

final zufällig, insofern sie selbst keine Individuen höherer Ordnung gegenüber den Molekülen darstellen und deshalb auch keine eigenen Individualzwecke haben. Zweckmäßig sind sie nur in dem Sinn, wie die Gesetze und Gebilde der unorganischen Natur überhaupt es sind, als Vorstufen und Unterbau der organischen Natur. In einer unorganischen Zelle ist jeder Teil so, wie er ist und nach den an seinem Orte wirksamen Molekularkräften sein muß: aber er ist nicht dienendes Glied in einem höheren Ganzen. Zwischen den Teilen findet wohl kausale, physiko-chemische Wechselwirkung statt, aber keine finale Wechselbeziehung, durch die jeder Teil allen anderen und alle zusammen dem Ganzen dienen. Aber erst, wo solche finalen Beziehungen stattfinden, kann man mit Recht von einem Individuen höherer Ordnung sprechen, das sich aus den Elementarindividuum zusammensetzt.

Deshalb haben die gleichen morphologischen Erscheinungen eine ganz verschiedene Bedeutung bei unorganischen und bei organischen Zellen. Bei den ersteren entstehen sie durch final zufälliges Zusammentreffen verschiedener Flüssigkeiten, bei den letzteren aus Säften, die von der Zelle selbst für den Zweck dieser Formgebilde produziert werden. Bei den ersteren ist die äußere Form der Zellenoberfläche entscheidend, die allein durch das Zusammentreffen zweier Flüssigkeiten unmittelbar bestimmt wird; bei den letzteren kommt alles auf die innere Struktur an, von der die chemische Beschaffenheit der produzierten Säfte und dadurch mittelbar auch die äußere Form abhängt. Bei den ersteren geht die Formbildung von der Hülle aus und besteht eigentlich nur aus nebeneinandergelagerten oder ineinandergeschobenen Hüllen; bei den letzteren ist die Hülle etwas Nebensächliches und die Formbildung geht von zentralen Organen (Kern, Zentralkörperchen, Farbträgern) aus. Bei den ersteren ist auch die morphologische Differenzierung innerhalb der Zelle final zufällig und für die Dauer des Gebildes bedeutungslos; bei den letzteren ist es gerade die innere morphologische Differenzierung, die mikroskopische und submikroskopische Struktur, auf die alles ankommt, da von ihr die chemischen Leistungen abhängen. Morphologisch gleichartige Einschlüsse, wie Körnchen, Luftbläschen, Schichtungskörper, haben demgemäß ebenfalls bei beiden ganz verschiedene Bedeutung; bei den ersteren sind sie zufällige Produkte der gegebenen Entstehungsbedingungen, bei den letzteren selbstgesetzte

Mittel für den Stoffwechsel, z. B. Nahrungsvorräte, Schwimmblasen, Mittel zur Änderung des Gleichgewichtszustandes, Kolben und Retorten für Bereitung bestimmter Säfte usw. Kernähnliche Gebilde bei unorganischen Zellen haben niemals eine dem Kern der Protoplasmazellen ähnliche Funktion; sie täuschen nur eine äußerliche Ähnlichkeit vor. Dasselbe gilt für Körnchen, die sich bei zufälligem Platzen der Oberflächenschicht nach außen ergießen und eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Ausströmen von Sporen vortäuschen können. Bei den unorganischen Gebilden ist die äußere wie die innere Form entweder in jedem Teile gleichartig oder nur durch zufällige Umstände verschieden ausgefallen, strebt aber nach einem Gleichgewichtszustand hin, der diese Unterschiede in völlige Gleichmäßigkeit aller Teile ausgleicht (Schaumstruktur oder kristallinische Struktur). In den organischen Gebilden dagegen dienen alle morphologischen Bestimmtheiten der physiologischen Funktion, alle inneren morphologischen Unterschiede der Arbeitsteilung, und die Formbildung strebt nach immer weiterer Arbeitsteilung und morphologischer Differenzierung hin. Wenn Chloroformtröpfchen lösliche Stoffe wie Schellackpartikelchen in sich hereinziehen, die mit ihnen vermischten unlöslichen Partikelchen aber wieder ausstoßen, so gleicht das äußerlich der Verdauung und Exkretion, ist aber innerlich etwas ganz anderes. Denn bei der Verdauung und Exkretion findet Stoffwechsel statt, bei der Lösung des Lösbaren und Nichtlösung des Unlösbaren aber nicht.

Die Ähnlichkeiten der unorganischen Zellen mit Organismen beziehen sich zunächst nur auf einzellige Organismen, bei denen der spezifische Typus mehr in der inneren Struktur als in der äußeren Gestalt zu suchen ist; denn diese kann je nach den Umständen starke Abänderungen zeigen. Mit mehrzelligen Organismen sind nur die komplizierteren Gebilde vergleichbar, bei denen unorganische Zellen wie die Blasen eines Schaumes sich aneinandergelagert haben, oder Schläuche von Querwänden durchsetzt sind, oder Nadeln von einem Zentrum ausstrahlen, oder Schläuche seitliche Auswüchse zeigen. Auch hier zeigt sich, daß die einfacheren Typen der Zusammensetzung schon in der unorganischen Natur vorgebildet sind, daß die organische Natur nicht nötig hat, sie erst frei zu erfinden, sondern nur das Vorhandene zu benutzen braucht. Aber in der Art der Benutzung liegt eben

der Unterschied. Der Organismus wandelt die ihm von der unorganischen Natur zur Verfügung gestellte Form nach seinen Zwecken um, indem er sich den jeweiligen Lebensbedingungen anpaßt. Schon die einzelligen Organismen bieten zum Teil ganz eigenartige Typen dar, die durch differenzierende Anpassung entstanden sind und deshalb in der unorganischen Natur ihresgleichen weder haben noch haben können. Man denke an die eigenartigen Formen mancher Infusorien (zum Beispiel: Trompetentierchen, *Stentor Roeselii*) oder an ihre zwei Kerne, deren einer bei der Ernährung, deren anderer bei der Fortpflanzung sich betätigt. Noch mehr gilt dies von den mehrzelligen Organismen, insbesondere von den Tieren, die sich auf aktive Körperbewegung eingerichtet haben, während die ortsbeständigen Pflanzen mehr Parallelen mit Kristallbäumen zeigen.

Alle stammesgeschichtlichen Umbildungen des Typus, die durch zweckmäßige Anpassung erfolgen, haben in der unorganischen Natur ebensowenig eine Analogie wie diejenigen Komplikationen der Organisation, die letzten Endes der Steigerung der bewußten Intelligenz dienen. Das organische Formenreich hat eine Geschichte, die sich in der stammesgeschichtlichen Entwicklung vom Niederen zum Höheren abspielt; das unorganische Formenreich ist geschichtslos, weil ein bloßes Produkt der immer sich selbst gleichen physiko-chemischen Gesetze. Wie das Leben überall die physiko-chemischen Gesetze zu respektieren hat, über die es sich doch durch seine Autonomie erhebt, so hat es auch das unorganische Formenreich, das aus den physiko-chemischen Gesetzen entspringt, zum Anknüpfungs- und Ausgangspunkt, bringt selbst aber zu ihm etwas ganz Neues hinzu, die Umgestaltung und Verwertung dieses Formenreiches zur Selbsterhaltung der Individuen und Arten und zu ihrer Höherbildung, die ganz außerhalb der physiko-chemischen Gesetze liegen.

Wir kennen auch in der unorganischen Natur Gebilde, deren Form sich trotz dem Wechsel des sie bildenden Stoffes und gerade durch diesen Wechsel dauernd erhält, z. B.: den Wasserfall, den Springbrunnen, die Flamme. Im natürlichen Wasserfall sind die Bedingungen (das wasserführende Flußbett, die Felsenwand) konstant, soweit sie nicht durch die Abnagung des Wasserfalles selbst allmählich zerstört werden; beim Springbrunnen und bei einer Flamme von sich selbst gleichbleibender Form und örtlicher

Stellung sind sie durch bewußte Absicht künstlich herbeigeführt und unterhalten (Docht, Brenner, Herd, fortdauernde Beschickung mit Brennmaterial). In keinem dieser Beispiele trägt das durch den Stoffwechsel unterhaltene Formgebilde etwas dazu bei, die Gleichmäßigkeit der Beschickung mit neuem Stoff, die Abfuhr des verbrauchten und die Maschinenbedingungen eines die Form erhaltenden Stoffumsatzes und Energieumsatzes zu regeln. Diesen Gebilden fehlt jede Aktivität und Selbstregulation, wie die Organismen sie besitzen, die eben vermittels ihrer sich und ihre Art erhalten und fortentwickeln. Die menschliche Intelligenz kann maschinelle Selbstregulationen künstlicher Art anbringen, durch welche die Gleichmäßigkeit der Form bei wechselnder Stärke des Stoffzuflusses verbürgt wird, aber ein Springbrunnen oder eine Flamme selbst wird ebensowenig jemals sich selbst regulieren, wie sie überhaupt die Maschinenbedingungen herstellen, auf denen ihr Bestand beruht. Deshalb ist es eine Verkennung des Unterschiedes, von Flammenorganismen zu reden (Preyer). Einzig und allein die flüssigen Schäume und Gallerten von sehr langsamer Erstarrung, hohem Molekulargewicht und verwickelter chemischer Zusammensetzung bieten die unentbehrliche physiko-chemische Grundlage, auf der solche Selbstregulation sich entfalten kann, und deshalb ist es kein Zweifel, daß wir das Leben nur in Gestalt von Plasmaorganismen kennen.¹⁾

¹⁾ Zu den literarischen Angaben ist nachzutragen: O. Lehmann, Flüssige Kristalle, Leipzig 1904; dsb. in den „Annalen der Physik“ 1905 S. 728—734, 796—810; 1906 S. 1—9, 22—35. Bei gewissen komplizierten organischen Verbindungen zeigt sich bei Temperaturen, die sich dem Schmelzpunkt nähern, insbesondere unter Zusatz von Lösungsmitteln, ein gallertartiges Weichwerden der mikroskopischen Kristalle mit Abrundung der Kanten und schließlich eine Verflüssigung unter Annahme der Tropfenform, ohne daß (nach Lehmanns noch vielfach bestrittener Deutung) im Innern die durch die Doppelbrechung angezeigte kristallinische Struktur schwindet. Auch diese weichen Gebilde können die oben angeführten mannigfachen Formen annehmen, sich wandeln, teilen und verschmelzen.

V. Die Zelle.

1. Der Bau der Zelle.

Daß ein Organismus aus Zellen und eine Zelle aus Zellhülle, Zellinhalt und Kern besteht, pflegen heute die Kinder in der Schule zu hören. Schleiden und Schwann hielten die Zelle noch für ein Bläschen mit flüssigem Inhalt; M. Schultze bestimmte sie als ein Klümpchen von Protoplasma, das nach Brücke besser Elementarorganismus heißen sollte. Die Zellhülle ist kein notwendiger Bestandteil der Zelle; sie fehlt z. B. bei den Amöben, Rhizopoden, Schleimpilzen, weißen Blutkörperchen und den meisten Zellen des Tierkörpers. Pflanzenzellen haben mehr oder minder starke Zellhüllen; Tierzellen außer den Knorpelzellen zeigen in der Regel nur da, wo sie den Abschluß eines Gewebes bilden, eine einseitige Zellhaut. Auch der Kern ist kein unentbehrlicher Bestandteil der Zelle, wenngleich verbesserte Färbmethoden Kerne auch in solchen Zellen erkennen gelehrt haben, die man früher für kernlos hielt. Der Kern ist wesentlich eine Ansammlung kleinerer färbbarer Körperchen; diese können sich in einem oder mehreren Kernen zusammenfinden oder auch gar nicht zusammenfinden. Im ersteren Falle spricht man von einkernigen und mehrkernigen, im letzteren Falle von kernlosen Zellen. Kernlos in diesem Sinne scheinen die Spaltpflanzen zu sein, zu denen die blaugrünen Algen und die Spaltpilze gehören, insbesondere die im Meerwasser lebende *Beggiatoa mirabilis*; sie stellen damit eine primitivere Struktur der Zelle dar als die kernhaltigen Zellen.

Wenn somit die Bildung einer abschließenden Hülle und die Ansammlung von Körnchen zu einem Kern erst sekundäre Erscheinungen an der Zelle sind, so muß man ihre Definition auf individualisiertes Protoplasma beschränken. Je nachdem dieses

lebt oder nicht, hat man eine lebende oder abgestorbene Zelle vor sich. Die lebende Zelle ist der organische Mikrokosmos. Die Größe der Zelle wechselt von den mikroskopisch kaum wahrnehmbaren bis zu den fingerlangen, mehrkernigen, quergestreiften Muskelfasern und den meterlangen, vieltausendkernigen, einzelligen Meeresalgen. Der sichtbare Bau der Zelle zeigt überall eine Mischung relativ festerer und relativ flüssiger Teile. Erstere sind teils Fäden, oder Wände von gallertartiger Beschaffenheit und dem Vermögen, sich ausdehnen zu lassen und sich zusammen zu ziehen, teils Einschlüsse mannigfacher Art in Gestalt beweglicher Körperchen und Körnchen; letztere dagegen sind teils auch noch lebendes Protoplasma von stärkerem Wassergehalt, teils eingeschlossene Säfte, die zur Lösung von Nahrungs- und Ausscheidungsstoffen dienen.

Die Fäden bilden das eigentliche Zellgerüst, sie sind teils gewunden, teils parallel und vielfach untereinander verbunden. Die aktive Kontraktilität tritt an ihnen besonders deutlich hervor. Sie gleichen darin den Muskelprimitivfasern; die der Ortsbewegung dienenden Wimpern und Geißeln, die bei vielen einzelligen Organismen aus der Zellwand hervorragen, sind nur als äußere Fortsetzungen der kontraktilen Fäden zu betrachten. Die pendelnden, stoßenden, rudernden, wellenförmigen und schraubenförmigen Bewegungen der Wimpern und Geißeln lassen erkennen, eine wie mannigfache Bewegungsfähigkeit auch den Fäden innerhalb der Zelle zukommen kann, die sie zum Fortschieben der Zelleinschlüsse benutzen. Bei manchen frei beweglichen Zellen, wie die weißen Blutkörperchen es sind, zeigen die Fäden eine strahlige Anordnung, die von einem winzig kleinen, neben dem Kern belegenen Zentralkörperchen ausgeht und dieses nach allen Richtungen mit der Oberfläche verbindet. Bei den meisten Zellen dagegen tritt solche zentral ausstrahlende Anordnung der Fäden erst unmittelbar vor der Zellteilung hervor, um die starken, inneren Bewegungen dieses Vorganges zu leiten.

Bei den Pflanzenzellen sieht man vielfach eine schaumige Beschaffenheit des Zellinhaltes. Diese entsteht dadurch, daß die überall vorhandenen, mit Flüssigkeit erfüllten Hohlräumchen (Vakuolen) sich durch Ausschwitzung vermehrter Flüssigkeit ausdehnen und das zwischen ihnen liegende gallertartige Protoplasma zu dünnen, wabenartigen Teilungswänden ausrecken. Solche

Zellen sind natürlich den physikalischen Gesetzen der Schaumstruktur unterworfen, insbesondere den Veränderungen, die solche Struktur bei einseitigem Druck und Zug und bei Einlagerungen kleiner Körperchen zeigt, und manche Erscheinungen lassen sich aus diesen Gesetzen allein erklären. Bei stärkerem Zug können auch die Schaumwaben sich in parallele Fäden ausrecken; denn die Waben und die Fäden sind ja beide nur Verdichtungen des Protoplasma. Noch dauert der Streit der Schulen über die Tragweite der Fädchen- und Schaumstruktur und die Grenzen ihres Vorkommens fort. In der Tat sind alle diese Strukturunterschiede fließend, je nach den äußeren Umständen und den Lebenszwecken der Zelle. Denn die Fäden können sich zu Strängen verdicken, zu Plasmaklumpen zusammenziehen und wieder zu einem feinsten Filarnetz ausbreiten, in einzeln herumschwimmende Fadenstücke zerfallen, aus solchen wieder zusammenwachsen, sich aus langgezogenen Schaumwaben bilden und in der gleichmäßigen Masse des Protoplasma zu verschwinden scheinen, während Vakuolenbildung in diesem Protoplasma eine Schaumstruktur einleitet. Daß verschiedene geübte Forscher in denselben mikroskopischen Objekten oft ganz verschiedenes zu sehen behaupten, zeigt am besten, wie schwierig und vieldeutig diese Beobachtungen und wie wandelbar ihre Objekte sind. Eine Schaumstruktur von Schaumlamellen oberhalb der mikroskopischen Sichtbarkeit (einer halben mittleren Lichtwellenlänge oder 0,00025 mm) ist gewiß nur unter besonderen Umständen vorhanden; eine submikroskopische Schaumstruktur dagegen ist aus physikalischen Gründen in allen Teilen des Protoplasma, den festeren wie den flüssigeren anzunehmen, weil jede feste und flüssige Gallerte auf Schaumstruktur beruht und nur solche Flüssigkeiten sich in Fäden ziehen lassen, die eine Schaumstruktur in sich bergen. Die zur Reizleitung erforderliche Kontinuität der Gerüstsubstanz wird durch den stetigen Zusammenhang der submikroskopischen Schaumstruktur hinreichend gesichert; denn eine zähe und elastische Gallerte verhält sich ganz ähnlich wie ein fester Körper und geht ohne scharfe Grenzen in einen solchen über. Feste Stoffe müssen erst wieder oberflächlich gelöst werden, um chemisch zu wirken, und ganz aufgelöst werden, um am Stoffwechsel teilzunehmen; sie sind deshalb für die eigentlichen Schauplätze des Lebens weniger brauchbar als für innere und äußere Stützgerüste und Schutzdecken.

Der Zellinhalt zeigt außer dem Faden- oder Wabengerüst, dem flüssigeren Protoplasma und dem Zellsaft noch mancherlei Einschlüsse. Dies sind zum Teil Hohlräumchen mit Zellsaft, die schwächer lichtbrechend sind als das gallertartige Protoplasma, und feste, nicht gelöste Nahrungsvorrats- oder Ausscheidungsstoffe, z. B. Stärke, Glykogen, Schleim- und Fettröpfchen, Eiweißkristalloide, Dotterkörner und solche Pigmentkörner, die keinen Zweck mehr für das Leben haben, sondern Niederschlagsprodukte eines unvollkommenen Stoffwechsels sind. Alle diese Bestandteile sind wohl als Hilfsmittel oder Produkte des Lebens, aber nicht als lebendige Organe des Zelleibes zu betrachten. Zum anderen Teil bestehen aber die Einschlüsse aus kleinen Körnchen, Körperchen, Stäbchen oder Fädchenenden, die als Organe bestimmter Lebensverrichtungen anzusehen sind. Die Körnchen zeigen ihre Lebendigkeit schon dadurch, daß sie sich in lebhafter aktiver Gleitbewegung an den Plasmasträngen und -Fäden entlang bewegen, an denen sie haften oder denen sie eingebettet sind; ihre Selbstbewegung verläuft scheinbar teilweise unabhängig von den Massenverschiebungen, die in den Strängen und Fäden selbst vor sich gehen, und von denen sie natürlich auch mit beeinflußt werden.

Diese lebendigen Körner kann man einteilen in Physoden, Chromatophoren und Reizkörner. Die Physoden sind stärker lichtbrechend als das gallertartige Protoplasma: ihre Aufgabe scheint eine ähnliche zu sein, wie die der roten Blutkörperchen in den Tieren, nämlich die Oxydation ihrer leicht oxydierbaren Körnersubstanz durch aufgenommenen Sauerstoff und seine Verbreitung und Übertragung im aktiven Zustande durch den ganzen Zellinhalt. Während die Physoden farblos sind und erst durch besondere Färbemethoden deutlich sichtbar werden, zeigen die Farbträger oder Chromatophoren von selbst eine Färbung; diese pigmentierten Körperchen sind die Träger der wichtigsten Lebensfunktionen. So ist z. B. das Blattgrün (Chlorophyll) der grünen Pflanzen Vermittler der Kohlensäurezerlegung, die allen chemischen Synthesen vorangehen muß. Auch bei den Tieren scheinen manche Pigmentkörnchen Aufgaben zu haben, die noch nicht genügend geklärt sind; die Schwächlichkeit der Kakerlaken oder Albinos steht mit dem Mangel bestimmter Pigmente in Verbindung. Die Blattgrünkörner sind im zerstreuten Tageslicht vieleckige Scheiben,

die ihre Breitseite dem Lichte zuwenden; bei direktem Sonnenlicht ziehen sie sich zu kleinen Kugeln oder Ellipsoiden zusammen. Sie können sich teilen, indem sie sich in die Länge strecken, dann Biskuit- und Hantelform annehmen und sich endlich in zwei Körner abschnüren. Sie stehen den Organen nahe, die aus Zuckerlösung die Stärke bilden (Amyloplasten oder Leukoplasten) und sich bei hellem Lichte unter Ergrünen in Blattgrünkörner umwandeln können. Die Blattgrünkörner können endlich auch aus farblosen Organen anderer Art (Trophoplasten) durch Umbildung entstehen. Die Pigmentkörner in den gelben und orangeroten Blüten gehen aus farblosen Trophoplasten hervor und zeigen mannigfache Formen, z. B. die von Dreiecken oder Trapezoiden, von Spindeln oder von Sichel.

Die Reizkörner zeigen sich teils im Verlauf der Fäden des Zellfadengerüsts, teils an der Basis der aus der Zelle herausragenden Fadenstücke (Wimpern, Sinneshaare), teils und vorzugsweise an den Verknüpfungsstellen mehrerer Fäden. Reizleitend und reaktiv auf Reiz ist das Plasma der Fäden auch an den nicht mit Körnchen besetzten Stellen, z. B. in den Nervenfibrillen und den glatten Muskelfasern; aber es leitet dort den Reiz unverändert weiter und reagiert durch Zusammenziehung oder Verlängerung in immer gleicher Weise. Die Reizkörner sind ebenfalls reizleitend und reaktiv, aber sie können außerdem den Reiz abändern, während sie ihn weitergeben, und dadurch die Art und Weise ändern, in der die von ihnen abhängigen Fadenstücke auf den weitergegebenen Reiz reagieren. Dadurch werden die mit Körnchen besetzten Fäden zu sehr viel mannigfacheren Bewegungen in der Zelle befähigt, als die körnchenlosen. Wimpern, die ihres basalen Reizkornes beraubt sind, stellen ihre rhythmische Bewegung ein. Die basalen Reizkörner an Sinneshaaren sind bereits als Sinneskörner zu bezeichnen.

Der Kern hat bald rundliche oder ovale, bald hufeisen- oder ringförmige, bald gelappte, zackige und tief eingekerbte Gestalt, bald die eines vielfach gewundenen Stranges. Den fragmentierten Kern kann man schon als mehrere Kerne auffassen, die durch feine Plasmabrücken untereinander verbunden sind. Bei manchen vielkernigen Zellen ist die Zahl der Kerne typisch bestimmt, bei anderen unbestimmt und mit dem Wachstum der Zelle zunehmend. Auch im Kern ist ein feines Fadengewebe von einer wenig färb-

baren Substanz (Linin oder Plastin) das Gerüst, an dem Körnchen von stärker färbaren Substanzen (Chromatin oder Nukleïn) aufgereiht sind, und das eine flüssigere Zwischensubstanz durchsetzt, in der allerlei Einschlüsse enthalten sind. Eine zarte Haut, die Kernmembran, pflegt den Kern einzuschließen, und ein oder mehrere Kernkörperchen sind besonders starke Verdichtungen der protoplasmatischen farblosen Substanz (Linin), durchsetzt von Anhäufungen der färbaren Substanz (Chromatin oder Nukleïn). Der Kern bildet danach gleichsam eine Zelle in der Zelle, nur daß ihm das Zentralkörperchen mit den von ihm strahlenförmig ausgehenden Fäden fehlt. Außerhalb der Kernmembran ist der Kern von einer verdichteten Plasmaschicht umgeben, in welcher auch das Zentralkörperchen seinen Platz hat; mit ihr zusammen bildet er die „Markzone“ der Zelle, während die übrigen peripherischen Schichten der Zelle ihre „Rindenzone“ bilden. Für Mark- und Rindenzone werden sehr verschiedene Namen gebraucht, wie denn überhaupt die Nomenklatur sehr schwankend ist. Die Schicht verdichteten Protoplasmas um den Kern herum fehlt auch denjenigen Zellen nicht, die der Rindenzone ermangeln und nur aus einem Kern zu bestehen scheinen, wie z. B. die Köpfe der Spermatozoïden und manche Bakterien; sie ist auch dem Kern unentbehrlich, wenn er nach Verlust der Rindenzone diese regenerieren soll.

Das Zentralkörperchen ist ein an der Grenze der mikroskopischen Sichtbarkeit belegenes rundliches oder ovales Teilchen chemisch differenzierter protoplasmatischer Substanz. Da es an der Verbindungsstelle des wichtigsten Fadengerüstes seinen Sitz hat wie die Spinne im Netz, darf es als das zentrale Reizkorn der Zelle angesehen werden. Es ist in vielen Zellenarten schon jetzt als auch im Ruhezustande vorhanden aufgefunden worden und macht sich bei allen tierischen und niederen pflanzlichen Zellen bemerklich, wenn sie in die Zellteilung eintreten. Wie der Kern das Zentrum für die chemischen Vorgänge in der Zelle (Assimilation und Dissimilation, Ernährung, Verdauung, Ausscheidung), so ist das Zentralkörperchen das motorische Zentrum der Zelle, von dem alle einheitlichen Bewegungsreize, also auch die der Zellteilung ausgehen. Mehrkernige Zellen haben so viel Zentralkörperchen wie Kerne, weil die fruchtbare Teilung jedes Kernes unter Leitung eines Zentralkörperchens vor sich gehen muß. Bei

den Zellen der höheren Pflanzen ist das Zentralkörperchen bis jetzt nicht nachgewiesen. Entweder bleibt es bei ihnen unterhalb der Grenze der Sichtbarkeit oder es fehlt ganz. Es wäre denkbar, daß die aktiven Bewegungen im Protoplasma der höheren Pflanzenzellen ebenso republikanisch dezentralisiert sind wie das Leben der höheren pflanzlichen Organismen überhaupt. Von manchen Seiten wird die Leitung der Fädenbewegungen durch die Zentralkörperchen selbst da bezweifelt, wo diese nachweislich vorhanden sind, doch schwerlich mit Recht.

Wir dürfen uns nicht einbilden, daß unsere optischen Hilfsmittel die Grenze der Strukturverschiedenheiten in der Zelle erreichen. Nur besonders große Zellen sind hinreichend günstige Beobachtungsobjekte für die Unterscheidung der bereits erörterten Organisation; bei kleineren und kleinsten Zellen sind viele dieser Organe unwahrnehmbar, ohne daß wir deshalb ihr Vorhandensein zu bezweifeln brauchen. Selbst bei den größten Zellen läßt sich die radiäre Fädenstrahlung, die von dem Zentralkörperchen ausgeht, erst in einiger Entfernung von demselben erkennen, während dicht am Zentrum die Radien zur Undeutlichkeit verschwimmen, weil sie sehr fein werden müssen, um nebeneinander Platz zu haben. Dieser Teil heißt auch die Sphäre. Eine einfache Muskelfibrille pflegt man immer das letzte zu nennen, bis wohin gerade das benutzte Mikroskop reicht, während ihre Spaltbarkeit unbegrenzt scheint. Die mit Zellsaft gefüllten Hohlräumchen im gallertartigen Protoplasma vergrößern sich bald durch vermehrte Ausschwitzung, bald verkleinern sie sich durch Aufsaugung ihres Inhaltes bis zum Verschwinden; man wird aber nicht annehmen, daß sie in dem Augenblick schon völlig verschwunden sind, wo sie dem Blick entweichen oder in dem Augenblick erst entstehen, wo ihre Größe sie wahrnehmbar macht. Wir sind deshalb genötigt, auch eine submikroskopische Struktur anzunehmen, z. B. in einem Körnchen, das aus chemisch verschiedener Stoffen gemischt ist, eine bestimmte strukturelle Anordnung dieser Stoffe voraussetzen. Letzten Endes beruhen ja die scheinbar qualitativen Unterschiede der chemischen Verbindungen selbst nur auf einer Verschiedenheit der molekularen Struktur, und zwischen dieser chemischen Struktur und der sichtbaren anatomischen ist noch ein weites Gebiet, das von der Natur sicherlich nicht übersprungen wird.

Man hat sich bemüht, diese Lücke durch spekulative Konstruktionen einigermaßen auszufüllen, indem man besondere Elementarorganismen als Träger der Fähigkeit zur Nahrungsaufnahme, Aufbau, Ausscheidung, Bewegung, Selbstteilung und Regulation supponierte. Man gelangt aber mit solchen Hypothesen über Worte nicht hinaus und läuft Gefahr, manche Fähigkeiten auf verschiedene hypothetische Stoffe zu verteilen, die vielleicht selbst in den einfachsten biologischen Einheiten nur vereinigt vorkommen. Selbst darüber sollte man keine voreilige Entscheidung treffen, ob das Protoplasma in seiner submikroskopischen Struktur nach Art eines Mosaiks oder eines pointillistischen Gemäldes aus diskreten biologischen Einheiten zusammengesetzt ist, oder ob es fließende Übergänge zwischen den stetig verbundenen Teilen aufweist, sofern sie aus einer Vielheit chemischer Moleküle bestehen. Da unsere Mikroskope nahezu an der Grenze der Leistungsfähigkeit des Lichtes angelangt sind, da die kleinsten erkennbaren Unterschiede der halben Länge der Lichtwellen nahekommen und bei weiteren Vergrößerungen die Erscheinungen der Lichtbeugung allzu störend und entstellend wirken, so ist die Aussicht sehr gering, in den submikroskopischen Bau des Protoplasma noch erheblich tiefer einzudringen. Insbesondere sind die Vorstufen der kernhaltigen Zellen, die kernlosen Spaltpflanzen, vorläufig ein unbekanntes Land für uns, und es dürfte schwer fallen, in ihre Organisation tiefer einzudringen und die Funktionen ihrer Elementarorgane zu erkennen, aus deren Zusammensetzung sich die Organe der kernhaltigen Zellen erst aufgebaut haben müssen.

Wenn wir einerseits Zellen sehen, denen der Kern zu fehlen scheint, so gleichen andererseits manche Bakterien mehr einem Kern oder einer Markzone oder gar nur einem Stück Kernschleife als einer ganzen Zelle. Die Zelle ist schon ein hoch differenzierter Organismus, der sich in einer langen Entwicklungsgeschichte aus Plasma mit Fäden und Körnchen herausgebildet haben muß. Die eigentlichen Lebenseinheiten scheinen in den Körnchen zu stecken. Diese dürften ursprünglich alle Lebensfunktionen in sich vereinigt haben und erst allmählich sich in chemisch wirksame verschiedener Art und in Reizkörner differenziert haben. Wie der Kern, so dürfen auch die Physoden, Chromatophoren und Pigmentkörner als Zusammenballungen differenzierter Elementar-

körner angesehen werden. Die Körner sind zugleich diejenigen Bestandteile der Zelle, deren Beschaffenheit sich am meisten dem festen Aggregatzustande nähert und deshalb am ehesten Träger einer bestimmten (nicht bloß chemischen) Struktur sein kann. Es ist nicht ausgeschlossen, daß sie einen wirklich festen Kern von erstarrter Gallerte haben, um den sich die zähe, elastische, noch nicht erstarrte Gallerte herumlageret, und daß der feste Kern der Festhaltung der Struktur, die zähflüssige Umlagerung den chemischen Leistungen und Reizumwandlungen dient. Der Stoffwechsel müßte dann aber in der Ausscheidung der alternden, zu sehr erstarrten Körnchen und ihrem Ersatz durch neue bestehen, wie wir dies an den weißen und roten Blutkörperchen sehen.

Die Zellhülle, die Geißeln, die aus ihr hervorragen, die Phytosomen und die Hohlräumchen (Vakuolen) sind Produkte des Protoplasma, d. h. sie entstehen nicht auseinander durch Teilung, sondern aus dem sie umgebenden Protoplasma durch Differenzierung und Ausscheidung. Selbst wenn eine Vakuole sich zu teilen scheint, so ist es doch nur das sie umschließende Protoplasma, daß durch seine Einschnürung die Teilung des Hohlraums vollzieht. Im Gegensatz zu ihnen können das Protoplasma selbst, der Kern, die Farbträger und die Zentralkörperchen nur durch Teilung aus ihresgleichen entstehen; sie heißen deshalb auch Organe erster Ordnung, während jene ersteren als Organe zweiter Ordnung bezeichnet werden. Über die Vermehrung der Reizkörner in den Fäden ist noch nichts Sicheres bekannt, doch dürfte sie wohl auch durch Teilung stattfinden. Die Organe zweiter Ordnung können fehlen, ohne daß die Zelle auf eine tiefere Organisationsstufe herabsinkt, die erster Ordnung nicht.

2. Die Chemie der Zelle.

Das Leben besteht durch chemische Umwandlungen, Zerlegungen und Verbindungen. Einen erheblichen und stets sich mehrenden Teil der organischen Verbindungen vermag auch der Chemiker in seinem Laboratorium herzustellen, aber mit ganz anderen Mitteln und auf ganz anderen Wegen als die Natur in den Organismen. Das chemische Laboratorium, in welchem die Natur sie gewinnt, ist das Protoplasma, das aus Zweckmäßigkeitsgründen in Zellen gegliedert ist. Nur durch absichtliche Tätig-

keit des Chemikers und unabsichtliche Tätigkeit des lebenden Protoplasma, aber auf keine dritte Art entstehen die organischen Verbindungen. Noch ist unsere Kenntnis von den chemischen Vorgängen im Protoplasma recht gering, aber schon das Wenige, was wir davon wissen, verdient als eine der Grundlagen unseres Daseins unser Interesse.

Das Protoplasma, das in tierischen und pflanzlichen Zellen gleichmäßig die Grundsubstanz bildet, erscheint in manchen Samenkörnern, in Spermatozoiden und ausgetrockneten, noch lebensfähigen Moosen und Rädertierchen als fester Stoff; in den meisten Fällen gleicht sein Aggregatzustand dem einer gelatinierten Flüssigkeit oder einer zähflüssigen Masse; in den Plasmodien des auf der Lohe wachsenden Schleimpilzes (*Aethalium septicum*), wo es etwa drei Viertel Wasser enthält, zeigt es eine sahnartige Beschaffenheit; in manchen Gewächsen ist es so flüssig wie ein Saftstrom. Überall hat es eine Struktur aus festeren, zusammenziehungsfähigen (Körnern, Streifen, Fäden, Häuten) und flüssigeren Bestandteilen, die von jenen teils durchsetzt, teils eingeschlossen werden. Ganz abgesehen von dieser Struktur ist das Protoplasma auch in chemischer Hinsicht kein homogener Stoff, sondern ein Gemenge von einer großen Zahl verschiedener Verbindungen. Noch Haeckel betrachtete früher das Protoplasma eines einzelligen Organismus (Amöbe) als ein homogenes Tröpfchen, und lange Zeit galt dasselbe einfach für lebendes Eiweiß, weil alles Protoplasma die chemischen Eiweißreaktionen zeigte, also Eiweiß enthielt. Die Einsicht in die außerordentlich verwickelte Struktur und chemische Zusammensetzung des Protoplasma stößt alle Schlußfolgerungen um, die an diese vermeintliche Einfachheit geknüpft waren, und läßt die niedrigsten uns bekannten Organismen und die einfachen Zellen in zusammengesetzten Organismen bereits als kunstvoll organisierte und chemisch mannigfaltige Gebilde verstehen.

Ob das Eiweiß ein jederzeit unentbehrlicher Bestandteil des Protoplasma ist, darf vorläufig als zweifelhaft gelten, da die in klarem Bachwasser wachsende Alge *Vaucheria* keines zu enthalten scheint. In den genauer untersuchten Zellen macht das Eiweiß nur ein Zehntel bis ein Siebentel des Trockengewichts aus. Wahrscheinlich ist das Eiweiß ebenso wie die Stärke nur ein Reservestoff, der bald in kristallinischer, bald in amorpher,

bald in gelöster Form in Vorrat gehalten wird und zum Aufbau derjenigen Verbindungen, die das eigentliche Gerüst des Protoplasma ausmachen, dient, bei Hungerzuständen aber aus dem Plasma mehr und mehr entwindet. Die eigentlichen Gerüststoffe sind die beiden Phosphorproteine Plastin (Linin) und Nukleïn (Chromatin), die sich durch mancherlei Reaktionen vom gewöhnlichen Eiweiß und untereinander unterscheiden. Das Eiweiß enthält wohl Schwefel, aber keinen Phosphor; dagegen zeichnen sich Plastin und Nukleïn ebenso wie Lecithin und Cholesterin, die besonders in der grauen und weißen Gehirnmasse gefunden werden, durch ihren Phosphorgehalt vor dem Eiweiß aus. Von dem Nukleïn oder Chromatin wissen wir schon so viel, daß es ein Gemenge verschiedener Phosphorproteine ist, in welchem wahrscheinlich auch Zerfallsprodukte und Vorstufen des Aufbaues mit eingeschlossen sind.

Die genauere Bestimmung aller Bestandteile ist darum so schwierig, weil man nie wissen kann, welche Umsetzungen das Protoplasma schon durch Druck (Pressen, Reiben) und durch chemische Behandlung erleidet. Gehören doch die Moleküle der Albumine und Phosphorproteine zu den labilsten Verbindungen, welche die Chemie bisher kennen gelernt hat. Jedenfalls genügen aber die Analysen, um die große Mannigfaltigkeit der im Protoplasma gemengten Verbindungen nachzuweisen. Der Menge nach stehen in erster Reihe die Gerüststoffe Plastin und Nukleïn, die fast die Hälfte des Trockengewichts ausmachen, in zweiter die Eiweißstoffe, in dritter die Kohlenhydrate (Zucker, Glykogen) und Fette. Beständig gefunden werden in geringeren Mengen Lecithin und Cholesterin. Außerdem finden sich Zerfallsprodukte der beiden ersten Stoffarten, z. B. bei Pflanzen Asparagin, das unter Umständen auch wieder als Vorratsstoff zum Aufbau dienen kann, bei Tieren Harnstoff und Harnsäure, die als Gifte ausgeschieden werden müssen, endlich Salze, Harze und sonstige Einschlüsse.¹⁾

¹⁾ Genauer analysiert sind die Eiterkörperschen von Hoppe-Seyler, die Spermatozoiden des Lachses von Miescher und der vorerwähnte Lohepilz von J. Reinke (vergl. A. Rauber, Lehrbuch der Anatomie des Menschen, 4. Aufl., Leipzig 1892, Bd. I, S. 59). Über die chemische Zusammensetzung und physiologische Bedeutung der einzelnen genannten Stoffe vergl. G. v. Bunge, Lehrbuch der physiologischen und pathologischen Chemie. 4. Aufl., Leipzig, 1898, 4.—6. Vorlesung.

Am wenigsten untersuchbar waren bisher die Fermentstoffe, die bei jeder chemischen Reaktion sofort Umsetzungen erleiden, und doch sind sie für die Herbeiführung der wichtigsten chemischen Vorgänge im Protoplasma das unentbehrliche Mittel. Der Zellsaft dient zur Lösung von Ausscheidungs- und Vorratsstoffen, kann aber selbst nicht mehr als Protoplasma, sondern nur noch als ein Einschluß desselben angesehen werden, ebenso wenig wie der Milchsaft der Pflanzen, die Galle, die Lymphe und das Blutserum der Tiere.

Die Zusammensetzung der Gerüst- und Vorratsstoffe ist bei jeder Pflanzen- und Tierart eine andere und innerhalb eines mehrzelligen Organismus wieder in dem Protoplasma jeder Gewebeart verschieden. Dies ergibt sich z. B. daraus, daß das Hämoglobin des Blutes bei jeder Tierart verschieden kristallisiert. Und doch ist alles Hämoglobin nur eine Verbindung des überall gleichen Hämatins mit gleich viel Äquivalenten Eiweiß, so daß der Grund für die Verschiedenheit der Kristallisation nur in Verschiedenheiten des Eiweißes der verschiedenen Tierarten liegen kann. Auch dieses Beispiel kann lehren, wie sehr unsere Kenntnis noch in den Anfängen steckt, und wie viel mehr und feinere Unterschiede wir bei fortschreitender Forschung noch zu finden erwarten dürfen.

In der Leberzelle eines Wirbeltieres kennen wir schon jetzt eine ganze Reihe gleichzeitig verlaufender chemischer Vorgänge: aus Glykogen wird Zucker gebildet, um dem Blute den nötigen Zuckergehalt zu sichern, und umgekehrt aus Zucker Glykogen, um das Blut von zu starkem Zuckergehalt zu entlasten; aus Amidosäuren und Ammoniak wird Harnstoff und Harnsäure hergestellt; Hämoglobin wird zerlegt und der aus ihm abgespaltene Farbstoff in Bilirubin umgewandelt; aus einem noch unbekanntem Material wird Cholsäure gebildet; diese wird mit Glykokoll und Taurin gepaart; Phenole werden mit Schwefelsäureresten zu Ester-schwefelsäure verbunden; zugeführte Gifte können festgehalten oder unschädlich gemacht werden. Und alle diese und vermutlich noch viele andere Umsätze spielen sich gleichzeitig in einer Zelle ab, deren Größe etwa den tausendsten Teil eines Stecknadelknopfes beträgt! Wie viel Gefäße und Vorrichtungen würde der Chemiker zu ihnen brauchen! „Was aber den ganzen Vorgang hier auszeichnet, ist die erstaunliche Einfachheit und Zweckmäßig-

keit der angewendeten Mittel und die sich daraus ergebende Raum- und Kraftersparnis.“¹⁾)

Ähnlich verhält sich die Zelle des Nierenepithels. Sie scheidet alles Schädliche und Wertlose und von den nötigen Stoffen das Überschüssige aus dem Blute aus, in welcher Gestalt auch das Blut es enthalten mag. Sie nimmt Kristalloid- und Kolloïdstoffe, lösliche und unlösliche, alkalische und saure aus dem Blute heraus, weist aber alles zurück, was das Blut noch ferner braucht. Sie hält so im Verein mit der Leberzelle die normale Blutmischung aufrecht, und gleich dieser arbeitet sie ohne Nerveneinfluß aus eigener Initiative, lediglich nach Maßgabe der Blutbeschaffenheit. Auch sie vollzieht Synthesen, verbindet z. B. Benzoësäure und Glykokoll zu Hippursäure, auch dann noch, wenn ihr Zusammenhang mit dem Organismus gelöst ist, aber nicht mehr, wenn sie durch Chinin gelähmt oder durch Zerstampfen und Zerreißen getötet ist. Wenn die normale alkalische Blutbeschaffenheit vermindert ist, so nimmt die Nierenepithelzelle neutrale Salze aus dem Blute in sich auf, zerlegt sie in saure und alkalische Salze, stößt die ersteren in den Harn ab und befördert die letzteren in das Blut zurück, bis seine normale Alkaleszenz wiederhergestellt ist. Während Leber- und Nierenzellen nur für die Bedürfnisse des Gesamtorganismus sorgen, dem sie angehören, paßt die Leistung der Epithelzellen der Milchdrüsen sich den Bedürfnissen eines anderen Organismus, nämlich des Säuglings, an. Sie schöpfen aus dem Blute, aber sie nehmen jeden Bestandteil des Blutes in einem anderen Verhältnis auf, als er im Blute enthalten ist, und zwar stellen sie eine Milch her, welche alle Stoffe genau in dem Verhältnis enthält, wie der Säugling der betreffenden Tierart sie braucht, um seinen Organismus zu erhalten und auszubilden. In den Drüsen ohne Ausführungsgang (Schilddrüse, Nebenniere, Hypophysis cerebri) haben die Zellen noch unbekannte Stoffe (wahrscheinlich Fermentstoffe) aus den Blutbestandteilen herzustellen und diese lebenswichtigen und unentbehrlichen Stoffe durch dieselben Gefäßwandungen in das Blut zurückzubefördern, durch welche hindurch sie ihre Bestandteile an sich gezogen haben. In demselben Sinne übt jede Zelle

¹⁾ Franz Hofmeister, Die chemische Organisation der Zelle. Braunschweig 1901. S. 13.

eine Auswahl in betreff der Stoffe und Stoffmengen, die sie in sich aufnimmt, und die sie zurückgibt und weitergibt. Im einzelligen Organismus dient das Protoplasma mit dieser Tätigkeit nur dem eigenen Individualinteresse, im zusammengesetzten Organismus mit durchgeführter Arbeitsteilung zugleich und vor allem den Interessen des Gesamtorganismus und der Spezies, der er angehört. In keinem Organ des Körpers läßt sich ein mechanischer Einfluß des Blutdrucks auf die Beschaffenheit und Menge der von einer Zelle aufgenommenen und ausgeschiedenen Stoffe nachweisen; überall ist die Zelle selbsttätig in ihren Reaktionen auf die gegebenen Umstände.¹⁾

Die Stoffe im Protoplasma sind entweder Baustoffe oder Arbeitsstoffe. Die Baustoffe sind entweder schon Bestandteile des Protoplasmagerüsts oder sind bestimmt, es zu werden, und befinden sich noch auf einer Vorstufe zu diesem Ziel; die Arbeitsstoffe dienen dazu, den Energiestrom zu liefern, dessen das Leben zu seiner Fortdauer bedarf. Sofern das Freiwerden gebundener chemischer Energie aus ihnen meist in einer Oxydation oder langsamen Verbrennung besteht, können sie auch kurzweg Brennmaterial heißen. Aufgespeicherte Vorratsstoffe gehören entweder den Baustoffen oder den Arbeitsstoffen an; doch können beim Mangel an Arbeitsstoffen auch vorrätige Baustoffe zersetzt und als Energiequelle verwertet werden. Neben dem Aufbau läuft beständig ein Abbau her; die Gerüstteile müssen durch Stoffwechsel erneuert werden, und sowohl die ausgeschiedenen Teile des Protoplasmagerüsts als auch die Umsetzungsprodukte der verbrauchten Arbeitsstoffe müssen in solche Formen gebracht werden, daß sie bequem ausgestoßen werden können. Wie die Umwandlung der Nahrungsmittel in Baustoffe und Arbeitsstoffe als Assimilation bezeichnet werden kann, so wird die Umwandlung des Verbrauchten in Ausscheidungsstoffe Dissimilation genannt.

Arbeitsstoffe sind hauptsächlich Kohlenhydrate, die zu Kohlensäure und Wasser verbrannt werden. Für die Essigbakterien ist es der Alkohol, den sie zu Essig verbrennen, für die Schwefelbakterien Schwefelwasserstoff, den sie erst in Schwefel und dann in Schwefelsäure verwandeln, für die Nitrobakterien Ammoniak, das sie zu salpetriger und Salpetersäure oxydieren, für die Eisen-

¹⁾ Vergl. v. Bunge a. a. O. 21. und 22. Vorlesung.

bakterien Eisenoxydul, das sie zu Eisenoxyd verbrennen. So benutzt jedes Protoplasma die ihm zur Verfügung stehenden Quellen chemischer Energie; das Mittel aber, durch welches es die potentielle chemische Energie seiner Brennstoffe in aktuelle umsetzt, ist die Aufnahme von Sauerstoff aus der Umgebung, d. h. die Atmung. Diese vollzieht sich vorzugsweise an der Oberflächenschicht des Protoplasma, während im Innern sich oft Reduktionsvorgänge abspielen. Um chemische Energie zu entbinden, braucht also das Protoplasma verhältnismäßig viel Oberflächenschicht, und dies ist der Grund, warum es in so kleine Zellen individualisiert und im Laub der Pflanzen in so dünnen Schichten angeordnet ist. Selbst das Zellprotoplasma ist meistens noch mit kleinsten Körnchen (Physoden) versehen, die als Träger leicht oxydabler Stoffe durch ihre Bewegung den aufgenommenen Sauerstoff in der Zelle verteilen, ähnlich wie die roten Blutkörperchen ihn aus den Kiemen und Lungen in die Gewebe tragen.

Dabei ist die Möglichkeit, Sauerstoff aus der Umgebung an sich zu ziehen, vorausgesetzt. Wo diese fehlt, tritt bei den meisten Pflanzen Gärung ein, d. h. eine Spaltung oder Zersetzung, bei welcher ebenfalls chemische Energie frei wird, wenn auch in viel geringerem Maße als bei Verbrennung derselben Stoffe. Eine Anzahl niederer Organismen haben die Fähigkeit, vorübergehend oder dauernd durch solche Gärung ihr Leben zu erhalten. Die meisten benutzen diese Energiequelle nur für so lange, als ihnen die Sauerstoffzufuhr abgeschnitten ist, wachsen aber dabei langsamer und kehren sofort zur Atmung zurück, sobald ihnen wieder Sauerstoff zufließt. Einige aber, z. B. die Hefepilze, haben sich so an das Leben ohne Sauerstoff gewöhnt, daß sie dieses (anaërobe) Leben fortsetzen, auch wenn ihnen Sauerstoff zugeführt wird; allerdings wird dann auch bei ihnen die Gärung schwächer, indem ein Teil des Zuckers direkt zu Kohlensäure verbrannt wird. Immerhin sind es nur niedere Stufen des Lebens, die sich ohne Sauerstoff zu behelfen vermögen. Auch das Protoplasma der grünen Pflanzen muß atmen, nur braucht es den zu seiner Atmung erforderlichen Sauerstoff nicht aus der Umgebung zu schöpfen, sondern bereitet ihn sich selbst, und sogar viel mehr, als es zur Atmung braucht, als ein Ausscheidungsprodukt seines Assimilationsprozesses.

Die Tiere und Pilze haben bei der Assimilation und dem

Aufbau ihres Protoplasmagerüstes verhältnismäßig leichtes Spiel, weil sie Nahrungsmittel von hoher organischer Zusammensetzung vorfinden und aufnehmen. Allerdings müssen auch bei ihnen chemische Synthesen stattfinden, um die bei der Verdauung schon mehr oder weniger zersetzten Stoffe (z. B. Peptone) in diejenigen Formen zu bringen, in welchen das Protoplasma jeder Zelle sie braucht. Bei diesen Synthesen (mit Ausnahme der Molekularverdichtungen) wird Energie verbraucht, die aus der Energie der Arbeitsstoffe geschöpft wird; aber der Energieaufwand, den diese Synthesen erfordern, ist doch sehr viel geringer als der, welchen das Pflanzenprotoplasma zu seinen organischen Synthesen aus unorganischem Material braucht. Bei dem tierischen Protoplasma wächst zwar die Feinheit der chemischen Zusammensetzung und der submikroskopischen Struktur, aber der Energiebedarf wird viel geringer, weil es die vom Pflanzenreich bereits geleisteten Synthesen zur Verwendung hat.

Alle Energie, durch die das Leben auf der Erde unterhalten wird, stammt unmittelbar oder mittelbar aus der Sonne. Denn die Sonnenstrahlung verdampft das Wasser, ozonisiert den Sauerstoff, schafft die Gewitterwolken, durch deren elektrische Entladungen salpetrigsaures Ammoniak gebildet wird, und liefert den grünen Pflanzenteilen die Energie, durch die sie Kohlensäure reduzieren und Kohlenwasserstoffe aufbauen können. Auch die Nitro- und Schwefelbakterien leben von Stoffen, die vorher durch Pflanzen aus der Atmosphäre oder dem Erdboden geschöpft und irgendwann durch Aufspeicherung von Sonnenenergie zu Quellen chemischer Energie geworden sind. Nur dasjenige lebende Protoplasma, welches Blattgrün (Chlorophyll) oder einen der ihm verwandten Stoffe (Phäophyll, Rhodophyll, Cyanophyll) enthält, kann Kohlensäure unter dem Einfluß des Sonnenlichtes reduzieren; das tote, ja sogar schon das anästhesierte Protoplasma vermag es nicht mehr, geschweige denn gelingt es mit Extrakten. Was bei der Anästhesierung gelähmt wird, können nur Kräfte im Protoplasma sein, die denen des tierischen Nervensystems analog sind; sobald sie sich von der Narkose erholt haben, können sie ihre unterbrochenen Leistungen wieder aufnehmen. Das ganze Leben der Erde ruht also zuletzt auf diesen lähmbaren dynamischen Einflüssen des pflanzlichen Protoplasma auf die Kohlensäurereduktion. Die eigentliche Arbeit, die die Sonnenstrahlen dabei zu

leisten haben, ist die Trennung des Kohlenstoffs von seinem Sauerstoff, wogegen die für den synthetischen Aufbau der organischen Stoffe zu leistende Arbeit verhältnismäßig gering ist und der Mitwirkung des Lichtes nicht bedarf, wie das Wachstum der Schimmelpilze im Dunkeln beweist. Das Licht wirkt nur soweit, als es absorbiert wird, und zwar wirken diejenigen Strahlen des Spektrums auf die Kohlensäurereduktion am kräftigsten, die von dem Chlorophyll und seinen Verwandten am stärksten absorbiert und in Fluoreszenzlicht von ganz bestimmter Brechbarkeit (oder Wellenlänge) umgesetzt werden. Im lebenden Protoplasma bleibt dieser Umsatz in Fluoreszenzlicht aus, und statt seiner tritt die chemische Wirkung, die Kohlensäuredeoxydation, zutage. Nur die Nitrobakterien reduzieren Kohlensäure ohne Sonnenlicht und ohne Farbstoff, bloß mit Hilfe der chemischen Energie, die sie durch Verbrennung von Ammoniak und salpetriger Säure gewinnen, und vermittelt eines noch unbekanntem Ersatzstoffes für das Chlorophyll.

Die Pflanzen scheiden annähernd das gleiche Volumen Sauerstoff aus, das sie an Kohlensäure aufnehmen. Daraus ist schon zu ersehen, daß die Reduktion der Kohlensäure nicht durch einen Stoff erfolgt, der den Sauerstoff stärker und fester bindet als der Kohlenstoff, denn sonst könnte er nicht bei dem Vorgang frei werden, sondern müßte an den reduzierten Stoff gebunden in der Pflanze verbleiben. Als nächstes Ergebnis findet man überall Traubenzucker neben einigen Aldehyden. Wahrscheinlich bildet das giftige Formaldehyd eine selbst nicht bestandfähige Übergangsstufe bei der Entstehung eines Moleküles Traubenzucker aus sechs Molekülen Kohlensäure. Aus dem Traubenzucker werden dann teils durch Wasserabspaltung, teils durch weitere Reduktion die übrigen stickstofffreien organischen Stoffe gebildet. Zu hoher Zuckergehalt im Zellsaft wäre schädlich; deshalb dient zum verbreitetsten stickstofffreien Vorratsstoff eine unlösliche Verbindung, die Stärke, die durch besondere Organe des Zelleibes, die Leukoplasten oder Amyloplasten aus Traubenzucker gebildet wird. Diese entlasten den Zellsaft von zu hohem Zuckergehalt, ähnlich wie die Leber der Tiere es mit deren Blute tut. Die schützende Zellhülle wird bei den Pflanzen und bei den Tunicaten aus der stickstofffreien Zellulose, bei den meisten Pilzen und den Gliedertieren aus stickstoffhaltigem Chitin gebildet.

Über die Assimilation des Stickstoffs, Schwefels und Phosphors wissen wir noch so gut wie nichts. Im Eiweißmoleküle ist der Stickstoff an Wasserstoff, der Phosphor an Sauerstoff gebunden, so daß eine Reduktion der Phosphorsäure nicht nötig ist, wohl aber eine solche der Salpetersäure, falls der Stickstoff aus ihr geschöpft werden soll. Die Schimmelpilze brauchen keinen organischen Nährstoff außer Zucker; mit seiner Hilfe bilden sie nicht nur Fette, sondern auch Eiweiß und Phosphorproteine, wenn sie nur gewisse unorganische Verbindungen, nämlich salpetersaure, phosphorsaure und schwefelsaure Salze zur Verfügung haben. Wahrscheinlich ist auch in den grünen Pflanzen der Zucker, den sie mit Hilfe des Chlorophylls bilden, ausreichend, um auf demselben Wege die höheren organischen Verbindungen aufzubauen. Nur bei den Stickstoffbakterien (nicht zu verwechseln mit Nitrobakterien) wissen wir, daß sie Eiweiß aus dem freien Stickstoff der Luft bilden, indem sie ihn mit dem im Entstehungszustande aktiven Wasserstoff verbinden, den sie durch ihre sauerstofflose (anaerobe) Lebensweise freimachen. Die eiweißbildenden Stickstoffbakterien stellen so das eine Extrem einer Reihe dar, wie die eiweißverzehrenden Tiere und Pilze das andere, und zwischen beiden zeigt das Protoplasma die mannigfachsten Grundverschiedenheiten seines chemischen Betriebes. Den Arbeitsaufwand, den die Tiere bei der Bildung des Eiweiß aus dem Pepton ihrer Verdauungsflüssigkeit im Vergleich zu demjenigen aus niederen Verbindungen oder aus den Elementen ersparen, müssen sie ihrerseits wiederum in den Muskelbewegungen verbrauchen, die sie nötig haben, um ihre Nahrung aufzusuchen und ihre Art zu erhalten. —

Fragen wir nun nach dem letzten inneren Unterschiede zwischen den chemischen Vorgängen im Protoplasma und denen im chemischen Laboratorium, so ist es der: das Protoplasma bewirkt alle Spaltungen und Verbindungen mit Hilfe organischer Stoffe, die dem Chemiker nicht zu Gebote stehen, weil sie nach unseren bisherigen Kenntnissen nur vom Protoplasma gebildet werden. Man nennt diese Stoffe, wenn sie die physiologische Verbrennung bewirken und regeln, Autoxydatoren, wenn sie die Spaltung von Verbindungen herbeiführen, Fermente oder Enzyme (Gärungsmittel im weiteren Sinne); beide Arten faßt man mit den noch völlig unbekanntem und unbenannten Stoffen, welche orga-

nische Verbindungen einleiten, unter dem Namen Katalysatoren zusammen.

Wenn ein Chemiker einen Stoff verbrennen will, so steigert er die Temperatur oder den Konzentrationsgrad des zugeführten Sauerstoffs. Dem Protoplasma steht keines dieser Mittel zu Gebote; es behilft sich mit Autoxydatoren, d. h. mit Stoffen, die eine so große Verwandtschaft zum Sauerstoff der Luft bei gewöhnlicher Temperatur haben, daß sie ihn von selbst binden, zugleich aber ihn so lose binden, daß sie ihn bereitwillig an oxydable Stoffe (z. B. Traubenzucker) weitergeben. Die Autoxydatoren spalten also die Sauerstoffmoleküle, aktivieren dadurch den Sauerstoff und machen ihn fähig, sich sowohl mit ihnen selbst, als auch bei der Wiederabgabe im aktiven Zustande mit anderen Stoffen zu verbinden. Die Schwefelsäure gewannen wir nach dem älteren (Bleikammer-) Verfahren vermittelt eines solchen Autoxydators, des Stickstoffoxyds, der sich mit dem Sauerstoff der Luft zu höheren Oxyden verbindet, ihn aber an schwefelige Säure weitergibt, um neuen Sauerstoff aus der Luft an sich zu ziehen. An der Oberfläche der Erde wirken Eisen und Schwefel als Sauerstoffübertrager, indem Schwefeleisen zu kohlensaurem Eisenoxydul und dieses zu Eisenoxyd oxydiert wird, dieses aber durch sich zersetzende organische Stoffe oder lebende Organismen wieder zu Oxydul und dieses wieder zu Schwefeleisen reduziert wird. Daß auch das Protoplasma solche Autoxydatoren enthält, kann man an jeder durchschnittenen Kartoffel oder Apfel sehen; es sind diejenigen an sich farblosen Stoffe, die sich durch Sauerstoffaufnahme dunkel färben und durch desoxydierende Mittel wieder entfärbt werden können. Der Autoxydator der Zuckerrübe ist unter dem Namen Rhodogen isoliert worden. In den roten Blutkörperchen der höheren Tiere dient das Hämoglobin mit seinem Eisen- und Schwefelgehalt als Autoxydator, im blauen Blute der Cephalopoden und Krustaceen eine Kupferverbindung, im gewöhnlichen Protoplasma die Physoden, d. h. kleine organische, leicht oxydable Körnchen, die sich dadurch von den Hohlräumchen unterscheiden, daß sie das Licht stärker, diese aber es schwächer brechen, als das sonstige Zellplasma es tut.

Unter Fermenten versteht man gewöhnlich nur solche Stoffe, die die stickstofffreien Verbindungen spalten; es scheint aber zweckmäßiger, den Namen auch auf diejenigen Stoffe auszudehnen,

durch welche die stickstoffhaltigen Verbindungen zerlegt werden. In einer einzigen Leberzelle kennen wir schon jetzt zehn verschiedene Fermente, deren jedes zur Zerlegung anderer Verbindungen dient. Manche Fermentarten wirken auf eine Anzahl ähnlich gebauter Stoffe spaltend ein; einige zeigen eine umkehrbare Wirkung, insofern die Abänderung gewisser Bedingungen (z. B. des Konzentrationsgrades der Lösung) ausreicht, dem chemischen Vorgang die entgegengesetzte Richtung (Verbindung oder Kondensation statt Spaltung) zu geben. Die leichte Wandelbarkeit der Fermente selbst läßt die Frage offen, inwieweit die veränderten Bedingungen in der Zusammensetzung des Ferments eine Änderung herbeiführen, durch die dann erst die Umkehrung der Wirkungsrichtung verursacht wird. In der Hefezelle kennen wir vier verschiedene Fermente; die Hefendiastase wird schon im wässerigen Auszug abgegeben, Invertase und Maltase erst nach Lähmung durch scharfes Trocknen, und Zymase, das Ferment der Alkoholgärung, erst wenn sie mit Quarzsand zermalmt und mit 400 bis 500 Atmosphären Druck ausgepreßt wird. Das Chlorophyll und seine Verwandten, die man als die Fermente der Kohlensäurespaltung bezeichnen kann, entfalten ihre Wirksamkeit nur im lebenden Protoplasma und nicht, wenn sie aus diesem ausgeschieden sind; vermutlich deshalb, weil es dem Chemiker noch nicht wie dem Protoplasma gelungen ist, ihre Fluoreszenz zu verhindern, durch welche die aufgenommene Energie der Lichtstrahlen wieder entweicht, anstatt zur Kohlensäurespaltung zu dienen.

Es ist wohl möglich, daß manche Fermente ihre komplizierte chemische Zusammensetzung nur unter dem fortdauernden Einfluß des lebenden Organismus oder noch nicht abgestorbener Teile desselben bewahren können, aus diesen Bedingungen herausgenommen aber sofort ihre Zusammensetzung ändern und damit ihre spezifische katalytische Wirkung verlieren. Demgemäß behauptet z. B. Kassowitz, daß die Zymase nur in dem Maße wirksam bleibe, als Splitter von noch lebendem Protoplasma in ihr enthalten sind; Green, A. Mayer, Gautier, Loew, Bokorny, K. C. Schneider dehnen diese Ansicht auf alle dem Organismus entstammenden Fermente aus und sehen in der Fermentwirkung eine spezifische Lebenstätigkeit des Plasma. Nun sind aber doch sicherlich viele Fermente von lebendem Plasma völlig zu isolieren und trotzdem wirksam zu erhalten; die Auffassung ist also

in ihrer Allgemeinheit schwerlich haltbar. Aber selbst, soweit es richtig sein sollte, daß gewisse Fermente des Einflusses von lebendem Plasma bedürfen, um ihre chemische Zusammensetzung und spezifische Wirksamkeit zu erhalten, würde daraus doch noch keineswegs zu folgern sein, daß solche Fermentwirkung eine unmittelbare Lebenstätigkeit des Plasma sei, sondern nur, daß es ein mittelbarer Erfolg einer solchen sei, die auf die Erhaltung des Ferments in seinem wirkungsfähigen Zustande gerichtet ist. Wenn lebendes Plasma selbst als Ferment wirkt, so können es doch immer nur die in ihm enthaltenen chemischen Verbindungen sein, die diese chemische Wirkung entfalten, aber nicht eine *qualitas occulta* der lebenden Substanz selbst.

Von den wirkenden Ursachen, durch welche organische Synthesen im Protoplasma zustande kommen, wissen wir noch gar nichts, wengleich wir die Zweckmäßigkeit dieser Bildungen für den Fortgang des Lebens bei vielen sehr wohl verstehen. Wir können nur vermuten, daß das Protoplasma sich dabei ähnlicher Mittel bedient wie bei der Verbrennung und Zerlegung, nämlich chemischer Reagentien von katalytischer Wirkung. Denn von allen Mitteln, die der Chemiker zu seinen Synthesen benutzt, hohem Druck, hoher Temperatur, starken galvanischen Strömen, konzentrierten Mineralsäuren, freiem Chlor usw., steht den Zellen keines zur Verfügung.

In zusammengesetzten Organismen erstreckt sich die durchgeführte Arbeitsteilung auch auf die Fermente; d. h. wichtige Gruppen derselben sind an besondere Organe verteilt und üben der Reihe nach ihre Wirkungen aneinander und an den zugeführten Nahrungsstoffen aus. So entsteht z. B. bei der menschlichen Verdauung zuerst im Mundspeichel Ptyalin aus Ptyalogen, wird dann durch die Magensäure wieder unwirksam gemacht, während sich Pepsin und Lab entwickeln; diese werden wiederum im Darm vernichtet, während die Fermente der Bauchspeicheldrüse neben der Galle und dem Darmsaft sich betätigen. Was hier räumlich gesondert auftritt, muß in unvollkommener Differenzierung auch im Protoplasma eines einzelligen Organismus sich abspielen. Den Walen fehlen die Speicheldrüsen, den niedrigsten Säugetieren (Schnabeltier und Ameisenigel) die Magenverdauung, den Wirbellosen nicht nur die Lab-, sondern auch die Gallenabsonderung. Je tiefer man in der Organisationsreihe hinabsteigt, desto mehr ver-

sieht dasjenige Sekret, welches dem Bauchspeichel der höheren Tiere entspricht, alle Verdauungsfunktionen zugleich. Eine bakterienhaltige Flüssigkeit wirkt ähnlich wie der Bauchspeichel gärungserregend und auflösend auf alle Arten von Nahrungstoffen.¹⁾

Die Fermente und Autoxydatoren haben durchweg eine gallertartige (kolloïde) Beschaffenheit; erstere bleiben an dem Orte des Protoplasma, wo sie entstanden sind, während der Zellsaft ihnen durch seine Bewegung die Nahrungsmittel zuführt und die umgewandelten Stoffe weiterbefördert. Die gallertartigen Fermente schließen in kleinen Hohlräumchen, die wahrscheinlich bis unter die Grenze der Sichtbarkeit hinab vorkommen, Zellsaft ein, den sie mit ihren Mitteln chemisch bearbeiten, um ihn dann osmotisch weiter zu geben. Das Nebeneinander solcher Hohlräumchen gibt namentlich manchem pflanzlichen Protoplasma einen schaumartigen Bau, dessen Abteilungen wir mit den Kolben und Retorten des Chemikers vergleichen können. —

Unter Katalyse versteht man zwei verschiedenartige Vorgänge, die beide auch in der unorganischen Natur vorkommen: erstens die Umwandlung eines stabilen Gleichgewichtszustandes in einen labilen, und zweitens die Beschleunigung in der Veränderung eines labilen Gleichgewichtszustandes. Man denke sich einen Zylinder der Länge nach in einer wagerechten flachen Rinne liegen; sein Gleichgewicht ist stabil, wird aber in ein labiles verwandelt, wenn man ihn durch einen seitlichen Druck über den Rand der Rinne drängt, so daß er hinunterfällt. Nun denke man sich die Rinne mit dem Zylinder in der Richtung der Längsachse so weit geneigt, daß die gleitende Reibung durch die Schwere des Zylinders eben überwunden wird; dann wird der Zylinder langsam in der Rinne bis an ihr Ende hinabgleiten. Gießt man während des Gleitens Öl auf die Rinne vor den Zylinder, so wird er den Rest der Rinne viel eher hinabgleiten; streut man dagegen gepulverte Kreide, so wird er zur Ruhe kommen. Bei dem seitlichen Druck in der Ruhelage muß man den Schwerpunkt des Zylinders so weit heben, daß er den Rand der Rinne überschreiten kann, muß also eine verhältnismäßig kleine Arbeit leisten. Zur Beschleunigung seines Gleitens auf der geneigten

¹⁾ Vergl. v. Bunge a. a. O. 10.—12. Vorlesung.

Rinne braucht man dagegen nur den Widerstand der Reibung durch Anbringung einer flüssigen Schmiere zu verringern, zur Verlangsamung oder Beendigung der Gleitbewegung bloß den Reibungswiderstand zu erhöhen. Beide Beispiele haben aber das gemein, daß es sich um eine „Auslösung“ handelt, d. h. um ein ins Spielsetzen kompensierter Energien durch Beseitigung oder Schwächung der sie kompensierenden Energien oder um eine Kompensation nicht kompensierter Energien durch Zuleitung kompensierender Energien. Ein physikalisches Beispiel des ersteren Falles ist das plötzliche Erstarren einer unter ihren Gefrierpunkt abgekühlten Lösung beim Einbringen eines festen Stäubchens des gleichen Stoffes von $\frac{1}{1000000000000000}$ g Gewicht;

denn die unterkühlte Lösung würde ihren Aggregatzustand unbegrenzt lange behalten, wenn sie nicht von außen einen Anstoß zu seiner Umwandlung erhielte. Chemische Beispiele des zweiten Falles sind die Zersetzung des Wasserstoffsperoxyds durch Metalle und die Beschleunigung der Jodsilberspaltung durch den Lichtstrahl bei Zusatz von Sensibilatoren, d. h. Stoffen, die die photographische Platte empfindlicher machen; denn das Wasserstoffsperoxyd ist ebenso wie das belichtete Jodsilber sowieso in einer langsamen Zersetzung begriffen, die, wie die Gleitbewegung des Zylinders, durch die katalytischen Zutaten nur in eine raschere Gangart gerät.

In der Chemie des Protoplasma hat man es fast ausschließlich mit dem zweiten Fall zu tun, da hier stets Mischungen verschiedener Stoffverbindungen vorliegen, die sich nicht im stabilen Gleichgewicht befinden, sondern in mehr oder weniger langsamen Umwandlungen begriffen sind. Hier kommt also nur die Definition in Betracht: ein Katalysator ist ein Stoff, der durch seine Anwesenheit eine chemische Umwandlung beschleunigt oder verlangsamt, aber bei seiner Wirksamkeit nicht verbraucht wird, also auch nicht in das Endergebnis der Umwandlung mit eingeht. Für die Zwecke des Lebens ist es von höchster Wichtigkeit, in wie langer Zeit eine bestimmte Umwandlung durchgeführt wird; denn bei zu langsamen Vorgängen würde es verschmachten, bei zu stürmischen, explosionsartigen, zerstört werden. Dies gilt schon für einen einfachen chemischen Vorgang, um wie viel mehr bei dem gleichzeitigen Verlauf mannigfacher chemischer Vorgänge,

zum Teil in entgegengesetztem Sinne, wie sie sich beständig im Protoplasma auf engstem Raume nebeneinander und durcheinander abspielen. Das Endergebnis in einer bestimmten Zeit wird ein ganz verschiedenes, je nachdem die einen oder die anderen dieser Teilvorgänge durch Katalysatoren beschleunigt oder verlangsamt werden.

Um die paradoxe Wirkung eines Stoffes zu erklären, der selber qualitativ und quantitativ unverändert bleibt, hat man verschiedene Erklärungen versucht: erstens die dynamische Übertragung einer eigenartigen Molekularbewegung vom Katalysator auf die beeinflussten Stoffe, zweitens die Zwischenreaktion des Katalysators, durch welche dieser eine chemische Verbindung eingeht und wieder löst, drittens die Verdichtung von Gasen und Lösungen durch den Katalysator zu einem chemisch wirksameren Konzentrationsgrade, viertens die Änderung des Gehalts an chemisch wirksamen Ionen (d. h. Spaltstücken der Moleküle). In manchen Fällen spielen sicherlich die Zwischenreaktionen des Katalysators eine sehr bedeutende Rolle, so z. B. bei den Autoxydatoren; in anderen Fällen sind Zwischenreaktionen nicht nachweisbar. Inwieweit die einzelnen Erklärungen auf die besonderen Fälle passen, inwieweit sie einander ausschließen oder miteinander zu vereinigen sind, kann erst die Zukunft lehren. Die Chemie der Katalyse ist noch fast Neuland für die Chemie, die sich bisher auf ganz anderen Gebieten heimisch fühlte.

Das Leben schafft keine Energie, sondern zehrt, wie wir gesehen haben, von dem Energiestrom, der unmittelbar oder mittelbar von der Sonne stammt. Seine Kunst besteht darin, von diesem Energiestrom ein Teilchen auf seine Mühle zu leiten, um sie in Betrieb zu erhalten. Dies leistet es wesentlich durch die Katalysatoren, mit Hilfe deren die Pflanzen die strahlende Sonnenenergie in chemische Energie und die Tiere und Pflanzen die so gewonnene chemische Energie für ihre Zwecke weiter verwerten. Das Leben vermag ebensowenig die Wirkungsfähigkeit der Energie zu steigern, wie Energie zu schaffen; d. h. es ist ebenso an den zweiten Hauptsatz der Energetik gebunden (die stete Abnahme der Wirkungsfähigkeit), wie an den ersten (die Konstanz der Energiegröße). Überall im Protoplasma verlaufen die chemischen Reaktionen in dem Sinne, daß die wirkungsfähige Energie sich mindert; wo stellenweise das Gegenteil der Fall

ist, wird dieses Geschehen überkompensiert durch eine um so stärkere Abnahme der Wirkungsfähigkeit an anderer Stelle.

Die Gesetze und Formeln der chemischen Energetik sagen aber bis jetzt nur etwas über das Endergebnis bei gegebener Anfangslage aus und fordern bloß, daß dieses Endergebnis in endlicher Zeit erreicht werde; sie lassen dagegen die Zeit, innerhalb deren die Umwandlung sich vollzieht und den Weg, auf welchem sie sich vollzieht, völlig unbestimmt. Die Beschleunigung und Verlangsamung der Umwandlungen durch Katalysatoren und ihre Überleitung über den Weg von Zwischenreaktionen kann sich also ohne Aufwand von Energie und ohne Verstoß gegen die beiden energetischen Hauptsätze vollziehen.¹⁾

Niemand bezweifelt, daß auch die Zeitverhältnisse der chemischen Vorgänge naturgesetzlich geregelt sind, wenngleich die qualitative Energetik, die bloß Endergebnisse zusammenfassend betrachtet, außerstande ist, diese Zeitverhältnisse aus den beiden Hauptsätzen abzuleiten, und schon deshalb der Ergänzung durch die molekulare Mechanik bedarf, weil diese allein die Zeitverhältnisse zu bestimmen vermag, welche jene unbestimmt läßt. Es bleibt aber richtig, daß die naturgesetzliche Regelung der Geschwindigkeit auf verschiedenen Gebieten der Natur auf verschiedene Weise erfolgen kann, ohne daß die beiden Hauptsätze der Energetik davon berührt werden. Niemand bezweifelt, daß die mechanischen Gesetze der Atombewegungen auf dem unorganischen Gebiet für die Zeitverhältnisse allein bestimmend sind. Aber ob sie auf dem organischen Gebiete auch allein bestimmend sind, oder ob hier eine höhere organische Gesetzlichkeit hinzutritt, darüber sind die Ansichten noch geteilt. Wenn eine höhere organische Gesetzlichkeit hinzutritt, eine Autonomie der Lebensvorgänge, welche die Zeitverhältnisse der Umsätze katalytisch regelt, so wird dadurch, wie aus dem Vorstehenden erhellt, die Gültigkeit der qualitativ-energetischen Hauptsätze (Energiekonstanz und Energieentwertung) gar nicht berührt. Wohl aber würde dann die Alleingültigkeit der mecha-

¹⁾ Vergl. W. Ostwald, „Über Katalyse“, Vortrag auf der Naturforscherversammlung in Hamburg. Leipzig 1901. S. 8—9, 13, 18, 20. Derselbe, „Vorlesungen über Naturphilosophie“. Leipzig 1902. S. 269—276, 301 bis 302, 326—329, 342—343.

nistischen Energetik auf organischem Gebiete (d. h. die Energiekonstanz in jeder der drei Raumachsen oder die mechanischen Minimumprinzipien) aufhören, ein für die gesamte Natur alleingültiges Prinzip zu sein. Denn es müßten dann Atomumlagerungen (Drehungen und Verschiebungen) in den Katalysatoren angenommen werden, die sich über die durch jenes Gesetz allein bedingten Atombewegungen überlagern.

Die Katalysatoren sind keineswegs alle beständig in Tätigkeit; sondern die meisten nur zu gewissen Zeiten, wo ihre Tätigkeit für das Leben erforderlich ist. Um nicht in Tätigkeit zu sein, müssen sie nicht da sein, falls die Stoffe, auf die sie wirken, dauernd vorhanden sind und die etwaigen äußeren Bedingungen ihres Wirkens nicht zeitweilig fehlen (z. B. das Licht beim Chlorophyll und seinen Verwandten). Um nun zu gegebener Zeit im Protoplasma schnell auftreten zu können, existieren sie meistens in Gestalt chemischer Vorstufen (Profermente), die zwar selbst noch keine katalytische Wirkung haben, aber durch leichte Umwandlungen eine solche erlangen. Diese Umwandlung der Profermente in Fermente kann ohne Aufnahme oder Ausstoßung von Stoffen aus den Verbindungen durch bloße Umlagerung der Bestandteile (Isomerie) oder durch Spaltung komplexer Moleküle in Halbmoleküle (Hemiedrie) erfolgen. Gerade weil die Katalysatoren im Protoplasma äußerst zusammengesetzte Gebilde von leicht zu störendem Gleichgewicht sind, können auch durch die kleinsten Atomverschiebungen oder Drehungen von Atomgruppen in ihnen chemische Änderungen eingeleitet werden.

Die Aktivierung der Katalysatoren erfolgt auf irgendwelchen Reiz; so z. B. die Herstellung bestimmter Schutzstoffe und Gegengifte auf den Reiz der Schädigung durch Gifte, die Herstellung von bestimmten Verdauungsfermenten auf den Reiz der Nahrungstoffe in einem bestimmten Stadium ihrer chemischen Verarbeitung, die Freiwerdung trypsinähnlicher Fermente zur Auflösung (Selbstverdauung) abgestorbener Zellen auf den Reiz, den diese auf die Nachbargewebe ausüben, die Entwicklung von Fermenten in Samenkörnern, welche die Vorratsstoffe (Stärke und Eiweiß) verflüssigen, auf den Reiz der Feuchtigkeit und Temperatur. Der Umsatz des Proferments in das Ferment stellt eine Reaktion des lebenden Organismus auf den Reiz dar und unterbleibt bei einem abgestorbenen Organismus. Bei zusammengesetzten Organismen

werden diese Reizreaktionen größtenteils von Ganglienknotten aus vermittelt Nerven geleitet; gewisse Leistungen sind aber auch hier von Nerveneinflüssen unabhängig (z. B. die verwickelten Leistungen der Leberzellen). Bei allen muß die Reaktion des Zellprotoplasma selbst erst wieder auf den Reiz, sei es den bloß peripherischen, sei es den sowohl peripherischen als auch zentralen zugleich, selbsttätig reagieren; denn auf eine abgestorbene Zelle bleibt auch der Nerveneinfluß wirkungslos. In den zusammengesetzten Organismen mit zentralisiertem Nervensystem enthalten die Dispositionen des letzteren Hilfsmechanismen für die den Zellen zu erteilenden Reaktionsimpulse; in denen ohne Nervensystem, z. B. den höheren Pflanzen, muß das chemische Zusammenwirken des Protoplasma der verschiedenen Zellen zu gemeinsamem Ziele durch die feinen Verbindungsfäden des Protoplasma vermittelt werden, welche die Zellhüllen durchbrechen und die Nerven der Tiere ersetzen. Da aber ein Zentralorgan fehlt, so muß das Protoplasma jeder Zelle die Leistung des Zentralorgans ersetzen und selbsttätig handeln nach Maßgabe der es unmittelbar treffenden und der ihm von anderen Zellen her übermittelten Reize. In einzelligen Organismen fallen die mittelbaren Reize ganz fort und hat das Protoplasma lediglich auf die unmittelbaren zu reagieren.

Die Profermente oder Vorstufen der Katalysatoren stellen hier wichtige Hilfsmechanismen dar, durch welche der Reaktion des Protoplasma auf Reize die Wege geebnet sind. Der Besitz solcher komplizierten Hilfsmechanismen zeigt am deutlichsten, daß auch das niedrigste uns bekannte Protoplasma schon das Ergebnis einer langen Entwicklungsreihe sein muß, in welcher diese chemischen Apparate erworben, vervollkommenet und vererbt wurden, und daß es nicht angeht, die uns bekannten einzelligen Organismen als homogene Tröpfchen zu behandeln, von denen erst alle Differenzierung ausgeht.

Je weiter wir auf der Stufenleiter der Organisation emporsteigen, desto höhere Gesamtleistungen sehen wir von dem Protoplasma vermittelt seiner Arbeitsleistung und Differenzierung vollbracht, desto mehr wird aber auch die chemische Leistung jedes Organs und jeder Zelle in festere Bahnen geleitet und durch Ausbau der chemischen Vorkehrungen (maschinenmäßig reagierende Profermente) mechanisch eingeengt. Je tiefer wir dagegen

hinabsteigen, desto weniger eingeschnürt erscheint das Protoplasma in seinen Reizreaktionen durch ausgebildete Hilfsmechanismen, desto mehr Spielraum lassen ihm die vorhandenen, um seine Reaktionen den wechselnden Umständen anzupassen. Mit steigender Organisation wächst also die passive Angepaßtheit der Organisation an den Kreis der typischen Reize, nimmt aber das Vermögen aktiver Anpassung ab, weil es zu sehr eingeengt wird. Auf je tieferen Stufen wir das Protoplasma betrachten, desto stärker macht sich seine aktive Anpassungsfähigkeit an alle möglichen Reize geltend, desto geringer ist das Maß seiner passiven maschinellen Angepaßtheit an einen Kreis typischer Reize.

Wir dürfen hieraus folgern, daß die aktive Anpassung das stammesgeschichtliche Prius der passiven Angepaßtheit ist, und daß die letztere ein Produkt der ersteren ist, die sich durch Mechanisierung einschränkt. Wer in der passiven Angepaßtheit eines einzelligen Organismus ein unmittelbares Werk göttlicher Schöpferfähigkeit sieht, der wird auch das Mehr, welches die höchsten Organismen in dieser Hinsicht zeigen, auf dieselbe Quelle beziehen. Wer dagegen in den hochentwickelten Hilfsmechanismen höherer Organismen das Ergebnis einer stammesgeschichtlichen Entwicklung erblickt und jeden Fortschritt in der passiven Angepaßtheit durch Mechanisierung aktiver Anpassungen entstanden denkt, der wird nicht umhin können, dieselbe Betrachtungsweise auch auf die passive Angepaßtheit des niedrigsten Protoplasma anzuwenden. Er wird also auch hier die vorgefundenen chemischen Hilfsvorkehrungen, wie die Profermente, auf Mechanisierung stammesgeschichtlich früherer aktiver Anpassungen zurückführen. Die Urformen des Protoplasma, aus denen sich die uns bekannten einfachsten Zellen entwickelt haben müssen, müssen schon im Besitz eines aktiven Anpassungsvermögens und der Fähigkeit gewesen sein, verschiedene Nahrungsmittel mit Hilfe verschiedener Katalysatoren zu verdauen. Da sie aber hierzu nicht eine passive Angepaßtheit, z. B. Profermente, die auf den Reiz der Nahrungsmittel hin in Fermente umgewandelt werden, mitbringen konnten, so muß die aktive Anpassungsfähigkeit bei ihnen ein Maximum gewesen sein, um den Mangel jeder passiven Angepaßtheit zu ersetzen. Um zu leben, mußten sie assimilieren, um zu assimilieren, mußten sie Fermente bilden, sei es mit Überspringung der Vorstufen der Profermente, sei es durch deren

Bildung von Fall zu Fall. Heute noch vermögen Schimmelpilze anstatt des Zuckers, den sie bevorzugen, andere Stoffe zu assimilieren, sobald ihnen der Zucker fehlt, darunter solche, die in der Natur gar nicht vorkommen, auf die sie also auch nicht durch Mechanisierung eingerichtet sein können. Hier waltet also auch heute noch die aktive Anpassung, sobald ungewöhnliche und ungewohnte Reize wirken; wie viel mehr muß sie bei dem Urprotoplasma gewaltet haben, dem alle Reize neu und ungewohnt waren! Aktive Anpassung, welche ohne vorbereitete Hilfsmechanismen wirkt oder die Leistungsfähigkeit der passiven Angepaßtheit der vorhandenen Hilfsmechanismen überschreitet und dadurch an ihrer Vervollkommnung mitarbeitet, ist recht eigentlich das Merkmal des Lebens, die Offenbarung seiner Eigengesetzlichkeit (Autonomie) und immanenten Zweckmäßigkeit, die natürliche Vermittelung dessen, was mit göttlicher Schöpferfähigkeit gemeint ist.

Jede aktive Anpassung des Protoplasma, jede zweckmäßige Reaktion, deren Zweckmäßigkeit das maschinell Vorbereitete nach irgendeiner Richtung überschreitet, ist aber in ihrem ersten Beginn chemische Reaktion, und zwar Bildung eines bestimmten Katalysators oder zweckmäßige Umwandlung eines solchen für seine neue Aufgabe, oder chemische Veränderung der osmotischen Durchlässigkeit einer Membran- oder Gallertschicht für bestimmte chemische Verbindungen. Wo immer eine Änderung der sichtbaren physikalischen oder physiologischen Struktur auftritt, führt sie auf unsichtbare, submikroskopische Strukturveränderungen zurück; diese aber nehmen ihren Ausgang von einer chemischen Änderung, die letzten Endes durch die neu auftretende Wirkung eines vorher nicht so wirkenden Katalysators herbeigeführt wird. So weist alles Leben auf die grundlegende Bedeutung der chemischen Vorgänge im Protoplasma hin; der Eintritt einer chemischen Veränderung weist selbst wieder auf die bestehende physiologische Struktur als auf die Bedingung einer solchen zweckmäßigen Reaktion zurück. Der Streit, was das Prius sei, ist hier ebenso müßig, wie der über die Priorität zwischen Ei und Henne. Die jeweilig gegebene Struktur ist zweifellos das Prius einer zweckmäßigen chemischen Veränderung, und diese ist ebenso zweifellos das Prius einer morphologischen Veränderung in der gegebenen Struktur.

Ob wir jemals instande sein werden, die Stoffe, welche im Protoplasma als Katalysatoren wirken, in unsern Laboratorien herzustellen, ist sehr fraglich, weil diese Stoffe sehr zusammengesetzt und außerordentlich veränderlich sind. Wir kennen noch nicht einmal den genaueren chemischen Aufbau des Eiweiß, schätzen aber die Zahl der Elementaratome, die in einem einzigen Eiweißmoleküle enthalten sind, auf mehrere Tausende. Von der chemischen Zusammensetzung der Fermente, die wahrscheinlich noch viel verwickelter ist, wissen wir noch gar nichts, da sie so veränderlich sind, daß sie bei jedem Versuche, sie chemischen Reaktionen zu unterwerfen, zu etwas anderem werden. So unwahrscheinlich es nun auch sein mag, daß es uns je gelingen werde, diese Stoffe synthetisch herzustellen, so steht doch im Prinzip diese Möglichkeit offen; denn sie sind Stoffe wie alle anderen, und der Unterschied des Unorganischen vom Organischen liegt nicht in irgendeinem Stoff oder einer Stoffverbindung. Der Unterschied liegt vielmehr in der Art und Weise, wie das Leben die leichte Wandelbarkeit dieser Stoffe zu seinen Zwecken benutzt, und diesen zweckmäßigen Gebrauch kann der Chemiker schon deshalb nicht nachahmen, weil er nicht wie das Protoplasma eine Empfindung für die feinsten Reize hat, auf welche es gilt, zweckmäßig zu reagieren. Dächte man sich eine Anzahl höchst verfeinerter chemischer Wahrnehmungsinstrumente dem Chemiker zu Gebote stehend, durch die es ihm möglich würde, in einer von ihm hergestellten organischen Stoffmischung solche feinsten chemischen Reize wahrzunehmen, und dächte man die Chemie weit genug fortgeschritten, um auf solche Reize alle zweckmäßigen Reaktionen vorzunehmen, dann hätte der Chemiker allerdings für so lange, wie er der Stoffmischung seine Aufmerksamkeit zuwendete, sie verlebendigt, aber nur dadurch, daß er sie zu einem Teil seines persönlichen Lebens machte und sie mit seiner Seele beseelte. Sobald er dann an sein Frühstück ginge, wäre dieses Verhältnis zu Ende, und die Stoffmischung wieder unlebendig wie zuvor. Dem Schöpfer ins Handwerk pfuschen könnte er dadurch doch nicht. Außerdem ist aber die menschliche Aufmerksamkeit viel zu sehr in die Enge eingeschränkt, um alle die Aufgaben gleichzeitig zu bewältigen, die jedes Zellplasma im kleinsten Raume tatsächlich zugleich löst. Daraus erhellt schon, daß ein etwaiges Zellbewußtsein noch weniger als

das menschliche imstande ist, die Aufgaben des Zellprotoplasma gleichzeitig zu bewältigen, daß also das Prinzip der immanenten Zweckmäßigkeit in der Autonomie des Lebens eine ganz andere Form haben muß, als die Zweckmäßigkeitsvorstellungen im Bewußtsein.

3. Die aktiven oder Lebensbewegungen in der Zelle.

Die Zelle baut beständig ihren Körper ab, um die in ihm aufgespeicherte chemische Energie zu verbrauchen, und baut ihn beständig aus neuem Material und zufließender Energie wieder auf, um ihn in seiner Form und seinem chemischen Bestande zu erhalten. Die Überkompensation des Verbrauchten, die dabei stattfindet, stellt sich in der Jugend als individuelles Wachstum, im Reifestadium als Fortpflanzung dar; im Alter dagegen tritt Unterkompensation an ihre Stelle. Die Zelle setzt die beim Stoffverbrauch frei werdende chemische Energie teils in Wärme um, teils in chemische Leistungen der Assimilation, die einen Energieaufwand erfordern, teils in mechanische Bewegung, teils endlich in Licht oder Elektrizität. Auch unorganische Gebilde können chemische Energie in Bewegung oder sonstige Energieformen umsetzen, z. B. ein Gewehr die chemische Energie des Pulvers in die Bewegung des Geschosses; auch sie bedürfen dazu eines Anstoßes, der sehr schwach im Verhältnis zu den von ihm veranlaßten Energieentbindungen sein kann und deshalb technisch „Auslösung“ heißt. Die Zelle bewegt sich ebenfalls nur infolge von Auslösungen; aber ihre ausgelösten Bewegungen oder sonstigen Energieumsätze unterscheiden sich dadurch von denen eines unorganischen Gebildes, daß sie den Zwecken des Lebens dienen, d. h. der Atmung, Verdauung und Ausscheidung, der Aufsuchung und Aufnahme von Nährstoffen, der Flucht vor Schädlichkeiten und endlich der Zellteilung und Zellverschmelzung.

Die Bewegungen gelten uns als Lebenserscheinungen, als deutliches Merkmal des Lebens, wenn sie ersichtlich diesen Zwecken unmittelbar oder mittelbar dienen. Wir nennen die Auslösungen, welche die innere Energie der Zelle ins Spiel setzen, Reize, sofern wir die Bewegungen, mit denen die Zelle auf sie reagiert, als Lebensbewegungen, d. h. als den Zwecken des Lebens dienende Bewegungen, anerkennen. Nicht der Begriff des Reizes unterscheidet die Lebensvorgänge von mechanischen Aus-

lösungsvorgängen, sondern nur die Zwecke, die durch die ersteren erfüllt werden. Wenn eine beschädigte Zelle sich regeneriert, so sehen wir darin eine Lebenserscheinung, weil die Wiederherstellung dazu dient, die durch die Verletzung gestörten Lebensfunktionen wieder in Ordnung zu bringen, die verlorenen Organe oder Teile von Organen zu ersetzen usw. Wenn ein beschädigter Kristall oder ein durchschnittener Tropfen sich wieder herstellt, so sehen wir darin keine Lebenserscheinung, weil der Kristall und der Tropfen weder vor der Verletzung noch nach der Wiederherstellung Lebenserscheinungen zeigen. In demselben Sinne rechnen wir die Teilung einer Zelle zu den Lebenserscheinungen, weil ihr Ergebnis zwei lebende Zellen sind; die Teilung eines hängenden Tropfens bei zu starkem Flüssigkeitszufluß nennen wir dagegen nicht eine Lebenserscheinung, weil sie keinem Leben dient, weil die beiden Produkte der Teilung selbst kein Leben zeigen. In ähnlicher Weise sehen wir in der Bildung von Hohlräumchen mit Zellsaft innerhalb des Zellplasma eine Lebenserscheinung, weil jedes derselben eine Retorte für lebensdienliche chemische Prozesse darstellt; in der Schaumstruktur, die sich in einem Öltröpfchen unter Zufuhr von Seifenlösung bildet, sehen wir dagegen keine Lebenserscheinung, weil bei ihr kein Stoffwechsel in Dienste des Lebens stattfindet.

Wenn geriebener oder erwärmter Phosphor leuchtet, so ist das keine Lebenserscheinung, weil er nicht der Erhaltung einer typischen Form im Wechsel des Stoffes dient; wenn dagegen erwärmte oder geriebene oder chemisch gereizte niedere Tiere oder Pflanzen leuchten, so zeigt das eine gesteigerte Atmung an, die dazu dient, das Gleichgewicht des Lebens den veränderten Verhältnissen gegenüber zu erhalten. Oft dient auch das tierische Leuchten dem Zusammenfinden der Geschlechter (Johanniswürmchen) oder dem Aufsuchen der Nahrung in den lichtlosen Tiefen des Meeres. Die elektrischen Entladungen einer Leydener Flasche weisen auf kein Leben hin, wohl aber die eines elektrischen Rochens oder Aales, weil sie der Überwältigung der Beute oder der Abwehr von Feinden dienen. Sie stammen aus dem Protoplasma von Zellen, die eine sonst unmerkliche Eigenschaft alles Protoplasmas zu besonderer Stärke herausdifferenziert haben.

Man sieht, daß ganz verwandte Vorgänge in unorganischen Gebilden anders beurteilt werden als in organischen, weil sie sich

hier als Mittel zu Lebenszwecken darstellen und dort nicht. So greift die teleologische Betrachtung schon in die Unterscheidung der organischen von der unorganischen Natur ein; nur die zweckmäßige Verwendung der durch die Auslösungsreize aktualisierten inneren Energie, nur die zweckmäßige Reaktion im Dienste der stoffwechselnden Formerhaltung, Vergrößerung und Vermehrung der Zelle scheint uns das Vorhandensein eines Lebens zu verbürgen.

Infolge der chemischen Zusammengesetztheit des Protoplasma ist die Reizempfänglichkeit der Zelle selbst auf schwache Reize bedeutend, und zugleich spricht sie auf sehr mannigfaltige Reize an, z. B. auf solche der Schwere, des Lichtes, der Wärme, auf elektrische und chemische. Lösungen von außerordentlicher Verdünnung können noch frei herumschwimmende Zellen anlocken. Männliche Fortpflanzungszellen werden von weiblichen nur der gleichen Art angezogen und schon dadurch bei frei durcheinander herumschwimmenden Fortpflanzungszellen die Kreuzung vermieden. Wenn die ausgestreckten Scheinfüße eines Rhizopoden sich begegnen, so fließen sie mit Leichtigkeit zusammen; wenn dagegen die Scheinfüße zweier gleichartiger Rhizopoden sich begegnen, so ziehen sie sich vor einander zurück. Diese Erscheinung ist nicht daraus zu erklären, daß das Protoplasma zweier Individuen derselben Art so verschieden ist, um Abstößung statt Anziehung zu bewirken, sondern nur daraus, daß die Reize von der Peripherie zum Zentrum der Zelle geleitet werden, daß das Zentrum verschieden reagiert, je nachdem ihm zwei gleichzeitige Berührungsreize aus zweien seiner Scheinfüße zugeleitet werden oder nur einer aus einem, und daß ein Bewegungszentrum die Verschmelzung und das Zurückweichen der Scheinfüße leitet. Es muß also das Zellplasma nicht nur Reizempfänglichkeit, sondern auch Leitungsfähigkeit sowohl für äußere Reize als auch für innere Erregungsimpulse besitzen. Soweit es an einer Zentralisation der Reaktionen noch fehlt, muß jeder Teil die Reize, die jeder andere aufnimmt, zugeleitet erhalten, damit jeder Teil so reagieren kann, wie es das Zusammenwirken aller Teile zu den Zwecken des Lebens verlangt. So ist z. B. die Wurzelspitze nur in zwei Millimeter Länge reizbar für die Einwirkung der Schwere, aber nicht sie selbst vermag eine erforderliche Biegung oder Krümmung auszuführen, sondern nur das hinter ihr liegende

Gewebe, das für die Einwirkung der Schwere selber nicht mehr reizempfänglich ist. Insoweit bereits Zentralisation besteht, müssen alle Teile ihre Reize zum Zentrum senden und von diesem ihre Impulse erhalten. Wo mehrere Zentra für bestimmte Funktionen bestehen (z. B. für Ernährungs- und Bewegungsimpulse), da muß auch zwischen diesen Zentren (z. B. Kern und Zentralkörperchen) ein harmonisches Zusammenwirken bestehen, wie wir es im höchsten Maße bei der Zellteilung sehen. Bei mehrzelligen Organismen muß für eine Reizleitung zwischen den Zellen gesorgt sein. Diese besteht in ausgestreckten Scheinfüßen oder Plasmafäden, Verlängerungen des Zellplasma; sie regulieren bei den Pflanzen und in manchen nervenlosen tierischen Geweben das harmonische Zusammenwirken der Zellen, indem sie die Zellhüllen durchbrechen. Bei fortschreitender Zentralisation werden sie zu Nervenfibrillen. Jede Nervenzelle bildet mit dem Nervenfortsatz einerseits und den Verzweigungen der von ihr ausgehenden Fibrillen (den Dendriten) andererseits ein einheitliches Ganze, ein Neuron. Wie aber bei den Pflanzen feine Plasmafäden von einer Zelle zur anderen gehen, so sind auch die Neuronen nicht unbedingt gegeneinander abgeschlossen, sondern sind vielfach durch Fibrillen verbunden. Indem das zeitweilige Aussenden von Scheinfüßen oder Plasmaverlängerungen sich zu dauernden Organen der Zelle verfestigt, z. B. zu Nervenfibrillen, Bindegewebs- oder Muskelfasern, bildet die Zelle mit ihnen Gewebe, die in zusammengesetzten Organismen für bestimmte Zwecke spezialisiert sind. Diese Lebendigkeit der Zelle nennt man deshalb die gewebebildende oder formative.

Die Bewegungen der Zelle sind teils innere, teils äußere. Zu den ersteren gehören die Verschiebungen und Kontraktionen des Protoplasma in den Fäden und Strängen, die Wanderungen der Körnchen an den Plasmafäden entlang, die Bildung und Auflösung, Vergrößerung und Verkleinerung und Spaltung von Hohlräumen, die Wanderungen des Zellsaftes, die Veränderungen in der osmotischen Durchlässigkeit der Zellhülle, Kernhülle und Hohlräumenwände, und endlich die inneren Bewegungsvorgänge bei der Zellteilung. Die Bewegungen der Körnchen (Farbträger und Kernbestandteile) ist eine aktive, zweckmäßige, und keineswegs eine bloß passive, durch schiebendes Plasma der Fäden bedingte. Bei der vielkernigen einzelligen Süßwasseralg

Vaucheria kann man bei einer Verletzung der Zellwand beobachten, daß die sonst der Wand zunächst liegenden, das Licht absorbierenden Farbträger sich zurückziehen und den sonst in zweiter Reihe liegenden Kernen Platz machen, die vorrücken, um die Wundheilung zu übernehmen, wie sie auch sonst an den Vegetationspunkten in der ersten Reihe stehen. — Zu den äußeren Bewegungen gehören die Bewegungen der Wimpern, Geißeln und Scheinfüße und die Glitschbewegung der kieselschaligen Diatomeen und zellstoffschaligen Oscillarien. Bei den beiden letzteren ist die Schale mit einer ganz feinen, körnerfreien Plasma-schicht überzogen, durch deren Verschiebungen ein langsames Gleiten der Zellen auf fester Unterlage bewirkt wird.

Die Bewegung der Scheinfüße ist zuerst an Amöben beobachtet und danach amöboide Bewegung genannt, sie kommt aber auch bei vielen einzelligen Organismen, bei Wanderzellen in mehrzelligen Organismen und bei vielen Zellen im Jugendzustande, z. B. den Furchungszellen der Amphibieneier vor. Diese nackten Zellen haben zwar keine Hülle, aber doch eine Oberflächenschicht von körnchenfreiem, verdichtetem Protoplasma, das mit dem inneren, körnchenhaltigen Protoplasma in beständigem Stoffaustausch steht. Wo die Spannung der Oberflächenschicht durch Erschlaffung nachläßt, da drängt das Plasma hin und bildet eine Ausstülpung. Bald zeigen sich in ihr feine Fädchen, an denen Körnchen hineingleiten. Strömt dann der Hauptteil des Zellplasma nach, so hat die Zelle sich verschoben, vorausgesetzt, daß ihre Reibung auf der Unterlage genügend groß ist. Um die Reibung zu erhöhen, sondert die Zelle einen klebrigen Saft ab. Die Verdichtung der Oberflächenschicht des Protoplasma ist erheblich größer, als sie nach den physikalischen Gesetzen der Tropfenbildung sein würde; demgemäß ist auch die Erschlaffung der Oberflächenschicht oder ihr Kontraktionsnachlaß an einer Stelle nicht als ein zufälliger physikalischer Vorgang, sondern als eine Lebenserscheinung aufzufassen, die wahrscheinlich mit einer verstärkten Kontraktion anderer Teile zusammenwirkt, um das Plasma an der Stelle geringsten Widerstandes herauszupressen. Die voneinander getrennten Furchungszellen eines Froscheies zeigen in ihrem Verhalten zueinander deutlich, daß die Zellen nach eigenen Gesetzen leben und die physikalischen Gesetze der Tropfen und Flüssigkeitsblasen zwar benutzen, aber zu ihren Zwecken modeln

und zum Teil in ihr Gegenteil verkehren. Manchmal nähern sie sich einander ruckweise, fügen sich zusammen, gleiten aneinander entlang, vollführen Drehungen, lagern ihren Zellinhalt mit Rücksicht auf die berührten Nachbarzellen um; manchmal fehlen aber auch der einen oder der anderen Zelle diese Neigungen. —

4. Die Zellteilung.

Die höchsten und verwickeltsten Lebenserscheinungen der Zelle sind ihre Vermehrung, die durch Selbstteilung erfolgt, und die Zellverschmelzung, die bei der gemeinschaftlichen Fortpflanzung der Zellteilung vorausgeht. Es gibt eine einfache oder direkte und eine verwickelte oder indirekte (mitotische) Zellteilung. Die erstere beginnt mit einer Kernteilung, wie solche auch bei der Umwandlung einkerniger in mehrkernige Zellen vorkommt; sie schreitet aber zur Teilung der Zelle fort, welche bei mehrkernig bleibenden Zellen unterbleibt. Die Kernteilung ist mit einer Teilung des oder der Kernkörperchen verbunden, dagegen ist eine Teilung des Zentralkörperchens bis jetzt bei der direkten Teilung nicht beobachtet worden. Die direkte Teilung ergibt Gebilde, die zwar gewissen Lebensverrichtungen vorstehen können, aber weder dauernd bestandfähig noch fortpflanzungsfähig sind. Um den Bestand der Art zu sichern, muß die indirekte, mitotische Teilung eintreten, die sich unter der Leitung des Zentralkörperchens vollzieht. Wenn man eine in mitotischer Teilung befindliche Zelle durch vorsichtige Ätherisierung in ihrem Bewegungszentrum lähmt, so geht sie zu der einfachen Teilung über, nimmt aber nach dem Aufhören der Narkose die mitotische Teilung wieder auf. Dies ist der deutlichste Beweis, daß die mitotische Teilung nicht aus physiko-chemischen Ursachen entspringt, sondern von Impulsen abhängig ist, die denjenigen des motorischen Nervensystems in den Tieren entsprechen; denn nur solche sind der Lähmung durch Narkose unterworfen.

Die einfache oder direkte Teilung ist zu vergleichen mit dem Durchschneiden einer hölzernen Uhr in zwei halb so dicke Stücke, deren jedes halb so lange Achsen und die Hälfte der Räder enthält. Die mitotische Teilung dagegen ist vergleichbar dem Verfahren eines Uhrmachers, der die Uhr in ihre Teile zerlegt, nicht nur jede Achse ihrer Länge nach, sondern auch jedes Rädchen seiner Dicke nach halbiert, und dann die Teile wieder zu zwei halb so

dicken Uhren zusammensetzt. Nur das letztere Verfahren kann Uhrwerke liefern, die dasselbe leisten wie die ungeteilte Uhr. Man kann sich ein Uhrwerk denken, das zu einem bestimmten Zeitpunkt sich durch eine mechanische Vorrichtung in zwei Hälften teilt nach Art der einfachen Teilung, aber nicht eines, das sich von selbst auf mechanischem Wege nach der zweiten Art teilt, d. h. die Lage seiner Teile umordnet, jeden seiner Teile halbiert und dann die Hälften aller Teile wieder in die ihnen entsprechende Lage bringt. Am wenigsten könnten die Produkte der mechanischen Selbstteilung eines Uhrwerkes die Fähigkeit des ganzen Uhrwerkes bewahren, sich auch weiterhin von neuem zu teilen, wie dies bei den Produkten der indirekten Zellteilung wirklich der Fall ist. Die mitotische Teilung ist deshalb besonders geeignet, die Eigengesetzlichkeit und Zielstrebigkeit der Lebenserscheinungen schon am Elementarorganismus der Zelle zur Anschauung zu bringen, ähnlich wie die Regeneration verletzter und beschädigter Zellen es nach anderer Richtung hin vermag.

Die färbbaren Teile des Kernes, die für gewöhnlich teils in dem oder den Kernkörperchen zusammengedrängt, teils im Kern zerstreut sind, lösen sich bei Beginn der indirekten Teilung in ihre Körnchenbestandteile auf, während das Fädchengerüst des Kernes sich in einen langen, knäueiförmig gewundenen Faden umwandelt, an dem die Körnchen der Länge nach lückenlos aufgereiht sind, und die Kernmembran verschwindet. Das vom Zentralkörperchen zur Zelloberfläche gehende Fadengerüst gerät in Spannung, wird dadurch sichtbar, wenn es zuvor unsichtbar war, und zeigt eine strahlenförmige Anordnung, deren gespannte Geradlinigkeit nur durch den zwischen die Strahlen gelagerten Kern eine Ausbiegung erleidet. Der Knäueifaden im Kern spaltet sich der Länge nach zu einem Doppelfaden, der auch mit zwei Schichten von färbbarer Substanz (Chromatin oder Nukleïn) besetzt ist, und zerfällt dann der Länge nach in Bruchstücke, deren Zahl für jede Organismenart typisch und konstant und immer gerade ist (2 bis 168). Zugleich spaltet sich das Zentralkörperchen in zwei, deren jedes das Zentrum einer Strahlung ist; die beiden Zentralkörperchen senden auf den einander abgekehrten Seiten ihre kontraktilen Strahlen nach der betreffenden Seite der Zelloberfläche, während sie auf den einander zugekehrten Seiten ihre Strahlen in einer spindelförmigen Figur einander zusenden und gemein

haben. Die Bruchstücke des Doppelfadens im Kern (die Kernsegmente oder Chromatosomen) spalten sich nun der Länge nach, und von jedem Bruchstück wandert die eine Hälfte zu dem einen, die andere Hälfte zu dem anderen Zentralkörperchen hin, indem sie in gebogener Gestalt mit der Biegung voran an den kontraktilen Fäden oder Strahlen der Spindelfigur entlang gleitet. In der Nähe jedes Zentralkörperchens wandeln sich die halbierten Kernsegmente oder Chromatosomen wieder durch das Knäuelstadium in einen Kern zurück, während die Spannung der Strahlungsfäden nachläßt und die beiden Strahlungssterne nebst der Spindel undeutlich werden. Zugleich mit der Wanderung der Kernsegmente beginnt die biskuitförmige Einschnürung der ganzen Zelle, die mit der Abschnürung zweier Zellen aus der einen endet.

Bei vielkernigen Zellen mit typischer Kernzahl geht die Abschnürung der Zelle der Teilung aller Kerne voran. Bei vielkernigen Zellen ohne typische Kernzahl, z. B. bei den Riesenzellen einzelliger Algen, findet die Teilung durch Absterben der ältesten nach beiden Seiten hin fortgewachsenen Stücke statt, welches ihre Wachstumsprodukte freimacht und als selbständige Individuen fort dauern läßt. Die in der Rindenzone belegenen Physoden und Chromatophoren haben bei keiner Zellenart eine typische Zahl. Sie verhalten sich deshalb auch bei einkernigen Zellen ähnlich wie die Kerne bei vielkernigen Zellen von unbestimmter Kernzahl. D. h. jede Tochterzelle erhält die ungefähre Hälfte der Organe der Rindenzone, und diese spalten sich nach Bedarf, sobald die erhaltene Mitgift den Bedürfnissen der Tochterzellen nicht mehr genügt.

Während der mitotischen Teilung quillt die Zelle stark auf, und diese Quellung bewirkt eine erhöhte Spannung aller kontraktilen Fäden innerhalb der Zelle. Das Aufquellen muß auf eine Veränderung der osmotischen Durchlässigkeit der Zellhülle, bezw. der Oberflächenschicht des Protoplasma zurückgeführt werden, und diese Veränderung der Zellmembran ist selbst schon eine Lebenserscheinung, ebenso wie diejenigen Veränderungen osmotischer Scheidewände, die der Auslese der chemisch verschiedenen Stoffe dienen. Die radiale Spannung des vom Zentralkörperchen ausgehenden Fadengerüsts ist das zusammenhaltende Gegengewicht gegen den auseinander treibenden Druck der Aufquellung. Selbst-

verständlich muß dieser Druck der Quellung und der ihm entgegen wirkende Zug der radiären kontraktile Fasern den physikalischen Gesetzen folgen. Denkt man sich das Zentralkörperchen halbiert, so muß der Zug der kontraktile Fasern, der an den entgegengesetzten Enden der Zellmembran seine Ansatzpunkte hat, die Hälften des Zentralkörperchens auseinander rücken, falls die zwischen beiden Hälften verbleibenden Verbindungsfäden (die Spindelfigur) einen schwächeren Zug ausübt als die nach der Peripherie verlaufenden Fasern, was wohl vorausgesetzt werden darf. Aber der Zug könnte doch das Zentralkörperchen nicht halbieren, wenn es nicht schon in sich die Spaltung vorgebildet enthielte und zu derselben hinneigte. Bei der allerdings ungewöhnlichen Teilung einer Zelle in drei oder mehr Tochterzellen muß das Zentralkörperchen die Tendenz zur Dreiteilung oder Vierteilung in sich haben; die aus der Zellgestalt ableitbare Zugverschiedenheit versagt hier als Erklärungsmittel, ebenso wie der Gegensatz der zwei verschiedenen Elektrizitäten.

Die eigentliche Lebenserscheinung in dem motorischen Zentrum der Zelle ist also die Tendenz des Zentralkörperchens selbst zur Spaltung, wie sie im Kern die Umordnung des Chromatins, die Längsspaltung des Knäuelefadens, sein Zerfall in die typische Zahl von Bruchstücken und die Wanderung der Bruchstückhälften zu den beiden Zentralkörperchen ist. Nimmt man an, daß der Kern das Zentrum der Ernährungs- und Fortpflanzungsvorgänge ist, und daß im Kern wieder das Chromatin oder Nukleïn den Träger der qualitativen Leistungen darstellt, so erscheint die Halbierung der Kernsegmente oder Chromosomen und die Verteilung ihrer Hälften an die beiden Tochterzellen als der eigentliche Vorgang der Vererbung. Bei der Wechselbefruchtung der Infusorien wird die Hälfte der Chromosomen von jedem Infusorium an das andere abgegeben und dadurch eine Mischung der Qualitäten beider erzielt. Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung würde der Kern des befruchteten Eies, der aus der Verschmelzung des Eikerns und Spermakerns entstanden ist, die doppelte Zahl von Chromosomen enthalten, als der Typus der Art es verlangt. Um dies zu vermeiden, hat sowohl das Ei als auch das Spermatozoid bloß die Hälfte der typischen Chromosomenzahl, die der Art zukommt; beide sind also atypische Produkte der Gattung, die erst durch ihre Vereinigung den Typus der Gattung wiederherstellen.

Über die Ursachen, welche die Zellteilung hervorrufen, sind wir noch sehr im Unklaren. Bald gilt die überreichliche Ernährung, bald der Mangel an Nahrung, bald die Reizung durch Schädlichkeiten mannigfacher Art, bald der Einfluß der Witterung und die periodischen Änderungen der Umgebung, bald innere Vorgänge im Entwicklungsgang zusammengesetzter Organismen (z. B. Eintritt der Pubertät), bald das Aufhören des gegenseitigen Druckes der Zellen aufeinander als Ursache der Zellteilung für die Einzelzelle. Alle diese Faktoren können unter Umständen Zellteilung einleiten, unter anderen Umständen aber ganz ohne solche Wirkung bleiben. Es gibt keine Art von Reiz, die mit mechanischer Sicherheit die Zelle zur Teilung zwingen könnte; sondern die Zellteilung ist immer nur eine Reaktion der Zelle selbst, die eintritt oder ausbleibt, je nachdem sie für das Leben der betreffenden Zellgattung selbst oder für das Leben des Individuums höherer Stufe, dem sie als Glied eingefügt ist, zweckmäßig ist oder nicht. So wenig die Zelle zur Ernährung und zum Wachstum gezwungen werden kann, so wenig zur Teilung; sie ernährt sich selbst, wächst nur bis zu einer bestimmten typischen Größe, aber nicht darüber hinaus, und teilt sich selbst je nach Bedarf. Sehen wir doch, daß nicht die gemästeten Vögel im Herbst, sondern die ausgehungerten im Frühling sich paaren, weil dies für den Bestand ihrer Arten zweckmäßiger ist. Wie bei den zusammengesetzten Organismen, so tritt auch bei den einfachsten der innere Trieb zur Vermehrung unter solchen Umständen auf, unter denen die Vermehrung für den Bestand der Art am vorteilhaftesten ist, sei es, daß die Umstände den geteilten Zellen die günstigsten Ernährungsbedingungen bieten, sei es, daß sie ihnen bloß weniger ungünstige als den ungeteilt fortbestehenden Zellen bieten. Wir verstehen wohl den teleologischen Zusammenhang, aber nicht seine physiko-chemische Vermittelung, und noch weniger, wie diese Vermittelung allein ausreichen könnte, dem Zweck zu genügen. —

5. Die Zellverschmelzung.

Der Zellteilung steht die Zellverschmelzung gegenüber. Wenn die erstere dazu dient, die Individuenzahl der betreffenden Zellenart zu vermehren, so dient die letztere der Verjüngung, indem sie, ähnlich wie die Vorrichtungen zur Verhinderung der Selbstbestäubung der Blüten, die Inzucht verhindert und an ihre Stelle die

Plasmamischung der Kreuzung setzt, die befördernd auf die Abänderung wirkt. Bei den Milchsaftegefäßen und Siebröhren der Pflanzen kommen Zellenverschmelzungen vor, die anderen Zwecken dienen und mit Fortpflanzung nichts zu tun haben. Auch Chromatophoren oder Farbträger vereinigen sich bei den Konjugaten zu je zweier miteinander, obzwar ihre eigentliche Verschmelzung noch zweifelhaft ist. Bei Infusorien sehen wir nach einer Reihe von Teilungen die Vermehrungskraft erschöpft; aber der teilweise Chromosomenaustausch zweier, sich aneinanderlegender Individuen der gleichen Art, gibt beiden die Fähigkeit zu fortgesetzten Teilungen zurück. Hier fehlt noch ebenso wie bei der Kopulation gleichartiger Schwärmosporen jede Andeutung einer Geschlechtsverschiedenheit; die sich vereinigenden Chromosomen der beiden Kerne erscheinen durchaus gleichartig und gleichwertig. Der Geschlechtsunterschied der Fortpflanzungszellen erscheint als eine sekundäre Erscheinung, die nicht so sehr ihre Chromosomen und ihre Markteile als vielmehr ihre Rindenteile betrifft. Die erste Andeutung eines Geschlechtsunterschiedes zwischen den Fortpflanzungszellen findet sich bei der Konjugatenart *Spirogyra*. Zwei Fäden mit Fortpflanzungszellen legen sich nebeneinander und bilden Leitersprossen. Aber je zwei Fortpflanzungszellen kommen sich nicht wie bei *Mesocarpus* in der Mitte je einer Sprosse entgegen, sondern die Zellen des einen Fadens zeigen trotz anscheinend gleicher Beschaffenheit und Größe eine größere Beweglichkeit als die des anderen, und wandern durch die Sprossen zu ihnen hinüber, um dort die Verschmelzung zu vollziehen.

Mitgabe von Vorratsplasma und Beweglichkeit sind beides gleich nützliche Eigenschaften für die Fortpflanzungszellen, die aber einander bis zu einem gewissen Grade ausschließen; soll beiden Anforderungen genug getan werden, so muß die eine Zelle mit Vorratsplasma auf Kosten der Beweglichkeit, die andere mit Beweglichkeit unter Verzicht auf Vorratsplasma ausgestattet werden. Die erstere passive, ruhende, entwickelungsfähige nennt man dann die weibliche Fortpflanzungszelle oder das Ei; die letztere aktive, agile heißt die männliche Fortpflanzungszelle, das Spermatozoid oder die Spermie. Ei und Spermie gehen aus Zellen hervor, die diese Unterschiede noch nicht zeigen, sondern erst durch Plasma-Aneignung oder Plasma-Abstoßung erlangen (Ovocyten und Spermatozyten, die durch Teilung von Spermatozyten entstehen);

diese wieder werden durch andere Zellen (Ovogonien und Spermatogonien) produziert, die sich aus den in der früheren Embryozzeit noch neutralen Urgeschlechtszellen umbilden. Auch diese Entstehungsgeschichte der Fortpflanzungszellen deutet darauf hin, daß ihre Geschlechtsunterschiede sekundärer Art sind. Wenn in den inneren Teilen beider ein wesentlicher Geschlechtsunterschied liegt, so dürfte er eher in den Zentralkörperchen als in den Kernen und ihren Chromosomen zu suchen sein.

Das Ei hat eine Hülle mit einem oder mehreren Kanälen (Mikropyle), die so eingerichtet sind, daß nur Spermien derselben Art eindringen können, damit Kreuzung mit anderen Arten vermieden werde. Nähert sich einem Seesternei eine Spermie gleicher Art, so bildet es eine kleine warzenartige Erhebung, den sogenannten Anziehungskegel, durch den es der Spermie entgegenkommt und gleichsam den Weg weist zum Eindringen. Die Eier der Moose scheiden Zucker, die der Farne Apfelsäure aus, welche Stoffe auf die gleichartigen Spermien anlockend wirken. Sobald eine Spermie, sei es ganz, sei es als bloßer Spermienkopf unter Zurücklassung des Mittelstücks und der Geißel, in eine Mikropyle eingedrungen ist, bildet das Ei sehr rasch eine Hülle, die die Mikropyle verschließt und das Eindringen weiterer Spermien verhindert. Gelangen dennoch mehrere Spermien in ein Ei, so verschmilzt nur eine von ihnen mit dem Eikern und die übrigen gehen durch Auflösung zugrunde. Nur bei mehrkernigen Eiern, wie sie bei Phykomyeten und Askomyeten vorkommen, müssen so viel Spermien eindringen, daß mit je einem Eikern sich ein Spermienkern verbindet. Das Zentralkörperchen des Eis ist vor und bei dem Befruchtungsvorgang nicht wahrnehmbar und geht wahrscheinlich bei ihm zugrunde; das der Spermie übernimmt allein die motorische Leitung. Nur so weit unbefruchtete Entwicklung eines Eis vorkommt, zeigt es sich, daß auch das Ei ein Zentralkörperchen besitzt, das dann seinerseits aus seiner Unwahrnehmbarkeit austritt, indem es die motorische Leitung übernimmt. Ein unbefruchtetes Seeigel-Ei kann infolge chemischer Reize (z. B. Chlormagnesiumlösung oder wässrigeren Spermaextrakt) in die Entwicklung eintreten, die dann aber mehr oder minder unvollkommen durchgeführt wird. Bei der parthogenetischen Fortpflanzung gewisser Insekten vertritt ein nicht ausgestoßener Halbkern mit Kernschleifenhälften den fehlenden

Spermienkern, wie Petrunkewitsch an Bieneneiern nachgewiesen hat. Durch diese Vereinigung wird zugleich die Kernschleifenanzahl, die im Ei auf die Hälfte reduziert war, wieder auf die typische Ziffer gebracht.

Der Spermienkern dringt zunächst in zentraler Richtung in die Eizelle ein (genauer: senkrecht zur Tangente der Berührungsstelle), ohne sich um den Eikern zu kümmern, biegt dann aber plötzlich in die Richtung um, die ihn geradewegs zum Eikern hinführt, und legt sich neben diesen. Schon vor der Berührung wirkt seine Anwesenheit im Ei als Reiz auf den Eikern; dies zeigt sich darin, daß dieser in heftige amöboide Bewegung gerät. Die gleichzahligen männlichen und weiblichen Chromosomen beider vereinigten Kerne (bei der Maus z. B. je zwölf) bleiben bis zur ersten Furchung oder Zellteilung des befruchteten Eis unverschmolzen und gesondert liegen; erst wenn sich die Eizelle teilt, vermischen sich in jeder ihrer beiden Furchungszellen die (zwölf) männlichen und die (zwölf) weiblichen Chromosomenhälften zu einem neuen Kern in der oben geschilderten Weise. Aber auch bei dieser Vermischung der Bestandteile der männlichen und weiblichen Halbchromosomen findet zunächst keine eigentliche Verschmelzung derselben statt, sondern nur eine Nebeneinanderlagerung der Chromatinkörnchen männlichen und weiblichen Ursprungs; dies ist von M. Sutton bei einer Heuschreckenart festgestellt worden, bei der die Chromosomen in jedem der beiden Kerne untereinander verschiedene Länge haben. Auch die Erscheinungen an Bastardpflanzen weisen darauf hin, daß die Bestandteile beider Kerne lange getrennt bleiben, und daß bald der eine, bald der andere Kern für die Ausbildung bestimmter Teile des Organismus maßgebend werden kann. Dennoch muß früher oder später eine wirkliche Verschmelzung eintreten, spätestens bei der Bildung neuer Fortpflanzungskerne, d. h. bei der Reifung des Eis und der Spermien, wie dies von Häcker bei Zyklops beobachtet worden ist. Das wenige Protoplasma, das als Markschicht den Spermienkern umgibt, und das Protoplasma des Eis haben sich vorher im ungefurchten Ei gemischt. Sobald sich der Eikern und Spermienkern aneinander gelegt haben, sind durch ihre Lage zueinander die Achsen des künftigen Embryo bestimmt. Die erste Teilungsebene des Eis, die zugleich zur Medianebene des Embryo wird, geht nämlich beim Frosch durch die Verbindungs-

dungslinie beider Kernmittelpunkte, und die Schwanzseite entspricht der Seite, von der der Spermienkern her eingedrungen ist und sich dem Eikern genähert hat.

Die Vorgänge bei der Befruchtung sind nicht minder auffällig, als die bei der ungeschlechtlichen Selbstteilung einer Zelle; ihre Zweckmäßigkeit ist um so merkwürdiger, als hier zwei Zellen von ganz verschiedener Herkunft sich in ihrer Organisation und ihren Tendenzen aufeinander angelegt zeigen und harmonisch zu den Zwecken des Gattungslebens zusammenwirken. —

Diese Darstellung hat sich mit Absicht auf die körperlichen Lebenserscheinungen beschränkt. Gewöhnlich wird unter die Lebenserscheinungen auch die Sensibilität oder Empfindungsfähigkeit gerechnet. Eine solche kann jedes Individuum nur an sich selbst, keines an einem anderen wahrnehmen. Man kann nur aus den übrigen wahrnehmbaren Lebenserscheinungen schließen, daß sie nach Analogie der eigenen inneren Erfahrung auch mit Empfindung verbunden seien. Dabei ist ein doppelter Irrtum möglich: es kann einerseits wegen des großen Unterschiedes der Zelle vom Menschen Empfindung geleugnet werden, wo sie vorhanden ist, und es kann andererseits Empfindung auch in solchen Vorgängen oder in solchen Momenten der Reaktionen vorausgesetzt werden, wo nur bewußtlose Mechanisierung oder unbewußt-psychische Funktionen oder eine Vereinigung beider in Betracht kommen. Die Untersuchung, wie weit im Leben der Zelle Empfindung, d. h. eine subjektiv-ideale Erscheinung, mitspielt, ist Aufgabe der vergleichenden Psychologie; die Biologie als solche hat ihrer Aufgabe genügt, wenn sie die körperlichen Lebenserscheinungen erforscht, die der objektiv realen Erscheinung angehören. Natürlich darf jede Wissenschaft in die andere übergreifen, um die Grenzgebiete zu erhellen. Es ist sogar sehr wünschenswert, daß jeder Forscher auf einem Spezialgebiet sich auch mit den angrenzenden Gebieten beschäftigt, um nicht in einseitigen Spezialisismus zu verfallen. Aber es ist ebenso zu wünschen, daß er bei solchen Erörterungen sich der Heranziehung einer anderen Disziplin in die seinige bewußt bleibt.

VI. Die stammesgeschichtliche Entwicklung der mehrzelligen Organismen.

Der größte Schritt innerhalb der organischen Natur ist der vom einzelligen zum mehrzelligen Organismus. Dieser Schritt ist weder durch direkte Anpassung im Lamarckschen Sinne, noch durch indirekte Anpassung oder Selektion im Darwinschen Sinne erklärbar. Denn die einzelligen Organismen haben als solche die denkbar größte Anpassungsfähigkeit, so daß sie sich an jedem Orte und zu jeder Zeit behauptet haben. Sie hatten weder einen Grund, um der besseren Anpassung willen zum mehrzelligen Typus überzugehen, noch haben die mehrzelligen Organismen irgendwo und irgendwann vermocht, die einzelligen im Kampf ums Dasein zu verdrängen, sondern haben sich damit begnügen müssen, sich neben ihnen einen Platz zu erobern. Trotzdem ist es unzweifelhaft, daß die einzelligen Organismen älter sind als die mehrzelligen und daß die letzteren stammesgeschichtlich aus den ersteren entsprungen sind. Da wir von der tatsächlichen Entstehungsgeschichte der Mehrzelligen nichts wissen und niemals etwas erfahren werden, so hat es ein um so größeres Interesse, die noch jetzt vorhandenen Übergangsstufen zwischen ein- und mehrzelligen zu betrachten, die uns veranschaulichen können, welcher Art etwa die wirklichen, genetischen Übergangsstufen gewesen sein können, die beide Gebiete der organischen Natur verknüpfen.

Diese Übergangsformen sind doppelter Art. Einerseits gibt es einzellige Organismen, die den äußeren Typus mehrzelliger vorspiegeln und deren wichtigste Formbestandteile (Wurzeln, Stengel, Blätter) vorwegnehmen; andererseits gibt es losere und engere Zellverbände, so daß alle Grade der Verknüpfung vertreten scheinen.

Die einzelligen Wasseralgae, die in manchen Arten (z. B. *Caulerpa*) meterlange, wohlgegliederte Pflanzen darstellen, rechnet man gewöhnlich nicht zu den Übergangsformen; man sieht in der mannigfachen Differenzierung der Teile der einen Riesenzelle nur eine ähnliche Anpassungserscheinung wie in der Differenzierung der Zellen bei mehrzelligen Organismen oder in der Differenzierung der Einzelindividuen (Personen) bei Stöcken und folgert daraus nur, daß es relativ gleichgültig für die adaptive Differenzierung ist, ob die sich anpassenden Teile die morphologische Bedeutung von Zellteilen, Zellen, Geweben oder Personen haben. Neuerdings hat sich jedoch auch eine etwas abweichende Auffassung geltend gemacht.

Die einzelligen Organismen, die sich auf solche Weise differenzieren, sind weder einkernige Zellen, noch sind sie vielkernig im Sinne einer typischen, festen, engbegrenzten Kernzahl, sondern haben eine urbestimmte, mit dem Wachstum zunehmende Kernzahl. Eine solche einzellige Alge unterscheidet sich von einer ähnlich gebauten vielzelligen grundsätzlich nur durch das Fehlen der Zellwände. Nun sind aber die Zellhüllen etwas relativ Gleichgültiges im Verhältnis zu den Kernen, Zentralkörperchen und Farbträgern, deren die eine Riesenzelle nicht weniger zu haben braucht als eine gleich große mehrzellige Pflanze. Von den Kernen, Zentralkörperchen und Farbträgern gehen alle wichtigeren Funktionen des Organismus aus, während die Zellwände nur Stützgerüste und mehr oder minder durchlässige Abschlußschichten des Zellinhalts darstellen. Es scheint demnach, als ob die Cellulartheorie, die alles Gewicht auf die Zusammensetzung aus abgeschlossenen Zellen legt, einer Nebensache zu großes Gewicht beigelegt hat, und diese Ansicht findet darin eine Stütze, daß bei vielzelligen Organismen die Verbindung der Zellen durch Plasmafäden, die die Zellwände durchbrechen, immer deutlicher wird. Auch der mehrzellige Organismus stellt sich nämlich als ein zusammenhängendes Plasmagebilde dar ebensogut wie die eine Riesenzelle. Gewiß hat die Teilung durch Zwischenwände ihren physiologischen Nutzen, da sie bei allen höheren Organismen durchgeführt ist (ähnlich wie die Schotten bei den modernen Schiffskolossen); aber das Entscheidende ist doch, daß der mehrzellige wie der einzellige Organismus eine Plasmaeinheit ist, durch die sich Reize zwischen den Teilen fortpflanzen können, und daß ihre Gliede-

rung durch die Vielheit der Kerne, Zentralkörperchen und Farbträger bestimmt ist.

Die ursprüngliche Cellulartheorie faßte den mehrzelligen Organismus wie ein Zellengefängnis auf, dessen Zelleninsassen sich nur durch die massiven Wände hindurch verständigen können. Die Riesenzelle einer *Caulerpa* entspricht dagegen einem großen Bau mit verschiedenartig ausgestalteten Gebrauchsräumen und Korridoren, zwischen denen jede Teilungswand fehlt. Die mehrzellige Pflanze endlich gleicht einem Gebäude, dessen Räume zwar durch Teilungswände geschieden sind, aber durch Teilungswände, die mit Durchgangsöffnungen versehen sind und den Verkehr durch sie unbehindert lassen. Wie der Faden der Ariadne durch ihres Vaters Labyrinth, so zieht sich die Einheit des Plasma durch alle verbundenen Gemächer, in denen die Arbeiter (Kerne usw.) verteilt sind und ihren Leistungen obliegen. Nur da wird die Durchbrechung der seitlichen Zellwände von Plasmafäden überflüssig, wo entweder ein Gewebe keine aktiven Leistungen mehr für den Gesamtorganismus zu vollbringen hat, oder wo infolge der Meldungs- und Befehls-Zentralisation nur noch eine Reizleitung in bestimmter Richtung (zum und vom Zentrum) stattfindet, also nach allen anderen Seiten hin der Abschluß vollständig sein kann.

Läßt man diese Auffassung gelten, so gewinnt die differenzierte Riesenzelle des einzelligen Organismus eine erhöhte Bedeutung. Sie nimmt dann nicht bloß den äußeren Aufbau der Pflanze nach Wurzeln, Stengeln, Blättern und Vegetationspunkten vorweg, sondern auch ihren inneren Bau, was die Verteilung der Kerne usw. betrifft. In den Organen der Zelle, nicht mehr in der Zelle selbst, sind dann die zusammengehörigen Lebenseinheiten zu sehen, die durch ihre Teilung das Wachstum des Organismus bewirken. Wie in jeder Zellteilung die Kernteilung die Hauptsache, die nachfolgende Abschnürung der Zellhülle aber Nebensache ist, so erscheint es relativ gleichgültig, daß bei der Kernteilung der vielkernigen Zelle die nachherige Abschnürung unterbleibt. Das Wachstum hat in der Hauptsache in beiden Fällen denselben Charakter, mag es mit Abschnürung der Plasmahüllen der abgespaltenen Kerne verbunden sein oder nicht, und die adaptive Differenzierung der so erwachsenen Teile rückt sich nunmehr in den beiden Fällen viel näher als unter dem Gesichtspunkt der Cellulartheorie. Die einzellige Alge vollzieht denselben

Lebenslauf ohne Zwischenwände, wie die vielzellige mit solchen; deshalb liegt der Gedanke nahe, daß auch die inneren treibenden Formprinzipien die gleichen sind bis auf den Unterschied der von Verbindungstüren durchbrochenen Zwischenwände. Die niederen Lebenseinheiten sind in beiden die Kerne nebst Zubehör; die höhere Lebenseinheit ist in beiden das kontinuierliche Plasma, das sich mit oder ohne Einschnürungen durch den ganzen Organismus hindurchzieht.

Trotz dieses wesentlich gleichen Formprinzips ist doch nicht anzunehmen, daß mehrzellige Organismen aus differenzierten Riesenzellen durch nachträgliche Bildung von Zwischenwänden entstanden seien. Die differenzierten Riesenzellen sind ein besonderer Seitenzweig in der Entwicklung der einzelligen Organismen, der von dem Wege zu den mehrzelligen abführt. Die Tendenz zur Bildung von Zwischenwänden durch Einschnürung der Zellhülle muß während des Wachstums von der ersten Kernteilung an auftreten und sich bei jeder wiederholen, kann aber nicht nachträglich am fertigen Organismus hervortreten. Deshalb ist der Vergleich loserer und engerer Zellverbände für das Verständnis der Entstehung mehrzelliger Organismen noch wichtiger als der Vergleich differenzierter Riesenzellen mit ähnlichen mehrzelligen Organismen.

Nägeli hat folgende drei Gesetze für den Übergang zu mehrzelligen Organismen aufgestellt, die zugleich drei Stufen in der Engigkeit des Zellverbandes darstellen: 1. Die Teilungsprodukte einer einzelligen Pflanze bleiben verbunden, statt sich räumlich zu trennen; 2. durch Sprossung entstehende geschlechtslose Fortpflanzungszellen werden, statt sich von der Mutterpflanze abzulösen, zu gegliederten Zellfäden oder Zellästen; 3. die durch Verzweigung entstandenen Teile einer mehrzelligen Pflanze, die auf niederer Stufe (z. B. bei konfervenartigen Algen) freibleiben, legen sich auf höherer Stufe (z. B. bei Pilzen und Flechten) zu einem Geflecht oder Gewebe zusammen, das zuerst bloß durch eine verbindende Gallerte lose zusammengehalten wird, weiterhin aber zu einem dichten Gewebe verwächst. Nach den beiden ersten Gesetzen bleibt auf der höheren stammesgeschichtlichen Stufe die endgültige räumliche Trennung der Teilungs- und Fortpflanzungsprodukte aus, die auf den niederen erfolgt; nach dem dritten Gesetz verwachsen auf der höheren Stufe Zellfäden oder Zelläste

ihrer ganzen Länge nach miteinander, die auf der niederen Stufe nur mittelbar durch ihre Ursprungsstellen und durch deren gemeinsamen Zellfaden miteinander verbunden sind. Übrigens können nur ungeschlechtliche Keimzellen den Organismus durch Sprossung nach dem zweiten Gesetz unmittelbar vergrößern, während geschlechtliche, d. h. ungleichartige Keimzellen bei etwaigem Weiterwachsen nur zu Fortpflanzungsorganen führen.

Die Übergänge von losen zu festen Zellverbänden sind ebenso fließend wie die zwischen losen und festen Personenverbänden zu Stöcken. Vielkernige Zellen und Zellverbände von ebensoviel Zellen und gleicher Gesamtgröße gehen in manchen Erscheinungen der Entwicklungsgeschichte fließend ineinander über, so z. B. in der Kernteilung der Insekteneier in Hunderte von Kernen und ihrem plötzlichen Zerfall in ebensoviel Zellen. Auch ein vielkerniges Plasmodium einer Myxomycete ist, trotzdem es sich als einheitliche schleimige Masse darstellt, doch der Potenz nach in sich vielzellig; dies tritt zutage, wenn es bei der Umwandlung zu einem Fruchtkörper in so viel Sporen zerfällt, als Kerne in ihm enthalten sind. Die Nostochaceen, Oscillariaceen und Chroococcaceen führen uns Stufen der loseren und festeren Zellverbindung vor, bei denen man teilweise zweifelhaft sein kann, ob man es mit einem zufällig zusammengeballten Haufen einzelliger Pflanzen oder mit einer mehrzelligen Pflanze zu tun hat. Ebenso zeigen Anhäufungen einzelliger Organismen (z. B. Weinhefe) bei ihrem Wachstum oft ganz ähnliche baumartig verzweigte Formen wie gewisse mehrzellige (z. B. konfervenartige Algen) oder vielkernige einzellige; während aber bei den beiden letzteren diese Formen bleibend sind, stellen sie bei den ersteren nur eine Übergangsform vor dem Zerfall der Zellhaufen in Einzelzellen dar.

Warum trennen sich dort die Teilungsprodukte und bleiben hier beisammen? Warum zerfällt im einen Fall die vielkernige Zelle in so viel Zellen, als sie Kerne hat, im anderen Falle nicht? Wir sehen, daß die artgleichen Zellen bald ein Streben nach Trennung aus verbundener Lage, bald nach Verwachsung aus getrennter Lage, die artgleichen Kerne derselben Zelle bald ein Streben nach Zerfall in einkernige Zellen haben, bald dessen ermangeln, je nachdem durch die stammesgeschichtliche Entwicklung ererbte Anlagen zu der einen oder der anderen Verhaltungsweise in ihnen niedergelegt sind. In den einzelligen Organismen,

die zum ersten Male auf Trennung verzichteten und sich zum Zusammenbleiben entschlossen, bestand jedoch nicht nur keine erbliche Anlage zu solcher Verwachsung, sondern es bestand im Gegenteil die erbliche Anlage zur Trennung der Teilungsprodukte, und diese ererbte Trennungstendenz mußte überwunden werden. Wir sehen zwar, daß Stücke artgleicher Gewebe mehrzelliger Organismen im allgemeinen eine Neigung haben, miteinander zu verwachsen, wenn sie in enge Berührung gebracht werden; aber diese Neigung rührt eben von der ererbten Anlage des Keimplasmas der mehrzelligen Organismen her. Es wäre also ganz irrtümlich, diese Neigung auch auf gleichartige Zellen einzelliger Organismen zu übertragen, weil diesen nicht nur jene ererbte Anlage fehlt, sondern sogar die entgegengesetzte innewohnt. Wir haben es also offenbar bei dem Übergang von der einzelligen zu der mehrzelligen Lebensweise mit einer der größten Umwandlungen der Lebensgewohnheiten im Widerspruch mit den erblichen Anlagen zu tun, vielleicht mit dem größten Umschlag, der sich überhaupt in der stammesgeschichtlichen Entwicklung vollzogen hat. Und diese Umkehrung der erblichen Anlagen ist um so merkwürdiger, weil sie so ungeheuer folgenschwer für die gesamte Entwicklung des organischen Lebens geworden ist.

Daß die Tendenz zur Trennung der Vermehrungsprodukte voneinander das Ursprüngliche war, sehen wir noch heute an jedem mehrzelligen Organismus in dem Verhalten seiner Fortpflanzungszellen. Das Keimplasma hat die Neigung bewahrt, sich einzellig abzuschließen und in einzelliger Gestalt auszuwandern, trotzdem es allen seinen übrigen Teilungsprodukten die erbliche Anlage zum Zusammenbleiben und zur Verwachsung übermittelt. Wie verborgen die Fortpflanzungszellen auch im Schoße eines mehrzelligen Organismus ruhen mögen, sie wissen doch ihre Auswanderung zu bewerkstelligen, wenn ihre Reifezeit gekommen ist, und alle die wunderbaren Vorkehrungen zur Ermöglichung dieser Auswanderung sind wie die Fortpflanzungsorgane überhaupt nur indirekte Wachstumsprodukte der primitiven (embryonalen) Fortpflanzungszellen, in denen ihre Auswanderungstendenz ihren mechanisierten Ausdruck findet. Die Verwachsungstendenz hat sich also in den einzelligen Organismen entwickeln müssen nicht nur im Kampfe mit der ererbten Trennungstendenz, son-

dern sogar trotz deren Fortdauer für das Keimplasma in bezug auf die Fortpflanzungszellen. —

Die losesten Zellverbände sind der Zellhaufen und die Zellkolonie, die noch wenig oder gar keine Arbeitsteilung, und demgemäß auch wenig oder gar keine Differenzierung der Zellen für besondere Leistungen zeigen. Sie gelangen über bescheidene Abmessungen nicht hinaus und entbehren jeder Zentralisation; die Reaktion auf Reize geht von den Einzelzellen aus, deren harmonisches Zusammenwirken um so wunderbarer erscheint. Größere Formen und reichere Arbeitsteilung werden erst bei einem engeren Zellverband, der „Person“ erreicht, die Stützgerüste und innere Oberflächen ausbilden kann. Bei den Pflanzen wirkt das Bedürfnis nach viel Licht und Luft einschränkend auf die Verwachsungen und die Bildung innerer Oberflächen, weil alles auf Vergrößerung der äußeren Oberfläche abzielt. Für die Tiere dagegen, die den Energiestrom nicht wie die Pflanzen aus der Sonnenstrahlung, sondern aus den Nahrungsmitteln entnehmen, ist die Bildung innerer Oberflächen wichtig zur Erleichterung der Verdauung und bei Lufttieren auch für die Atmung. Die Tiere bestehen deshalb aus mindestens zwei verschiedenen Zellschichten (Keimblättern), deren eine die äußere, deren andere die innere Oberfläche (den Urmagen oder Urdarm) bildet. Die erstere heißt auch das Hautsinnesblatt, die letztere das Darmdrüsenblatt. Aus dieser einfachsten Stufe (Gastrulastufe) entwickeln die Tiere sich weiter, indem sich zwischen die zwei Keimblätter ein drittes einschiebt und die Zwischenräume zwischen den Keimblättern sich mit Gallerte ausfüllen. In diese Gallerte können dann frei gewordene Zellen aus einem der Keimblätter einwandern oder Einstülpungen hineinwachsen, die nachher abgeschnürt werden. So können die mannigfachsten Gewebearten für bestimmte Verrichtungen entstehen, teils unter dem Einfluß funktioneller Reize, teils auf Grund ererbter Anlagen. Denn „Gewebe“ bedeutet eine Vielheit von Zellen, die zu gemeinsamer Funktion zusammengeordnet sind.

Vermittelt solcher Gewebe gliedern die Tiere sich in zunächst gleichwertige Gegenstücke (Antimeren oder Personellen) oder Folgestücke (Metameren). Der Gegenstücke können zwei oder mehrere sein; im ersteren Falle gehören die Tierpersonen dem bilateralen (z. B. Wirbeltiere), im zweiten Falle dem radiären Typus (Strahltiere) an. Durch funktionelle Anpassung können

in beiden Typen die ursprünglich gleichwertigen Seitenstücke ungleichwertig, also der Typus unsymmetrisch werden (z. B. Seeigel, Schnecken). Im metameren Typus nimmt mit der Organisationshöhe die Zahl der Folgestücke vom hinteren Ende her ab (z. B. Vielfüßer, Kruster, Spinnen, Insekten) und differenzieren sich die Folgestücke mehr und mehr gegeneinander, während sie auf den untersten Stufen annähernd gleich sind.

Tierpersonen können sich zu einem Stock zusammensetzen. Bei lockerer Verbindung der Personen gestattet der Stock nur geringe Differenzierung, so daß die Personen sich mehr oder minder gleich sehen (z. B. Korallenstöcke, Hydroidpolypenstöcke). Nur bei festerer Verbindung wird eine reichere Differenzierung möglich. Die Personen sehen dann ganz verschieden aus, weil sie ganz verschiedenen Funktionen angepaßt sind, und werden zu Organen des Stockes (z. B. Siphonophorenstöcke). Bei höheren Tieren, wo die Durchbildung der Personen schon zu weit vorgeschritten ist, als daß sie noch zu bloßen Organen eines Stockes herabgesetzt werden könnten, kommt deshalb auch keine Stockbildung mehr vor; dieselbe stellt vielmehr gerade ein Hilfsmittel dar, durch das niedere Tierarten mit einer noch auf tiefer Stufe stehen gebliebenen Personentwicklung doch zur Ausbildung reich differenzierter Individuen höherer Stufe gelangen können, auch ohne den weiten stammesgeschichtlichen Weg zur Entwicklung höherer Tierarten mit höheren Personen zurückzulegen. Die Person ist die günstigste Stufe für eine höhere Entwicklung, weil die Differenzierung ihrer Zellengruppen oder Gewebe zu mannigfachen fein durchgebildeten Organen hier fast unbegrenzte Möglichkeiten eröffnet, während bei den einzelligen Organismen die Möglichkeit, Zellteile zu Organen auszubilden, doch ebenso beschränkt ist wie bei einem Stock.

Eine besondere Art der Zellverbindung zeigt die Symbiose (Lebensgemeinschaft). Sie betrifft artungleiche Individuen, während alle bisher angeführten Zellverbände artgleiche Individuen betrafen. Während der Parasitismus nur einem der beiden artungleichen Individuen zum Nutzen, den anderen aber meistens zum Schaden gereicht und niemals ein Individuum höherer Ordnung hervorbringt, der Kommensalismus oder die Tischgemeinschaft sich aber nur auf die Nahrung bezieht, ist die Symbiose beiden artungleichen Individuen nützlich, dient mannigfachen

Lebensbedürfnissen beider und führt in gewissen Fällen zu einer Individualität höherer Ordnung. Gewisse Einsiedlerkrebse (Paguren) setzen auf die Schneckenschale, in der sie wohnen, mit ihrer großen Schere soviel Seerosen (Aktinien) hinauf, wie darauf Platz haben, und suchen die ihnen abgenommenen wieder auf. Die Seerosen erlangen durch den Krebs Ortveränderung im Wasser und schützen ihre Wirte durch ihre mit Nesselkapseln besetzten Fäden gegen Feinde, wenden aber ihre Waffen nicht gegen ihre Wirte an, lassen sich auch von ihnen willig von ihrem Standort abheben, während sie sonst sich eher in Stücke reißen lassen. Ein bei Neapel lebender Einsiedlerkrebs (*Eupagurus Prideauxii*), trägt eine Kolonie von Polypen (*Podocoryne carnea*) auf seiner Schneckenschale, deren Rand ganz mit Wehrpolypen besetzt ist; diese verteidigen ähnlich wie die Nesselfäden der Seerosen ihren Wirt gegen seine Feinde. Ein Nesselwald von Seerosen-Tentakeln dient einem kleinen bunten Fisch der Gattung *Trachichthys* zum Schutz gegen seine Feinde. Die Seerosen tun ihm nichts, weil er sie mit Fleisch füttert, das er sich von ihnen zum Abbeißen halten läßt. Ameisen in einer Blattlauskolonie dienen dieser zum Schutz gegen ihre Feinde, und dafür bieten die Blattläuse den Ameisen ihre flüssigen Exkremente willig zum Genuß dar, ohne von dem klebrigen Saft ihrer Honigröhren gegen sie Gebrauch zu machen, mit dem sie ihren Gegnern die Augen blenden. Der südamerikanische Armleuchterbaum schützt sich dadurch gegen die Blattschneiderameise, daß er einer anderen Ameisenart (*Azteca instabilis*) in seinem hohlen, gekammerten Stamm Obdach und in einem ausgeschwitzten braunen Saft und weißen Kölbchen Nahrung gibt. Diese Einwohner verteidigen dann ihre Heimat gegen jeden Überfall der Blattschneiderameisen. In manchen niederen Tierarten finden sich ständig einzellige niedere Algen, die ihren Wirten durch Abgabe von Sauerstoff und überschüssigem Zucker nützen, während sie selbst von der Kohlensäure und den sonstigen Abfallsprodukten des tierischen Haushalts leben. Wenngleich die Regelmäßigkeit ihres Vorkommens in den Wirten auf eine ständige Verbindung beider schließen läßt, so entsteht in allen bisher aufgeführten Beispielen doch keine Individualität höherer Ordnung. Dies ist aber der Fall bei der Vereinigung von Pilzen und Algen zu Flechten.

Diese bilden neue einheitliche Gesamtformen, die weder mit

den Pilzen noch mit den Algen Ähnlichkeit haben. Nur die Fortpflanzung muß jeder Bestandteil selbständig ausüben, und erst aus dem Zusammentreffen der beiderseitigen Fortpflanzungsprodukte entsteht eine neue Flechte. Der Gesamtorganismus sorgt aber durch periodische Ausbildung von gemeinsamen Fortpflanzungskörpern (Soredien) dafür, daß auch die Keime beider Bestandteile verbunden vom Winde an neue Ansatzpunkte fortgetragen werden. Die chlorophyllhaltige Alge liefert dem Pilz Kohlenwasserstoffe und dieser der Alge Kohlensäure und gelöste Mineralbestandteile. Jeder Teil könnte das, was der andere ihm liefert, sonst nur aus den sich zersetzenden Resten abgestorbener anderer Organismen schöpfen. Die Alge kann durch ihr Chlorophyll Kohlenwasserstoffe aus der Luft gewinnen, der Pilz vermag wiederum Mineralien seines Standortes aufzulösen. So schafft ihre Vereinigung beiden Teilen größere Unabhängigkeit des Standortes, indem sie sich im Kleinsten fördern und ergänzen wie das Tierreich und Pflanzenreich im großen Naturhaushalt oder in einem Aquarium. Die Flechten sind die erste Vegetation, die den nackten Fels überzieht und selbst auf kristallinischem Gestein fortkommen kann; sie erst muß die Humusschicht für weitere Vegetation hervorbringen. —

In der Regel beschränkt man jetzt den biologischen Individualitätsbegriff auf die drei Stufen: Zelle, Person und Stock, wozu als vierte die Symbiose im engeren Sinne hinzutreten müßte. Man trägt Bedenken, das Gegenstück oder Folgestück eines Tieres als Individuum gelten zu lassen, weil keine seinem Formwert entsprechenden Individuen als selbständig lebende angetroffen werden und ihre künstliche Ablösung keine dauernd lebensfähigen Organismen liefert. Wenn aber ein Gegenstück oder Folgestück nicht nur alle wesentlichen Organe des Tieres in sich vereinigt, sondern auch die Fähigkeit besitzt, das ganze Tier wieder aus sich hervorzubringen, so erscheint es doch als ein unwesentlicher Nebenumstand, ob Individuen gleichen Formwertes auch als frei lebende existieren, und ob die Lebensdauer des abgelösten Teiles kürzer oder länger ist, falls seine Wiederergänzung verhindert wird oder ausbleibt. Die Natur ist nicht verpflichtet, alle Möglichkeiten zu verwirklichen, und wenn ein Gebilde alle Merkmale der Individualität in sich vereinigt, so tut es seiner Individualität keinen Eintrag, daß es nicht auf dauerndes selbständiges Leben,

sondern auf ein Vereinsleben eingerichtet und nur für ein solches mit erblichen Anlagen ausgerüstet ist.

Das Gleiche gilt für die Teile und Organe der Zelle; wir müssen ihnen eine Individualität niederer Stufe zuschreiben, gleichviel ob gleichwertige Formelemente selbständig leben können oder nicht. Es mag sein, daß gewisse Bakterien nicht mehr den Formwert einer Zelle, sondern nur noch den eines Zellkernes oder einer einzelnen Kernschleife haben, also das gesuchte freilebende Analogon des Kernes und der Kernschleife darstellen. Wir müssen aber auch die einzelnen Chromatinkörnchen, aus denen sie sich zusammensetzen, als Individuen niederer Stufe ansehen. An den Bestrebungen vieler moderner Biologen, hypothetische submikroskopische Lebenseinheiten aufzustellen, ist gewiß soviel als richtig festzuhalten, daß die spezifisch organischen Individualitätsstufen mit den Chromatinkörnchen, die die Kernschleifen zusammensetzen, noch lange nicht erschöpft sind, und daß sich zwischen sie und die unorganischen Moleküle der chemischen Verbindungen (Phosphorproteine) noch viele Stufen organischer Individualität einschieben. —

Aller Fortschritt beruht auf Differenzierung der Teile, die sich durch ungleiches Wachstum vollziehen muß. Voraneilendes Wachstum einer einzelnen Zellengruppe führt durch ihre Oberflächenvergrößerung zu einer Faltung, die an der äußeren Fläche als Ausstülpung, an der inneren als Einstülpung erscheint. Gewöhnlich wird nur die räumliche Differenzierung gleichzeitiger Teile beachtet; es gibt aber auch eine zeitliche Differenzierung, bei welcher dieselben Teile in verschiedenen Lebensperioden sich auf ganz verschiedene Funktionen einstellen. Die Differenzierung besteht in einer Anpassung bestimmter Teile an bestimmte Verrichtungen, d. h. in der Organisation der Arbeitsteilung. So lange jeder Teil alle für das Leben erforderlichen Verrichtungen versehen kann, vermag jeder Teil den anderen zu ersetzen, ist also jeder Teil von allen übrigen bis zu einem gewissen Grade unabhängig, wie in der Zellkolonie. Sobald dagegen jeder Teil nur auf gewisse Verrichtungen eingerichtet ist und die anderen ebenfalls für das Leben unentbehrlichen Leistungen gar nicht mehr oder doch nur mangelhaft vollbringen kann, wird jeder Teil von allen übrigen abhängig, die das leisten, was er nicht kann, und was doch für den Fortbestand des Ganzen erforderlich ist. So können z. B. einzellige

Pflanzen, abgesehen von Schmarotzern, das Blattgrün oder einen ähnlichen Stoff nicht entbehren, während in mehrzelligen Pflanzen die inneren, vom Licht nicht getroffenen Teile es sehr wohl entbehren können, weil das Blattgrün der belichteten äußeren Zellen für sie mitarbeitet. In einem zusammengesetzten Organismus werden einige Zellengruppen besonders empfindlich für bestimmte Reizarten, andere kontraktile, andere zu Ausscheidungsorganen, wieder andere zu Stützen, Schutzdecken, Transportmitteln für Nahrungssäfte und Reize, zu Fortpflanzungsorganen, Verteidigungs- und Angriffsmitteln usw.

Soll die Differenzierung für das Ganze nützlich sein, so muß sie harmonisch fortschreiten, d. h. die Differenzierung aller Teile muß jederzeit im Gleichgewicht stehen, damit alle unentbehrlichen Leistungen stets in gleicher Vollkommenheit und im rechten Verhältnis zueinander vollzogen werden. Jede Differenzierung eines Teiles ist vervollkommnete Anpassung an die Außenwelt in bezug auf die Lösung bestimmter Aufgaben; das Gleichgewicht aller gleichzeitigen Differenzierungen in den Teilen des Organismus ist vervollkommnete Anpassung der Teile aneinander. Die Differenzierung muß, um dem Ganzen zu dienen, mit der Integration, die physiologische Arbeitsteilung mit der Vergliedlichung der Zellgruppen zu Organen, die äußere Anpassung mit der inneren Hand in Hand gehen. Jede der beiden Seiten dieses Vorganges zeigt dasselbe Problem von einer anderen Seite. Die Fähigkeit der funktionellen Anpassung reagiert dort auf äußere, hier auf innere Reize; die reaktive Anpassung jedes Teiles steht stets im Dienste des Ganzen, indem sie dort die einseitige Leistungsfähigkeit der Teile steigert, hier das Gleichgewicht zwischen diesen Einzelsteigerungen aufrecht erhält. Immer dient sie dem Individualzweck höherer Ordnung, sowohl indem sie die Verschiedenheit der Individuen niederer Ordnung steigert, als auch indem sie die Harmonie in den funktionellen Wirkungen dieser Differenzierung wahrt. Der Gesamterfolg ist die Steigerung der Organisationsvollkommenheit auf Grundlage des ohne Rücksichten auf Anpassung einmal gewählten organisatorischen Haupttypus.

Für die Erklärung einer solchen Anpassung stehen vier Wege zu Gebot: prästabilisierte Harmonie (makrokosmisches Präformations- oder Einschachtelungssystem), Selektion, bewußte Intelligenz und unbewußte finale Reaktivität. Die Selektion leistet in keiner

ihrer Formen, was sie zu leisten verspricht, nämlich eine wirkliche Erklärung der Vorgänge¹⁾, die bewußte Intelligenz kann nur bei höheren Tieren eine mitwirkende Rolle spielen, scheidet aber bei den Pflanzen, den niederen Tieren und den der Willkür nicht unterworfenen Funktionen der höheren Tiere ganz aus. Es bleibt also nur die Alternative zwischen prästablierter Harmonie und unbewußt finaler Reaktivität. Das Präformations- oder Einschachtelungssystem ist für den Makrokosmos (das gesamte Weltgeschehen seit der Anfangskonstellation) noch ungeheuerlicher als für den Mikrokosmos (den ersten Urganismus als Schachtelzelle für alle aus ihr entspringende Organismenreihen). Die prästablierte Harmonie war von jeher nur eine den Spott herausfordernde Verlegenheitsauskunft für diejenigen, die vor der stetig fortgeführten Harmonisierung und immer aufs neue stabilisierten Harmonie aus irgendwelchen Vorurteilen scheu zurückwichen. Die in jedem Augenblick neu gesetzte Harmonie oder kontinuierliche Harmonisierung ist aber selbst nur ein anderes Wort für die beständige unbewußte finale Reaktivität aller Teile der Welt gegeneinander oder für die allgemeine wechselseitige zweckmäßige Anpassung oder universelle Teleologie, die da am deutlichsten sich offenbart, wo sie durch keine bewußte Zwecksetzung im einseitigen Interesse bestimmter Individuen gestört wird.

Wir gelangten oben zu dem Ergebnis, daß der Übergang von Einzelzellen zu Zellverbänden nicht durch Anpassung erfolgt sein könne, weil das einzellige Leben sich allen Lebensbedingungen auf das Leichteste und Vollkommenste anzupassen vermag und darum gar nicht nötig hat, seinen ererbten Trennungstendenzen zum Trotz die Zellteilungsprodukte anpassungshalber zusammenzuhalten. Es wäre immerhin möglich, daß diese Ansicht nicht zutreffend wäre, daß es doch Lebensbedingungen gäbe, unter denen das Zusammenbleiben der Zellteilungsprodukte vorübergehend oder dauernd gewisse Vorteile für diese Individualitätsstufen gegenüber der Trennung darböte. Freilich wissen wir solche nicht anzugeben, könnten auch nicht erklären, warum dann nicht die einzelligen Organismen durch die Zellverbände unter solchen Lebensumständen gänzlich verdrängt und ausgerottet sind. Aber selbst wenn die Anpassung bei diesem Übergang mitgespielt hätte, so würde sie

¹⁾ Vergl. den Abschnitt I dieses Buches.

doch bei ihm nicht anders aufzufassen sein wie bei den späteren Vervollkommnungen der Organisation; d. h. sie müßte bei jenem wie bei diesen als unbewußte Zwecktätigkeit gedeutet werden.

Nun kennen wir aber zahlreiche Fälle, in denen anscheinend nutzlose und gleichgültige Organisationsveränderungen eintreten, die erst in viel späteren Entwicklungsstufen sich als wertvolle Grundlagen für äußerst nützliche Anpassungen ausweisen. Die Biologie hat es bisher geliebt, solches Zusammentreffen indifferenter Vorbereitungsstufen mit später aus ihnen hervorgehenden nützlichen Anpassungen als ein zufälliges aufzufassen, weil sie alle direkte und indirekte Anpassung im Sinne der mechanistischen Weltanschauung als ein Entstehen zweckmäßiger Resultate ohne jede Zwecktätigkeit aus rein mechanischen Vorgängen zu deuten suchte. Sobald aber die Anpassung der Organismen einmal als unbewußt finale Reaktivität anerkannt wird, liegt kein Hindernis mehr vor, die unbewußte Finalität auch auf solche vorbereitende Schritte auszudehnen, die selbst noch keine Anpassung darstellen, sondern nur eine zweckmäßigere Operationsbasis für künftige Anpassungen schaffen. Dies paßt in hervorragendem Maße auf den Übergang der einzelligen Organismen zu Zellverbänden; denn während die Differenzierung der Zellorgane in die engsten Grenzen eingeschlossen ist, gewährt die Entwicklung der Zellverbände zu Personen den denkbar günstigsten Boden für die reichste Differenzierung der Teile und damit für die Steigerung der Organisationsvollkommenheit. Mag also bei diesem Übergange Anpassung mit im Spiele gewesen sein oder nicht, jedenfalls fordert seine Deutung eine finale Auffassung, die im ersteren Falle derjenigen bei sonstigen direkten Anpassungen entspricht, im letzteren Falle aber noch über solche hinausragt. Denn es ist ein noch sichereres Merkmal obwaltender Zwecktätigkeit, wenn die Mittel für einen Zweck von langer Hand vorbereitet werden, als wenn bloß das augenblicklich Nützliche geschieht.

VII. Die regulatorischen Leistungen des Organismus.

Alle Lebenserscheinungen sind reaktiv, das heißt sie sind Antworten des Organismus auf Reize, die an ihn herantreten. Der Same oder das Ei entwickelt sich nur, wenn gewisse Reize, wie Feuchtigkeit und Wärme, ihm dazu den Anstoß geben. Die Art der Reaktion ist aber wesentlich durch die Beschaffenheit des Organismus und nicht bloß durch die des Reizes bestimmt. Die Reaktion ist Tätigkeit des Organismus, also zunächst immer funktionelle Reaktion; diese hat aber einen verschiedenen Charakter, je nachdem sie den Organismus selbst unverändert läßt, wie z. B. die Reflexbewegungen und bewußten Handlungen, oder aber am Organismus selbst Änderungen hervorruft, also formative Funktion oder Gestaltungstätigkeit wird. Die bloß funktionellen Reize sind anderer Art als die formativen; nur die letzteren rufen Reaktionen des Organismus hervor, die mit morphologischen Veränderungen verknüpft sind. Die formativen Reize können entweder normale organisatorische Veränderungen auslösen, wie z. B. Feuchtigkeit und Wärme das Keimen des Samens, oder krankhafte Gestaltveränderungen, wie z. B. der Stich der Gallwespe das Ausschwitzen einer Galle oder ein Blasenwurm die Bildung von Blutzuführungsgefäßen. Die erste Reizart fördert das Leben des Organismus, die letztere hemmt und stört es.

Nun ist aber im strengsten Sinne jeder Reiz unmittelbar eine Störung des bestehenden Gleichgewichtszustandes, und er wird nur mittelbar unter Umständen zur Förderung, indem er den Organismus anstachelt, die Störung zu überwinden, sich den veränderten Umständen anzupassen, einen ihnen entsprechenden neuen Gleichgewichtszustand zu gewinnen, und dadurch zugleich

in seiner Entwicklung, sofern diese noch nicht ihren Höhepunkt erreicht hat, fortzuschreiten. Bei den normalen Lebensreizen ist die unmittelbare Störung nur so gering, daß sie gegen die aus der Reaktion entspringende mittelbare Förderung verschwindet und ihre Überwindung keine Beachtung findet. Bei anderen Reizen tritt dagegen die Störung deutlich hervor und kann so groß werden, daß sie das Leben des Organismus vernichtet. Der Organismus richtet nun seine Reaktionen gegen diese Störungsreize, soweit es ihm möglich ist, so ein, daß er möglichst sich selbst erhält und zugleich sich in einer seinem typischen Entwicklungsgange möglichst nahe kommenden Weise fortentwickelt. Solche Reaktionen, die offenbar Mittel im Dienste seiner organischen Zwecke sind, heißen dann „regulative Reaktionen“ oder kürzer „Regulationen“.

Unmittelbar genommen, ist jede organische Regulation Änderung einer Funktionsweise oder Reaktionsweise des Organismus und stellt sich somit als Anpassung desselben an veränderte Verhältnisse dar; mittelbar führen die Anpassungsregulationen doch immer zu feineren oder stärkeren Änderungen der Organisation. Je nachdem der adaptive Charakter der Regulation oder ihr organisatorisches Resultat deutlicher hervortritt, spricht man von adaptiven oder organisatorischen Regulationen. Jede Regulation sucht den für den Zeitpunkt der Fertigstellung normalen, das heißt den für die alsdann erreichte Entwicklungsstufe typischen Zustand zu erzielen, einschließlich derjenigen Abänderungen, die durch die Veränderung der Verhältnisse als zweckmäßig erfordert werden. Sofern dieses Ziel nicht geradeswegs erreichbar ist, wird es auf Umwegen angestrebt; sofern es nicht in der Macht des Organismus liegt, es völlig zu erreichen, sucht er doch, sich ihm möglichst anzunähern.

Das ganze Leben der Organismen in allen seinen Teilen besteht in einer fortlaufenden Reihe solcher Regulationen. Ohne die Fähigkeit zu Regulationen hätten die ersten Uroorganismen rasch wieder zugrunde gehen müssen und wären niemals zu einer aufsteigenden Entwicklung gelangt. Ohne Regulationen in jeder seiner Zellen könnte kein höherer Organismus leben, da er in jedem seiner Teile beständig von leichteren oder schwereren Störungen bedroht ist. Das Regulationsvermögen muß demgemäß als eine ursprüngliche Fähigkeit der Zelle oder, noch genauer,

des lebenden Protoplasmas angesehen werden, kann aber nicht eine erst allmählich in der stammesgeschichtlichen Entwicklung erworbene Eigenschaft sein. Die Lehre von den Regulationen ist geradezu die eine Seite der Biologie, wie die Lehre von der typischen Organisation die andere; wenn die letztere uns zeigt, was für jede Organismenart auf jeder ihrer Entwicklungsstufen das Normale ist, so zeigt uns die erstere, wie das Leben diese normalen Typen gegen alle beständigen Störungen durchzusetzen und ihnen anzupassen weiß.

Beginnen wir mit den einfacheren Regulationen, so tritt uns in jeder Zelle die Erscheinung entgegen, daß sie sich aus der gemeinsamen Nährflüssigkeit die ihr zusagenden Nährstoffe auswählt. Obwohl Pilze ihre Bedürfnisse aus den verschiedensten Nährstoffen bestreiten können (Glycerin, Dextrose, Essigsäure, Milchsäure usw.), so wählen sie doch bei gleichzeitiger Darreichung mehrerer denjenigen zuerst aus, der den größten Nährwert für sie hat. Ebenso wählt jedes Gewebe in einem zusammengesetzten Organismus die Stoffe aus der gemeinsamen Nährflüssigkeit (dem Blute) aus, die es für seinen Aufbau nötig hat, und stößt diejenigen Stoffe aus, die aus der Zersetzung seiner verbrauchten Teile hervorgehen. Beides erfolgt durch eine Veränderung der osmotischen Durchlässigkeit der Häute, letzten Endes der Zellwänden, durch welche ihr Verhalten gegen gelöste Stoffe in den verschiedenen Lebensphasen ein anderes wird, als es im toten Zustande ist.

Jeder Organismus legt sich Reservestoffe für etwaige Hungerzeiten an und verbraucht sie, wenn solche eintreten. Je wichtiger ein Organ zum Leben ist, desto sorgfältiger wird es geschont, desto später verfällt seine Masse der Zerstörung durch den Stoffwechsel. Ähnlich dauert bei Sauerstoffmangel in niederen Organismen die Kohlensäureausscheidung fort, so lange noch Nahrungsstoffe oder Reservestoffe vorhanden sind, die sich in Kohlensäure zerlegen lassen. Auf diesem Wege können sich sauerstoffatmende Spaltpilze zeitweilig oder dauernd in anaerobe, das heißt in solche umwandeln, die ohne Sauerstoffzufuhr leben und gedeihen, und andere Organismen können wenigstens bei verminderter Sauerstoffzufuhr durch teilweise Ersatzatmung bestehen. Höhere Organismen sterben dadurch an Erstickung, daß sie irgendwelchem, für das Leben wichtigen Stoff den Sauerstoff entziehen müssen

oder, wenn sie auch das nicht schnell genug können, der Vergiftung durch unverbrannte Stoffwechselprodukte (Kohlenoxyd und ähnliche) erliegen. Knollen von Knollengewächsen, z. B. Kartoffeln, verlieren, wenn sie über der Erde am Lichte austreiben, ihren Charakter als Speicher von Vorratsstoffen und bilden sich zu stengelartigen Organen mit Holzzellen um. Stengel, Ranken und Blätter solcher Gewächse dagegen treiben Knollen aus sich hervor, wenn man ihre Schnittflächen in die Erde senkt. Die Zweige der falschen Akazie (*Robinia Pseudacacia*) entwickeln, wenn man sie ihrer Blätter beraubt, an ihrer Oberhaut zahlreiche neue Spaltöffnungen, verstärken ihre Assimilationsgewebe, bilden ihre Holz- und Bastbestandteile zurück und lassen ihre Blattstiele nach Art der fehlenden Blätter funktionieren. Die Miere und das Ruprechtskraut (*Stellaria* und *Geranium*) senken, wenn sie an steilen Felswänden wachsen, einige ihrer äußeren Blätter nach abwärts, lassen die Blätter selbst verkümmern, verstärken aber die Blattstiele und entwickeln sie zu Stützen, die der Pflanze wie ein Stelzengerüst Halt geben. Schneidet man diese Stützen ab, so sinkt die Pflanze zunächst in eine wagerechte Lage, senkt aber bald neue Blätter herab und bildet sich aus diesen ein neues Stützgerüst. Wenn Pflanzen durch Stürme oder Wasserfluten aus ihrer gewöhnlichen Gestalt gebracht sind, so suchen sie sobald als möglich die normale Lage ihrer Teile zueinander wieder herzustellen, auf der ihr charakteristisches Aussehen beruht; dies setzt freilich eine gewisse Empfindung für die abnormen Reize voraus, die von der regelwidrigen Stellung der Teile ausgehen (von Noll Morphästhesie genannt).

Während Seewassertiere bei plötzlichem Übergang in Süßwasser und Süßwassertiere bei dem in Seewasser zugrunde gehen, kann man bei allmählichen Übergängen beobachten, daß vielen doch ein hoher Grad von regulatorischer Anpassung innewohnt, die nach Eisig vorzugsweise von den roten Blutkörperchen ausgeht. Es ist das nur ein besonderer Fall regulatorisch erworbener Gift-Immunität. Treten organische Giftstoffe in einen Organismus ein, so bringt er regulatorisch Gegengifte hervor, die die Schädlichkeit der ersteren aufheben; hierauf beruht die Serumtherapie, welche dem erkrankten Organismus die Bildung von Gegengiften teilweise erspart, indem sie ihm die in anderen Organismen bereits gebildeten einverleibt. Daneben scheint aber

zum Teil noch eine Immunität der Gewebe selbst vorzukommen, die auf einer regulatorischen Veränderung der Gewebe selbst beruht und sie gegen die Schädlichkeiten gewisser Gifte unempfindlich macht. Eine solche ist bei mineralischen Giften (Arsenik) und einfacheren organischen Verbindungen (z. B. Alkohol) hinlänglich bekannt, scheint sich aber auch auf solche von Kleinlebewesen ausgeschiedenen organischen Giftstoffe zu erstrecken, gegen welche Gegengifte gebildet werden. Entfalten die Gifte ihre Schädlichkeit nur an bestimmten Teilen des Organismus, so werden die Gegengifte aus anderen Teilen desselben herangeschafft, um dem Feinde konzentrierteren Widerstand zu leisten. Entstammt die Schädlichkeit eingedrungenen Kleinlebewesen, so bekämpft der Organismus nicht nur die von ihnen abgesonderten Gifte durch Gegengifte, sondern auch die lebenden Giftquellen selbst durch Phagocytose, das heißt, er bietet seine Wanderzellen (z. B. weiße Blutkörperchen), vielleicht auch gewisse feste Zellen innerer Häute auf, um die Eindringlinge aufzufressen oder sie durch Sekrete besonderer Art zu töten und aufzulösen. Die Wanderzellen müssen sich zu dem Zweck in größerer Menge zu dem Kampfplatz hinbegeben (Entzündung, Eiterung).

Niedere Organismen suchen entweder das Licht auf oder fliehen es; viele suchen mäßiges Licht auf und fliehen allzu großes ebenso wie Dunkelheit. Das Maß der Lichtstärke, welches einem Organismus das zusagendste ist, wechselt aber selbst wieder mit der Gewöhnung, bei manchen Schwärmosporen mit dem Alter, bei gewissen Krebsen mit dem Salzgehalt des Wassers, und nimmt mit steigender Temperatur zu. Wasserpflanzen, die sich an das Leben auf dem Lande gewöhnen, verändern die Festigkeit ihres Baues und ihre Atmungsorgane; während die Pflanzen im Wasser keine Spaltöffnungen oder doch nur solche auf der Oberseite schwimmender Blätter haben, müssen sie sich in der Luft solche anschaffen, um atmen zu können.

Manchmal liegt die Regulation bloß in einer Beschleunigung des Lebensprozesses, wenn die Umstände eine solche zweckmäßig erscheinen lassen, um die Art durch verfrühte Fortpflanzung zu erhalten. So zum Beispiel gelangen Coniferen bei schlechter Ernährung und Sprossen aus einem herausgeschnittenen Begoniablatt oder Toreniablatt zu vorzeitiger Blüte und Samenentwicklung, Pilze bei plötzlicher Nahrungsentziehung oder Abkühlung zu vor-

zeitiger Fortpflanzung, und bei Kaulquappen wird die Verwandlung durch Hunger beschleunigt. — Wenn von zwei paarigen Organen (z. B. Zitzen, Geschlechtsdrüsen) eines beseitigt wird, so vergrößert sich das andere durch ausgleichende Überernährung (kompensatorische Hypertrophie), was bei jungen Individuen, die diese Organe noch gar nicht brauchen, nichts mit dem Wachstum durch vermehrten Gebrauch (das heißt mit funktioneller Anpassung) zu tun hat. Bei Verstopfung eines Blutgefäßes bilden sich Seitenäste; der Blutdruck kann dabei nur als Reiz wirken, der die regulative Reaktion auslöst.

Nur eine besonders auffallende Art der Regulationen sind der Wiederersatz verlorener Teile des Organismus, sei es im ausgewachsenen, sei es im embryonalen Zustand, die Restitutionen und Regenerationen. Sie haben schon früh die Aufmerksamkeit und Verwunderung der Naturforscher erregt, weil sich in ihnen der zweckmäßige Charakter der Regulationen besonders deutlich offenbart. Als dann um die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts die materialistische und mechanistische Auffassung in den Naturwissenschaften die Herrschaft gewann, da erschienen diese Beispiele der organischen Zwecktätigkeit recht unbequem, und es wurde üblich, sie verächtlich beiseite zu schieben und nur diejenigen einfacheren Beispiele elementarer Regulationen zu beachten, die einer materialistisch-mechanistischen Deutung weniger Schwierigkeiten zu bereiten schienen. Wenn die ältere Biologie das ganze Gebiet der Regulationen unter dem bezeichnenden Sammelnamen „Naturheilkraft“ zusammengefaßt hatte, so galt es nunmehr für ebenso unwissenschaftlich, dieses Wort zu gebrauchen, wie etwa das Wort „Lebenskraft“. Wer es doch tat und gar den eminent teleologischen Charakter in allen Äußerungen der Naturheilkraft zu betonen wagte,¹⁾ wurde als ein rückständiger und unwissenschaftlicher Mensch betrachtet, der nicht auf der Höhe der exakten modernen Wissenschaft stünde. Das hat sich in den letzten Jahren gründlich geändert. Eine ganze Reihe namhafter Forscher hat die älteren Beobachtungen, die vielfach als ungenau und oberflächlich angezweifelt worden waren, mit den modernen Hilfsmitteln exakter Forschung nachgeprüft und nicht nur be-

¹⁾ Vergl. meine „Philosophie des Unbewußten“, Kap. A VI: „Das Unbewußte in der Naturheilkraft“; 11. Aufl. Bd. I, S. 123—144, 459—463; Bd. III, S. 284—286, 293.

stättigt gefunden, sondern bei der genaueren Analyse als fast noch wunderbarer erkannt, als sie den älteren Forschern erschienen waren. Das Gebiet der Regulationen ist in weiterem Umfang als je zuvor durchforscht und zum Gegenstand zusammenfassender Monographien geworden. In neueren biologischen Lehrbüchern werden den Tatsachen und ihren bisherigen Erklärungsversuchen wieder ausführliche Abschnitte gewidmet. Einige suchen die Regulationen mit der bisherigen mechanistischen Weltanschauung zu vermitteln, müssen sich aber von der Kritik anderer Fachgenossen die gänzliche Unzulänglichkeit ihrer Erklärungsversuche unwiderleglich nachweisen lassen. Andere erkennen an, daß sich auf Grund der bisherigen Tatsachen noch keine allgemeine Theorie dieser Erscheinungen aufstellen läßt. Die Mutigsten, die es bereits wagen, dem mechanistischen Vorurteil Trotz zu bieten (G. Wolff, Driesch, Morgan, J. Reinke, F. Reinke), sehen in den Regulationen im allgemeinen und in den Regenerationen im besonderen den schlagendsten Beweis für den dynamisch-teleologischen Charakter der organischen Vorgänge. „Ja, es scheint geradezu, als ob dies Gebiet unserer Wissenschaft“ (das heißt die Regenerationen) „der Platz sein wird, wo die Entscheidung über die Gültigkeit einer rein materialistischen und einer vorurteilsloseren Naturauffassung ihren Ausgangspunkt nehmen wird“.¹⁾

Die organischen Zellen haben entweder einen oder mehrere Kerne oder doch Körperchen, die als Vorstufen der Kernbildung zu betrachten sind. Weder das Plasma ohne den Kern noch der Kern ohne Plasma ist regenerationsfähig. Das Plasma ohne Kern kann wohl noch eine Weile weiterleben, auch Anläufe zur Regeneration vornehmen, aber es kommt nicht weit damit und geht bald zugrunde. Demgemäß sind auch Zellen, die ihren Kern verloren haben, wie die roten Blutkörperchen, nicht mehr fähig, sich zu teilen und jedes Teilstück zu einem Ganzen zu vervoll-

¹⁾ Friedrich Reinke: „Grundzüge der allgemeinen Anatomie. Zur Vorbereitung auf das Studium der Medizin nach biologischen Gesichtspunkten bearbeitet.“ Wiesbaden, J. F. Bergmann, 1901, S. 308. Abgesehen von diesem Werke stützt sich die obige Darstellung hauptsächlich auf Hans Driesch: „Studien über das Regulationsvermögen der Organismen“, Stück 1—6, im Archiv für Entwicklungsmechanik 1899—1902; derselbe: „Die organischen Regulationen“, Leipzig, Engelmann, 1901, woselbst auf S. 221 bis 228 weitere Literaturangaben zu finden sind.

ständigen. Dem Kern ohne Plasmahülle fehlt das Material zur Regeneration; man muß ihm wenigstens die engere Plasmahülle (den Markteil des Plasmas) belassen, mit der er innerhalb der Zelle eine engere Lebensinheit (die Zentralkapsel) bildet. Wohl aber kann die Hälfte oder ein Viertel des beschädigten Kernes innerhalb des Zellplasmas den ganzen Kern wieder herstellen, wie Roux durch seine Anstichversuche an Amphibieneiern gezeigt hat. Einzellige Organismen, die eine größere Ausdehnung erreichen, wie z. B. die vielen Arten der auf dem Meeresboden wachsenden Alge *Caulerpa*, können sich aus jedem Stück ergänzen, indem sie in der Nähe der Trennungsfläche eine Knospe bilden. Die Fortpflanzung besteht bei ihnen bloß im Wachstum und in der Zerstückelung durch Absterben älterer Teile. Vielkernige Zellen, bei denen eine bestimmte Kernzahl zu ihrem Typus gehört, ergänzen die typische Zahl der Kerne bei spontaner oder künstlicher Zellteilung dadurch, daß die Kerne sich nachträglich teilen, bis die Zahl erreicht ist. Nur bei einkernigen Zellen geht die Kernteilung der Zellteilung voran.

Wenn Kernstücke und Zellstücke die Zelle zu regenerieren vermögen, so sieht man daraus, daß auch die Regenerationsfähigkeit eine Ureigenschaft der Zelle ist, die der Stammesentwicklung vorausgeht, also nicht durch natürliche Zuchtwahl im Laufe der Stammesgeschichte erworben sein kann. Allgemeiner gesprochen, können die organischen Regulationen nicht durch vererbte Anpassung erworben sein, weil Anpassungserscheinungen selbst erst durch organische Regulationen zustande kommen, die nur ein anderer Ausdruck für aktive Anpassung sind. Bei den Wirbeltieren haben sich gerade solche Körperteile durch ihre Weichheit die Regenerationsfähigkeit bewahrt, die im Inneren geborgen und geschützt liegen (zum Beispiel Augenlinse, Leber), also keinen häufigeren Verletzungen ausgesetzt und keiner Zuchtwahl unterworfen sind. Man sieht ferner, daß nicht nur ganze Zellen Regenerationsfähigkeit und Regenerationsstreben haben, sondern auch Teile, Kernstücke und Plasmastücke, daß aber die Mittel zur Erreichung des Zieles nur ausreichen, wo Kernstücke mit Plasmastücken verbunden sind.

Man sieht endlich, daß alle Regenerationstendenzen der Zellteile dem Typus der Zellart unterworfen sind und ihrerseits dazu beitragen müssen, diesen wieder herzustellen, auch wenn sie als

Einzelorgane gar keine Beschädigung erlitten haben. Wenn die Caulerpa-Zelle nahe der Schnittfläche eine Knospe bildet, deren Bildung sie ohne die Amputation unterlassen hätte, wenn die Kerne einer halbierten vielkernigen Zelle sich halbieren, um in jeder Zelhälfte die typische Kernzahl zu ergänzen, so leisten sie etwas unter dem Einfluß des Ganzen, wozu sie als unverletzte Teile oder Einzelorgane gar keinen Anlaß gehabt hätten. Es wirkt also schon auf der untersten Stufe der Organisation das Regenerationsstreben der verletzten Teile mit der Oberleitung des ganzen Organismus zusammen; die verletzten und die unverletzten Teile arbeiten schon hier sich harmonisch in die Hand, um den gestörten morphologischen Typus des Ganzen wieder zu erzeugen.

Gehen wir zu mehrzelligen Organismen über, so bilden die bequemsten Beobachtungsobjekte die befruchteten Eier niederer Tiere (zum Beispiel Froscheier), die eben in den Furchungsprozeß eingetreten sind, also sich im zwei-, vier- oder mehrzelligen Entwicklungsstadium befinden. Durch Tötung des Kernes einer Zelle im zweizelligen, oder eines oder zweier Kerne im vierzelligen Stadium gelang es Roux, halbe (links- oder rechtsseitige, vordere oder hintere) und Dreiviertelembryonen zu erzielen. Hier fehlt also zunächst die Regeneration der abgetöteten Teile, und die Entwicklung der unverletzt gebliebenen Teile geht unbekümmert um den fehlenden Rest und ungestört durch sein Fehlen vor sich. Es fehlt in solchen Fällen entweder das Streben der unverletzten Teile, der Wiederherstellung des Ganzen zu dienen, oder ihre Fähigkeit, dieses Streben unter den gegebenen Umständen oder auf der vorläufig erreichten Entwicklungsstufe zu verwirklichen. Daß es das Streben nicht ist, was fehlt, zeigt sich deutlich an dem weiteren Verlauf.

Sobald nämlich der halbe Embryo eine gewisse Entwicklungsstufe erreicht hat, sendet er, ohne seine eigene Weiterentwicklung einzustellen, abgespaltene Kerne in diejenigen Zellen hinüber, deren Kerne getötet waren, und von diesen eingewanderten Kernen aus beginnt dann auch in den vorläufig zurückgebliebenen Teilen des Embryos die Entwicklung, die schließlich zur vollständigen Ergänzung führt. Die unverletzte Hälfte muß gleichsam erst für sich selbst ein Stück Entwicklung in Sicherheit bringen, bevor sie einen Überschuß auftreiben kann, den sie an die beschädigte Hälfte abgeben könnte.

Diese nachträgliche Entwicklung der zunächst zurückgebliebenen Hälfte durch Kerneinwanderung hat man auch „Postgeneration“ genannt. Es ist jedoch klar, daß sie nur eine besondere Art der Regeneration ist, bei welcher das Dotter der Zellen mit getöteten Kernen als Plasma benutzt und nur durch Delegation von Kernen zur Regenerationsanlage ergänzt wird. Roux selber hat alle Übergangsstufen zwischen solcher Embryoregeneration mit Benutzung der Dotter der entkernten Zellen und Embryonenregeneration ohne solche Dotterbenutzung nachgewiesen. Bei verschiedenen Tierarten reicht die Halbentwicklung des verletzten Embryos in spätere Entwicklungsstufen hinein als bei anderen. Beim Lanzettfischchen (*Amphioxus*) ist überhaupt keine Periode einseitiger Entwicklung des Bruchstückes wahrzunehmen, sondern jede der zwei oder vier ersten Furchungszellen tritt, wenn sie allein unverletzt bleibt, sofort in dieselbe Furchungsart wie die noch ungefurchte Eizelle ein und bildet auf jeder Entwicklungsstufe einen Ganzembryo. Die Menge des Nahrungsdotters, die bei verschiedenen Tieren verschieden ist, scheint auf dieses verschiedene Verhalten von Einfluß.

Jedenfalls stellt der Teil sich in den Dienst des Ganzen, sobald seine Kräfte und die verfügbaren Mittel es ihm erlauben, und wenn er zunächst eine Anzahl Schritte scheinbar unbekümmert um das Ganze macht, so ist es nur, um sich zu diesem Dienste besser vorzubereiten. Der Name Postgeneration ist gewiß nicht glücklich, da jede Regeneration in gewissem Sinne eine Postgeneration oder nachträgliche Generation, und jede Postgeneration eine Regeneration ist; man kann aber die Einheit der Regenerationserscheinungen festhalten, auch ohne daß man mit Hertwig und Driesch die eigentümlichen von Roux gemachten Beobachtungen in Frage stellt.

Wenn die Entwicklung des Embryos so weit fortgeschritten ist, daß er sich zur Gastrula eingestülpt hat, und man ihn in seiner Mittellinie (Äquator) durchschneidet, so daß jede Hälfte die halbe äußere und innere Zellenlage (Ektoderm und Urdarm) enthält, so schließt sich nicht nur jede Hälfte zunächst wieder zur Kugelform zusammen, sondern gliedert weiterhin auch seine Darmhälfte richtig wieder in Vorder-, Mittel- und Enddarm. Dies ist genauer an einer Seeigelart (*Sphaerechinus granularis*) beobachtet worden. Wenn die Schließung zur Kugel aus physika-

lischen und chemischen Reizen erklärlich scheint, so zeigt die Umdifferenzierung des halben Urdarms in einen typisch gegliederten ganzen bereits den Einfluß des morphologischen Typus auf den Regenerationsvorgang.

Die Regenerationen an verletzten Embryonen stellen sich als überschießendes Wachstum der Teile dar, die durch pathologische Reize genötigt werden, ihr normales Teilwachstum so zu übersteigern, daß der Typus des Ganzen wiederhergestellt wird. Der verfügbare Stoffvorrat bedingt die Größe des fertigen Produkts; das heißt, je kleiner die Teile sind, aus denen der Typus des Ganzen wiederhergestellt wird, desto kleiner werden die Abmessungen, in denen er sich darstellt. Aber innerhalb dieser durch den Stoffvorrat bedingten Gesamtgröße des fertigen Produkts werden alle Verhältnisse der Teile zum Ganzen so festgehalten bzw. hergestellt, wie der morphologische Typus des Organismus es verlangt, und darin erst liegt das Problem. Die quantitative Regulation des Ganzen liefert nur den Rahmen, innerhalb dessen die morphologische Regulation der Teile sich abspielt. Gerade diese räumliche Anordnung der neugebildeten oder umgebildeten Teile bzw. die Umlagerung der vorhandenen spottet jeder Erklärung aus physikalisch-chemischen Gesetzen allein.

Niedere Tiere von weicher Beschaffenheit verhalten sich auch im ausgewachsenen Zustande ähnlich wie Embryonen. Wenn man aus einem Plattwurm (*Planaria*) ein Stück ausschneidet, so bildet es sich in einen ganzen Organismus um. Ist nun das Tier etwa fünfmal so lang als breit, und man schneidet den fünfundzwanzigsten Teil seiner Länge aus, so ist dieser fünfmal so breit als lang; er bildet sich zu einem ganz kleinen Wurm um, der wieder fünfmal so lang als breit ist. Schneidet man einem Plattwurm ein Stück aus, das z. B. seinen Schlund enthält, so kann der verkleinerte Wurm einen so weiten Schlund nicht mehr brauchen, sondern es muß eine vollständige Umlagerung der Teile eintreten, bis die Weite des Schlundes der Größe des umgewandelten Tieres entspricht. Diese Umlagerung der kleinsten Teilchen bedeutet für die bereits entwickelten Organe eine Rückbildung zum Zweck einer andersartigen Neubildung. Ein Strudelwurm (*Stenostoma*) vermehrt sich durch Teilung. Ritter und Congdon schnitten während des Teilungsvorganges dem einen der beiden Individuen so viel weg, daß sein Kopf noch mit dem Schwanzende des

andern Individuums zusammenhing. Der Teilungsvorgang wurde unterbrochen und die anderthalb Individuen verschmolzen zu einem Ganzen, indem die Augen sich auflösten und das Gehirn hinüberwanderte. Schneidet man dem Süßwasserpolyphen (Hydra) den obersten Teil der Röhre mit dem Kranz der Arme ab, so wird ein einziger Arm zur Körperröhre des Tieres, eine Gruppe der Arme wird in Körpermasse umgewandelt, indem sie in ihn aufgesaugt wird, und nur die andere Gruppe bleibt als Tentakeln erhalten. Anlagen zu bestimmten Organen bleiben unter Umständen ihrer Bestimmung treu, auch wenn es ihnen durch Eingriffe unmöglich gemacht wird, sie an Ort und Stelle dem Typus gemäß zu erfüllen; sie wandern dann an eine andere Stelle hin, wo ihnen dies möglich ist, wie z. B. das Gehirn des Stenostoma im vorgenannten Beispiel.

Wenn die Regenerationsfähigkeit eine ursprüngliche Eigenschaft kernhaltigen Plasmas ist, so kann sie doch durch Differenzierungen mehr oder weniger verloren gehen, ebenso wie die Fähigkeit zur Fortpflanzung oder spontanen Zellteilung bei gewissen hoch differenzierten Zellen (z. B. Ganglienzellen) verloren geht. Je besser geschützt das Ei seine embryonische Entwicklung durchmacht, z. B. im mütterlichen Organismus, desto mehr treten schon die embryonischen Regenerationserscheinungen zurück, desto mehr wird das Wachstum in genau vorgezeichnete Bahnen eingengt. Je mehr die Zellen im ausgewachsenen Organismus differenziert sind und den typischen Endzustand ihrer Entwicklung erreicht haben, desto mehr verhärten sie sich in der maschinell vorausbestimmten Art ihrer Funktionen und verlieren das unbegrenzte Vermögen zur Anpassung, Regulation und Differenzierung, durch das das embryonale Plasma oder Keimplasma charakterisiert ist. Je mehr sie im Prozeß der Arbeitsteilung auf eine bestimmte Verrichtung eingestellt und für diese virtuosenhaft ausgebildet sind, desto schwerer wird es ihnen, sich an Regenerationen zu beteiligen.

Alles, was „fertig“ ist, bringt aus inneren Ursachen keine organische Umwandlung mehr hervor, differenziert sich von selbst nicht weiter; wohl aber kann es durch äußere Störungen doch noch veranlaßt werden, wieder in eine Differenzierung einzutreten und durch sie an Regenerationen teilzunehmen. Die Fähigkeit, neues zu bilden, ist vorläufig noch nicht erloschen, sondern nur

latent geworden, kann aber durch Zerstörung des fertigen Zustandes wieder geweckt werden. Verschiedene Kressearten (*Nasturtium*, *Cardamine pratensis*) und die Wasserrose (*Nymphaea stellata bulbilifera*) haben Vegetationskegel oder Knospen am Grunde ihrer Blätter, die bei Lösung des Blattes von der Mutterpflanze die ganze Regenerationstätigkeit übernehmen und sie den übrigen schon differenzierten Zellen des Blattes ersparen. Wird aber diese Regeneration vermittelt der Knospen unterdrückt, so kehren die Gewebezellen des Blattes in den embryonischen Zustand zurück, treten in Teilungs- und Wachstumsvorgänge ein und bilden neue Pflänzchen mit Wurzeln und Blättern.

Aber auch diese Regenerationsfähigkeit auf Störungen hin erscheint bei erwachsenen höheren Organismen eingeschränkt und in bestimmte Bahnen gewiesen. Je mehr die Teile der wechsellässigen embryonischen Beschaffenheit ähnlich geblieben sind und je wichtiger sie für das Leben des Gesamtorganismus sind, desto mehr Regenerationsfähigkeit haben sie sich erhalten. Bei Pflanzen ist das Cambium, der frische Jahresring, als Keimplasma anzusehen, weil aus ihm sich sowohl auf dem Wege des normalen Wachstums als auch auf dem der Regeneration nach Verletzungen alle Arten von Geweben bilden können; die bereits häutigen oder verholzten Teile sind dagegen nur einer beschränkten oder gar keiner Regeneration fähig. Bei erwachsenen Tieren ist die Regenerationsfähigkeit sowohl im Ganzen als auch in ihren einzelnen Teilen sehr verschieden, je nachdem sie leichter oder weniger leicht Verletzungen ausgesetzt sind; bei höheren Tieren zeigen nur noch gewisse weiche Organe, z. B. die Leber, die sich aus einem Achtel zu ergänzen vermag, eine größere Regenerationsfähigkeit, während dieselbe sonst in der Hauptsache auf Wundheilungen beschränkt ist. Bei der Einengung der typischen und dem Verlust der unbeschränkten Regenerationsfähigkeit in den höheren Organismen kann sehr wohl die natürliche Zuchtwahl eine Rolle gespielt haben, da es sich dabei um eine zweckmäßige Mechanisierung von Funktionen handelt, die ursprünglich ohne Hilfsmechanismen zweckmäßig wirkten.

Schneidet man einen Wurm in der Mitte durch, so bilden die beiden Wundflächen Kopf und Schwanz zum Ersatz; die Regeneration zeigt also hier eine polare Richtung, d. h. sie ist nicht bloß von der Wundfläche als solcher, sondern wesentlich

von der Beschaffenheit der hinter ihr liegenden Teile abhängig. Die dynamische Wirksamkeit dieser hängt wiederum nicht von der Wundfläche als solcher, sondern von dem Fehlen der normalen Reize ab, die vorher von dem abgeschnittenen Teil auf sie einwirkten. Daß die Wundfläche als solche nicht entscheidend ist, erhellt aus solchen Beispielen, wo entweder gar keine Wundfläche vorhanden ist, oder aus der vorhandenen Wundfläche heraus eine polar umgekehrte Ersatzbildung erfolgt, oder wo der Ersatz von anderen, neben der Wundfläche liegenden Teilen ausgeht.

Keine Wundfläche ist vorhanden, wo ein eingebettetes Organ ganz entfernt ist, z. B. die Augenlinse eines erwachsenen Tritonen; hier geht die Regeneration der Linse von der Iris aus. Eine polare Umkehrung der Regenerationsrichtung ist durch verkehrte Anheilung kurzer Wurmausschnitte an einem abgeschnittenen Wurm erzielt worden; unter dem Einfluß der größeren Wurmhälfte mit Kopf bildet das verkehrt angeheilte Stück einen Schwanz von derjenigen seiner Wundflächen aus, die eigentlich einen Kopf hätte bilden sollen. Alle „adventiven“ Regenerationen gehen nicht von der Wundfläche selbst aus, sondern von benachbarten Teilen; diese entfalten dann ein übermäßiges Wachstum und schlagen mit ihm eine Richtung ein, die sie ohne die Verletzung nicht genommen hätten. So richtet sich z. B. an einem Fichtenbaum, der seinen Gipfeltrieb verloren hat, ein Seitensproß empor und führt das Wachstum des Baumes weiter, und statt einer kurz abgeschnittenen Hauptwurzel übernimmt eine der seitlichen Nebenwurzeln den Ersatz, verstärkt sich und wächst senkrecht hinunter. Zerschnittene Regenwürmer bilden sich vor allem das Kopfglied neu, das wegen seiner Ganglienknotten am wichtigsten für sie ist, und schieben erst nachträglich andere Ringe zwischen Kopf und Amputationsstumpf ein. Menschen mit angeborener Verkümmern der Arme zeigen stets Hände bei noch so großer Verkürzung der Ober- und Unterarme.

Andererseits ist auch die Wundfläche nicht ganz ohne Einfluß, wenigstens bestimmt ihre Lage in solchen Fällen, wo der Ersatz von ihr ausgeht, die Richtung des Zuwachses, insofern dessen Achse sich senkrecht zu ihr stellt. Der schief abgeschnittene Schwanz von Frosch- und Tritonenlarven wächst zunächst schief hervor; aus einem gebrochenen Schnitt wachsen zwei aus-

einandergehende Schwanzenden, also ein gegabelter Schwanz, hervor. Die Regeneration schafft einerseits, sobald als unter den gegebenen Umständen möglich, einen Ersatz für das Verlorene, wenn er auch zunächst auf Grund der gegebenen Verhältnisse unvollkommen ist; sie sichert sich andererseits, ähnlich wie bei der anfänglich halbseitigen Entwicklung des verletzten Embryos, zunächst eine Operationsbasis für spätere Nachholung des vollkommenen Ersatzes durch fernere Regulationen. Der schief herauswachsene Ersatzschwanz richtet sich durch ungleiches Wachstum seiner Teile allmählich gerade; die auseinandergehenden zwei Ersatzschwänze verschmelzen nach einigen Beobachtern bei diesem richtenden Wachstum zu einem. Das typische Ziel der Regeneration wird erreicht, aber es wird auf dem Umweg eines zunächst atypischen und dann erst typisch regulierten Wachstums schneller erreicht und so erreicht, daß auf jeder Wachstumsstufe das Ersatzglied schon ein relatives Maximum von Funktion leisten kann.

In vielen Fällen ist außer dem von der Wundfläche selbst ausgehenden Wachstum nachzuweisen, daß sich am Wachstum durch Zellteilung auch solche Gewebszellen beteiligen, die ziemlich weit rückwärts von der Wundfläche liegen, so z. B. bei dem Nachwachsen einer teilweise weggeschnittenen Leber oder bei manchen Erscheinungen der Pflanzenregeneration. Der durch die Verletzung gegebene Reiz wird also auf tiefer gelegene Zellschichten zurückgeleitet und regt diese zu regulativem Wachstum an, ähnlich wie er auf seitlich gelegene Teile des Organismus übergreift, wenn der Ersatz gar nicht von der Wundfläche ausgeht.

Gewöhnlich nimmt man an, daß Gleiches nur von Gleichem regeneriert wird, Knochen von Knochen usw. Insofern bereits eine gewisse Mechanisierung des Regenerationsprozesses durch Hilfsmechanismen stattgefunden hat und das Material zum Ersatz nur aus ähnlichen Geweben geschöpft werden kann, ist das richtig; allgemeine Gültigkeit aber hat der Satz nicht, denn sonst müßte jede Wundfläche zunächst die ihr anliegende Scheibe des abgeschnittenen Gliedes regenerieren und so fort, bis ganz zuletzt dessen Ende herankäme. Der wirkliche Verlauf ist gerade umgekehrt. Was zuerst hervorsproßt, ist das Endorgan des amputierten Gliedes, und erst allmählich wird dieses durch dazwischen wachsende Teile vorgeschoben. Aus dem Gesichtspunkt der Zweckmäßigkeit ist das sehr begreiflich; denn das Endorgan des

verlorenen Gliedes ist gewöhnlich das funktionell Wichtigste an ihm, das am wenigsten entbehrt werden kann, z. B. die Schwanzflosse am Schwanz, der Fuß am Bein, die Spitze am Fühler. Die Endigungen des Gliedes sind aber der Wundfläche weit ungleicher als die ihr näher liegenden Querschnitte.

Oft genug tritt bei Tieren und Pflanzen freiwillige Abstoßung eines verletzten Teiles ein; die Wundfläche wird dann also gar nicht zur Regeneration benutzt, sondern ein weiter rückwärts gelegenes Gelenk oder Knoten als Ausgangspunkt der Regeneration bevorzugt, obwohl dieser dem neu zu bildenden Ersatzstück weniger gleichartig ist als die Wundfläche dem ihr anliegenden Teil desselben. Die Selbstverstümmelung geht durch alle Klassen des Tierreiches hindurch, kann aber innerhalb desselben Stammes auf bestimmte Klassen, Ordnungen, Familien, Gattungen und Arten beschränkt sein. Überall, wo sie besteht, dient sie der Erhaltung, sei es des Individuums, sei es der Art, gegenüber solchen Störungen und Eingriffen, die den Fortbestand gefährden, indem sie die Reproduktion auf eine vorteilhaftere Grundlage stellt, als diejenige ist, die der störende Eingriff herbeigeführt hatte. Bei manchen niederen Tieren geht die Selbstamputation auf Grund äußerer Reize fließend in die Teilung und Fortpflanzung über. Die Selbstverstümmelung darf in diesem Sinne als eine dritte Art des tierischen Formenwechsels betrachtet werden neben der Reproduktion und Fortpflanzung. Im Pflanzenreich beruht nicht nur die Abstoßung der reifen Früchte, sondern auch die der ausgedienten Blätter auf Selbstamputation. Die Balsamine (*Impatiens*) heilt unter Umständen nach Verletzungen ihres Stengels die Wunde nicht, sondern trocknet in dem nächsten darunter liegenden Knoten ab. Hemmungen der zweckmäßigen Selbstverstümmelung sind parasitische Lebensweise, Mangel an Regenerationsfähigkeit, Ausbildung des Schmerzgefühls und zum Teil auch höhere Organisationsstufe.¹⁾

Ein Glied oder Organ ist niemals etwas chemisch oder histologisch Einfaches, sondern stets ein verwickelter Aufbau sehr verschiedener Gewebsarten und chemischer Verbindungen, und selbst

¹⁾ Vergl. E. Rikkenbach, „Die Selbstverstümmelung der Tiere“ in den „Ergebnissen der Anatomie und Entwicklungsgeschichte“, herausgegeben von Merkel und Bonnet Bd. XII, 1902, S. 782—903, woselbst auch ein ausführliches Literaturverzeichnis über den Gegenstand zu finden ist.

wenn sie alle in der Wundfläche vorkommen, liegen sie in diesem Querschnitt ganz anders geordnet als in dem Endstück, das zuerst regeneriert wird. Wenn ein ganzes Organ entfernt ist, z. B. die Augenlinse bei Tritonen, das Gehirn bei Cioma, das Zentralnervensystem bei Regenwürmern, oder eine Drüse, so kann die Regeneration nur von ungleichen Teilen der Umgebung ausgehen, z. B. von der Iris bzw. dem Peribranchialepithel, dem Hautepithel, den Drüsenausführungsgängen. Stets sind diese Teile dem Produkt mehr oder weniger ungleich, und dasselbe gilt häufig bei dem Ersatz von seitlich gelegenen Teilen aus.

Von gleichzeitiger Ernährung ist der Eintritt der Regenerationsvorgänge nicht abhängig; sie treten auch im Hungerzustand ein, wenngleich ihr Verlauf dann manchmal etwas anders ist. Dagegen sind sie bei kaltblütigen Tieren in demselben Maße abhängig von der Temperatur der Umgebung wie alle Lebensvorgänge derselben. Vom Nervensystem sind die Vorgänge nur in beschränktem Maße abhängig; im embryonalen Zustand und bei sehr tief stehenden Tieren, die zeitlebens Embryonen ähnlich bleiben, spielt es ebensowenig wie bei Pflanzen eine Rolle. Bei Mollusken wird die Regeneration des Auges durch Ausschneidung des Fühlerganglions nicht gehindert, bei Krebsen dagegen so, daß sie statt des Auges nur eine Antenne bilden. Bei Seesternen kann die Unterseite der Arme, die den Armnerv enthält, wohl die Oberseite regenerieren, aber nicht umgekehrt. Bei Froschembryonen in den ersten Stadien des Eifurchungsprozesses erfolgt die Regeneration zerstörter Teile, wie oben gezeigt, im Wege der Postgeneration. Froschlarven in frühem Stadium können dagegen zwar in Stücken auch ohne die Hirnanlage und Herzanlage weiterleben und weiterwachsen, indem die Oberhaut sich über die Wunde hinüberzieht und die durchschnittenen Röhren sich abschließen; aber sie regenerieren nicht die abgeschnittenen Teile (nach den Versuchen von Born). Bei den Furchungskugeln der Eier und dem Gastrulastadium ist also die unmittelbare Verbindung der weichen Zellen noch dazu ausreichend, daß die erhaltenen Teile durch den Reiz der fehlenden zum Ersatz angeregt werden. Bei den Larven dagegen ist die unmittelbare Verbindung der Zellen untereinander dazu nicht mehr ausreichend, und die mittelbare Verbindung der Teile durch das Nervensystem ist noch nicht entwickelt. Infolge dessen wachsen in diesem Stadium die Teile unbekümmert um ein-

ander auch getrennt fort, ebenso wie sie durch künstlich herbeigeführte naturwidrige Verwachsungen mit anderen Individuen oder Teilen von solchen keine ihr Wachstum störende Reize empfangen.

Das Nervensystem scheint also bei größeren, nicht mehr in ganz frühen Entwicklungsstadien befindlichen tierischen Organismen wichtig, um Reize auf entferntere Teile hinzuleiten und sie zur Beteiligung an einem Regenerationsprozeß anzuregen. Bei Pflanzen und einigen nervenlosen tierischen Geweben werden die Nerven durch feine Plasmafäden ersetzt, welche die Zellwände durchbrechen und das Plasma der verschiedenen Zellen verbinden. Aber selbst bei so hoch organisierten Tieren, wie Flußkrebse sind, kann eine so verwickelte Koordination der Bewegungen, wie sie zum Wiederaufrichten aus der Rückenlage nötig ist, nach Zerstörung aller Ganglien stattfinden, und bei wiederholten Versuchen sich durch Übung beschleunigen. Dies beweist, daß selbst bei solchen Tieren noch dem Plasma der verschiedenen Zellen die Möglichkeit innewohnt, in zweckmäßiger Weise harmonisch zusammenzuwirken, selbst wenn die Nervenzentren ausgeschaltet sind, die für dieses Zusammenwirken differenziert sind. In ähnlicher Weise wie bei diesem Beispiel behufs zweckmäßiger Bewegung hat man in Fällen der Regeneration das harmonische Zusammenwirken der Zellen behufs Änderung der chemischen Zusammensetzung und des strukturellen Aufbaues zu denken.

Außer den Diensten, die das Nervensystem zur Erleichterung der Reizübertragung zwischen den verschiedenen Teilen des Organismus leistet, kann es auch in betreff der Ernährung für Regenerationsvorgänge von Einfluß werden, nämlich in solchen Organismen, in denen die Zentralisation soweit vorgeschritten ist, daß die normale Ernährung von Ernährungsnerven abhängig ist und nach Durchschneidung dieser atrophische Verkümmern und Entartung der Gewebe eintritt. Gleichwohl können Gewebe, z. B. Muskeln, deren Nerv durchschnitten ist, zerstörte Teile ihrer selbst aus sich selbst regenerieren, insofern diese Regeneration rascher erfolgt, als sich die atrophische Entartung wegen mangelnden Nerveneinflusses auf den Stoffwechsel geltend machen kann. Dagegen scheint das Nervensystem ohne positiven Einfluß auf die morphologische Anordnung der Teilchen zu sein, deren Ergebnis die Herstellung des artgemäßen Typus ist; denn diese typische Anordnung vollzieht sich in nervenlosen Embryonen, Urtieren und

Pflanzen noch viel vollkommener als in nervenhaltigen Tieren, und die Regenerationsfähigkeit nimmt mit dem Ausbau und der Zentralisation des Nervensystems geradezu ab.

Bei starkem Regenerationsvermögen und sehr ausgedehnten und stark reizenden Verwundungen (z. B. Brandwunden) kommt, falls die Regeneration von der Wundfläche ausgeht, bisweilen ein atypisches Übermaß der Regeneration vor, z. B. der oben erwähnte Gabelschwanz oder eine übermäßige Schuppenbildung am Schwanz. In der Regel werden dann nachträglich solche übermäßige Bildungen durch weitere Regulationen typisch zurückgebildet; manchmal freilich kommen auch Mißbildungen bei der Regeneration ebenso wie bei der Generation vor, die nicht zurückgebildet werden, z. B. ein überschüssiger Zahn. Für gewöhnlich wird aber das Endziel erreicht, obschon die Wege, die zu diesem Ziele eingeschlagen werden, bei derselben Tierart ganz verschiedene sind, je nach Entwicklungsstufe, Ernährungszustand, Art und Weise der Verletzung usw.

Der Regenerationsvorgang verläuft in drei Stufen, die zwar tatsächlich ineinander übergreifen, aber begrifflich wohl zu unterscheiden sind: Anlage, Ausgestaltung und Wachstum. Die Anlage beginnt mit einer chemischen Differenzierung an der Stelle, von der die Regeneration ausgehen soll, und schreitet dann zu einer submikroskopischen Struktur fort, welche eine Reduktion der typischen Eigenschaften des zu regenerierenden Teiles darstellt. Es ist genau derselbe Vorgang wie bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung, wo die typischen Eigenschaften des mütterlichen Organismus auf die submikroskopische Struktur der Fortpflanzungszellen (Sporen, Knospen, Eier) reduziert werden. Die Regenerationsanlage entspricht genau der Vegetationsknospe oder dem befruchteten Ei; denn beide entfalten die submikroskopischen Vorrichtungen dazu, um sich durch Teilung und Differenzierung zum fertigen Organismus oder Glied eines solchen zu entfalten. Allerdings sind auf jeder Stufe dieser Ausgestaltung organische Regulationen im kleinen nicht zu entbehren; das heißt, die Struktur der Anlage ist nur ein Hilfsmechanismus für die organischen Regulationen, und das eigentliche Problem liegt erst in der eigenartigen räumlichen Verteilung und Anordnung der Differenzierungsprodukte, wie der morphologische Typus sie verlangt. Das so ausgestaltete Glied oder Organ ist aber zunächst noch erheblich

kleiner als das, welches es ersetzen soll, wie das Kind kleiner ist als der Erwachsene. Als dritte Stufe muß sich deshalb das Wachstum anschließen. Das Glied wächst schon während der Ausgestaltung, und oft genug muß erst in der Wachstumsperiode durch organische Regulationen der Typus erreicht werden, der in der Ausgestaltungsperiode noch nicht in normaler Weise erreicht werden konnte.

Das Regenerationsvermögen ist beschränkt, um so beschränkter, je festere Formen der Organismus angenommen hat, je zentralisierter er ist, und je fertiger er in seinem Wachstum ist, kurz, je weiter er sich von der embryonischen Stufe entfernt hat. Wäre das Regulatorische unbegrenzt, so wäre das Individuum unsterblich; aber so wenig der Tod etwas gegen die Existenz des Lebens beweist, so wenig beweist die Beschränktheit des Regulationsgebietes etwas gegen die Wirklichkeit der Regulationen innerhalb der Grenzen, die ihnen bei jeder Organismenart und auf jeder Entwicklungsstufe derselben angewiesen sind. Es genügt für die Lebensfähigkeit einer jeden Art, wenn ihre Regenerationsfähigkeit groß genug ist, um die Schäden auszubessern, welche sie unter gewöhnlichen Umständen häufiger zu betreffen pflegen. Es kommt aber nicht darauf an, daß auch solche Individuen zur Norm zurückgeführt werden, die von ausnahmsweise großen und seltenen Unfällen betroffen sind. Sie können ruhig als Krüppel weiterleben oder zugrunde gehen, ohne daß der Bestand der Art darunter leidet, an dem allein der Natur etwas gelegen zu sein scheint.

Oft genug hilft sich auch das Individuum mit einem andersartigen Ersatz, der ihm leichter erreichbar ist als die typische Regeneration und ihm funktionell ähnliches, wenn auch nicht ganz das Gleiche, leistet. Dies ist besonders deutlich bei Pflanzen, wo meist von seitlichen Teilen ausgehende Bildungen den verlorenen Teil funktionell vertreten müssen, ohne ihn morphologisch ersetzen zu können. Weiß doch auch der Mensch sich mit Stelzbein und Krücke zu helfen, da er das verlorene Bein nicht regenerieren kann.

Blicken wir auf das besprochene Gebiet zurück, so erscheinen Generation und Regeneration, Organisatorisches und Regulatorisches nur als zwei ineinandergreifende Seiten des allgemeinen Lebensvorganges. Überall, soweit unsere Erfahrung reicht, liegt

bereits eine maschinelle Struktur in den Organismen vor, auf die sich das weitere Geschehen stützt; aber nur in einfachen Fällen typischer Reize reicht diese Struktur aus, um den Energiestrom, der durch den Organismus fließt, gerade in diejenigen Umwandlungsbahnen zu leiten, die der Lebensprozeß braucht. Da es in aller Strenge keine gleichmäßig wiederkehrenden Reize gibt, sondern jeder ähnliche Reiz doch irgendwie von jedem vorhergehenden abweicht, so muß auch die Reaktion irgendwie von jeder früheren abweichen, um dem Leben zu dienen. Sie stützt sich zwar auf die gegebene maschinelle Struktur des Organismus, aber sie geht über deren maschinelle Leistungsfähigkeit nach unorganischen Naturgesetzen hinaus, indem sie eine aktive Anpassung von dynamischer Zweckmäßigkeit entfaltet. In diesem Sinne ist jede organische Regulation mehr als eine bloß maschinelle Selbstregulation, jeder Fortschritt in der individuellen oder stammesgeschichtlichen Entwicklung der Organisation mehr als eine bloße Entfaltung des eingefaltet Vorrätigen, mehr als ein bloßes Sichtbarwerden vorher unsichtbarer Struktur. Und indem jede jeweilig gegebene organische Struktur sich stammesgeschichtlich als das Produkt vieler Entwicklungsschritte darstellt, deren jeder über das Vorgefundene organisatorisch hinausging, ist alle organische Struktur selbst das Produkt von organisatorischen und regulatorischen Funktionen, die nicht aus gegebener Struktur zu erklären sind.

Auch ein ausgewachsenes Individuum, das keinen Beitrag zum stammesgeschichtlichen Fortschritt liefert, muß doch, sowohl als ganzer Organismus als auch in jedem seiner kleinsten Teile, beständige Regulationen durch aktive Anpassung üben, die über die maschinellen Selbstregulationen hinausgehen, wenn es sich nur in dem normalen Typus behaupten will. Wie die Pathologie uns oft erst die Augen öffnet für die eigentliche physiologische Bedeutung mancher Teile, so kann auch die regulative Reaktion auf störende Reize unser Verständnis schärfen für das Zustandekommen des Wachstums auf Grund normaler Wachstumsreize, die Regenerationserscheinungen das Verständnis für die Generation, die Bildung der Regenerationsanlage dasjenige für die Entstehung der Fortpflanzungszellen, die Ausgestaltung der Regenerationsanlage zu einem Ersatzgliede endlich dasjenige für die normale Entwicklung des Eies zu einem fertigen Organismus.

VIII. Der Tod.

Hinter allem Leben lauert wie ein Gespenst der Tod. Warum? Warum muß alles Geborene sterben, da doch das Leben selbst nicht stirbt, sondern in neuen Geschlechtern weitergeht? Religion und Ethik haben sich um diese Frage bemüht; hier soll nur betrachtet werden, ob die moderne Biologie vermocht hat, sie zu lösen.

Der Tod wird gewöhnlich als die Aufhebung des Lebens definiert. Das Leben hängt an der Fortdauer des Stoffwechsels; wird dieser sistiert, so steht auch das Leben still, und das organische Individuum tritt in einen leblosen (anabiotischen) Zustand ein. Bleibt dabei die Plasmastruktur insoweit unverändert, daß beim Wiedereintritt günstiger Umstände der Stoffwechsel wieder eintritt (z. B. bei eingetrockneten Samen, Sporen, Rädertierchen, gefrorenen Pflanzenteilen), so ist die Lebensfähigkeit erhalten geblieben und das Leben hat nur pausiert oder war suspendiert (Scheintod). Wird dagegen die Plasmastruktur so verändert, daß sie auch unter den günstigsten Umständen die Assimilation nicht wieder aufnehmen kann, dann ist nicht nur das Leben, sondern auch die Lebensfähigkeit erloschen; der Tod im eigentlichen und engeren Sinne ist eingetreten. Auch der wiederbelebungs-fähige leblose Zustand kann, wenn er zu lange dauert, in Tod übergehen; von trockenen Samen z. B. keimt von Jahr zu Jahr ein geringerer Prozentsatz. Die Definition des Todes muß also zunächst dahin verengert werden, daß er die Aufhebung nicht bloß des Lebens, sondern auch der Lebensfähigkeit ist.

Bei höher organisierten Individuen genügt schon ein längerer oder kürzerer Mangel an Nahrung oder Atmungsluft, um die Plasmastruktur durch Hungertod oder Erstickungstod zu zerstö-

ren. Ebenso wirkt das Eintrocknen unmittelbar tödlich auf alle Teile, die nicht besonders auf solchen Zustand eingerichtet sind; das Erfrieren scheint unmittelbar tödlich zu wirken durch die Giftigkeit des chemisch reinen Wassers beim Wiederauftauen. Daß auch mechanische Verletzungen, chemische und elektrische Einwirkungen die Assimilationsfähigkeit des Plasmas zerstören können, liegt auf der Hand. Bei den Tieren mit zentralisierter Organisation ist die unmittelbare Todesursache in der Regel Lähmung des Atmungszentrums (Lungenlähmung) oder des Blutumlaufszentrums (Herzlähmung). Wo entweder die Lüftung des Blutes oder der Kreislauf des gelüfteten Blutes aufhört, müssen alle Zellen des Organismus bald den Erstickungstod sterben; der Erstickungstod der Zellen tritt bei mangelndem Blutkreislauf viel schneller ein als ihr Hungertod. Der Nahrungsmangel macht die Assimilation, den Ersatz der zerfallenen Teile unmöglich; der Sauerstoffmangel hindert den normalen Zerfall durch Oxydation und setzt andere chemische Umwandlungen an ihre Stelle, die nicht wie die Verbrennung lösliche und leicht wegschaffbare Endergebnisse liefern (Kohlensäure und Wasser), sondern unlösliche, die die Abfuhrwege und Zufuhrwege verstopfen und dadurch den weiteren Stoffwechsel hemmen. Trockenheit und Frost setzen den festen Aggregatzustand an Stelle des flüssigen, und heben dadurch die chemischen Reaktionen auf.

Außer diesen Todesarten, die durch ungünstige äußere Bedingungen herbeigeführt werden, gibt es nun aber noch eine allgemein bekannte Todesart, der die Organismen auch unter den günstigsten Lebensbedingungen erliegen, die also auf inneren Bedingungen des Organismus beruhen muß: den von selbst eintretenden Tod. Bei niederen Organismen kann dieser spontane Tod sich unmittelbar an die Fortpflanzungsperiode, also an die Blüte der Lebenstätigkeit anschließen; bei höheren dagegen pflegt sich zwischen beide eine Periode des Alterns einzuschieben, und der Tod erscheint dann als Alterstod. Daß das Leben durch die Ungunst äußerer Umstände vernichtet werden kann, darin liegt nichts Wunderbares; wohl aber stellt es sich als Rätsel dar, warum alles Leben in sich erlischt, wenn es eine Zeitlang gedauert hat. Gegen die Ungunst der äußeren Umstände kann der Mensch sich durch Vorsicht bis zu einem gewissen Grade schützen; gegen den Alterstod ist er ohnmächtig, ja er ersehnt ihn zuletzt wohl gar,

um den zunehmenden Beschwerden des höheren Alters zu entgehen. Deshalb liegt dem Menschen die Frage so nahe: warum trägt jedes individuelle Leben den Keim des Todes in sich, und warum folgt der Jugendzeit das Alter, das dem Tode Schritt vor Schritt näher führt? Den Stein der Weisen, der vor dem Alter und dem Alterstode bewahren soll, suchen wir heute nicht mehr; aber wir möchten wissen, warum es ein solches Elixier der Jugend nicht geben kann, welche innere Notwendigkeit alles Leben zum Tode verurteilt.

Da nach der Abstammungslehre alle höheren Lebewesen einmal aus einfacheren hervorgegangen sind, so wird man sich nach den Erscheinungen in der aufsteigenden Entwicklungsreihe umsehen müssen, um zu einem Verständnis zu gelangen. Bei den einzelligen Organismen hat man den Alterstod noch nicht beobachten können; sie sterben entweder infolge ungünstiger Umstände, oder sie gelangen vor dem Eintritt des Alters zur Fortpflanzung durch Teilung in zwei oder viele neue Zellen. Bei der Zweiteilung entstehen aus dem Mutterindividuum zwei Tochterindividuen, die an seine Stelle treten; nichts tritt dabei zutage, was einer Leiche ähnelte. Bei der im Meere herumschwimmenden *Magosphaera planula* sind eine Anzahl Geißelzellen konzentrisch verbunden in eine Art Gallerte eingebettet. Zu einer gewissen Zeit ihres Lebens machen sie sich aus ihrer Verbindung frei und bilden dann eine jede durch einen Furchungsprozeß eine neue *Magosphaera*. Hier bleibt bei dem Austritt der einzelnen Geißelzellen, der zugleich als Geburtsakt der jungen Generation zu betrachten ist, die Gallerte des Muttertieres, die sie vereinte, als lebensunfähiger Rest des Muttertieres, als erster Ansatz zu einer Leiche übrig.

Bei vielen Arten niederster einzelliger und mehrzelliger Organismen wird das Mutterindividuum gleichsam zu einer Bruthöhle, aus der die reifen Tochterzellen bis zu mehreren Hunderten gleichzeitig ausschlüpfen. Hier bleibt die oben eingerissene Hülle des Mutterindividuums, die selber aus einer starken Schicht von Zellen bestehen kann, wie ein entleerter Sack übrig und stirbt ab. Solche Vorgänge sind z. B. an Schmarotzerinfusorien (*Holophrya multifiliis*), bei einer Familie von niederen Algen, den Volvazineen (*Pandorina morum*), und bei mehrzelligen Schmarotzern (*Orthonectiden*) beobachtet. Hier erscheint der Geburtsakt gleich-

sam als der äußere Anlaß für den Rest des Muttertieres, der ihm die Lebensfähigkeit raubt, obwohl bei der fast unbegrenzten Regenerationsfähigkeit solcher niederen Lebewesen nicht abzusehen ist, warum der übriggebliebene Sack sich nicht wieder zusammenzieht, den Einriß ausbessert und ruhig weiterlebt. Genauer betrachtet hat er seine ganze innere Zellschicht (Entoderm) in Eier verwandelt und abgegeben und scheint außerstande, weder ohne innere Zellschicht sich zu ernähren, noch auch die innere Zellschicht von der äußeren (dem Ektoderm) aus zu regenerieren. Der Tod des Muttertiers erscheint also als eine Verstümmelung durch Verlust eines zum Leben notwendigen Teiles seines Organismus, der sich ebenso in eine junge Generation zerteilt hat, wie bei den Einzelligen die ganze Mutterzelle.

Nun gibt es noch eine zweite Weibchenform bei denselben Orthonektiden, die sich anders verhält. Hier teilt sich nämlich das Muttertier spontan in mehrere Stücke, und die äußere Zellschicht überzieht durch ihr Wachstum die Teilstücke mit den eingeschlossenen Eiern, schwimmt vermittelt ihrer Wimpern mit den Teilstücken herum, bis sie sich in dem Wirtstier festgesetzt haben, und macht dann durch ihr spontanes Absterben die junge Generation frei. Auch bei den Männchen werden die großen Zellen der Außenschicht zur Zeit der Geschlechtsreife von selbst atrophisch, fallen stellenweise ab und geben dadurch dem Samen freien Austritt. Hier ist also das Absterben des Muttertiers und Vaterniers nicht mehr Folge der Fortpflanzungsvorgänge, sondern Vorbereitung auf dieselben. Daraus muß man aber zurückschließen, daß auch bei der ersten Weibchenform sehr wohl typischer spontaner Vorgang sein kann, was zunächst als bloße Folge des Geburtsaktes erscheint.

Zu dem gleichen Ergebnis führt die vergleichende Betrachtung höher organisierter Tiere. Bei vielen Insekten sterben die Männchen unmittelbar nach der Begattung, die Weibchen unmittelbar nach der Ablegung der Eier. Das sieht ganz so aus, als stürben die Männchen an einer Art Nervenchock, die Weibchen an Erschöpfung. Aber bei vielen anderen Insekten und Tieren anderer Ordnungen hat der Begattungsakt durchaus nicht eine solche tödliche Wirkung, sondern die Männchen leben ruhig weiter und wiederholen ihn öfter. Nahe verwandte Arten der am Geburtsakt sterbenden Insektenweibchen legen ihre Eier an verschiedenen

Stellen nacheinander einzeln ab, so daß die Erschöpfung durch plötzliche Ablage des ganzen Eiervorrats wegfällt; sie fliegen vor Ablage des letzten Eies noch herum und sterben doch hinterher. Man kann auch nicht die Entwicklung der Fortpflanzungszellen als eine übermächtig wuchernde Geschwulst betrachten, die dem Tiere die Nahrung entzieht und seine Gestalt mechanisch zerstört, denn bei den meisten Organismen nehmen die Fortpflanzungszellen nur einen kleinen Raum und einen kleinen Teil von der Nahrungszufuhr in Anspruch, und die Eltern sterben doch früher oder später nach ein- oder mehrmaliger Fortpflanzung.

Auch die geschlechtliche Fortpflanzung hat man zu dem Tode in Beziehung zu setzen versucht. Der Tod sucht aber die Organismen, die sich ungeschlechtlich fortpflanzen, ganz ebenso heim, wie die, welche sich geschlechtlich fortpflanzen, so daß zwischen dem Verhalten beider zum Tode gar kein Unterschied zu bemerken ist. Und dies gilt nicht bloß für solche Tiere, die, wie manche Insekten, die geschlechtliche Fortpflanzung für bestimmte Zwecke oder Fälle wieder aufgegeben und mit Parthenogenesis vertauscht haben, sondern auch für die niederen Pflanzen und Tiere, die es noch gar nicht bis zu geschlechtlicher Fortpflanzung gebracht haben. Es gilt für sie, gleichviel ob die Vermehrung durch fortgesetztes Wachstum und Absterben der älteren Teile erfolgt, wie bei manchen einzelligen Wasseralgen (z. B. *Caulerpa*); oder durch Seitentriebe der Wurzeln, aus denen neue Schößlinge hervorgehen, wie z. B. bei den Maiblumen; oder durch Sprossen, die sich mit der Zeit von selbst ablösen, wie bei den Süßwasserpolyphen; oder durch Ableger, die von der Mutterpflanze künstlich getrennt werden, wie bei vielen Baumarten; oder durch Brutkörner, wie bei den Moosen; oder durch Sporen oder Keimzellen. Immer sterben mit der Zeit die alten Organismen oder Organismenteile, und nur die jungen leben weiter.

Ob das Individuum jeder Art eine lange oder kurze Lebensdauer hat, ob es einmal oder öfter zur Fortpflanzung gelangt, ob es die Fortpflanzung längere oder kürzere Zeit überlebt, oder gar schon als Vorbereitung der Fortpflanzung sein Individualleben aufgibt, das alles hängt von den besonderen Lebensbedingungen der Arten und ihrer Angepaßtheit an dieselben ab. Ein festes, allgemein gültiges, ursächliches Verhältnis zwischen Tod und Fortpflanzung besteht also nicht. Nur so viel kann man sagen,

daß keine Art sich erhalten könnte, bei deren Individuen der Tod früher einträte, als bis die Erhaltung der Art durch hinreichende Fortpflanzung gesichert wäre, daß dagegen der Tod der Individuen ohne Nachteil für den Fortbestand der Art eintreten darf, wenn diese Bedingung erfüllt ist. Aber aus dieser teleologischen Betrachtung über die Zulässigkeit des Todes für den Artbestand erfahren wir nicht das mindeste über die wirkenden Ursachen, die den Tod herbeiführen; denn die Art würde auch dann fortbestehen, wenn die älteren Generationen ohne spontanen Tod neben den jungen weiterlebten und nur durch äußere Todesursachen fortdauernd dezimiert oder durch Wechsel der Jahreszeiten insgesamt dahingerafft würden.

Wir begreifen, daß die Lebensdauer nach der Fortpflanzung um so mehr verlängert werden muß, je mehr der Fortbestand der Art von einer verlängerten Brutpflege abhängig ist; aber wir begreifen nicht, warum der Tod der Individuen eintreten muß, sobald sie für die Brutpflege nicht mehr erforderlich sind. Wir können verstehen, daß es für den Bestand der Art vorteilhafter ist, wenn nur fortpflanzungsfähige Individuen um die Nahrung konkurrieren; aber wir wissen nicht, warum die älteren Individuen die Fortpflanzungsfähigkeit verlieren, während sie ihren Nachkommen erhalten bleibt. Gibt es doch unter den Bäumen solche, die viele Jahrhunderte hindurch der Fortpflanzung fähig sind; da ist wohl danach zu fragen, warum bei andern Arten von Organismen, die eine viel kürzere Lebensdauer haben, die Fortpflanzungsfähigkeit so viel früher aufhört, anstatt so lange zu dauern, wie das Leben selbst. Und wenn das Leben des Individuums innerlich unbegrenzt wäre, so könnte man sich auch die Dauer der Fortpflanzungsfähigkeit unbegrenzt denken, so daß sie nur mit dem von außen aufgezwungenen Tode endete. Flourens hat sogar versucht, ein festes Verhältnis zwischen der Wachstumsperiode und der natürlichen Lebensdauer aufzustellen; aber es scheint doch, daß dieses Verhältnis bei jeder Art etwas verschieden ist, und keinesfalls läßt sich einsehen, warum nach irgend einem bestimmten Vielfachen der Wachstumsperiode (z. B. dem Fünffachen) der spontane Tod eintreten muß.

Es ist klar, daß ein gewisser teleologischer Zusammenhang zwischen Tod und Fortpflanzung besteht, insofern erst durch die Fortpflanzung der Tod teleologisch möglich geworden ist; aber

daraus lernen wir weder etwas darüber, ob der Tod teleologisch notwendig oder nützlich oder wünschenswert oder überflüssig und unbegründbar ist, noch auch darüber, welche wirkenden Ursachen den spontanen Tod ausnahmslos herbeiführen und ein etwaiges teleologisches Urteil über die Nützlichkeit des Todes tatsächlich vollstrecken.

Weismann hat die Behauptung aufgestellt, daß die einzelligen Organismen unsterblich seien und daß der spontane Tod erst mit der Mehrzelligkeit in die Welt gekommen sei. Er geht dabei von der Voraussetzung aus, daß das Individuum keine Realität, sondern ein bloßer Begriff sei, und daß es bloße Wortspielerei sei, den Untergang einer Mutterzelle als Individuum bei ihrer Teilung in zwei Tochterzellen als den „Tod“ der Mutterzelle zu behandeln (A. Weismann, Vorlesungen über Deszendenztheorie, Jena 1902, Bd. I, S. 283—286, 363; derselbe, Über Leben und Tod, Jena 1892, S. 25). Ihm gilt nur das Plasma, die lebende Substanz als das Wirkliche, und diese ist ja allerdings bei den Einzelligen dem spontanen Tode entrückt. Aber Weismann verkennt, daß das Plasma nirgends wirklich existiert als in Individuen, daß die lebende Substanz, abgesehen von ihrer Individualisierung in Zellen und Zellkomplexen, eine ebenso unwirkliche Abstraktion ist, wie der Begriff Individuum, abgesehen von seinem Plasma. Wirklich ist nur das konkrete Individuum als dieses Einzelne, als individualisiertes Plasma; denn lebende Substanz ohne Individualisierung würde eben damit zugleich aufhören, lebende Substanz zu sein, und wäre bloß noch ein Gemenge chemischer Substanzen. Der Tod tritt ein, wenn dieses wirkliche Individuum als solches zu existieren aufhört, also nicht nur, wenn sein Plasma aufhört zu leben und lebensfähig zu sein, sondern auch, wenn diese Individualität aufhört da zu sein. Der Geburtsakt der beiden Tochterindividuen ist wirklich zugleich der Todesakt des Mutterindividuum. Dürfte man nicht vom Tode der Mutter reden, dann auch nicht von der Geburt der Töchter. Die lebende Substanz des Mutterindividuum ist nur darum lebende Substanz geblieben, weil sie ihre einfache Individualisierung mit einer doppelten vertauscht hat, weil die Mutter sich, ihre individuelle Existenz, geopfert hat, um sie zwei Kindern zu schenken, die neue, andere Individuen sind als sie selbst.

Es ist keine Leiche bei diesem Tode der Mutter, weil und

insoweit ihre ganze lebende Substanz durch Eingehen in die Tochterindividuen die Form lebender Individuen bewahrt hat. Je mehr Abfälle und Reste bei dem Tode der Mutter übrig bleiben, die nicht in die Tochterindividuen eingehen, desto mehr lebende Substanz stirbt durch Verlust der mütterlichen Individualität ab, desto größer wird die Leiche bei dem Todesfall, wie dies die obigen Beispiele zeigten. Aber Weismann hat unrecht, daß ohne Leiche kein Tod möglich sei, und sein Gegner Götte hat darin recht, daß das Fehlen einer Leiche kein Beweis dafür sei, daß kein Todesfall eingetreten sei. Man kann im Gegensatz zu Weismann sagen: überall, wo die Leiche gleich Null oder annähernd gleich Null ist, da ist der Tod der Mutter nur die Kehrseite von der Geburt der Kinder; d. h. bei den Einzelligen hängt Tod und Fortpflanzung so untrennbar zusammen, daß beides dasselbe ist, nur unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet. Bei den mehrzelligen Organismen dagegen ist der Zusammenhang zwischen Tod und Fortpflanzung um so weniger verständlich, einen je kleineren Teil des Muttertieres die auszustoßenden Fortpflanzungszellen darstellen, oder je mehr Leiche beim Tode übrig bleibt. Denn desto unverständlicher wird es, inwiefern die eigene Lebensfähigkeit der Eltern durch Abstoßung von Fortpflanzungszellen gemindert werden soll, da doch die Nahrung für den Verlust Ersatz bietet.

Es muß also ein weiterer Grund neben der Fortpflanzung zu Hilfe genommen werden, um den Fortbestand des Todes auch bei Vielzelligen zu erklären. Dieser wird im Altern des Körperplasmas im Gegensatz zur ewigen Jugend des Keimplasmas gesucht. Das Körperplasma soll sterblich sein, weil es altert, das Keimplasma spontan unsterblich, weil es nicht altert. Der Tod der Vielzelligen erscheint nun als eine Folge der Sonderung des Plasmas in Körper- und Keimplasma, insofern nur das letztere jung bleibt, das erstere aber dem Altern unterworfen ist, das mit dem Tode endet. Der natürliche, spontane Tod der Vielzelligen wird nun ausschließlich als Alterstod gedacht.

Zunächst ist diese Lösung der Frage nicht allgemein gültig, denn sie kann nur bei denjenigen Vielzelligen in Betracht kommen, wo eine Altersperiode sich zwischen das Blütenalter der Fortpflanzung und den spontanen Tod einschleibt. Das ist aber, wie schon die obigen Beispiele zeigten, bei manchen Arten Vielzelliger

gar nicht der Fall, wo sich der spontane Tod unmittelbar an den Höhepunkt des Lebens anschließt. Wenn es richtig ist, daß bei allen früheren Vielzelligen der Tod an die Fortpflanzung nahe herangerückt war und die Einschlebung einer Altersperiode zwischen beide erst eine stammesgeschichtlich spätere Zugabe ist, so kann das Altern nur als eine sekundäre, in gewissen Fällen eingeschobene Vermittlungsart zwischen Blütenalter und spontanem Tode gelten, aber nicht als der entscheidende tiefere Grund für den Eintritt des Todes.

Aber angenommen, das Altern des Körperplasmas wäre die wahre Ursache des spontanen Todes, so ist damit doch nur ein Problem anstelle des andern gesetzt. Denn nun entsteht die Frage: warum altert das Körperplasma, das doch von dem nicht alternden Keimplasma abstammt? Wie kommt es, daß das Keimplasma, welches von Keimplasma abstammt, nicht altert, wohl aber das Körperplasma, das doch desselben Ursprungs ist? Mit dieser Frage hat sich die Biologie schon viel Mühe gegeben, aber, wie mir scheint, bisher ohne jeden Erfolg. Weismann, der alle Änderungen im Individualleben auf Änderungen im Keim zurückführt, mußte auch die Sonderung in Keimplasma und Körperplasma auf eine Sonderung der Keimanlagen in Keimplasmaanlagen und Körperplasmaanlagen zurückführen, für welche ein Grund nicht angebar ist. So wenig die etwaige Sonderung des Keimes in die Keimplasmaanlage und die Körperplasmaanlage mit der Sonderung des Gesamtplasmas in Keimplasma und Körperplasma verwechselt werden darf, ebensowenig darf eine dieser beiden Differenzierungen mit der hypothetischen Differenzierung eines hypothetischen Urplasmas in Kern und Nährplasma identifiziert werden, wie dies von Straßburger geschieht (Eduard Straßburger, Die Dauer des Lebens, in der „Deutschen Rundschau“ 1899, Januarheft). Denn in den Keimzellen ist Kern und Zellplasma gleich unsterblich, in den Körperzellen aber Kern und Zellplasma gleich sterblich, so daß die Sonderung in Kern und Zellplasma zur Erklärung der Sonderung in einen sterblichen und einen unsterblichen Teil nichts beitragen kann. Weismann gibt zu, daß wir den Alterstod nicht aus seinen Ursachen abzuleiten vermöchten, wenn wir ihn nicht aus der Erfahrung kennten (Vorlesungen über Deszendenztheorie, Bd. I, S. 363). Darin liegt aber schon das Eingeständnis, daß wir seine eigentlichen Ursachen nicht kennen, da wir, wenn

wir sie kennen, auch ihre notwendigen Wirkungen aus ihnen müßten ableiten können.

Die Berufung auf Abnutzung reicht hier nicht aus, denn unorganische Gebilde nutzen sich nur darum beim Gebrauch immer mehr ab, weil sie nicht assimilieren, also nicht die Abnutzung ersetzen können. Organismen schaffen sich direkt oder indirekt Ersatz für Abnutzungsverluste innerhalb der gewöhnlichen Grenzen und leiden ebenso durch Nichtgebrauch der Teile, wie durch Überanstrengung. Ihnen dient die normale Abnutzung bloß als unentbehrlicher Lebensreiz, der sie fördert, aber nicht schädigt. Ganze Organe, z. B. die Drüsen, sind darauf angelegt, daß ihre Zellen sich für den Gesamtorganismus opfern, indem sie ihre Teilungsprodukte fortwährend als Sekrete ausstoßen; aber die Organe nutzen sich dadurch nicht ab, sondern ersetzen immer wieder, was sie verlieren. Alle teilungsunfähigen Zellen, z. B. die Ganglienzellen, die roten Blutkörperchen, altern und gehen schließlich zugrunde, aber der Organismus sorgt für den Ersatz dieser Verluste durch Neubildung anderer von dem betreffenden Muttergewebe aus. So betrifft die Abnutzung immer nur ersetzbare Teile, aber nicht das Ganze eines noch lebenskräftigen Organismus. Das gleiche gilt für die allmähliche Erstarrung der submikroskopischen Plasmaschäume, nur daß hier dem Ersatz der unbrauchbar werdenden Teile ihre Auflösung und Abstoßung vorhergehen muß.

Der teleologische Grund für die Differenzierung des Plasma in Körperplasma und Keimplasma ist die Arbeitsteilung der Zellen, die sich verschiedenen Aufgaben anpassen. Diese Arbeitsteilung erfordert eine Zunahme von metaplasmatischen Bildungen, d. h. von Absonderungen, die aus dem Plasma durch chemische Umwandlungen ohne erhebliche Oxydation (von Kassowitz „inaktiver Zerfall“ genannt) ausgeschieden werden, durch ihre festere und unlösliche Beschaffenheit den Kreislauf der Säfte und den Sauerstoffzutritt erschweren und dadurch den Stoffwechsel unvollkommener machen. Der Stoffwechsel verhält sich bei Knaben, jungen Leuten und Greisen wie 143:110:100. Jede Erschwerung des Stoffwechsels vermindert wieder die vollständige Oxydation (den „aktiven Zerfall“) in lösliche Verbindungen und vermehrt die metaplasmatischen Gebilde selbst über das Maß des Bedarfs hinaus, so daß der Stoffwechsel immer mehr erschwert wird, und in

diesem fehlerhaften Kreislauf zuletzt der Organismus erliegt (Kassowitz, Allgemeine Biologie, Wien 1899, Bd. II, S. 354—355). Der Stoffwechsel wird schon allein durch die Vielzelligkeit der höheren Organismen ungünstiger gestaltet, weil die Zellzusammensetzung zu viele Zelloberflächen von unmittelbarer Nahrungs- und Luftaufnahme abschneidet. Die eingeschlossenen Zellen (z. B. in Gehirn, Nieren, Knochen und Muskeln) erleiden früher einen Wachstumsstillstand als die an den äußeren oder inneren Oberflächen belegenen; am längsten wachsen Lungen, Herz, Haut und Darm, die freie Oberflächen haben.

Die Folgen des unvollkommenen Stoffwechsels sind verschieden, je nachdem der Verbrauch ohne entsprechenden Ersatz oder die Assimilation ohne entsprechenden Verbrauch und Wegführung überwiegt; sie zeigen sich nach Virchow in 1. Hypertrophie, 2. einfacher Atrophie, 3. Metamorphose oder Metaplasie, 4. Wucheratrophie, 5. Hyperplasie, 6. Degeneration und Nekrose. Bei Überernährung und bei Unterernährung wird der Stoffwechsel gleichmäßig erschwert, nur in entgegengesetztem Sinne. Je unvollkommener der Stoffwechsel ist, d. h. je älter der Organismus ist, desto leichter treten alle jene krankhaften Gewebeveränderungen auf, die aus ihm folgen können. Die Unvollkommenheit des Stoffwechsels ist die Ursache nicht nur der meisten von innen kommenden Krankheiten, sondern auch des Alterns und des Alterstodes.

Gegen die Richtigkeit der Beschreibung des Tatbestandes läßt sich nichts einwenden; aber damit fehlt noch viel für das volle Verständnis des ursächlichen Zusammenhanges. Ohne Zweifel erfordert die Arbeitsteilung der Zellen bei vielzelligen Organismen mancherlei schwerlösliche Bildungen, deren Stoffwechsel entweder gänzlich sistiert (wie z. B. bei Schalen, Haaren, Schuppen, Hörnern), oder doch sehr erschwert ist, und nur mühsam durch ein zartes Netz von halbflüssigem Plasma oder durch Wanderzellen aufrecht erhalten wird (wie bei Knorpeln, Knochen, Epidermis, Zellulosehüllen der Pflanzenzellen usw.). Aber die Sistierung des Stoffwechsels in unorganisch gewordenen Ausschwitzungen (z. B. dem Schneckenhaus) braucht doch den Stoffwechsel im übrigen Organismus nicht wesentlich zu behindern; das zwecklos und hinderlich Gewordene wird einfach abgeworfen (Geweihwechsel, Häutung der Krebse). Die Erschwerung des Stoffwechsels braucht nicht ein solches Maß zu erreichen, daß sie das Leben verkürzt.

Im ganzen ist jeder Zellenverband mit den nötigen Vorrichtungen versehen, um das erforderliche Maß von Stoffwechsel unter den gewöhnlichen Lebensumständen zu sichern. Die Pflanzen breiten ihre lebenden Zellen in dünne Oberflächenschichten aus, die Tiere versehen sich mit den hinreichenden Röhrensystemen, um die Luftaufnahme und den Säftekreislauf zu ordnen. Die großen Amphibien und Reptilien mit ihrer sackförmigen, zerteiligen Lunge ohne Bronchienverästelung und Lungenbläschen sind nicht kurzlebiger, sondern langlebiger als die Warmblüter mit großer innerer Atmungsoberfläche infolge starker Faltung der Lunge. Im allgemeinen lagert keine gesunde Zelle unter normalen Verhältnissen mehr unlösliche Gebilde um sich her ab, als für ihre Sonderrichtungen und die Zwecke des Gesamtorganismus erforderlich sind. Wenn unter abnormen Verhältnissen zeitweilig zuviel davon abgelagert worden ist, so besitzt der Organismus die Fähigkeit, diesen Überschuß in lösliche Verbindungen zurückzuwandeln und wieder aufzusaugen, sobald normale Verhältnisse wieder eingetreten sind.

Die Pflanzen, die sich durch ein weit größeres Maß inaktiven Plasmazerfalls und metaplastischer Bildungen von den Tieren unterscheiden, sind darum nicht kurzlebiger, im Gegenteil finden wir die langlebigsten aller uns bekannten Organismen unter den Riesenbäumen mit dem stärksten Stützgerüst. Gerade die Zellen, die der äußeren Oberfläche zunächst liegen, haben die Neigung, sich durch starre Ablagerungen zu verhärten, weil und insofern dies zum Schutze des Gesamtorganismus dienlich ist. Innere Zellgruppen dagegen, die nur sehr mittelbar am Säftestrom teilnehmen, können weich bleiben und sich von metaplastischen Bildungen frei halten, sofern solche für sie zwecklos wären. Die Pflanzen und manche tierischen Gewebe zeigen uns, ein wie lebhafter Saftstrom auch ohne alles Röhrensystem durch bloße Wanderung von Zelle zu Zelle möglich ist. Wir haben deshalb keinen Grund anzunehmen, daß irgendwelche inneren Zellen allzu ungünstig in bezug auf den Stoffwechsel gestellt und von der Natur gleichsam stiefmütterlich behandelt seien. Die Zellverknüpfung geht niemals weiter, als daß jede der Zellen dabei ausreichend bestehen kann. Ein jugendlicher Organismus überwindet das gleiche Maß von Stoffwechsellagerung und schwer löslichen Ablagerungen leichter als ein alter. Wenn die Fähigkeit aller peripherisch wie

zentral belegenen Zellen zur Überwindung von Stoffwechselhemmungen und zur Resorption etwaiger inaktiver Zerfallsprodukte im Alter nachläßt, so kann das nicht als bloße Folge einer schon eingetretenen Verstopfung des Saftkreislaufs durch Ablagerungen gedeutet werden, sondern im Gegenteil, diese im Alter zunehmende Verstopfung, Vertrocknung und Verhärtung der Gewebe ist lediglich als eine Folge der abnehmenden Fähigkeit zur aktiven Bewältigung auftretender Schwierigkeiten zu verstehen.

Am meisten im Innern versteckt liegen bei den höheren Tieren die Fortpflanzungszellen und die Organe, die sie bilden; man müßte also annehmen, daß diese Teile am meisten in Gefahr wären, unter der Unvollkommenheit des Stoffwechsels zu leiden und von unzweckmäßigen Ablagerungen gleichsam erstickt zu werden, also zu altern und dem Tode zu verfallen. Das Gegenteil ist der Fall; sie bleiben am längsten jung, haben also doch wohl einen möglichst ungehemmten Stoffwechsel. Läge es nur an den Zufälligkeiten des Stoffwechsels, ob die Zellen altern oder nicht, so müßten entweder die Fortpflanzungszellen, die schon in ziemlich früher Periode des Embryonallebens der Anlage nach gebildet werden, im Laufe des Lebens mit altern und sterben, oder die Zellen des Körperplasmas müßten sich ebensogut wie sie jung erhalten können. Die Fortpflanzungszellen sterben aber ab, ohne zu altern, sowohl wenn sie nicht in die für ihre Entwicklung erforderlichen Verhältnisse kommen, als auch wenn sie in solche kommen. Im ersteren Falle geht durch die Ungunst der äußeren Umstände mit ihrer Individualität zugleich ihre lebendige Substanz zugrunde, im letzteren Falle unter günstigen Umständen nur ihre Individualität, während ihre lebendige Substanz erhalten bleibt, nämlich im Furchungsprozeß des Eies, wenn nicht schon in der Zellverschmelzung des Kopulationsaktes. Nur als unreife erhalten sie ihr Leben; als gereifte müssen sie aus dem Organismus auswandern, um als individuelle Zellen zu sterben und günstigenfalls neuen Zellen und Individuen das Leben zu geben.

Manches spricht ja dafür, daß wirklich das Altern eine unausweichliche Folge alles Individuallebens, selbst der einzelligen Organismen sei, und daß wir nur keine Gelegenheit haben, diesen Vorgang an den Einzelligen zu beobachten, weil bei ihnen der Tod, sei es der auferlegte, sei es der spontane durch Fortpflanzung, dem Altern zuvorkommt. Nach Nägeli nimmt auch bei der Hefen-

zelle die Dicke der Zellulosehülle und die Fettablagerung im Innern, also die für das Altern charakteristischen metaplasmatischen Bildungen, zu. Wer aber das Altern als eine unausweichliche Folge alles Lebens ansieht und daraus den Alterstod erklären will, für den entsteht die Aufgabe, erklärlich zu machen, wie es trotzdem möglich ist, daß das Leben in der Gattung fort dauert.

Dies hat Götte versucht durch den Begriff der Verjüngung; die Verjüngung soll sich zwischen zwei Individualleben einschieben und das wieder gut machen, was das Altern in dem ersten Individualleben verdorben hat. Das Altern führt zum Tode, aber indem dieser Tod spontan aufgesucht wird in einer Form, die zur Verjüngung führt, geht aus diesem Tode, wie der Phönix aus der Asche, ein neues, verjüngtes Leben hervor. Dieser Verjüngungstod ist die Auflösung in eine noch organische, aber nicht mehr lebende Masse, die zum Schutze ihrer regenerativen Vorgänge sich einkapselt (enzystiert). Die Einkapselung, die wir an vielen niederen Organismen sehen, endet ein Individualleben und läßt ein neues beginnen; bei den höheren Organismen ersetzt das Ei oder die Fortpflanzungszelle die Einkapselung des ganzen Organismus und vollzieht die Verjüngung einer ausreichenden Menge von organischer, aber nicht lebendiger Materie.

Diese Auffassung stimmt nicht recht zu den herrschenden Ansichten der Biologie über die Bedeutung der Einkapselung bei niederen und die Organisation der Fortpflanzungszellen bei höheren Organismen. Die Einkapselung hat nach Bütschli ursprünglich in keinem direkten Zusammenhang zur Fortpflanzung gestanden, sondern dient zum Schutz des Organismus und zu seiner Abschließung gegen die Außenwelt, sei es, um ungünstige Verhältnisse (Kälte, Trockenheit, faulige Beschaffenheit des Wassers) ungeschädigt zu überdauern, sei es, um unter Einschränkung des Stoffwechsels günstigere Verhältnisse für eine neue Lebensperiode mit einem möglichst geringen Substanzverlust abzuwarten, sei es, um reichlich aufgenommene Nahrung **ungestört** von Feinden zu verarbeiten. Zum Teil besteht diese Verarbeitung auch in einer Vermehrung durch Teilung, und in solchen Fällen tritt die Einkapselung allerdings in den Dienst der Fortpflanzung, während sie in den anderen Fällen nur eine Phase innerhalb des Individuallebens darstellt und weder ein gealtertes beendet, noch ein neues beginnt. Die eingekapselten Organismen behalten ihre organische Struktur und

eine, wenn auch herabgesetzte Lebenstätigkeit, die sich nicht selten in sichtbaren Bewegungen äußert, so daß die von Götte für die Verjüngung geforderten Voraussetzungen tatsächlich nicht erfüllt sind. Die Fortpflanzungszellen oder Eier der höheren Organismen können als eingekapselte ausgeschieden werden (Dauersporren, Dauereier, Wintereier), wenn die Erhaltung der Art einen solchen Schutz zu gewissen Zeiten und für bestimmte Lebensverhältnisse erfordert. Im allgemeinen aber kann die Göttesche Parallelisierung jeder Fortpflanzungszelle mit einem enzystierten Organismus nicht aufrechterhalten werden. Selbst im Ei ist die Kernstruktur und eine gewisse Lebenstätigkeit erhalten, sind also die Götteschen Voraussetzungen für den Verjüngungsvorgang nicht erfüllt.

Der Begriff der Verjüngung ist übrigens, vom entwicklungsmechanischen Standpunkt betrachtet, ganz unklar und unfaßlich. Wenn Leben gleich Altern ist, so ist darum noch nicht Tod gleich Verjüngung. Wo wir wirklichen Tod beobachten, führt er zu keiner Verjüngung. Gibt es eine Verjüngung, so kann sie nicht im Tode oder einem todähnlichen Zustand gesucht werden, sondern nur in einer solchen Konzentration und Steigerung des Lebens, daß das Leben durch seine erhöhte Betätigung nunmehr das Altern überwindet, während es bei dem gewöhnlichen, unzulänglichen Grade seiner Betätigung das Altern zur Folge hat. Daß Epochen einer gesteigerten Lebenstätigkeit vorkommen und mit solchen einer **verminderten** Lebenstätigkeit abwechseln, ist nicht zu bestreiten; die Frage ist nur, ob ihre Steigerung ausreicht, um zu einer Verjüngung zu führen. Manches scheint auch dafür zu sprechen.

Infusorien, die sich einige hundert Generationen hindurch vermittlest bloßer Teilung vermehrt haben, entarten in einer Weise, die man vielleicht als ein stammesgeschichtliches Altern mit dem individuellen Altern in Vergleich stellen könnte, wenngleich eine Zunahme metaplastischer Bildungen bei diesem Abschwächungsvorgang nicht nachgewiesen ist; erst ein Kopulationsakt zweier Individuen mit wechselseitigem Austausch eines Teiles ihrer Kernbestandteile wirkt als hinreichender Reiz, um die Lebensfähigkeit wieder auf die ursprüngliche Stufe zu heben. Die Zahl der Generationsfolgen, nach denen ein Kopulationsakt erforderlich wird und eintritt, hängt nicht von äußeren Umständen ab, sondern ist für jede Infusorienart typisch, woraus zu schließen ist, daß der ganze

Zyklus aus inneren Entwicklungsursachen entspringt. In ähnlicher Weise mag auch bei zweigeschlechtlichen Tieren und Pflanzen der Befruchtungsreiz als starkes Erregungsmoment der Lebenstätigkeit, und in diesem Sinne verjüngend wirken. Es ist nicht ausgeschlossen, daß auch bei der ungeschlechtlichen Vermehrung solche noch unbekannte Erregungsreize in bestimmten Perioden des Individuallebens eingreifen und durch ihre Steigerung der Lebenstätigkeit verjüngend wirken.

Aber das Eigentümliche und Erklärungsbedürftige ist gerade das, daß solche Verjüngungsreaktionen nicht an ältere Individuen verschwendet werden und niemals ihrem Individualleben, sondern immer nur der aus ihm entsprossenden neuen Generation zugute kommen. Der Unterschied der alten und jungen Generation, des Alters und der Jugend wird schon vorausgesetzt; die wirklich zu beobachtenden Entwicklungsreize wirken nur zugunsten der Jugend, um ihr im Kampfe gegen das Altern beizustehen und ihr das Alter länger fern zu halten, nicht zugunsten des Alters, um ihm die verlorene Jugend zurückzugeben. Wären nicht die Keimstoffe in den gealterten Individuen ohnehin jung und vom Altern ihrer Eltern unberührt geblieben, so könnten auch die sie treffenden Entwicklungsreize nichts leisten, um ihre Lebenstätigkeit auf den Gipfel zu heben. Der Begriff der Verjüngung weist einerseits auf eine Reaktionsfähigkeit zurück, deren Betätigung durch Reize gesteigert werden kann; andererseits setzt er den Unterschied zwischen gealterten Individuen und ungealterten Keimstoffen schon voraus, also eine verschiedene Reaktionsweise des Organismus auf die zu überwindenden Schwierigkeiten und Stoffwechselhemmungen an verschiedenen Teilen des Körpers.

Ob das Altern eine stammesgeschichtliche Erwerbung oder ein ursprünglicher Besitz alles individualisierten Plasmas ist, mag zweifelhaft scheinen, da die einzelligen Organismen zu früh an der Fortpflanzung oder aus äußeren Ursachen sterben, um deutliche Zeichen des Alterns zu geben. Die Fortpflanzung durch Zellteilung muß jedenfalls ein ursprünglicher Besitz sein, da ohne sie keine Stammesgeschichte und keine stammesgeschichtlichen Erwerbungen möglich gewesen wären. Dann ist aber auch der Tod als Zellteilungstod eine ursprüngliche Eigenschaft alles Lebendigen, und keine stammesgeschichtliche Erwerbung. Dagegen ist das Übrigbleiben einer Leiche beim Fortpflanzungstode eine stammesge-

schichtliche Erwerbung, die aber nicht erst bei den Mehrzelligen auftritt, sondern in ihren Anfängen schon bei Einzelligen, sobald die Identität von Individuum und Fortpflanzungsplasma ins Wanken gerät und ersteres einen Überschub über das letztere zeigt. Der Alterstod ist ganz gewiß erst eine stammesgeschichtliche Erwerbung, die erst bei Vielzelligen auftreten konnte, weil erst bei diesen der Überschub des Individuums über sein Fortpflanzungsplasma groß genug wird, um dem Individuum ein Fortleben nach der Fortpflanzung und das Durchmachen einer Altersperiode zu gestatten.

Die heutige Biologie ist geneigt, stammesgeschichtliche Erwerbungen als zweckmäßige Einrichtungen anzusehen, selbst dann, wenn sich ihr das Verständnis für die Zwecke, denen sie dienen, noch nicht erschlossen hat. Der Neulamarckismus glaubt, daß die Zweckmäßigkeit der Einrichtungen durch direkte Anpassung im Individualleben und Vererbung der so entstandenen Eigenschaften entstanden sei, — der Darwinismus, daß sie durch indirekte Anpassung vermittelt Selektion (der Arten, Individuen oder Keimteilchen) zustande gekommen sei. Beide Arten der Erwerbung scheinen bei der Entstehung des Alterstodes zu versagen.

Die direkte Anpassung bezieht sich unmittelbar auf die Selbsterhaltung und Selbstvervollkommnung des Individuums und mittelbar auf die der Art. Hier aber würde es sich um eine direkte Anpassung des Individuums handeln, die der Selbsterhaltung zuwiderläuft und auf Selbstvernichtung abzielt, wenngleich die Erhaltung der Art darunter nicht leidet. Sobald Vielzellige sich soweit entwickelt haben, daß sie die Fortpflanzung überleben können, so sollte man meinen, daß ihre direkte Anpassungstendenz dahin gerichtet sein müßte, nach Umschiffung dieser ersten und bisher einzigen Klippe ihres individuellen Fortbestandes, auch alle anderen Klippen zu vermeiden, an denen die Selbsterhaltung scheitern könnte, nicht aber einen inneren Todesgrund zu produzieren, der der Selbsterhaltung sogar dann ein Ziel setzt, wenn alle äußeren Todesursachen fehlen. Wenn es aber einem Individuum gelingen wäre, eine solche Veränderung zur spontanen Sterblichkeit in seinem Individualleben zu erwerben, so wäre doch schwer abzusehen, warum die so erworbene Eigenschaft sich auch vererben müßte. Für die Art ist die spontane Sterblichkeit der Individuen jedenfalls doch kein Gewinn. Denn die gleichzeitig vorhandene

Zahl der Individuen jeder Art wird durch äußere Ursachen so hinreichend geregelt, daß nicht das mindeste Bedürfnis vorliegt, sie auch noch durch innere Ursachen zu regeln.

Auch durch indirekte Anpassung kann der Alterstod nicht gezüchtet werden. Eine Art ohne Alterstod müßte, damit dies möglich wäre, einer sonst gleichen Art mit Alterstod im Kampf ums Dasein unterlegen sein. Das Gegenteil würde aber der Fall sein. Auf den von Altersschwäche nicht berührten Altersstufen würden beide Arten gleichwertig, auf den höheren Altersstufen aber würde die von Altersschwäche unberührte Art der mit Altersschwäche behafteten überlegen sein. Wenn eine Art mit Altersschwäche sich nur herausbilden könnte aus einer Art ohne Altersschwäche, so müßte dies dadurch geschehen, daß die zuerst vereinzelt auftretenden Individuen mit Altersschwäche das Übergewicht über die Individuen ohne Altersschwäche erlangten und diese im Kampf ums Dasein zum Aussterben brächten. Diese Annahme ist aber bei den Individuen ebenso widerspruchsvoll wie bei den Arten. Der Widerspruch bleibt derselbe, ob man an Personalselektion oder an Selektion der Keimteilchen als Vermittlung denkt.

Wäre der Alterstod durch direkte oder indirekte Anpassung erworben, so hätten die alterssterblichen Individuen und Arten aus nicht alterssterblichen hervorgehen müssen. Wenn aber altersunsterbliche Individuen und Arten bestanden, ehe alterssterbliche auftauchten, so mußte gerade die Überlegenheit der ersteren im Kampf ums Dasein das Umsichgreifen und die Ausbreitung der letzteren verhindern. Auch Weismanns Ansicht, daß die Altersunsterblichkeit wie jedes überflüssige Organ rudimentär werden und endlich verschwinden mußte, sobald sie für die Erhaltung der Arten überflüssig war, ist nicht stichhaltig. Denn Organe werden nicht schon dann rudimentär, wenn die Art auch ohne sie bestehen kann, sondern nur dann, wenn die mit ihnen versehenen Individuen und Arten den mit ihnen nicht mehr versehenen im Kampf ums Dasein auf keine Weise überlegen, sondern vielmehr aus irgendwelchen ökonomischen Rücksichten unterlegen sind. Hier ist aber das Gegenteil der Fall, so daß die einmal vorhandene Eigenschaft der Altersunsterblichkeit unmöglich rudimentär werden konnte.

So gewiß der Alterstod stammesgeschichtlich erworben sein

muß, so gewiß kann er weder durch direkte Anpassung und Vererbung, noch durch Auslese im Konkurrenzkampf erworben sein. Es kann unter den dem Fortpflanzungstod nicht mehr unterworfenen Individuen und Arten niemals altersunsterbliche gegeben haben, sondern der Alterstod muß sich stammesgeschichtlich derart an den Fortpflanzungstod unmittelbar angegliedert haben, daß der Überschuß des Individuums über das Fortpflanzungsplasma von jeher den Keim des Todes in sich trug. Wenn dieser Überschuß anfangs ein bloßes Exkret des Geburtsaktes darstellt, so rückt der Zellentod der ihn konstituierenden Zellen allmählich von dem Fortpflanzungsakt hinweg. Der Überschuß, der anfangs sofort bei der Geburt als Leiche abgestoßen wurde, erlangt für sein Absterben eine Galgenfrist, die sich allmählich verlängert. Nicht nur die Zellen des Überschusses leben noch eine Weile weiter, sondern das Individualleben des Mutterorganismus als eines Ganzen überdauert die Fortpflanzung und kann sogar zu wiederholten Fortpflanzungsakten Kraft behalten. Wenn es doch den Keim des Todes in sich trägt und trotz aller scheinbar bewahrten Lebenskräftigkeit nicht überwinden kann, so muß diese Eigenschaft zum Typus jedes Organismus gehören. Als stammesgeschichtliche Erwerbung stellt sie sich nur deshalb dar, weil sie erst im Laufe der stammesgeschichtlichen Entwicklung Gelegenheit erhält, sich zu entfalten und zutage zu treten.

Wenn die Ansicht richtig wäre, daß der Alterstod durch direkte Anpassung oder durch Selektion erworben sei, so würden wir daraus doch noch immer nichts erfahren über die entwicklungsmechanischen Vorgänge im Plasma, durch welche, sei es im Körperplasma, sei es im Keimplasma, der Übergang von altersunsterblichen Individuen zu alterssterblichen vollzogen würde. Beide Standpunkte, der Neulamarckismus und der Darwinismus, lassen die Frage völlig offen, worin die eigentümlichen Plasmavariationen bestehen, mit denen die Vererbung und die Zuchtwahl dann weiter operieren sollen. Beide setzen aber die biologische Zweckmäßigkeit des Alterstodes voraus, obwohl noch niemand einen einigermaßen haltbaren Versuch gemacht hat, anzugeben, worin denn diese vorausgesetzte Zweckmäßigkeit bestehen soll. Da sie in einer biologischen Überlegenheit der alterssterblichen Individuen und Arten nicht liegen kann, so hat man nur die Wahl, diese Zweckmäßigkeit zu verneinen, oder sie auf einem andern als dem biologischen

Gebiet zu suchen. Dieses andere Gebiet kann nur das psychologische sein. In beiden Fällen aber sind alle bisherigen Versuche der Biologie zur Erklärung des Alterstodes als völlig gescheitert zu betrachten.

Für die äußeren Naturvorgänge ist es gleichgültig, ob ein uraltes, aber nicht gealtertes, oder ein junges Individuum dieselben Verrichtungen vollzieht; für den seelischen Zustand aber macht das einen großen Unterschied. Das alte Bewußtsein hat schon oft den Kreis seiner Erfahrungen durchlaufen; ihm ist alles schon bekannt, und das Bekannte erweckt geringeres Interesse. Das alte Bewußtsein vollzieht gleichsam mechanisch immer wieder die längst gewohnten Verrichtungen, findet die Welt immer interesseloser und langweiliger und wird immer abgestumpfter; dem jungen Bewußtsein dagegen sind alle Reize neu, alle Eindrücke frisch, alle Lebenserfahrungen interessant. Der Ersatz erfahrungsreicher Bewußtseine durch erfahrungsarme, satter durch hungrige, gelangweilter durch interessierte, enttäuschter durch illusionsfähige, das ist in der Tat ein wichtiger Naturzweck. Die Natur arbeitet nicht nur mit Stoffwechsel im Organismus, sondern auch mit Bewußtseinswechsel im Organismenreiche. Die Bewußtseinsmauserung ist um so nötiger, je höher die Individualitätsstufe ist, muß aber auch auf den niederen Individualitätsstufen schon vorbereitungsweise durchgeführt werden, um sie auf den höheren zu ermöglichen. Die Mauserung der Art an Individuen vollzöge sich für die äußeren Naturzwecke zur Genüge durch die äußeren Todesursachen allein; daß eine innere Todesursache hinzukommt, hat seinen uns erkennbaren teleologischen Grund ausschließlich darin, daß die Mauserung der Bewußtseine auf jeden Fall, auch auf den der ausbleibenden äußeren Todesursache, sichergestellt werden muß und dies nur durch eine innere Ursache kann.

Im Einzelfall mag man aufs tiefste bedauern, daß ein reiches Wissen und Können durch Altersschwäche und Tod ihres Trägers den Mitlebenden geraubt wird; aber die Natur trifft ihre typischen Einrichtungen als allgemein gültige, und da muß man zugestehen, daß der Wechsel der Generationen für die Entwicklung unentbehrlich ist. Auch der genialste Kopf bleibt mit seiner Anpassungsfähigkeit hinter den Ansprüchen der Zeit zurück, weil er zu fest in den Eindrücken seiner Jugend wurzelt. Es ist schon nicht leicht, der nächsten Generation und ihren veränderten Anschauungen

völlig gerecht zu werden, geschweige denn der zweitnächsten. In drei Generationen aber pflegt sich die kulturelle Atmosphäre der Menschheit, wenigstens unter den raschlebigen Kulturvölkern, so zu verändern, daß ein stehen gebliebener Rest der viertletzten sich als vollkommener Anachronismus vorkommen müßte. Die Welt bedarf immer neuer Geschlechter, die sich in die veränderten Zeitumstände mit frischem, unbefangenen Bewußtsein einzuleben vermögen, um ihrerseits die Entwicklung um eine Stufe weiter zu fördern.

Der Alterstod ist also teleologisch zu begründen, wenn auch nicht aus äußeren Lebenszwecken; es ist keine irrthümliche Voraussetzung, daß er eine Zweckmäßigkeitseinrichtung der Natur ist, wenn auch Neulamarckismus, Darwinismus und Entwicklungsmechanik bei seiner ursachlichen Erklärung gleichmäßig versagen. Sie versagen ja auch sonst für die Erklärung der beständigsten typischen Merkmale in den Gattungen und Ordnungen; wir dürfen uns darum nicht wundern, wenn sie auch für die Erklärung dieser Einrichtung versagen, die ebenfalls typisch ist und zu den allerkonstantesten im ganzen Organismenreiche gehört. Ist sie aber einmal als zweckmäßig anerkannt, so kann man sie unter direkter Anpassung in einem weiteren Sinne befassen, nämlich als Anpassung an die letzten Zwecke des Gesamtlebens. Wie das Leben sich den Vorgängen, die eine erhöhte Lebhaftigkeit erfordern, durch eine gesteigerte Reaktion anpaßt, so den Vorgängen, die aus teleologischem Gesichtspunkte eine erlahmende Lebendigkeit verlangen, durch herabgesetzte Reaktionen. Das Leben leistet in dem alternden Organismus weniger, als es leisten könnte, weil es besser für das Bewußtsein des Individuums ist, vom Schauplatz abzutreten, nachdem es seine Rolle ausgespielt hat, und weil es besser für die Aufgaben der Art ist, daß ihre vorurtheilsvollen Individualbewußtseine durch vorurtheilslose ersetzt werden.

Aus dem Gesichtspunkt der mechanistischen Weltanschauung, wo die physiko-chemischen Kräfte nach ihren unorganischen Gesetzen ausreichen sollen, die Lebenserscheinungen hervorzubringen, muß man fragen, aus welchen Gründen diese Kräfte und Gesetze bald das Leben, bald den Tod hervorbringen, und diese bisher ungelöste Frage scheint in der Tat unlösbar. Aus dem Gesichtspunkt des Vitalismus, wo das Leben erst aus einer höheren, den

unorganischen Kräften und Gesetzen überlagerten organischen Gesetzmäßigkeit (vitaler Autonomie) entspringt, muß der Tod eintreten, sobald diese Überlagerung aufhört und das Spiel der unorganischen Kräfte ausschließlich seiner eigenen unorganischen Gesetzmäßigkeit überlassen wird. Hier entsteht die Frage, welcher Art die Einflüsse und die mechanischen Vermittelungen sind, durch die das Lebensprinzip die physiko-chemischen Kräfte im Sinne seiner höheren organischen Gesetzmäßigkeit ordnet und leitet; dagegen kann hier nicht nach mechanischen Vermittelungen gefragt werden, durch die das Lebensprinzip den Tod herbeiführt. Denn das Lebensprinzip hat nach vitalistischer Auffassung zur Herbeiführung des Todes ja gar nicht mehr etwas zu tun, sondern nur noch etwas zu unterlassen, nämlich diejenige Betätigung, durch die es bisher das Leben unterhalten hat.

Organismen oder Teile von Organismen, auf die das Lebensprinzip nicht mehr seine lebenerhaltende Tätigkeit richtet, die es vielmehr dem Spiel der unorganischen Kräfte überläßt, sterben eben an diesem sich selbst überlassenen Kräftespiel, insbesondere an der Erstarrung der submikroskopischen Plasmaschäume, deren vitale Mauserung durch Abstoßung und Assimilation aufgehört hat. Der Tod erfolgt rasch, wenn das Lebensprinzip seine Tätigkeit plötzlich einstellt, langsam, wenn es sie allmählich vermindert; im ersteren Falle sehen wir den Fortpflanzungstod vielzelliger Organismen vor uns, im letzteren Falle den Alterstod. Daß das Keimplasma und die Fortpflanzungszellen in einem Organismus jung bleiben, während das Körperplasma desselben Organismus schon altert, ist dann so zu deuten, daß das Lebensprinzip dem Keimplasma seine lebenerhaltende Tätigkeit auch ferner in ungeschwächtem Maße zuwendet, während es sie dem Körperplasma mehr und mehr entzieht. Das Lebensprinzip erhält auch in einem schon merklich alternden Organismus das Keimplasma noch jung, solange es für weitere Fortpflanzung der Art durch diesen Organismus zweckmäßig ist. Ebenso läßt es aber auch in dem Körperplasma desselben Organismus das Spiel der unorganischen Kräfte immer schwächer gezügelt walten und reagiert immer schwächer auf die Vorgänge in ihm, weil es in supraindividuellem Sinne zweckmäßig ist, daß alles individuelle Leben früher oder später abstirbt und jungem Nachwuchs Platz macht.

Es gibt kaum ein biologisches Problem, das so zwingend wie

das des Todes auf die teleologisch veränderte Reaktivität des autonomen Lebensprinzips zurückweist und so deutlich daran erinnert, daß schließlich der Zweck aller äußeren organischen Vorgänge nicht in ihnen selbst, sondern nur in ihren psychischen Reflexen, in den durch sie erzeugten Erscheinungswelten der Bewußtseine gesucht werden kann, daß das Naturleben nur Staffel und Durchgangsstufe zum geistigen Leben ist. Zugleich aber mahnt uns die Tatsache des Alterstodes an die andere Einsicht, daß jedes Einzelwesen nicht für sich und um seinetwillen da ist, sondern nur da ist, um sich zum Opfer zu bringen auf dem Altar der Gesamtnatur, deren Sinn wieder im Geistesleben der Gesamtheit liegt.

Dies gilt nicht bloß für den Tod der Individuen, sondern auch für den der Arten; auch diese sind nur dienstbare Werkzeuge in der Entwicklung des Organismenreiches und müssen vom Schauplatz abtreten, wenn sie ihre Dienste geleistet haben. Auch unter den Arten unterscheiden wir solche, die sich gleich dem Keimplasma ihre Plastizität bewahrt haben, und solche, die gleich gealtertem Körperplasma verhärtet und erstarrt sind, — solche, in denen die Reaktivität des Lebensprinzips besondere Frische und Erregbarkeit zeigt, und andere, in denen sie auf das zur Erhaltung unter den gewohnten Umständen erforderliche Mindestmaß, wenn nicht unter dasselbe herabgesunken ist. Die Arten sterben wie die Individuen oft genug daran, daß die Reaktivität ihres Lebensprinzips nicht mehr ausreicht, um vorhandene Hemmnisse und Schwierigkeiten zu überwinden. Der spontane Tod läuft auch bei den Arten neben dem gewaltsamen einher; so sterben viele Naturvölker aus, nicht weil sie von Kulturvölkern bekämpft und ausgerottet werden, sondern weil das Lebensprinzip sich aus ihnen zurückzieht und sie die Fortpflanzung ihrer Rasse nicht mehr instinktgemäß leisten. Ihr spontanes Aussterben ist für die Entwicklung des Ganzen auf der Stufe, wo es stattfindet, nützlicher als ihre fortdauernde Selbsterhaltung; sie ist ein Akt der Selbstregulation der die Arten umfassenden Gattung, ähnlich wie der Selbstmord eines Geisteskranken oft genug einen Selbstregulationsakt der Natur darstellt.

Diese Betrachtung des spontanen Todes zeigt endlich die Irrigkeit einer schon weit verbreiteten und immer mehr um sich greifenden Ansicht, nämlich der Meinung, daß Zweckmäßigkeit mit bloßer Dauerhaftigkeit, Erhaltungsmäßigkeit oder Selbsterhal-

tungsmäßigkeit gleichzusetzen und ihr dadurch der Nimbus der teleologischen Auffassung abzustreifen sei. Ob kurze oder lange Dauer für ein Individuum oder eine Art zweckmäßig ist, hängt von ganz verwickelten Beziehungen ab und ist keineswegs als einfache Maximumaufgabe zu behandeln. Vom Gesichtspunkt des bloßen Individualzwecks aus betrachtet muß freilich der Selbsterhaltungstrieb nach einer möglichst langen Dauer streben, und innerhalb gewisser Grenzen ist dieser Selbsterhaltungstrieb ein Mittel auch für supraindividuelle Zwecke. Der spontane Tod zeigt uns die Grenzen der Zweckmäßigkeit des individuellen Selbsterhaltungstriebes und Dauerstrebens. Mag auch das Individualbewußtsein nur ausnahmsweise etwas von diesen Grenzen ahnen, nämlich da, wo es sich für die Zwecke der Brut, des Stockes, der Herde, des Staates, des Stammes oder der Art mit Bewußtsein opfert, mag sein Bewußtsein immerhin für gewöhnlich den Mittelzweck der Selbsterhaltung als letzten Selbstzweck betrachten, — die hinter dem Bewußtsein vor sich gehende Zurückziehung des Lebensprinzips und die Herabsetzung seiner Reaktivität sorgt dafür, daß die supraindividuellen Zwecke trotz des beschränkten Zweckhorizontes des Individualbewußtseins erreicht werden.

IX. Die Vererbung.

Die Vererbung ist eines der aktuellsten Probleme. Noch mehr als um die Mitte des vorigen Jahrhunderts die Moralstatistik ist gegen Ende desselben die Vererbung in die Rolle eingetreten, die im Bewußtsein der Alten das Fatum spielte. Manche haben die Vererbung als ein einfaches Naturprinzip behandelt und mit ihr und der Anpassung die organische Natur erschöpfend erklären zu können geglaubt. Die Vererbung ist aber nichts weniger als ein einfaches unsprüngliches Erklärungsprinzip, sondern das Endergebnis verwickelter Zusammenhänge. Wir sehen aus dem gegebenen Keim einen neuen Organismus entspringen und verfolgen die Herkunft des Keimes zu den elterlichen Organismen zurück. Um die Vererbung zu verstehen, müssen wir zunächst die Entwicklung des Organismus aus dem Keim und sodann die Herkunft und Entstehungsweise des Keimes untersuchen; erst wenn über diese Vorgänge Klarheit beschafft ist, lohnt es nachzuforschen, ob der ganze Keim oder besondere Teile in ihm als Träger der Vererbung zu denken seien und wie diese ihre Aufgabe lösen.

1. Die Entwicklung des Organismus aus dem Keim.

Aus einer Eichel erwächst niemals eine Buche, aus einem Haferkorn keine Weizenähre. Aus jedem Keim entwickelt sich im wesentlichen nur das, was in ihm angelegt ist. Diese Anlage des Keimes hat man auch Bildungspotential oder prospektive Potenz genannt; ich glaube aber nicht, daß diese Ausdrücke mehr besagen, als das deutsche Wort Anlage. — Auf der anderen Seite sind die äußeren Umstände von mitbestimmendem Einfluß darauf, wie die Anlage des Keimes sich entwickelt. Für jeden Teil eines werdenden Organismus fallen auch die übrigen Teile desselben unter den Begriff der äußeren Umstände, die seinen Entwicklungsgang beeinflussen. Niemand bezweifelt, daß in jedem Augen-

blick der Entwicklungsschritt eines Organismus ein Produkt ist aus dem noch unentfalteten Teil seiner mitgebrachten Anlagen und der Reaktion auf die ihn umgebenden äußeren Umstände. Es fragt sich nur, welcher Anteil den beiden Faktoren dieses Produkts zukommt, und wie jeder von ihnen zu verstehen ist. Man darf weder verkennen, daß die innere Anlage das eigentlich treibende und typisch maßgebende Moment der Entwicklung ist, noch auch, daß die äußeren Einflüsse in zweiter Linie erhaltend und zerstörend mitwirken und reaktive Anpassungen des Organismus bedingen.

Betrachten wir zunächst den Einfluß äußerer Umstände. Wenn auch die Einwirkung der Nahrung, sofern sie nur zwischen Stoffen von pflanzlicher und tierischer Herkunft schwankt, vielfach überschätzt worden ist, so sind doch Kümmerlingsentartungen bei unzulänglicher Ernährung auf vielen Stufen des Pflanzen- und Tierreichs zu beobachten. Bei Kompositen hängt die Zahl der Randblüten von der Nahrungszufuhr ab und diese von der Dicke des Stengels, auf denen die Blütenköpfchen sitzen. Am stärksten ist dieser im Stammköpfchen, am schwächsten in den ihm am nächsten stehenden Seitenköpfchen, zunehmend stärker in denen nach der Wurzel zu. Bei Verzweigungen mit vielen Blütenköpfchen gilt für jeden Zweig dieselbe Regel. Insbesondere wirken in den früheren Entwicklungsstufen schon quantitativ geringe Zusätze chemisch differenter Stoffe zur Nahrung oder zum Wasser, in dem die Wassertiere leben, mächtig ein; Arsenik und Phosphor erzeugt Knochenverdickung bei Wirbeltieren; Lithionzusatz zum Seewasser ergibt Seeigellarven mit ausgestülptem statt eingestülptem Urdarm; schwacher Kochsalzzusatz zum Wasser bringt Schädelmißbildungen an den Embryonen von Fröschen und Axoloteln hervor. Manche spontane Mißbildungen bei Säugetieren und beim Menschen dürften durch ähnliche chemische Abnormitäten der Nährflüssigkeit der Embryonen verursacht sein.

Durch teilweise Sonderung der beiden Hälften des gefurchten Eies sind mannigfache Zwillingsmißbildungen künstlich herbeizuführen, und manche natürliche Zwillingsmißbildungen mögen auf ähnlichen zufälligen teilweisen Ablösungen der Furchungszellen voneinander beruhen. Wenn Hühnereier vor Beginn der Bebrütung größtenteils mit Firnis überzogen werden, also die Atmung auf gewisse Stellen beschränkt wird, so entstehen Doppelmißbil-

dungen. Bei Froscheiern erhält man das gleiche Ergebnis, wenn man ihr Oberes nach unten kehrt und in dieser Stellung fixiert; die verschieden schweren Bestandteile geraten dadurch in eine unrichtige Lage zueinander, die sie nicht überwinden können. Schmarotzerpilze, die eine Pflanze befallen, können den Stoffwechsel so abändern, daß z. B. bei Glockenblumen Staubgefäße und Kelchblätter blumenkronenartigen Charakter annehmen, oder daß in den weiblichen Pflanzen der weißen Lichtnelke die verkümmerten Staubgefäße Blütenstaub entwickeln. Durch verschiedenartige Fütterung der Larven (Raupen) kann man ebenso wie durch dauernde Abkühlung oder Erwärmung Polymorphismus der ausgebildeten Insekten (Schmetterlinge) erzielen. Gewisse Raupen nehmen die rote oder gelbe Farbe der Unterlage an, auf der sie sitzen, und können auf der einen Seite rot, auf der anderen gelb werden, wenn sie auf die Grenzlinie einer roten und gelben Ebene gesetzt werden. Wiener sucht diese Erscheinung nach Art der Farbenphotographie dadurch zu erklären, „daß von allen entstehungsfähigen Farbstoffen nur der mit der Beleuchtungsfarbe gleichfarbige auf die Dauer Bestand haben kann, weil er diese Strahlen am besten zurückwirft und am wenigsten absorbiert. Die andersfarbigen Verbindungen dagegen können eine Beleuchtungsfarbe absorbieren und daher auch durch sie wieder zersetzt werden.“ Dasselbe Insekt bringt zwar durch seine gleichen Stiche auf verschiedenen Pflanzen verschieden gebaute Gallen hervor; aber auf derselben Pflanze bringen auch verschiedene Insekten durch die verschiedenen von ihren Stichen ausgehenden Reize verschiedene Gallen hervor. Je nachdem man die Prothallien der Farne auf ihrer oberen oder unteren Seite belichtet, entwickeln sie hier oder dort ihre Fortpflanzungsorgane.

Diese Beispiele zeigen, daß aus gleichen Anlagen je nach den einwirkenden äußeren Reizen recht verschiedene Entwicklungsprodukte hervorgehen können. Zum Teil fällt diese Verschiedenheit noch innerhalb des normalen Typus und stellt organische Regulationen dar, die sich innerhalb des typischen Spielraumes bewegen. Zum Teil zeigt sie pathologische Abweichungen vom Typus, die sich auf mehr oder minder wichtige Teile erstrecken oder zu völligen Mißbildungen führen, sei es zu noch lebensfähigen, sei es zu lebensunfähigen, die frühzeitig zugrunde gehen. Der typische Spielraum einer Art kann auch ohne pathologische Abnormitäten

zu Unterarten, Varietäten oder Rassen führen, die durch Nahrung, Klima, Wasserbeschaffenheit oder sonstige äußere Umstände verursacht sind. Indem der Typus sich neu auftretenden Umständen anpaßt, leistet er etwas, wozu freilich die physische Möglichkeit in seinen Anlagen gegeben sein muß, wozu aber keinesfalls schon mechanische Dispositionen ausgebildet gewesen sein können.

Insoweit stark voneinander abweichende Varietäten den günstigsten Entstehungsboden für neue Arten abgeben, kann die Abänderungsfähigkeit der Organismen auf Grund äußerer Reize im Sinne Geoffroy St. Hilaires zur Artentstehung führen. Wir sehen stürmische pathologische Abänderungen auf äußere Reize eintreten, in denen die Anpassungsfähigkeit der Organismen sich nicht als ausreichend erweist, um sich den veränderten Umständen bis zur dauernden Erhaltung der Lebensfähigkeit für sich und die Nachkommen anzupassen. Es läßt sich immerhin denken, daß in gewissen relativ seltenen, noch nicht zur Beobachtung gelangten Fällen solche stürmische Reaktionen ihr Anpassungsziel erreichen und zu neuen Arten führen. Es wird dies davon abhängen, daß einerseits die Anpassungsfähigkeit der Art noch nicht durch einseitige Ausbildung zu sehr eingeschränkt ist, und daß andererseits der neu auftretende Reiz zwar stark von allen dem Organismus gewohnten abweicht, aber doch nur nach einer Richtung hin abweicht, in der die Abänderungsfähigkeit des Organismus ihm unter Wahrung der Lebensfähigkeit und Fortpflanzungsfähigkeit zu folgen vermag.

Es ist jedenfalls irreleitend, bei solchen Abänderungen, mögen sie groß oder klein sein, von unmittelbarer Einwirkung der äußeren Umstände auf den Organismus zu sprechen. Denn diese Einwirkung ist stets durch die Reaktion des Organismus auf den Reiz vermittelt, und sofern diese Reaktion Anpassung, d. h. zweckmäßige Reaktion ohne vorher für diesen besonderen Zweck ausgebildete besondere Hilfsmechanismen ist, stellt sie eine Leistung des Organismus dar, die jeder möglichen Leistung natürlicher Gebilde nach physiko-chemischen Gesetzen ebenso überlegen ist, wie jeder möglichen Leistung künstlicher Maschinen, die immer nur für besondere vorhergesehene Zwecke mit besonderen maschinellen Anordnungen zur zweckmäßigen Reaktion ausgestattet sein können. Hier aber handelt es sich um zweckmäßige Abänderungen in bezug auf neu auftretende Reizarten, die dem Organismus

bisher nicht vorgekommen waren, für die also maschinelle Reaktionsdispositionen auszubilden ihm bisher jede Gelegenheit gefehlt hatte. —

Von dem Einfluß der Teile eines Organismus untereinander gibt es zahlreiche Beispiele, die man unter den Begriff der Korrelationen zusammenfaßt. Bei solchen Eiern, deren einzelne Furchungszellen voneinander getrennt vollständige Embryonen liefern, sollte man erwarten, daß auch die verbunden bleibenden Furchungszellen nicht einen, sondern zwei, vier oder mehr Embryonen hervorbringen müßten, wenn sie sich nicht gegenseitig so beeinflussen, daß jede Furchungszelle sich damit begnügt, denjenigen Teil eines ganzen Embryo zu liefern, der der Lage der Zelle in der Gruppe der übrigen entspricht. Dieser gegenseitige Einfluß der Furchungszellen wird am deutlichsten an Eiern von Stachelhäutern im Sechzehnzellenstadium, wenn man ihre Furchungszellen in ganz abnorme Lagen zueinander bringt; sie geben nämlich auch dann normale Embryonen. Daraus folgt, daß der Teil des Ganzen, den jede bestimmte Zelle liefert, hier lediglich von ihrer Lage zu den übrigen und von den Einflüssen abhängt, die sie infolgedessen von der Gesamtheit der übrigen empfängt.

Im allgemeinen sind die Vermittelungen der Korrelationen noch wenig aufgeheilt; nur auf einzelne Punkte ist bis jetzt etwas Licht gefallen. Wie der Mangel des Schilddrüsensekrets im Blute Kretinismus, der des Zirbeldrüsensekrets Akromegalie hervorruft, so nimmt man jetzt an, daß die ins Blut eingehenden Sekrete der Geschlechtsdrüsen die Entwicklung der sekundären Sexualcharaktere veranlassen, die man früher einem präformierten Dimorphismus der Anlagen zuschrieb und durch Einflüsse des Nervensystems vermittelt dachte. Die Korrelationen zwischen Gefäß- und Knochensystem erklärt man jetzt daraus, daß jedes wachsende Blutgefäß Knochengewebe einschmilzt, und daß hinter jedem zurückweichenden Blutgefäß der buchtige Markraum sich mit nachwachsenden Knochenlamellen füllt. Die Blüte des Hainwindröschens hat mehrere übereinanderstehende Kreise von Blättern verschiedener Ausgestaltung. Gerät durch eine Verschiebung in den Keimanlagen die Anlage zu einem Hüllenblatt in den höherstehenden Kreis der Blütenblätter, so entwickelt sie sich zu einem überzähligen Blütenblatt, während das entsprechende Hüllenblatt fehlt. Daß es sich in solchen Fällen wirklich um ein hinauf-

gerücktes Hüllenblatt handelt, wird durch zahlreiche Übergangsstufen solcher Anomalien sichergestellt. Hieraus folgt, daß in der Tat die Nachbarschaft dafür entscheidend ist, ob eine Blattanlage sich zum Hüllenblatt oder zum Blütenblatt entwickelt.

Dieser Einfluß der Teile aufeinander setzt aber immer schon voraus, daß entweder die Tendenz zu einer bestimmten Differenzierung in der Gesamtanlage steckt und jeder der gleichen Teile ihr Rechnung trägt, oder aber, daß diese Tendenz sich schon so weit verwirklicht hat, um von dem Einfluß verschiedener Teile aufeinander reden zu können. Hätte in dem Echinodermenei nicht das Ganze und jede der Furchungszellen die Tendenz, ein Echinodermenembryo, sei es allein, sei es mit Hilfe der übrigen zustande zu bringen, so möchte durch den gegenseitigen Einfluß der gleichen, nur durch ihre Lage zueinander verschiedenen Furchungszellen alles mögliche zustande kommen, nur nicht ein Echinodermenembryo. Wären nicht der Hüllblätterkreis und der Blütenblätterkreis des Hainwindröschens bereits gegeneinander differenziert, so könnten die Blattanlagen des Blütenblätterkreises nicht einen anderen Einfluß auf eine unter sie geratene Blattanlage ausüben, als die Blattanlagen des Hüllblätterkreises. Der Sexualdimorphismus der Anlagen muß in bezug auf die Sexualdrüsen vorausgesetzt werden, wenn durch den Einfluß des Sexualdrüsensekrets die sekundären Sexualcharaktere sich entwickeln sollen.

Die Reize, die jeder Teil eines Organismus auf die übrigen ausübt, sind also nur im Anfangsstadium eines Eifurchungsvorganges mit noch völlig gleichwertigen Furchungszellen ausschließlich durch die Lage bestimmt, in jedem anderen Falle durch die vorausgegangene Differenzierung der Teile. Daß aber die Teile auf die ihnen von anderen Teilen zufließenden Reize in ganz bestimmter Weise reagieren und zwar so reagieren, daß die typisch gesonderte Differenzierung der Teile unter Wahrung der typischen Harmonie des ganzen Organismus erreicht wird, das bleibt als Problem bestehen. Wie bei den entscheidenden ersten Schritten der Eientwicklung die umgebenden äußeren Umstände für verschiedenartige Tiere von ähnlicher Lebens- und Fortpflanzungsweise (z. B. im Uterus aller Säugetiere) sehr ähnlich sind, so zeigen auch die Lage der Teile zueinander und die aus ihr abzuleitenden Einflüsse keine merklichen Unterschiede bei den allerverschiedensten Tierarten. Die typische Differenzierung vollzieht sich bei

allen zwar unter dem Einfluß der Lage der Teile aufeinander, aber je nach der typischen Veranlagung unter ganz verschiedener Reaktion auf diese bei allen gleichartigen Reize. So sehen wir uns doch auf innere Ursachen zurückgewiesen. —

Die Differenzierung setzt bei verschiedenen Tierarten auf verschiedener Entwicklungsstufe ein. Bei vielen Tierarten (Schirmquallen, Stachelhäutern, Manteltieren, Lanzettfischchen, Knochenfischen und Amphibien) gibt noch jede der 16 Furchungszellen des Eies einen ganzen Embryo, wie unter günstigen Umständen jedes kleinste Bruchstück von Laubmoosen, Lebermoosen und Pilzen eine ganze Pflanze hervorbringen kann. Bei solchen Eiern sind also die Teile noch gleichwertig in bezug auf alle typischen Anlagen (äquipollente oder Regulationseier); bei einigen Arten aus den Klassen der Würmer und Weichtiere tritt schon bei der ersten Furchung eine Differenzierung der Teile ein, die rasch fortschreitet (iniquipollente oder Mosaik-eier). Eine Zellteilung, die gleichwertige, indifferenzierte Produkte liefert, heißt Gleichteilung; eine solche, die ungleichwertige, gegeneinander differenzierte Produkte liefert, heißt Ungleichteilung.

Auch die durch Ungleichteilung entstandenen Zellen bleiben artgleiche Zellen. Artgleich sind die Zellen von gleicher Abstammung, wenn auch von noch so verschiedener Differenzierung, artungleich die Zellen von Organismen verschiedener Arten, wenn sie auch durch gleiche Differenzierung (physiologische Arbeitsteilung) noch so gleich aussehen. Die Artgleichheit der Zellen bedeutet einen Grundstock gleichartiger molekularer Organisation, der sich im Gelingen von Bluttransfusionen und Transplantationen ausdrückt (z. B. im Anwachsen eines abgeschnittenen Mäuseschwanzes am Bindegewebe irgend einer Körperstelle desselben Tieres, im Verwachsen von Blatt und Wurzel, Knochenhaut und Knochenstücken, von verkehrt zusammengesetzten Hälften niederer Tiere oder Embryonen). Die Artungleichheit bedeutet Verschiedenheit dieser unsichtbaren Molekulargruppierung, die sich in Unfähigkeit zur Verwachsung bekundet, wenn die Teile auch gleich differenziert sind, gleich aussehen und chemisch und mikroskopisch ununterscheidbar sind. Artungleiche Propfreiser gehen rasch zugrunde und vergiften auch dabei wohl noch ein Stück der Pflanze, auf die sie gepfropft sind, oder sie treiben in dieselbe Wurzeln hinein und werden zu Schmarotzern. Teilstücke von Regenwür-

mern oder Amphibienembryonen verschiedener Arten vereinigen sich zunächst, trennen sich später aber wieder oder gehen zugrunde. Transplantationen artungleicher Gewebestücke werden entweder resorbiert oder in eine Zyste eingeschlossen oder durch Eiterung abgestoßen. Auch differenzierte artgleiche Zellen brauchen nicht mehr zu allen möglichen Zellarten derselben Art werden zu können; je mehr sie differenziert sind, desto mehr sind einige ihrer Sonderanlagen in eine einseitige Entwicklungsrichtung gedrängt, andere unterdrückt und latent geworden. Selbst indifferent gebliebene Zellen können nur unter günstigen Umständen alles mögliche werden, wenn sie weder unreif, noch überreif sind und geeignete Entwicklungsbedingungen vorfinden.

Weismann hatte anfänglich eine Ungleichteilung in dem Sinne behauptet, daß gar kein indifferentes Keimplasma in das mannigfach differenzierte Körperplasma mit eingehe, hat dann aber später zugegeben, daß jeder Körperzelle etwas „Reservekeimplasma“ beigegeben sei, durch das die Ersatzbildungen und Heilungen bewirkt werden. Da scheint es doch natürlicher, zu sagen, daß der Grundstock des indifferenten Plasma bei der Teilung nur so weit differenziert werde, als der Zweck der physiologischen Arbeitsteilung es verlangt. Aus dem gleichen Grundstock wird bei der Ungleichteilung Verschiedenes, indem hier diese, dort jene Sonderanlagen zu besonderer Entfaltung gelangen, hier diese, dort jene verkümmern, immer aber ein größerer oder kleinerer Rest unentwickelt und unverkümmert bleibt. Anstatt der Worte „Keimplasma und Körperplasma“ wären die Ausdrücke „indifferentes und differenziertes Plasma“ vorzuziehen.

Im Gegensatz zu Weismann vertreten Kölliker, Straßburger, O. Hertwig, Driesch, Haacke, Herbst, Kassowitz u. a. die Gleichteilung — mit Recht, sofern sie einen spezifischen Unterschied von Keimplasma und Körperplasma bestreiten und die Artgleichheit aller Teilungsprodukte behaupten — mit Unrecht, sofern eine typische Ungleichteilung im Zellteilungsakt in Zweifel gezogen und alle Differenzierung als nachträgliche funktionelle Anpassung der durch typische Gleichteilung entstandenen Zellen gedeutet werden sollte. So enthält z. B. bei den Eiern von Fadenwürmern die eine der beiden ersten Furchungszellen allein die Anlage der Geschlechtsorgane, während hier doch noch gar nicht von der nachträglichen Differenzierung der ursprünglich

gleichgeteilten Zellen durch äußere Einflüsse die Rede sein kann. Das gleiche gilt aber für die ganze Periode des embryonischen Wachstums unter normalen Umständen, während eine nachträgliche differenzierende Anpassung fertiger Zellen an äußere Umstände im allgemeinen erst im nachembryonalen selbständigen Leben zur Geltung gelangen kann.

Die Differenzierung zeigt sich nicht bloß bei der Ungleichteilung der Zellen, sondern auch bei der Umwandlung der Gewebe, die durch die Zellen hervorgebracht werden. Zuerst tritt im Embryo Gallertgewebe auf; dieses wandelt sich mit der Zeit in fötales Bindegewebe um, das nach und nach ausreift. Das reife Bindegewebe verwandelt sich in faseriges, das seinerseits wieder in Knorpelgewebe übergehen kann. Auch das Gallertgewebe kann durch Knorpelgewebe hindurch zu Knorpelgewebe hinleiten. Die sternförmigen Knochenkörperchen, die durch Osteoblasten (Knochenbildner) hervorgebracht sind, können sich selbst wieder zu Osteoblasten umbilden und die Knochenmasse kann sich in Markgewebe umwandeln. Solche Metamorphosen gehen bei der normalen Entwicklung vor sich, können aber auch bei krankhaften Prozessen vorkommen. Die Gewebe ändern sich um so leichter, an je höher organisierte Plasmaproducte ihre physiologischen Leistungen gebunden sind und je mehr sie deshalb bei ihrer Funktion dem Verbrauch durch Stoffwechsel ausgesetzt sind. Am schnellsten ändern sich demgemäß Muskelfasern, Drüsenzellen und Sinneszellen, am langsamsten die Sehnen, Bänder und Faszien der Tiere und die Zellulosemembranen der Pflanzen.

Bei Nahrungsmangel werden die parabolischen Produkte der Zellen rascher zerstört als die Zellen selbst, die sogar bei höheren Atrophiegraden zur Teilung (atrophischen Wucherung) gereizt werden. Aber auch reichliche Nahrung kann zum Wachstum anregen; denn während Fett und Kohlenhydrate im Organismus aufgespeichert werden, findet (abgesehen von Eiern und Samen) keine andere Eiweißspeicherung bei Tieren und Pflanzen statt als in der Form des Wachstums, insbesondere bei solchen Arten, deren Einzelorganismen keine typische Größe vorgezeichnet ist. Übrigens wirkt reichliche Nahrungszufuhr nur auf solche Zellen als Teilungsreiz, die weder unreif noch überreif und noch nicht zu sehr differenziert sind; die typische Periodizität des Reifens der Zellen ist im allgemeinen wichtiger als der äußere Reiz der

Nahrungszufuhr und fällt bei vielen Tierarten in eine Jahreszeit, die der Nahrungszufuhr am ungünstigsten ist. —

Überblicken wir die heutigen biologischen Ansichten über die inneren Ursachen des differenzierenden Wachstums, so ist die Keimanlage im Ei weder ein einfacher, gleichmäßiger Stoff ohne innere Struktur und Unterschiede, der alle Differenzierung erst durch einen über ihm schwebenden immateriellen Bildungstrieb aus sich heraussetzte, noch auch ein materielles Miniaturbild des künftigen Organismus, das nur nötig hätte, sich durch eine Art von Quellung zu vergrößern. Sie ist nicht ein indifferentes Pünktchen, das in unbegreiflicher Weise aus der Nahrung sich differente Stoffe angliedert, bis der typische Organismus fertig dasteht; sie ist aber auch nicht ein automatischer Mechanismus, der, einmal in Gang gesetzt, wie ein Uhrwerk abschnurrt und dabei alle Figuren der Reihe nach hervortreten läßt, die im Kleinen in ihm eingeschlossen waren. Ein gleichmäßig gebauter Stoff könnte wohl neuem Stoff sich angliedern, aber immer nur in einer ihm selbst gleichen Anordnung; die tatsächliche, nicht bloß auf äußere Einflüsse zurückzuführende Differenzierung im Wachstum verlangt eine besondere Erklärung durch innere Ursachen, die nur noch in der Wirkung eines Lebensprinzips oder in mechanischer Präformation gesucht werden können. Wer die materielle Präformation ausschließen will, muß alle Differenzierung aus inneren Ursachen auf die alleinige Wirkung eines immateriellen Lebensprinzips zurückführen. Wer jede Mitwirkung eines immateriellen Lebensprinzips ausschließen will, muß alle spontane Differenzierung im Wachstum auf materielle Präformation, d. h. auf Einschachtelung zurückführen und gelangt dadurch rückwärts aufsteigend zu Schachtelkeimen, Schachtel-Urorganismen, Schachtelmolekülen und letzten Endes zu einem Schachteluniversum.

Die erstere Ansicht verkennt, daß die Natur sich für die immer gleichmäßig wiederkehrenden Aufgaben des Lebens materielle Hilfsmechanismen schafft, die dem Lebensprinzip einen großen Teil seiner Leistungen, nämlich den mechanisch regulierbaren, abnehmen. Die letztere Ansicht dagegen verkennt, daß diese Mechanisierung der Regulation sich immer nur auf gewisse Klassen typischer Reize beziehen, aber niemals die Mannigfaltigkeit aller möglichen Reize erschöpfen und deshalb niemals der aktiven zweckmäßigen Anpassung alle Leistungen abnehmen kann.

Sie verkennt außerdem, daß die vielen Teilanlagen im Keim leitender und ordnender Oberkräfte bedürfen, um sich bei der Zellteilung in einer dem Zweck des Ganzen entsprechenden Weise ungleich zu sondern, sich teilweise zu entfalten und teilweise zu verkümmern und sich in richtiger Ordnung wieder zusammenzufinden, und daß solche leitende Oberkräfte nicht selbst wieder in materiellen Anlagen gesucht werden können. Die Theorie der reinen Epigenesis (Aristoteles, Harvey, Kaspar Friedrich Wolf, Blumenbach) ist jetzt im allgemeinen ebenso überwunden, wie die Theorie der reinen Präformation (Swammerdam, Malpighi, Leuwenhoek, Haller, Bonnet, Spallanzani, Weismann); allgemein wird eine Synthese beider Seiten angestrebt, und der Streit dreht sich nur noch um das Maß ihrer relativen Berechtigung. Außerdem sind die Ansichten noch geteilt in bezug auf die Art und Weise, wie die zur Präformation hinzukommende Epigenesis sich vollzieht, wie insbesondere die aktive zweckmäßige Anpassung nach Maßgabe des Typus und der Harmonie des Ganzen zustande kommt und welcher Art die Oberkräfte sind und wirken, die die Ungleichteilung der Einzelanlagen, ihr teilweises Entfalten und teilweises Verkümmern und ihr richtiges Wiederausammenfinden ordnen und leiten.

In der individuellen Entwicklung vom Ei bis zum fertigen Organismus stellt sich eine Epigenesis dar, die sich um einen präformierten Kern herumgruppiert und alle in ihm gegebenen mechanischen Hilfen benutzt, oder eine sich mechanisch auswirkende Präformation, die durch zweckmäßige Leitung in jedem Augenblicke ergänzt und dadurch zu Abweichungen und Umwegen von der präformierten Bahn befähigt wird. Die bloße präformierte Anlage gliche einer höchst komplizierten modernen Maschine, die man in der Einöde sich selbst überließe; sie würde schwerlich ohne Leitung, Beschickung und erforderliche Reparaturen nennenswerte Produkte liefern. Die bloße Epigenesis wäre einem geschickten Maschinenweber zu vergleichen, der ohne den gewohnten kunstvollen Maschinenwebstuhl aus gelieferten Garnen ein kompliziertes Gewebe herstellen soll und sich verzweifelt müht, die Fäden aus freier Hand miteinander richtig zu verschlingen.

Der Anteil der materiellen Präformation in der individuellen Entwicklung weist auf die dem Keim von den elterlichen Organismen mitgegebene submikroskopische Struktur, d. h. auf das

Problem der Keimbildung zurück; der Anteil der Epigenesis dagegen weist auf die aktive zweckmäßige Anpassung, die Regulatorik und fortschreitende Organisationsvervollkommnung hinaus, d. h. auf das Problem der vitalen Autonomie und der unbewußten Finalität des immanenten Lebensprinzips. Auch wenn das Problem der Keimbildung vollständig gelöst wäre, bliebe doch das Problem der Epigenesis dadurch ungelöst, weil die Beschaffenheit des Keimes niemals mehr als die materielle Präformation erklären kann, diese aber wieder nicht ausreicht, um die individuelle Entwicklung zu erklären. Alle Versuche, den Anteil der Epigenesis an der individuellen Entwicklung anders als durch ein immaterielles Lebensprinzip zu erklären, sind bis jetzt völlig fehlgeschlagen; das gleiche gilt aber auch für alle Versuche, die Vererbung, d. h. die materielle Präformation des Keimes durch die Eltern im Sinne der mechanistischen Weltanschauung aus bloß physiko-chemischen Ursachen, ohne Zuhilfenahme eines Lebensprinzips, zu erklären.

2. Die Herkunft des Keimes.

Wenn ein Keim gegeben ist, so kann sich aus ihm unter Umständen der entsprechende Organismus entwickeln; wie aber bildet sich der Keim mit all seinen spezifischen und individuellen Anlagen?

Bei den einzelligen Organismen scheint keine Schwierigkeit vorzuliegen, weil es sich nur um Gleichteilung handelt; indem die Mutterzelle sich in zwei gleiche Tochterzellen teilt, empfängt jede derselben die ganzen Anlagen der Mutterzelle als Mitgift. Jede Tochterzelle ist zwar kleiner, als die Mutterzelle vor der Teilung war, aber ebenso groß, wie diese bei ihrer Geburt war; wie die Mutterzelle ihre bei der Geburt mitbekommenen Anlagen durch Wachstum bis zur Teilung vergrößert hat, so wird auch die Tochterzelle es machen, damit die typische Größe der Art im Durchschnitt aufrechterhalten wird. Erst bei den mehrzelligen Organismen mit differenzierten Zellen, die sich aus dem Keim durch Ungleichteilung entwickeln, taucht eine Schwierigkeit für das Verständnis auf. Es sieht nämlich auf den ersten Blick so aus, als würde bei der Bildung des Keimes die umgekehrte Richtung des Geschehens eingeschlagen wie bei der Entfaltung des Organismus aus dem Keim. Während letztere eine Exposition oder Evolution zeigt, scheint die erstere eine Reduktion oder Involu-

tion darzustellen. Während bei der Keimesentwicklung aus der scheinbar homogenen Keimzelle alle differenzierten Zellen des Organismus mit ihren verschiedenen Eigenschaften entstehen, verschwinden bei der Keimesbildung alle sichtbaren Unterschiede und ziehen sich wieder in die scheinbar homogene neue Keimzelle zurück, um in ihr als Anlagen aufbewahrt zu werden. Das sieht aus wie eine umgekehrte Entwicklung, und doch gibt es eine solche in Wirklichkeit nicht.

Bei manchen Moosen, Algen und Pilzen ist jede Zelle des vielzelligen Organismus imstande, den ganzen Organismus zu regenerieren; jede kann, wenn sie künstlich abgelöst wird, als Keim dienen, trotzdem sie einen Teil der Keimanlagen bereits zu differenzierter Zellbildung entfaltet hat. Niedere Pflanzen, die sich im normalen Lauf der Dinge durch bestimmte Zellen — sei es am Scheitel, sei es an seitlichen Stielen — vermehren, können in abnormen Fällen, wenn z. B. die eigentlichen Fortpflanzungszellen zerstört sind, irgend welchen anderen Zellen die Fortpflanzungsfunktion übertragen und mit ihnen das gleiche leisten. Wir müssen daraus schließen, daß von dem Keime keine vollständige Ungleichteilung, sondern nur eine unvollständige ausgegangen ist, das heißt, daß das indifferenzierte Keimplasma nur einen Teil seiner Anlagen bei der Verteilung auf die Tochterzellen zugleich durch differenzierende Metamorphisierung aktiviert, einen anderen Teil aber im unentfalteten, latenten, indifferenzierten Zustande belassen hat. Dieser letztere Teil muß in allen Körperzellen solcher niederen Pflanzen ausreichen, um einen ganzen Organismus aus sich hervorzubringen, wenn die Umstände es erfordern, wenn nämlich die eigentlich zur Fortpflanzung bestimmten Zellen verhindert werden, ihre Aufgabe zu erfüllen.

Die Keimbildung, die zunächst einer in sich zurückkehrenden langen Reihe von Generationswechsellern unter den Zellen des Organismus zu gleichen scheint (Reihenzeugung oder Strophogenese), stellt sich nun unter einem wesentlich anderen Gesichtspunkte dar. Was anfänglich als Neubildung indifferenzierten Keimplasmas durch differenziertes Körperplasma erschien, das erweist sich als bloße Erhaltung eines Teiles des indifferenzierten Keimplasmas in allen Zellen, vorzugsweise aber in solchen Zellen, denen bei der physiologischen Arbeitsteilung keine andere Leistung als die Fortpflanzung zugewiesen ist und die deshalb auch in keine diffe-

renzierende Metamorphisierung für bestimmte Funktionen eingetreten sind. Während in den metamorphen Zellen, die bestimmten physiologischen Arbeitsleistungen dienen, nur ein größerer oder kleinerer Teil des ihnen überwiesenen Keimplasma im indifferenten Zustande als latente Regenerationsanlage erhalten geblieben ist, der Rest aber durch differenzierende Metamorphisierung seine Anlage aufgezehrt hat, ist in den der Fortpflanzung dienenden Zellen der ganze Bestand an Keimplasma in indifferentem Zustande erhalten und keine Spur der mit ihm übertragenen Anlagen durch Aktivierung verbraucht. Je weiter die Arbeitsteilung und die ihr dienende Zelldifferenzierung in einem Organismus fortgeschritten ist, desto mehr von den latenten Anlagen ist in den metamorphen Zellen verbraucht, desto kleiner der Rest von indifferentem Plasma in ihnen, desto schwächer die Regenerationsfähigkeit der Zellen. Bei höheren Organismen ist deshalb nur in den für die Fortpflanzung reservierten und gar nicht metamorphisierten Zellen der Bestand an indifferentem Plasma ausreichend, um einen ganzen Organismus aus sich hervorzubringen, während den metamorphen Zellen nur ein so kleiner Rest von unverbrauchten Anlagen verblieben ist, daß er gerade ausreicht, die nötigsten Heilungsvorgänge nach Verletzungen zu bewirken.

Dies ist die Lehre von der „Kontinuität des Keimplasma“, die in irgend welcher näheren Durchbildung gegenwärtig wohl allgemein angenommen ist. Sie besteht darin, daß das indifferenzierte Plasma in dem neuen Keim nicht vom Organismus neu gebildet, sondern aus dem Keimplasma, aus dem der Organismus sich entwickelt hat, als unverändertes Bestandteil abgespalten wird und erhalten bleibt. Nicht der Organismus schafft die Anlagen, die er seinen Nachkommen überläßt, sondern er überliefert ihnen nur die von seinen Vorfahren überkommenen als in der Hauptsache unverändert bewahrte. Selbstverständlich hat der Organismus diesen weiterzugebenden Teil des empfangenen Keimplasma ebenso durch Wachstum zu vergrößern, wie die nicht weiterzugebenden sondern metamorphisch zu differenzierenden Teile. Auch ist nicht ausgeschlossen, daß er zur Ernährung, zum Schutze, zur Teilung und zur periodischen Reifung des der Fortpflanzung dienenden Keimplasma besondere Gewebe bildet, die es einschließen und nach erfolgter Reifung ausstoßen. Das

alles sind aber nur metamorphe Hilfsmittel, die den indifferenzierten Bestand des Keimplasma nicht alterieren. Die Anlagen durch die lange Reihe seiner Zellgenerationen hindurch zu bewahren, hat der Organismus ebensowenig nötig, als seine mannigfaltigen Eigenschaften durch Reduktion in den Stand von Anlagen zu involvieren. Denn die Anlagen erhalten sich in dem indifferenzierten Keimplasma ganz von selbst im Stande von Anlagen, weil sie in diesem abgezweigten Teil vor der Aktivierung und dem Durchgang durch die Generationenreihe der metamorphen Körperzellen gesichert sind.

Durch die Kontinuität des Keimplasma erklärt sich einerseits die Beständigkeit der Arten, andererseits der Generationswechsel und die Rückschläge der Nachkommen in Vorfahren früherer Generationen. Wie in jeder metamorphen Zelle des Organismus das Keimplasma nur einen kleinen Teil seiner Anlagen aktiviert, so aktiviert es auch in der Gesamtheit aller Zellen eines Organismus erst einen Teil seiner Anlagen. Ein anderer Teil bleibt latent und wird als latenter weiter gegeben; er kann schon in der nächsten oder auch erst in einer späteren Generation aktiviert werden. Daß die individuellen Abänderungen im allgemeinen nur um den Arttypus herumpendeln, ohne ihn zu verschieben, das wird durch die Kontinuität des Keimplasma und die Weitergabe eines Teiles seiner Anlagen im latenten Zustande verständlich.

Damit würde nun die Herkunft des Keimplasma für jedes einzelne Individuum aufhören ein Problem zu sein; aber das Problem erhebt sich von neuem um so rätselhafter, wenn wir fragen, welches denn die Herkunft des kontinuierlichen Keimplasma jeder Art sei. Solange man die Arten für konstant hielt, dachte man noch nicht an die Kontinuität des Keimplasma, und seit diese anerkannt ist, glaubt man nicht mehr an die Konstanz der Arten. Wären die Arten konstant, so müßte dasselbe Wunder, das der einst die Art schuf, auch ihr Keimplasma mitschaffen haben, und ein solches Wunder wäre nicht mehr Gegenstand biologischer Forschung. Wenn aber die Konstanz der Arten nur eine relative, zeitweilige ist und die Arten auseinander hervorgegangen sind, dann muß sich auch das kontinuierliche Keimplasma im Laufe der stammesgeschichtlichen Entwicklung mit den Arten gewandelt haben, und für die Biologie entsteht die Aufgabe, die Ursachen dieser Wandelungen zu erforschen. Solange eine Art ihren

Typus bewahrt, reicht die bloße Kontinuität des Keimplasma aus, um die Frage nach der ontogenetischen Herkunft dieses bestimmten individuellen Keimplasma zu beantworten; sobald aber eine Umwandlung der Arten und für jede eine Ahnenreihe bis zu einzelligen Organismen zurück angenommen wird, muß die phylogenetische oder stammesgeschichtliche Herkunft des jetzt gegebenen Keimplasma samt seinen spezifischen Anlagen zum Problem werden.

Es stehen nun drei Möglichkeiten offen: entweder geht eine Umwandlung des Keimplasma der Umwandlung der fertigen Organismen voran und ist ihre Ursache, oder sie folgt ihr nach und ist ihre Wirkung, oder sie ist zu einem Teil vorausgehende Ursache, zu einem anderen Teil nachfolgende Wirkung. Die vierte Möglichkeit einer prästabilierten Harmonie in einer kausal voneinander unabhängigen parallelen Umwandlung des Keimplasma und der fertigen Organismen scheidet als nicht der kausalen Betrachtungsweise der Biologie unterstehend von vornherein aus.

Überall wo organisatorische Abänderungen des Organismus eintreten, die nicht in einem Individualleben oder einer Reihe von solchen durch Anpassung zu erwerben sind, müssen wir annehmen, daß für dasjenige Individuum, in dem sie zuerst auftreten, eine Abänderung im Keimplasma das Prius und die Ursache eines abgeänderten Furchungs- und Zellteilungsvorganges ist. Wenn dagegen Abänderungen im Organismus eintreten, die durch Anpassung im Individualleben erworben sind, und wenn die so erworbenen Merkmale in den Nachkommen wiederkehren, bevor sie dieselben durch einen Anpassungsprozeß erwerben konnten, dann müssen wir annehmen, daß die Abänderung des sich anpassenden Organismus das Prius und die Ursache der Abänderungen des Keimplasma sind, aus dem seine Nachkommen hervorgehen.

Im ersteren Falle liegt eine „sprunghafte Abänderung“, eine „heterogene Zeugung“ oder de Vriessche „Mutation“ vor; denn der Organismus bringt Nachkommen hervor, die ihm unähnlich sind, und zwar in höherem Maße unähnlich, als der Typus der Rasse, der Varietät, der Art oder der Ordnung es gestattet. Wenn gleich die bisher beobachteten Mutationen nur Varietäten oder Subspezien geliefert haben, so können ähnliche Vorgänge doch auch den Umschlag einer Art in eine andere herbeiführen, nur

daß sie noch viel seltener auftreten werden als der Umschlag von Subspezies ineinander, der auch bis vor kurzem noch wenig beobachtet und viel bestritten war. Bei der Gesamtheit der gleichzeitig auftretenden Mutationen fehlt jede Anpassung an die Umgebung; dagegen besteht bei jeder einzelnen Mutation völlig harmonische Korrelation der abgeänderten Merkmale untereinander. Die Anpassung aller gleichzeitigen Abänderungen aneinander läßt erkennen, daß die inneren Ursachen auch in diesem Falle zweckmäßig wirkende waren.

Ob die spontane sprunghafte Abänderung im Keimplasma plötzlich und mit einem Schlage auftritt, oder ob sie sich allmählich durch Generationen hindurch in latenter Weise allmählich vorbereitet und nur zu einem Zeitpunkte aus der Latenz hervorbricht, davon wissen wir nichts. Ob das Heraustreten aus der Latenz eine Reaktion auf irgendwelche Reize der Umgebung oder bloß eine Folge innerer selbstgesetzter Auslösungen ist, davon wissen wir ebensowenig. Auch das ist uns verborgen, ob die etwaige latente Vorbereitung im Keimplasma spontan eintritt oder als Reaktion auf gewisse Veränderungen der Außenwelt. Wir sehen nur, daß die de Vriesschen Mutationen in ihrer Gesamtheit keine Anpassungen an die Außenwelt darstellen, sondern eine Menge mannigfacher Typen zugleich hervorbringen und es der Selektion überlassen, die nicht zur Umgebung passenden Typen wieder zu vernichten.

Gleichwohl können wir nicht behaupten, daß jede Anpassung an die Umgebung fehle, daß keine der gleichzeitigen Mutationen besser als die Stammart zur Umgebung passe, und daß es final zufällig sei, wenn eine besser angepaßte unter ihnen vorhanden sei. Es läßt sich nicht von vornherein bestreiten, daß unter den vielen Arten, wie eine Spezies sich der Umgebung anpassen kann, auch eine darin bestehen könne, daß sie bloß ihr Keimplasma in bestimmter Weise abändert. Und wenn eine Spezies nur über eine gewisse Zahl von möglichen Abänderungen des Keimplasma verfügt, so können ihre gleichen Mutationen an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten dahin führen, daß hier und jetzt diese, dort und ein andermal jene Abart als der Umgebung besser angepaßte fort dauert. Mögen die wieder untergehenden Abarten an dieser Stelle oder zu dieser Zeit als zwecklose Naturspiele erscheinen, so kann doch die Gesamtheit der möglichen

Mutationen im Hinblick auf die Gesamtheit der verschiedenen möglichen Umgebungen als eine zweckmäßige Veranstaltung erscheinen.

Da jede Steigerung der Organisationshöhe, die nicht durch Häufung kleiner Anpassungen, sondern nur durch ruckweise Veränderung realisierbar ist, notwendig einmal durch solche heterogene Zeugung entstanden sein muß, und die Steigerung der Organisationshöhe eine hervorragende teleologische Bedeutung hat, so muß der spontanen Abänderung des Keimplasma auch unabhängig von der inneren Harmonie ihrer Ergebnisse eine alle Anpassung überragende teleologische Wichtigkeit beigelegt werden, gleichgültig, ob sie daneben auch jeweilige Anpassungen an die Umgebung hervorzubringen vermag oder nicht.

Es liegt auf der Hand, daß die natürliche Zuchtwahl im Sinne Darwins zwar einen entscheidenden Einfluß auf die Vernichtung der nichtangepaßten Mutationen haben muß, aber gar keinen auf die Abänderungen des Keimplasma haben kann, aus denen die Mutationen entspringen. Weismanns Versuch, den Selektionsbegriff auf die Keimteilchen zu übertragen, darf nach dem allgemeinen Urteil als gescheitert gelten. Mit ihm fällt der letzte mögliche Versuch dahin, einerseits die Zweckmäßigkeit der Keimabänderungen für die stammesgeschichtliche Entwicklung als Ergebnis final zufälliger physiko-chemischer Vorgänge im Keimplasma zu erklären und andererseits den Einfluß der adaptiven Abänderungen des Organismus auf sein Keimplasma als entbehrlich hinzustellen.

Daß die Zellen des Organismus einer funktionellen Anpassung fähig sind, daß diese Anpassung sich auch auf die parablatischen, von Zellen hervorgebrachten Gewebe erstreckt und bei längerer Dauer zu einer adaptiven Abänderung ganzer Organe und Organsysteme führt, wird von niemand bestritten. Wohl aber wird darum gestritten, ob nur unmittelbare Einwirkungen äußerer Umstände auf das Keimplasma in diesem eine Abänderung hervorrufen können, die es auf die aus ihm entstehenden Nachkommen überträgt, oder ob ein solcher Einfluß auch indirekt durch Vermittelung des Körperplasma möglich sei, ohne daß das Keimplasma direkt betroffen wird. Die Gegner eines solchen indirekten Einflusses weisen auf die Nichtübertragbarkeit von Verstümmelungen und Gedächtniseindrücken hin, sowie auf die Un-

verständlichkeit eines solchen indirekten Einflusses für uns. Wir wissen zwar auch nicht, wie das Keimplasma es anfängt, das Körperplasma zu bestimmen, das sich aus ihm entwickelt, aber wir sehen doch in der fortgesetzten Zellteilung vom Ei bis zum fertigen Organismus den Weg vor uns, auf welchem Teile des Keimplasma unter Erhaltung oder Abänderung ihrer feinsten Struktur in alle Körperzellen gelangen können. Dagegen wissen wir nichts davon, daß Teile des adaptiv abgeänderten Körperplasma mit ihrer Struktur in das Keimplasma der nächsten Generation gelangen und müssen solche Annahmen, wie Darwin sie in den wandernden „Pangenen“ aufgestellt hat, als eine bis jetzt völlig unbegründete und in sich unwahrscheinliche Hypothese verwerfen.

Demgegenüber berufen sich die Verteidiger auf eine Reihe von Tatsachen, die den Einfluß des Organismus auf sein Keimplasma auch in solchen Fällen beweisen, in denen eine direkte Einwirkung der äußeren Umstände auf das Keimplasma ausgeschlossen erscheint.¹⁾ Da man erst ganz neuerdings die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand gerichtet hat, so ist die Zahl der Beispiele von direkter Beweiskraft noch gering; aber sie genügt, um die Tatsächlichkeit solcher Vorgänge darzutun und die gegen ihre Möglichkeit gerichteten, aus unserer Unkenntnis der Vermittlung geschöpften Bedenken zu entkräften.

Wir wissen auch noch gar nichts von den natürlichen Vermittlungen, durch die die Korrelation der Teile im Organismus aufrechterhalten wird, und doch bezweifelt niemand, daß eine solche Korrelation besteht und daß kein Teil eines Organismus eine Veränderung erleiden kann, ohne daß die von ihm auf die übrigen Teile ausgehenden Reize und mit ihnen die Reaktionen der übrigen Teile auf sie abgeändert werden. In vielen Fällen werden die erfolgenden korrelativen Abänderungen so geringfügig sein, daß sie für uns unmerklich bleiben; aber daß sie in irgend welchem Grade vorhanden sein müssen, daran besteht wohl kein Zweifel mehr. Jede Zelle gibt ihre Ausscheidungsprodukte an den gemeinsamen Säftestrom des Organismus ab und verändert dadurch die chemische Einwirkung, die dieser Säfte-

¹⁾ Vergl. die erste Abhandlung „Die Abstammungslehre seit Darwin“ in diesem Buche S. 1—77.

strom auf alle übrigen Zellen und Gewebe ausübt; jede Zelle übt aber auch direkt oder indirekt durch indifferenzierte Plasmafäden oder differenzierte Leitungswege dynamische Reize auf alle anderen aus. Faßt man diese chemischen und dynamischen Einflüsse zusammen, so hat man eine genügende natürliche Vermittlung für Korrelationen auch ohne Übertragung hypothetischer Strukturelemente (Pangene) aus allen Zellen in alle.

Nun sind aber offenbar die Keimzellen der nächstfolgenden Generation in einem Organismus Teile dieses Organismus so gut wie alle anderen, und es ist nicht abzusehen, warum gerade sie allein von dem allgemeinen Gesetz der Korrelation ausgenommen sein sollen. Auch sie müssen bei adaptiven Abänderungen bestimmter Körperteile eine korrelative Abänderung in ihrem Plasma erfahren. Das Wunderbare bei diesem Einflusse liegt erst darin, daß diese reaktive Abänderung des Keimplasma unter Umständen eine solche ist, um ähnliche Abänderungen im Körperplasma der nächsten Generation vor aller Anpassung desselben herbeizuführen, wie diejenige, durch die sie selbst korrelativ beeinflußt wurde. Ob sie auch in den Fällen in dieser Richtung liegt, wo sie in der nächsten Generation eine zu geringfügige Wirkung hat, um von uns bemerkt zu werden, darüber können wir nichts sagen. Tatsächlich ist in vielen Fällen von Korrelation die Stärke des Einflusses, den die Abänderung eines Teiles auf die Abänderung eines anderen übt, keineswegs proportional der äußerlich wahrnehmbaren Größe der Abänderung, sondern hängt von viel feineren Bedingungen ab. Es ist nicht zu verwundern, daß dies in erhöhtem Maße für korrelative Einflüsse auf die Keimzellen gilt, die zwar wegen ihrer Indifferenziertheit für feinste Einflüsse empfänglich, aber meist auch gut geschützt im Innern und nicht in unmittelbarer Nähe von Nervenleitungen liegen.

Es ist selbstverständlich, daß adaptive Abänderungen des Körperplasma nur durch Vermittlung des Keimzellenplasma auf die Nachkommen übertragen werden können, also nur dann, wenn das Körperplasma einen korrelativen Einfluß auf die Keimzellen ausüben kann, der diese zu einer reaktiven Abänderung ihrer präformierenden Anlagen veranlaßt. Es ist ebenso klar, daß die Wahrscheinlichkeit eines solchen Einflusses um so größer wird, je dauernder die Abänderung im Körperplasma ist, je mehr sie von der Peripherie des Organismus in sein zentrales Gebiet vordringt,

je tiefer sie die Struktur des Zellplasma erschüttert und je mehr sie in funktionellen Reaktionen, nicht bloß in passivem Erleiden besteht.

Es ist erfahrungsmäßig nachgewiesen, daß Standortvariationen der Pflanzen umsomehr das Keimplasma im Sinne der Übertragung auf die Nachkommen beeinflussen, je länger sie bestanden haben und je mehr Generationen hindurch die Pflanze unter dem Einflusse der gleichen äußeren Umstände gestanden hat. Die Gedächtniseindrücke, die an der Rinde der Großhirnhemisphären haften, sind, wie ihre organische Grundlage, peripherischer Natur in bezug auf die vitalsten Interessen des Organismus und beeinflussen deshalb die Keimzellen nicht in merklichem Grade; die Instinkte, die an mehr zentral gelegenen Teilen des Nervensystems haften, beeinflussen dagegen die Keimzelle derart, daß diese die adaptiv erworbenen Abänderungen der Instinkte auf die Nachkommen übertragen. Die Gedächtniseindrücke können nur leise, zarte und feine Veränderungen oberflächlicher Art in der Struktur der Nervenzellen hervorbringen, während die Abänderungen der Instinkte tief aufwühlende Veränderungen in ihr hervorbringen müssen. Die Gedächtniseindrücke sind als solche passive Erlebnisse, während die Instinkte energische, den Willen beherrschende Reaktionsweisen auf typische Reize darstellen. Ein abgeschnittenes Glied mag den Blutandrang in den übrigen Körperteilen entsprechend vergrößern, aber der dadurch entstehenden auffallenden Veränderung der Körpergestalt entspricht keine gleich große Abänderung der Reaktionstendenzen; die wesentlich passive Abänderung bleibt auf die Keimzellen ohne merklichen Einfluß.

Auf keinem Gebiete des organischen Geschehens tritt die Zweckmäßigkeit der Zellenreaktionen so deutlich zutage, wie bei den korrelativen Abänderungen, die die zweckmäßige Harmonie des Ganzen und die Angepaßtheit der Teile aneinander durch fort dauernde reaktive Anpassung aufrechterhalten. Wenn nun die Einflüsse des Körperplasma auf die Keimzellen unter den Begriff der korrelativen Abänderungen fallen, so ist es nicht zu verwundern, daß auch die reaktiven Abänderungen des Keimzellenplasma auf Grund der vom Körperplasma empfangenen chemischen und dynamischen Reize selbst zweckmäßige Anpassungen zur Aufrechthaltung einer Harmonie der Teile sind. Wenn überhaupt die Zweckmäßigkeit der organischen Einrichtungen sich nirgends auf-

fallender offenbart als da, wo sie über das Einzelleben in das Gattungsleben hinübergreift und die Fortdauer der Art sichert, so kann es nicht auffallen, daß auch die korrelativen Abänderungen der Keimzellen sich in einer Richtung bewegen, die dazu dient, die Bestandfähigkeit der Art nach Maßgabe der äußeren Umstände möglichst zu sichern. Dies erreichen aber die Keimzellen dadurch, daß sie ihre an die Abänderungen des Körperplasma angepaßten reaktiven Abänderungen ihrer Plasmastruktur so einrichten, daß sie die aus ihnen entstehenden Organismen bereits als angepaßte in die gegebene Umgebung hineinwachsen lassen und ihnen die Gefahren ersparen, die für sie mit der selbsttätigen Erwerbung dieser Anpassungen verknüpft wären.

Bei der Verkümmernng bestimmter Organe durch Nichtgebrauch sehen wir im Embryonalleben zunächst die Anlagen zu den Organen noch erhalten, die im reifen Zustande nicht mehr zur Entfaltung gelangen. Je länger, das heißt durch je mehr Generationen die Verkümmernng fort dauert, auf desto frühere embryonale Entwicklungsstufen muß man zurückgehen, um die Anlagen zu dem Organe noch aufzufinden. Die Keimanlage bröckelt gleichsam allmählich immer mehr ab oder schrumpft so zusammen, daß ihre normale Entfaltung immer früher zum Stillstand bzw. zur Rückbildung gelangt. Die Verkümmernng eines Organes ist aber offenbar eine funktionelle Anpassung an seinen Nichtgebrauch, die die Keimzellen je länger desto tiefer korrelativ affiziert. — Was wir bei der regressiven Anpassung deutlich verfolgen können, gilt auch für die progressive, bei der ein Organ sich verstärkt und immer feiner differenziert. Auch hier müssen mit der Länge der Zeit die Keimzellen immer tiefer ergriffen werden, so daß die Anlagen zu dem Organe auf immer früheren Stufen die Vorbereitung zu der vollendeten Form vornehmen.

Auf diese Weise führen funktionelle Anpassungen nicht bloß zu völlig veränderter Endgestalt der Organe, sondern dringen auch rückwärts in die embryonale Entwicklung ein und beeinflussen den typischen Zellteilungsprozeß, in dem diese besteht. So verwischt sich in vielen Fällen die Grenze zwischen adaptiven und organisatorischen Abänderungen, indem lang andauernde adaptive Abänderungen das Keimzellenplasma zu veränderter Zellteilung veranlassen, die selbst schon eine organisatorische Abänderung ist. Andererseits bleiben gerade die größten und wichtigsten

organisatorischen Abänderungen völlig unerklärlich durch bloße Häufung adaptiver Abänderungen und müssen, wie oben gezeigt ist, durch primäre Abänderungen im Keimplasma aus inneren Ursachen entstanden sein. Innerhalb eines einstämmigen Haupttypus, wie ihn z. B. die höheren Säugetiere wahrscheinlich darstellen, haben jedoch die adaptiven Abänderungen einen fast unbegrenzten Spielraum. Wir verstehen den Entwicklungsgang in einer solchen Tiergruppe sofort, wenn wir ihn als Kapitalisierung aller adaptiven Erwerbungen im kontinuierlichen Keimplasma auffassen. Er bleibt dagegen ein unlösbares Rätsel, wenn eine solche Kapitalisierung abgelehnt wird. Das gleiche gilt in noch höherem Maße vom Entwicklungsgang der Menschheit aus einem tierischen Urzustande zur Veranlagung der höchsten Kulturrassen. Diese Erwägung muß als ein zwingender indirekter Beweis für die Beeinflussung des Keimplasma durch das Körperplasma gelten.

Wenn wir oben sehen, daß die organisatorischen Abänderungen des Keimplasma aus inneren Ursachen Wirkungen eines zwecktätigen Lebensprinzips sein müssen, so können wir nun das gleiche von den reaktiven Abänderungen sagen, die das Keimzellenplasma auf Grund der ihm vom Körperplasma zufließenden Reize mit seiner Struktur in dem Sinne vornimmt, daß die aus ihm entstehenden Nachkommen der Umgebung besser angepaßt ins Leben treten und doch dabei die innere Angepaßtheit ihrer Teile untereinander bewahren. So gewiß nur ein Teil der Abänderungen des Körperplasma durch korrelative Abänderungen des Keimplasma auf die Nachkommen übertragen wird, so gewiß trifft das Lebensprinzip eine zweckmäßige Auswahl zwischen den Arten von Veränderungen, deren Übertragung auf die Nachkommen im allgemeinen für die Erhaltung und Vervollkommnung der Arten dienlich ist, und denen, die keine Kapitalisierung verdienen. Die Übertragung der Gedächtniseindrücke von den Eltern auf die Kinder liefe dem Naturzweck geradeswegs zuwider, der eine Mauterung der Art in ihren Individuen und den beständigen Ersatz der durch ihren Gedächtnisvorrat voreingenommenen Bewußtseine durch frische verlangt. Natürlich können die Arten von Abänderungen, deren Übertragung zweckmäßig und unweckmäßig für die Gattung ist, nicht danach bestimmt werden, ob sie auch Einzelfälle einschließen, die für die Individuen schädlich sind (z. B. Krankheiten und Schwächezustände des Zentralnervensystems); solche

Nebenwirkungen werden ja ohnehin durch die Selektion immer wieder ausgemerzt.

3. Die Vererbungsträger im Keime.

Das Keimplasma enthält die Anlagen in sich, die bei der epigenetischen Entwicklung zur Entfaltung und Aktivierung gelangen; diese Tatsache müssen wir als eine erfahrungsmäßig begründete hinnehmen. Da erheben sich dann die Fragen: worin bestehen die Anlagen des Keimplasma? Sind sie bloß dynamisch oder strukturell, und woran haften sie in beiden Fällen? Hat ihr materieller Träger eine chemische oder eine anatomische Struktur? Ist diese Struktur eine in allen Teilen gleichmäßige, oder eine ungleichmäßig auf verschiedene Teile und Organe des Keimplasma verteilte? Sind alle oder nur gewisse Bestandteile des Keimplasma Vererbungsträger, und welche sind es? Bilden sie eine kontinuierliche Erbmasse oder sind es diskrete Teilchen, die durch nicht vererbungsfähige Zwischenmasse gesondert sind? Welchen Aggregatzustand hat die Erbmasse? Auf alle diese Fragen sind schon die verschiedensten Antworten versucht worden. Gehen wir von den heutigen Ansichten über das Zellplasma aus, um der Lösung näher zu kommen! Denn diejenigen Teile des Plasma, die bei der Teilung von Zellen in mehrzelligen Organismen nicht von andersgeformten Teilen gebildet werden, sondern nur durch Teilung aus ihresgleichen entstehen können, bieten uns am meisten Bürgschaft dafür, Vererbungsträger zu sein.

Es kann als sicher festgestellt gelten, daß der Kern, das Zentralkörperchen und die Farbträger sich nur durch Teilung vermehren und nicht von anderen Teilen des Zellplasma hervorgebracht werden können. Von diesen Zellorganen sind nur die Zentralkörperchen so klein, daß wir sie optisch nicht weiter zerlegen können. Dagegen setzt sich der Kern aus Nukleinkörnchen zusammen, die an Fäden aufgereiht sind, und die Farbträger scheinen ebenfalls aus geordneten Gruppen von Körnchen zusammengesetzt zu sein. Nun wissen wir aber, daß die Körnchen, aus denen der Kern besteht, sich bei der Zellteilung spalten, also ebenso wie die Zentralkörperchen durch Teilung von ihresgleichen entspringen. Dagegen wissen wir nichts über die Vermehrung derjenigen Körnchen, die an dem Fadennetz des Zellplasma außerhalb des Kernes verteilt sind; wir können von ihnen ebenso

wie von den Reizkörnchen an der Basis der Wimpern nur vermuten, daß sie ebenfalls durch Teilung von ihresgleichen entsprungen sind, obwohl dieser Vorgang bisher nicht beobachtet ist. Jedenfalls gehören die Körnchen zu den relativ festesten Bestandteilen des Plasma und können, sofern sie lebendig sind und nicht bloße Vorrats- oder Ausscheidungsstoffe darstellen, am ehesten als Träger einer Struktur dienen, die über die chemische hinausgeht. Neben ihnen kommen aber auch noch die Fäden im Zellplasma und im Kern in Betracht, die, wenn auch um ihrer Kontraktilität willen minder fest als die Körnchen, doch fester als das zwischen ihnen liegende Zellplasma sind. Die Fäden des Kernes, die als Aufreihungsfäden für die Nukleinkörnchen dienen, und die von den Zentralkörperchen außerhalb des Kernes ausgehenden strahlenförmigen Fadennetze erleiden bei der Zellteilung eine Längsteilung; folglich entstehen auch sie durch Teilung von ihresgleichen. Ob das nämliche von allen Fäden gilt, die im Zellplasma vorkommen, ist zweifelhaft, weil noch nicht beobachtet, doch ist es der Analogie nach zu vermuten.

Die Träger der Vererbung werden wir also nicht bloß im Kern suchen dürfen, sondern in den Körnchen und Fäden innerhalb und außerhalb des Kernes. Die in Gruppen (Kernkörperchen, Kernschleifen, Farbträger) geordneten Ernährungskörnchen und die vereinzelt auftretenden Reizkörnchen (Zentralkörperchen, Basalkörnchen der Wimpern) stellen die in diskrete Teile gesonderte Erbmasse dar; das Fadennetz im Kern und im Zellplasma repräsentiert die kontinuierliche Erbmasse. Es ist hierfür gleichgültig, ob man die Fädchen als eine ursprüngliche, den Körnchen koordinierte Plasmadifferenzierung auffaßt, oder ob man annimmt, daß sie stammesgeschichtlich etwa so von den Körnchen aus produziert worden sind wie Gewebefasern von ihren Mutterzellen. Jedenfalls stellen sie bereits in den einzelligen Organismen eine koordinierte Plasmadifferenzierung dar.

Bei der Entwicklung eines mehrzelligen Organismus gibt die Keimzelle von ihrer diskreten wie von ihrer kontinuierlichen Erbmasse Spaltstücke an die neugebildeten Zellen weiter; die Spaltstücke der Körnchen bleiben in den vielen Zellen gesondert, wie sie es schon in der ursprünglichen Keimzelle waren, die Spaltstücke des Fadennetzes aber suchen miteinander direkte oder indirekte Verbindung und halten so die Kontinuität der Erbmasse

trotz der Vielheit der Zellen ebenso aufrecht, wie sie in der ursprünglichen Keimzelle die Körnchen miteinander verbunden hatten.

Es haben also beide recht, sowohl diejenigen, welche die Erbmasse in diskreten materiellen Teilchen, als diejenigen, welche sie in einem kontinuierlichen, alle Zellen des Organismus durchwachsenden und verbindenden Plasmanetz suchen (Nägelis Idioplasma). Man muß nur beachten, daß in den diskreten materiellen Teilchen sowohl die trophischen als auch die sensumotorischen Zentra der Zellen stecken und daß dem kontinuierlichen Fadenplasma nur die zwar unentbehrlichen, aber doch untergeordneten Funktionen der Reizleitung, der Bewegungsausführung und der Bildung von Stützgerüsten zukommen. Immerhin wird man auch diese Funktionen nicht unterschätzen dürfen, und wenn die spezifische Ausbildung, die sie für bestimmte Zwecke erfahren, an der Struktur der Plasmafäden haftet, so wird man auch diese mit zum Vererbungsträger rechnen müssen, insofern in ihr Nervenfasern, Muskelfasern und Stützgerüste präformiert sind.

Schwieriger liegt die Frage in bezug auf das zwischen den Fäden außerhalb des Kernes belegene Zellplasma, die sogenannte Zwischensubstanz. Wir wissen, daß ein Kern die ganze Zelle regenerieren kann, wenn ihm nur die ihn umhüllende Markzone des Zellplasma belassen ist, daß dagegen das Zellplasma ohne Kern sich nicht regenerieren kann, sondern nach einiger Zeit abstirbt. Hieraus hat man geschlossen, daß das Zellplasma kein Träger von Vererbungstendenzen sei. Aber dieser Schluß scheint nicht bündig. Es ist bekannt, daß Stücke eines einzelligen Infusoriums, wenn sie nur einen Teil des Kernes enthalten, das ganze Tier regenerieren können. Niemand schließt daraus, daß die abgeschnittenen Teile des Kernes, die für die Regeneration entbehrlich waren, keine Erbanlagen enthielten. Dann darf man aber auch nicht folgern, daß die abgeschnittenen Teile des Zellplasma, weil sie für die Regeneration entbehrlich waren, keine Erbanlagen enthalten. Man kann nur folgern, daß die als entbehrlich erwiesenen Teile keine Erbanlagen enthalten haben können, die in den belassenen Teilen nicht auch zur Genüge vertreten gewesen wären. Da ein Teil der Markzone für die Regeneration unentbehrlich ist, so kann dieser die ausreichenden Erbanlagen enthalten, um die in den abgeschnittenen Teilen der Zwischensubstanz verlorenen Erbanlagen zu ersetzen.

Wenn man gewöhnlich annimmt, daß selbst die den Kern umgebende Markzone keine Erbanlagen enthält, sondern nur als Nahrungsvorrat für die Regeneration durch den Kern dient, so scheint diese Annahme nicht genügend gestützt. Schon das spricht dagegen, daß diese Markzone das Zentralkörperchen enthält, ohne das der Kern zwar die Zelle regenerieren aber nicht mehr eine Zellteilung herbeiführen kann. Auch die Spermien oder männlichen Fortpflanzungszellen haben eine solche Markzone von Zellplasma um den Kern herum, die hier entschieden nicht als Nahrungsvorrat dient, und die den Eikern umgebende Markzone braucht nicht größer zu sein, so daß das Gleichgewicht zwischen männlicher und weiblicher Erbmasse auch dann gewahrt bleiben kann, wenn die Markzone ebenfalls Träger von Erbanlagen ist.

Wenn wir somit auch noch nicht genau sagen können, wie weit sich die Erbmasse in der Keimzelle erstreckt, so kann doch mit Sicherheit behauptet werden, daß die Beschränkung der Erbmasse auf die Chromatinsubstanz (Nukleinkörnchen) des Kernes zu eng ist, wie sie von Straßburger, O. Hertwig, Roux, Weismann und vielen anderen angenommen worden ist. Auch kernlose Organismen, wie die *Beggiatoa*, vererben ihre Eigenschaften auf die Nachkommen, und zwar mit nicht geringerer Sicherheit wie die kernhaltigen. In ihnen müssen die zerstreuten Körnchen, die sich noch zu keinem Kerne zusammengruppiert haben, dieselbe Leistung vollbringen wie in kernhaltigen Organismen der Kern. Erbanlagen anderer Art stecken zweifellos auch in den Zentralkörperchen und Farbträgern, höchstwahrscheinlich auch in den übrigen lebenden (trophischen und sensumotorischen) Körnchen und dem Fädchennetz, vermutlich auch in der den Kern umgebenden Markzone des Zellplasma. Alle diese Teile zusammen werden, soweit sie im besonderen Falle in Betracht kommen, bei der geschlechtlichen Fortpflanzung in ungefähr gleichem Betrage von männlicher und weiblicher Seite beigesteuert. Dies schließt nicht aus, daß einzelne dieser Erbträger ausschließlich oder überwiegend von der einen Seite her gestellt werden. So liefert z. B. die männliche Fortpflanzungszelle allein das funktionierende Zentralkörperchen des befruchteten Eies, während das dem Ei angehörende resorbiert wird. Von anderen Bestandteilen, z. B. Fädchenplasma und zerstreuten Körnchen, mag umgekehrt das Ei einen größeren Betrag stellen, um jenes männliche Übergewicht

auszugleichen. Das Vorurteil, daß beide Geschlechter genau gleiche Erbmassen jeder Art beisteuern müssen, geht viel zu weit, indem es die Gleichheit der dynamischen Einflüsse lediglich auf gleiche materielle Quanta stützt, ohne zu beachten, daß unter Umständen sogar schon in der unorganischen Natur von der kleineren zweier Massen doch die größeren dynamischen Wirkungen ausgehen können.

Die Tatsache, daß Stücke von Kernen mit Plasmazubehör imstande sind, die ganzen Zellen zu regenerieren, zeigt, daß die ganzen Erbanlagen schon in einem Teil der Zelle vorhanden sein können, daß sie also in der ungeteilten Zelle nicht bloß einmal, sondern öfters enthalten sind, sofern ihre Träger in mehr als einem Exemplar in der Zelle gegeben sind. Das Zentralkörperchen (und bei manchen pflanzlichen Keimzellen ein bestimmter Farbträger) ist nur in einem Exemplar da. Das gleiche kann man von dem Fadennetz des Kernes und dem des Zellplasma sagen, nur mit dem Unterschiede, daß diese Fadennetze, wenn sie zerstückelt werden, sich leicht durch Wachstum wieder vervollständigen können. Die Körnchen im Zellplasma sind in unbestimmter Zahl vorhanden, die im Kerne ordnen sich jedoch bei der Zellteilung in Kernschleifen von einer für jede Spezies typischen Zahl. Man hat deshalb geglaubt, in jeder Kernschleife die gleiche Summe von Erbanlagen voraussetzen zu dürfen, so weit es sich nur um die Entwicklung eines gattungsgemäßen Organismus handelt, unbeschadet dessen, daß die einzelnen Kernschleifen individuell verschiedene Erbanlagen enthalten können. Selbstverständlich werden aber die in jeder Kernschleife enthaltenen Anlagen anderer Art sein als die im Zentralkörperchen, den Farbträgern, dem Fädchennetz und den Einzelkörnchen enthaltenen. Es kann deshalb auch keine Rede davon sein, daß jede Kernschleife alle Erbanlagen des Arttypus in sich trage; denn die nur in jenen anderen Gebilden enthaltenen Erbanlagen müssen in jeder Kernschleife fehlen. Außerdem ist zu beachten, daß einzelne Forscher (Mac Clung, Montgomery) schon jetzt bei Teilungen mehrfach differente Kernschleifen konstatiert zu haben behaupten.

Jede Kernschleife wird aus einer Anzahl von Nukleinkörnern gebildet, die an einem Fadenstück haften. Ob diese Körner gleiche oder verschiedene Erbanlagen in sich tragen, dafür fehlt uns jeder

Anhalt. Jedenfalls liegt kein Grund vor, mit Weismann jede mögliche Abänderung an einem Organismusteil auf ein besonderes Mosaiksteinchen in diesen Anlagen zu beziehen. Vielmehr müssen wir annehmen, daß die Erbanlagen in der Erbmasse sich ebenso durchdringen, ineinander geschoben und mehr oder weniger voneinander abhängig sind, wie die aus ihnen entspringenden Bestimmtheiten am fertigen Organismus. Wie aus den Eindrücken einer Phonographenwalze alle Töne und Klangfarben sämtlicher Instrumente eines Orchesters sich gleichzeitig entfalten können, so aus den Anlagen der Erbmasse die Bestimmungen des Organismus. So irrtümlich es wäre, für die Abänderung der Klangfarbe oder Tonhöhe eines der vielen gleichzeitigen Instrumentenklänge nach räumlich gesonderten Anlagen auf der Phonographenwalze zu suchen, ebenso irrtümlich ist es, das Ineinander der Erbanlagen in einer Kernschleife oder einem Körnchen in ein mosaikartiges Nebeneinander zerlegen zu wollen, wie Weismann und andere es tun. Schwerlich wird die Mischung der Anlagen in jedem Teilchen die gleiche sein, und um so weniger, zu je kleineren Teilchen man hinuntersteigt; aber sicherlich sind die vorhandenen Unterschiede der Anlagenkomplexe in den Teilchen ganz andere als die Unterschiede im Bau der verschiedenen Körperteile am fertigen Organismus. Was hier gesondert und nebeneinander ist, kann dort sich durchdringen und ineinander sein und umgekehrt. Was in dem fertigen Organismus sich auf ganze Organe und Systeme verteilt, kann in einer einzigen Anlage verbunden sein, und was auf verschiedene Teilchen der Erbmasse verteilt ist (z. B. trophische und sensumotorische Funktionen), muß sich im fertigen Organismus an jeder Stelle durchdringen, wenn jeder Teil sich erhalten und richtig funktionieren soll.

Sehen wir von dem Fädchennetz ab, so weisen alle Erbträger auf Körnchengruppen und Körnchen verschiedener Art zurück. Ob die trophischen und sensumotorischen Körnchen vom Anfang an gesondert waren, oder ob sie durch Differenzierung aus einer einzigen Körnchenart hervorgegangen sind, die beide Funktionen in sich vereinigte, ist heute noch nicht zu sagen; manche Erscheinungen bei den an den Fädchen sitzenden Körnchen deuten darauf hin, daß sich Reste beider Funktionen bis heute in ihnen erhalten haben. Jedenfalls werden wir annehmen dürfen, daß die verschiedenen Arten trophischer Körnchen, die

innerhalb und außerhalb des Kernes zu finden sind (Sekretions-, Nähr-, Speicher- und Atmungskörnchen), bloße Differenzierungen einer allen Ernährungs- und Atmungsfunktionen zugleich dienenden Körnchenart sind. Wie alle Unterschiede in den Zellenarten der vielzelligen Organismen sich durch Differenzierung aus den einzelligen herausgebildet haben, so müssen wir auch annehmen, daß alle diese Unterschiede in der Keimzelle des mehrzelligen Organismus vorgebildet und zwar in denselben Zellorganen vorgebildet sind, die diese Differenzierung stammesgeschichtlich vollbracht haben, das heißt in den einzelnen und gruppenbildenden Körnchen. —

Die Vererbungsanlagen bestehen in einer Struktur, die Frage ist nur, ob bloß in einer chemischen Struktur der Atome in den Molekulanlagen oder bloß in einer anatomischen Struktur der chemischen Moleküle in materiellen Lebenseinheiten, oder in einer Verbindung beider.

Die chemischen Vererbungstheorien zerfallen in solche, die einen einzelnen, in sich gleichartigen Stoff von sehr zusammengesetzter chemischer Struktur als Erbmasse ansehen, und in solche, die für jede Art von Gewebe besondere chemisch verschiedene Erbstoffe annehmen. Die ersteren (W. Haacke, Kassowitz) berufen sich darauf, daß die chemischen Verbindungen der Schwefelalbumine und Phosphorproteine einen außerordentlich komplizierten chemischen Bau von vielen Tausenden von Elementatomen haben, der die mannigfachsten isomeren Verschiebungen und Polymerisationen gestattet und die mannigfachsten „Seitenketten“ sich angliedern kann, und daß die für die Hundenasen unterscheidbaren Duftstoffe von rein chemischer Zusammensetzung nicht nur für Ordnungen und Arten, sondern auch für Individuen charakteristisch sind. Die letzteren dagegen betonen mit Recht, daß aus einem chemisch homogenen Vererbungsstoff die Mannigfaltigkeit der chemisch und strukturell so sehr verschiedenen Gewebe nicht zu erklären sei, daß vielmehr, wenn eine rein chemische Auffassung der Vererbung festgehalten werden soll, die Erbmasse bereits eine Mannigfaltigkeit chemisch verschiedener Stoffe umspannen müsse, deren jeder sich die ihm zusagende Nahrung angliedert und dadurch zu den entsprechenden Geweben auswächst.

Beide Theorien enthalten einen richtigen Kern, sind aber

sowohl einzeln als auch in ihrer Verbindung unzulänglich. Ein chemisch gleichartiger Stoff kann in sich selbst keinen Anlaß zur Differenzierung haben, und die im Eifurchungsprozeß gegebenen Reize der Teile aufeinander sind ebenso wenig geeignet, eine derartige chemische Differenzierung in ihm zu bewirken, daß dadurch die so verschiedene strukturelle Entwicklung der verschiedenen Furchungszellen des Eies erklärlich würde. Gewiß besitzen die Erbstoffe verschiedener Arten und Individuen gerade so gut feinere chemische Unterschiede in ihrer Zusammensetzung, wie die Duftstoffe, die als strukturlose Ausscheidungsprodukte verschiedener Tierarten, Menschenrassen und Individuen ihre chemisch nicht mehr nachweisbare Verschiedenheit doch noch dem Geruchsorgan bemerklich machen. Was bei den Ausdünstungen letzte Stufe vor dem Zerfall ist, das ist bei den Erbstoffen erste Stufe vor dem Eintritt in die organische Entwicklung; was dort die Herkunft kennzeichnet, wird hier mitbestimmend für die individuelle und spezifische Eigenart des Organismus in seinem äußeren Unterschiede von anderen Organismen. Das ist das Wahrheitsmoment an dieser Theorie; aber ihre Unzulänglichkeit zeigt sich in ihrer Unfähigkeit, die innere Differenzierung der Teile gegeneinander bei der Entwicklung des Keimes zum Organismus zu erklären, überhaupt verständlich zu machen, warum der Erbstoff nicht entweder in dem chemischen und physikalischen Zustande bleibt, den er einmal hat, oder in Verwesung und Fäulnis übergeht.

Die andere Theorie der vielen chemisch verschiedenen Erbstoffe sucht nicht nur dem äußeren Unterschiede des Organismus von anderen, sondern auch den inneren Unterschieden der Teile voneinander Rechnung zu tragen, und hat darin recht, daß sie schon in der Erbmasse weitgehende chemische Unterschiede der Teile voneinander annimmt, unbeschadet dessen, daß alle diese Teile gemeinsame chemische Unterschiede von den entsprechenden Teilen anderer Arten und Individuen besitzen. Aber sie faßt diese Unterschiede viel zu grob auf, wenn sie besondere Erbstoffe für besondere chemisch verschiedene Gewebe und Organe annimmt. Sie verwickelt sich in unüberwindliche Schwierigkeiten, weil sie durch eine chemische Präformation, durch ein Nebeneinander von chemischen Verbindungen im Keim, die Differenzierung beim Wachstum erklären will. Sie glaubt mit einigen

Stoffen auszukommen, die den Hauptverschiedenheiten entsprechen, z. B. einem Wurzelstoff, Stengelstoff, Laubblattstoff, Kelchblattstoff, Blumenblattstoff, Staubblattstoff usw. im Pflanzenkeim, übersieht aber dabei, daß innerhalb jedes der bezeichneten Gewebe nicht nur die Zellen je nach ihrer Stellung chemische Verschiedenheiten zeigen, sondern auch innerhalb jeder Zelle die Zellorgane. Sollen aber die größeren chemischen Unterschiede der Gewebe auf Sonderstoffe im Keim zurückgeführt werden, so müssen es auch die feineren, und man gerät damit in eine unendliche Menge von Sonderstoffen im Keim. Tatsächlich werden gerade die chemisch am schärfsten unterschiedenen Stoffe im Organismus oft durch ein chemisch von ihnen verschiedenes Muttergewebe gebildet, also nicht durch Assimilation an schon vorhandene chemische Verbindungen. Das Material zu ihnen muß vorhanden sein, aber in der Nahrung, nicht in den sie bildenden Geweben. Nur solange die embryonale Entwicklung ihre Nahrung aus der Mitgift mütterlicher Vorräte schöpft, müssen die Materialien für alle zu bildenden Gewebe im Keime selbst enthalten sein, aber gerade nicht in seinen lebenden Teilen, sondern in seinem zum Verzehr bestimmten toten Nahrungsvorrat.

Beide chemische Theorien verkennen, daß zwar im Unorganischen die chemische Beschaffenheit hinreicht, um die Struktur und Formbildung zu bestimmen, aber nicht im Organischen. Die organischen Stoffe sind gerade solche, die sich durch ihre Plastizität oder Bildsamkeit auszeichnen und willig jede aufgedrungene sichtbare Form annehmen und festhalten, während ihre formbildende Kraft sich in den lebenden Organismen vorzugsweise auf Gebilde beschränkt, die die Grenze der mikroskopischen Sichtbarkeit kaum erreichen. Schon im Unorganischen sehen wir, daß alle einem Zwecke dienenden Gebilde Formen an sich tragen, die nicht bloß durch ihr Material bestimmt sind, daß z. B. aus einem Uhrenstoff (Messing) von selbst keine Uhr, aus einer Menge von Farbstoffen von selbst kein Gemälde wird. Dasselbe gilt erst recht für die zweckvollen Gebilde aus organischen Stoffen, deren mikroskopische und makroskopische Formbestimmtheit niemals als eine bloße Folge ihrer chemischen Zusammensetzung erklärbar ist. —

Zu der chemischen Struktur der Erbmasse muß also notwendig auch eine anatomische hinzukommen, wenn der Präfor-

mation irgend welche weitergehende Bedeutung eingeräumt werden soll, und beide Arten der Struktur müssen im Keim zusammenwirken, aber so, daß die chemische Zusammensetzung nur die unentbehrliche Voraussetzung und Unterlage bildet, auf welcher der anatomische Bau sich erhebt. Da wir von einer solchen anatomischen Struktur in den eigentlichen Vererbungsträgern, den Körnchen und Fädchen, nichts wahrnehmen und auch keine Hoffnung haben, jemals etwas wahrnehmen zu können, so bewegen sich diese Vererbungstheorien durch anatomische Struktur ganz im Gebiete der Hypothesen. Diese Struktur muß sich zunächst in kleinsten „Lebenseinheiten“ (Spencer) bekunden, die von Nägeli Micellen, von Wiesner Plasome, von anderen wieder anders benannt werden. Nägeli denkt an eine selbsttätige Zusammenfügung der chemischen Moleküle nach Analogie der Kristallisation, kann aber nicht angeben, warum diese Kristallisationstendenz schon bei diesen submikroskopischen Gebilden erlahmt. Wiesner setzt mit Recht an Stelle solcher aus unorganischen Kräften entsprungenen Micellen lebende Gebilde mit der Fähigkeit zum Wachstum durch Assimilation und zur Selbstteilung, vermag aber wieder diese Fähigkeiten, die er aus den Zellen in die Plasome zurückverlegt, in diesen nicht zu erklären, sondern muß sie als eine unerklärbare voraussetzen. So wenig Nägeli anzugeben vermag, wie seine Micellen aus der Nährflüssigkeit auskristallisieren und sich in sie wieder auflösen, ebenso wenig kann Wiesner sagen, wie seine Plasome miteinander (zu Körnchen und Fädchen) verbunden sind. Es scheinen deshalb diese Spekulationen von geringem Werte zu sein. Ihre Berechtigung besteht lediglich in der Anerkennung, daß die Erbmasse in den Körnchen und Fädchen auf noch kleinere strukturierte Lebenseinheiten als auf die Bausteine ihrer anatomischen Struktur zurückweist. Unter beständiger Vergegenwärtigung dieses Zugeständnisses dürfte es praktisch ausreichen, bei den an der Grenze der mikroskopischen Sichtbarkeit belegenen Körnchen stehen zu bleiben, da durch die weiteren Hypothesen eine wirkliche tiefere Einsicht doch nicht gewonnen wird. —

In welchem Aggregatzustand sich die Erbmasse befindet, ist nicht so leicht zu bestimmen. Im tierischen Ei scheint sie flüssig, im pflanzlichen Samen fest zu sein, tritt aber auch hier erst in Tätigkeit, wenn sie mit Wasser aufquillt. Zunächst scheint eine

über die chemische Struktur hinausgehende anatomische Struktur nur möglich im festen Aggregatzustande, der jeder Verschiebung der Teile gegeneinander einen genügenden Widerstand entgegensetzt, während im Innern einer Flüssigkeit die Teilchen sich widerstandslos gegeneinander verschieben lassen. Für die Oberflächenschicht einer Flüssigkeit oder für die Grenzschicht einer dichteren Flüssigkeit gegen eine dünnere gilt dies aber nicht mehr, da hier die Moleküle durch Spannkraften in ihrer Lage erhalten werden. In Schaumstrukturen aus dichteren und dünneren Flüssigkeiten sind überall solche Spannkraften tätig. Ihre Intensität an jeder Stelle wird um so größer, je größer die Dichtigkeit der dichteren Flüssigkeit und je größer der Dichtigkeitsunterschied beider Flüssigkeiten ist; ihr Gesamtergebnis im gleichen Volumen wird um so größer sein, je kleiner die Schaumlamellen sind, das heißt je dichter die gespannten Grenzflächen aneinander rücken. Am größten wird es bei den submikroskopischen Schäumen, die man Gallerten nennt, und diese bilden deshalb einen Übergang zwischen dem flüssigen und festen Aggregatzustand.

Jede zähe Flüssigkeit, aus der man Fäden ziehen kann, zeigt eben dadurch an, daß in ihr Kräfte tätig sind, die aus einer mikroskopischen oder submikroskopischen Schaumstruktur entspringen. Das kontraktile Fadennetz, das im Zellplasma einen festeren Bestandteil als die Zwischensubstanz darstellt, weist durch seine Dehnbarkeit auf eine submikroskopische Schaumstruktur hin. Wenn es mit zur Erbmasse gehört, so zeigt es, daß auch in einer flüssigen Gallerte eine anatomische Struktur sich behaupten kann. Die Körnchen dürften wiederum etwas fester sein als die Fädchen; in ihnen sind die dichtesten Flüssigkeiten, die das Plasma besitzt, in die feinsten submikroskopischen Schaumlamellen zusammengedrängt. Die Dichtigkeit der Flüssigkeiten steigt mit dem Konzentrationsgrade ihrer Lösung und nimmt unter gleichen Verhältnissen zu mit der Größe und dem Gewicht der gelösten Moleküle oder suspendierten Teilchen, bis die echte Lösung mit der mikroskopischen Sichtbarkeit der schwebenden Teilchen in eine Pseudolösung übergeht. Soweit die gelösten festen Stoffe in Ionen zerlegt sind, bewegen sie sich in dem Lösungsmittel genau so hin und her, als ob sie sich im gasförmigen Zustande befänden; in welchem Aggregatzustande sich die nicht in Ionen

zerlegten befinden, ist schwer zu sagen. Unsere Vorstellungen von Aggregatzuständen beziehen sich auf Gesamterscheinungen, sind aber auf die Elemente, aus denen diese Gesamterscheinungen sich zusammensetzen, eigentlich gar nicht mehr anwendbar. Da die Körnchen des Plasma an der Grenze der mikroskopischen Sichtbarkeit, zum Teil vielleicht schon unterhalb derselben liegen, so scheint die Frage kaum noch von Bedeutung, in welchem Aggregatzustand sie sich befinden. Es kommt nur noch darauf an, zu wissen, ob Kräfte in ihnen walten, die sich der Verschiebung ihrer Teilchen gegeneinander genügend widersetzen, und solche Kräfte sind auch dann zur Genüge vorhanden, wenn sie sich im Zustande einer sehr zähen und sehr elastischen flüssigen Gallerte befinden.

Nur flüssige Schaumlamellen haben osmotisch durchgängige Wände und sind deshalb quellbar und schrumpfbar; nur flüssige Gallerten gestatten deshalb einen unbehinderten Austausch der Stoffe und chemische Einwirkung derselben aufeinander. Erstarrte Gallerten, deren Wände in den festen Aggregatzustand übergegangen sind, bilden ein Hindernis des Stoffwechsels, soweit sie nicht Löcher und Lücken (Poren) haben, durch welche ein Flüssigkeitsstrom kreisen kann. Plasmateilchen können nur so lange lebend heißen, als sie an dem Stoffwechsel teilnehmen, das heißt, so lange die Wanderungen ihrer submikroskopischen Schaumlamellen flüssig sind. Erstarrte Gallerten können in den Körnchen ebenso wie in den Zellen und Geweben nur die Rolle von Stützgerüsten spielen, an die das lebende Plasma sich anlehnt. Es ist möglich, daß auch in den Körnchen die aktiven und lebendigen flüssigen Gallerten an den ältesten schon erstarrten Teilchen eine Anlehnung finden; nötig scheint aber diese Annahme nicht, weil die Körnchen so klein sind, daß sie keine festen Stützgerüste brauchen. Wenn der wichtigste Vererbungsträger in den Körnchen steckt, so werden wir seine anatomische Struktur in der näheren Bestimmtheit der submikroskopischen Schaumstruktur zu suchen haben, die zwar von der chemischen Zusammensetzung der sie bildenden Stoffe mitbedingt ist, bei dem lebenden Plasma aber als etwas Neues und Höheres zu ihr hinzukommt. —

Wenngleich die kontinuierlichen Erbträger, die Fädchennetze des Kerns und des Zellplasma, nur eine untergeordnete Bedeutung haben im Vergleich mit den diskreten Erbträgern, den Körnchen,

so müssen doch die ersteren dazu beitragen, zwischen den letzteren zu vermitteln und durch Leitung sowohl der Reize als auch der dynamischen Reaktionsimpulse der einzelnen Körnchen ihr harmonisches Zusammenwirken besser sicherzustellen, als die unvollkommene Leitung durch die plasmatische Zwischensubstanz dies vermöchte. Die anatomische Struktur der Erbträger wäre wertlos für den Vorgang der Vererbung, wenn sie nicht dynamische Reaktionen von bestimmter Art lieferte. Diese Struktur selbst entspricht nur den Maschinenbedingungen, vermittels deren der Strom der zufließenden Energie verteilt und umgewandelt wird. Die dynamischen Reaktionen der Struktur entsprechen der Systemkraft der Maschine, die sich aus dem zugeführten Energiestrom und den ihn verteilenden und umwandelnden Elastizitätskräften der funktionierenden Maschinenbedingungen zusammensetzt. Schon in diesem Sinne ist alle Vererbung ein dynamischer Vorgang, und die chemische und anatomische Struktur der Vererbungsträger ist nur ein zur Erzielung dieses dynamischen Vorganges vorbereiteter Hilfsmechanismus. Die Struktur wäre für die Vererbung wertlos, wenn sie nicht dazu diene, auf Grund zufließender Reize die dynamischen Reaktionen auszulösen; diese dynamischen Vorgänge aber, in denen erst die eigentliche Vererbung als aktueller Prozeß besteht, könnten so nicht zustande kommen, wenn sie nicht durch eine geeignete Struktur vorbereitet wären.

Wenn aber der eigentliche Vererbungsvorgang in dynamischen Reaktionen besteht, so taucht die weitere Frage auf, ob diese Dynamik wirklich nur aus dem Energiestrom, der durch den Organismus fließt, und den ihn verteilenden und umwandelnden Elastizitätskräften der Erbmassenstruktur resultiert, oder ob noch andere Kräfte als mitwirkende in sie eingehen. Man hat wohl an elektrische und andere Atome gedacht, die sich in bestimmten Schwingungsformen um die materiellen Teilchen der Erbmasse herumbewegen, ähnlich wie nach der Weberschen Auffassung die elektrischen Teilchen um ein materielles Moleküle. Solche Komplikationen sind ja möglich, aber sie tragen nichts dazu bei, eine Erklärung für diejenigen Punkte herbeizuschaffen, zu deren Erklärung auch die materielle Struktur unzulänglich ist. Denn solche Kräfte wären auch Zentralkräfte und als solche ebenso unfähig wie die Elastizitätskräfte der materiellen Struktur, das harmo-

nische Zusammenwirken der diskreten Teilchen im Dienste des Ganzen verständlich zu machen.

Gesetzt, ein Körnchen könnte seine Anlagen dynamisch aktivieren, so würde es etwas zustande bringen, was seinen, aber auch nur seinen Anlagen entspräche. Es müßten vor allen Dingen so viel Organismen entstehen, als diskrete Erbträger (Körnchen) vorhanden sind; diese Organismen müßten einander gleich oder ungleich sein, je nachdem die Anlagen in den Körnchen gleich oder ungleich sind, und sie müßten typisch vollständig oder unvollständig sein, je nachdem die Anlagen je eines Körnchens es sind. Wie kommt es, daß aus vielen gleichen Anlagen nur ein einziger Organismus, aus gesonderten unvollständigen Erbanlagen ein typisch vollständiger Organismus entspringt? Was macht, daß die in der Erbmasse ineinander geschobenen Anlagen sich im Organismus zu einem Nebeneinander von Geweben, Organen und Organsystemen entfalten, und daß die auf viele Erbträger verteilten gleichen Anlagen sich im Organismus ineinander schieben und ihre Wirkungen bloß addieren? Wodurch gestaltet sich das Ineinander der Anlagen in den Erbträgern zu einem ganz andersartigen Ineinander der Merkmale und Eigenschaften im fertigen Organismus um? Welches sind die teils lösenden, teils verbindenden Kräfte, die ordnend und leitend mit den von den Erbträgern entwickelten Systemkräften schalten und walten und dafür sorgen, daß das Einzelne sich dem Ganzen so einordnet, wie es die Interessen des Ganzen erfordern? Was hält die Harmonie im Zusammenwirken der Teile aufrecht und ordnet sie den Individualzwecken des Organismus unter?

Zu alledem sind nichtenergetische Oberkräfte erforderlich, die zu den aus dem Energiestrom und der materiellen Struktur resultierenden Systemkräften hinzukommen. Erst die Summe beider Arten von Kräften, der Systemkräfte und der Oberkräfte, macht den vollständigen dynamischen Vorgang der Vererbung aus, aber weder die einen allein noch die anderen allein. Für die Systemkräfte ist der Energiestrom in Verbindung mit den Maschinenbedingungen der Struktur zureichende Ursache und die Materie des Organismus Kraftträger; für die hinzukommenden Oberkräfte sind die ersteren bloß Auslösung und die letztere nur Objekt, auf das sie sich beziehen.

Diese leitenden Oberkräfte werden selbst von einem so ent-

schiedenen Anhänger der mechanistischen Weltanschauung wie Weismann in seinem letzten Werke zugegeben, nur daß er diese das eigentliche Geheimnis des Lebens enthaltenden Kräfte als völlig unbekannt bezeichnet. Andere Biologen suchen sie in der bewußten Intelligenz der diskreten Erbträger, die ja durch Fädchennetz und Zwischensubstanz in telegraphischer Verbindung miteinander stehen. Es ist schwer zu glauben, daß die Körnchenbewußtseine mit ihrer Intelligenz Aufgaben mit spielender Sicherheit bewältigen, vor deren Lösung unser menschliches Großhirnbewußtsein beschämt verzagen müßte. Es ist weder anzunehmen, daß sie von den Individualzwecken höherer Ordnung, denen sie dienen sollen, und von der Gesamtharmonie des Organismus, der sie sich einfügen sollen, irgend welche Kenntnis haben, noch auch, daß sie, selbst wenn sie im Besitze dieser Kenntnis wären, den Willen hätten, ihre Individualzwecke als Körnchen diesem Gesamtzweck opferbereit unterzuordnen.

Die Intelligenz, mit welcher die hinzukommenden Oberkräfte walten, muß notwendig eine solche sein, die den Individualzweck höherer Stufe als zu realisierendes Ziel verfolgt, und zwar ohne Überlegen, Schwanken und Zaudern mit selbstverständlicher Sicherheit verfolgt, die Individualzwecke der Teile aber nur so weit berücksichtigt, als sie im Dienste des Ganzen unentbehrliche Mittel sind. Eine solche realisationsmächtige Intelligenz oder intelligente Dynamik ist nimmermehr in den Teilen zu suchen, sondern frühestens im Ganzen, wenn sie überhaupt in einem räumlich beschränkten Gebilde gesucht werden darf. Die leitenden Verbindungen zwischen den einzelnen Körnchen sind nicht etwa Vorbedingung für die Auslösung der leitenden Oberkräfte überhaupt, sondern nur, so weit diese durch ein einheitliches Gesamtbewußtsein der Zelle oder des Organismus vermittelt ist und das Gesamtbewußtsein durch die Oberkräfte mit Hilfe der leitenden Verbindung produziert wird.

Wenn solche intelligente, ordnende und leitende Oberkräfte schon unentbehrlich sind, um das in den Anlagen Präformierte zur aktuellen Entfaltung zu bringen, so sind sie erst recht nötig, um über das Maß der Präformation hinaus die unentbehrliche Epigenesis zu leiten und um die Modifikationen der künftigen Erbanlagen in bezug auf die individuell erworbenen Modifikationen des Organismus zu bestimmen. Alle diese drei

Funktionen sind gleich unentbehrlich für den Gesamtvorgang der Vererbung; alle drei erfordern die gleiche Befähigung, sind also auch derselben Ursache oder dem gleichen Prinzip zuzuschreiben. In ihnen erst liegt das Wesentliche der Vererbung, zugleich das für die Naturwissenschaften Unerklärliche, das sie zu einem aus rein naturwissenschaftlichem Standpunkt unlösbaren Problem und geheimnisvollen Vorgang macht.¹⁾

¹⁾ Vergl. „Philosophie des Unbewußten“, 11. Aufl., Bd. III, S. 160 bis 169, 410—414.

X. Die Bedeutung der geschlechtlichen Fortpflanzung in der Natur.

Die Fortpflanzung ist entweder ungeschlechtlich oder geschlechtlich; im ersten Fall beruht sie lediglich auf der Zellteilung, im zweiten Fall auf einer Verbindung von Zellteilung und Zellverschmelzung. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung ist am leichtesten bei den einzelligen Organismen zu verstehen; die Zellteilung liefert hier Produkte, deren jede der Mutterzelle gleicht. Aber auch sie macht bereits dem Verständnis Schwierigkeiten bei der Fortpflanzung der mehrzelligen Organismen. Denn hier muß gleichsam die gesamte Struktur des mehrzelligen Organismus eine Reduktion erleiden oder in eine einzige Zelle, die Fortpflanzungszelle, hinein zusammengepreßt werden, um als Anlage für die Entwicklung eines mehrzelligen Organismus von gleichem Bau zu dienen. Damit tut sich das große Problem der Vererbung auf, das im vorigen Abschnitt behandelt ist. Lassen wir diese hier als bloße Tatsache gelten, die uns auf Schritt und Tritt in der Natur begegnet, so entsteht die weitere Frage: Warum hat es nicht bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung sein Bewenden, und warum sehen wir in den höheren Pflanzen und Tieren fast ausnahmslos die ungeschlechtliche Fortpflanzung durch eine geschlechtliche ersetzt? Mit anderen Worten: Welche Vorteile erreicht die Natur durch die geschlechtliche Fortpflanzung, die sie durch die ungeschlechtliche nicht auch erreichen könnte?

Dreierlei zeigt uns die Beobachtung als Wirkung der geschlechtlichen Fortpflanzung: 1. Die Befruchtung gibt dem Ei einen äußerst kräftigen Entwicklungsanstoß; 2. die Begattung artgleicher Individuen löst die Abänderungsneigung innerhalb des Arttypus aus, die Kreuzung artungleicher Individuen erregt eine Variationstendenz überhaupt; 3. die Begattung innerhalb der Art

wirkt als Ausgleich auf alle Variationstendenzen, die den Arttypus bei einzelnen Individuen abzuändern streben, dient also als Mittel, um die Beständigkeit des Arttypus zu sichern, oder als Regulator der Konstanz.

Unbefruchtete Eier von zweigeschlechtlichen Pflanzen- und Tierarten bedürfen eines Reizes, um in die Entwicklung einzutreten. Als solche Reize können bei Feuerbohnen sehr verdünnte Lösungen von Pflanzenalkaloiden dienen, bei Seidenspinnereiern Schwefelsäure, bei Froscheiern Sublimatlösung, bei Seeigeleiern Chlormagnesiumlösung oder wässriger Spermaextrakt, der nichts von den Formbestandteilen der Spermienkerne enthält. Wie sehr das Eindringen einer Spermie in das Eiplasma noch vor der Berührung des Eikernes auf diesen als Reiz wirkt, sieht man an den lebhaften amöboïden Bewegungen, in die er gerät. Von den unbefruchteten Eiern parthenogenetischer Schmetterlinge bleibt immer ein großer Teil unentwickelt, während die befruchteten sich fast alle entwickeln. Bei gewissen Schmetterlingen (*Liparis*) entwickeln sich unbefruchtete Eier nur bis zum Raupenstadium, und die durch künstliche Reize zur Entwicklung veranlaßten Wirbeltiereier gelangen zu keiner vollständigen, abschließenden Entwicklung, sondern bleiben früher oder später auf einer unvollendeten Stufe stehen. Der Reiz der Befruchtung scheint also kräftiger zu wirken als der künstliche. In manchen Fällen scheint die Befruchtung nötig zu sein, um dem Ei als Reiz für den Abschluß seiner Reifung zu dienen, durch den es erst befähigt wird, in den Furchungsvorgang einzutreten.

Der Reiz der Spermie auf das Ei ist seinem Grade nach davon abhängig, daß beide zwar gleichartig, aber doch bis zu einem gewissen Maße verschieden sind. Selbstbefruchtung einer Pflanze wirkt als ein geringerer Reiz als Befruchtung durch den Blütenstaub eines anderen artgleichen Individuums. Kreuzung von einander nicht zu fern stehenden Rassen derselben Art wirkt als Auffrischung, während Inzucht die Rasse träg dahindämmern läßt und um so schädlicher wirkt, in je engerem Kreise sie sich vollzieht. Rein erhaltene Stämme und menschliche Berufsstände werden schwerfällig, konservativ, passiv; geschichtliche Leistungen gehen immer von Stämmen und Ständen aus, die durch Blutmischung in einen Zustand erregbarer Aktivität versetzt sind. Aber die zu kreuzenden Rassen dürfen einander auch wieder nicht

zu fern stehen, sonst nimmt der Entwicklungsreiz der Befruchtung wiederum ab. Das sieht man schon bei der Kreuzung fernstehender Menschenrassen, noch mehr an der Unfruchtbarkeit der meisten artungleichen Verbindungen oder doch der aus ihnen entspringenden Bastarde. Das Maximum des Reizes liegt bei einem bestimmten Optimum der Ähnlichkeit und Verschiedenheit.

Weil jeder Entwicklungsreiz auch als Reiz für gesteigerte Entfaltung der Lebenstätigkeit dient und jede gesteigerte Entfaltung der Lebenstätigkeit sich als Verjüngung darstellt, hat man auch wohl die Befruchtung als ein Mittel der Verjüngung bezeichnet. Gewiß mit Recht, sofern man unter Verjüngung nichts weiter versteht als eine in der Entwicklung sich bekundende gesteigerte vitale Aktivität. Aber der Begriff der Verjüngung verknüpft sich leicht mit mystischen Nebenvorstellungen, wie sie in der Sage vom Vogel Phönix verbildlicht sind, und solche unklare Nebenvorstellungen sind unbedingt zurückzuweisen.

Jeder Gärtner weiß, daß die von ihm oder anderen gezüchteten Spielarten durch geschlechtliche Fortpflanzung (Aussaat) nicht zu erhalten sind, sondern der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch Ableger, Stecklinge, Knospen usw. bedürfen; sofern aber die Pflanzen zu solcher Fortpflanzung nicht geeignet sind, muß das Pfropfen oder Okulieren zu Hilfe genommen werden, bei dem eine geschlechtlich entstandene Pflanze als Nährboden für die ungeschlechtliche Vermehrung der bestimmten Varietät dient. Die ungeschlechtliche Vermehrung erhält also die einmal entstandenen Abänderungen aufrecht, die geschlechtliche nimmt sie in den Typus der Stammart zurück. Die erste liefert Individuen, die in allen Zügen dem Mutterindividuum möglichst genau gleichen; die zweite dagegen greift auf die ererbten Anlagen der Stammart mit allen Abweichungen zurück, die jemals unter den direkten Ahnen der beiden Eltern schon vorgekommen sind. Die erste hält sich an die Modifikationen, die das Krimplasma in den Körperzellen des Mutterindividuums erlitten hat; die zweite reduziert die Leistungen der Ahnenreihe innerhalb des Arttypus auf eine Gesamtanlage, in der zwar der Normaltypus der Stammart überwiegt, die aber auch allen Fluktuationen des Typus innerhalb seiner Grenzen Spielraum beläßt.

Blickt man auf diesen Spielraum der Fluktuationen des Typus innerhalb seiner Grenzen, so erscheint die geschlechtliche Fort-

pflanzung als ein Hilfsmittel zur Beförderung der Variation im Gegensatz zu der ungeschlechtlichen Fortpflanzung, die nach Erhaltung der zuletzt erreichten Abänderung strebt. Blickt man dagegen auf das Übergewicht des Normaltypus in der Keimanlage und die aus ihm folgenden Rückschläge aller Spielartennachkommen in die Stammart, so erscheint die geschlechtliche Fortpflanzung als ein natürlicher Regulator der Artkonstanz im Gegensatz zu der ungeschlechtlichen Fortpflanzung, die die Neigung hat, die Arten durch Erhaltung jeder einmal entstandenen Varietät in viele Varietäten zu spalten. Aus diesem doppelten Gesichtspunkt erklärt sich, daß ein Teil der Biologen die geschlechtliche Fortpflanzung bloß als Hilfsmittel der Artenabänderung feiert, während der andere Teil in ihr bloß den Regulator der Artbeständigkeit erblickt.

Es ist wohl zu beachten, daß die Abänderungen, die aus der geschlechtlichen Fortpflanzung zwischen artgleichen Individuen entspringen, nach unseren Erfahrungen ausschließlich innerhalb der Grenzen des Arttypus liegen und um den Normaltypus herum schwanken, aber keinerlei Tendenz zeigen, sich fortschreitend von ihm zu entfernen oder gar zur Entstehung neuer Arten zu führen. Sie bilden nur gleichsam den Pendelschlag der Variationstendenz, der um die Ruhelage des Normaltypus schwingt und aus jeder Abweichung um so stärker in sie zurückgravitiert, je weiter er sich von ihr entfernt hat. Noch ganz andere Bedingungen und Einflüsse müssen hinzutreten, um an die Stelle der fluktuierenden eine progressive Variation zu setzen, d. h. um eine Art in eine andere umschlagen zu lassen; die Variation der geschlechtlichen Fortpflanzung durch artgleiche Individuen allein ist dazu ganz unfähig.

Nur wenn artungleiche Individuen sich kreuzen, können neue Arten entspringen, die einige Merkmale der einen Art mit einigen Merkmalen der anderen Art verbinden, vorausgesetzt, daß die Bastardarten fruchtbar bleiben und sich durch geschlechtliche Inzucht fortpflanzen. Bastarde haben in ihren ererbten Keimanlagen einen weit größeren Variationsspielraum; denn in ihnen addieren sich nicht nur die Variationsspielräume der beiden elterlichen Arten zueinander, sondern zu diesen auch noch der aus dem Abstand beider Arten entspringende Variationsspielraum, der alle möglichen Kombinationen von Merkmalen beider Arten umfaßt.

Daher ist es kein Wunder, daß solche Bastarde auch eine viel stärkere Variationstendenz zeigen als reine Arten. Wenn Weismann die sexuelle Variation auf die mannigfachen Kombinationen der Kernschleifen in den beiden verschmelzenden Fortpflanzungszellen zurückzuführen sucht, so findet diese Ansicht in der Erfahrung keine Bestätigung. Denn die Tiere, deren Fortpflanzungszellen eine große typische Zahl von Kernschleifen haben, müßten danach viel variabler sein, weil die Zahl der möglichen Kombinationen mit der Zahl der kombinierbaren Elemente sehr rasch wächst; sie zeigen aber tatsächlich keine größere Variationstendenz als die mit kleiner Kernschleifenzahl.

Solche Abänderungen einer Art, die nur in einzelnen oder wenigen Exemplaren auftreten, werden durch die geschlechtliche Fortpflanzung wieder ausgeglichen. Denn es stehen den wenigen abgeänderten Exemplaren viele des Stammtypus gegenüber; und die aus solchen Kreuzungen hervorgehenden Nachkommen gewinnen infolge größerer Lebensfähigkeit und Fruchtbarkeit stets das Übergewicht über die Nachkommen, die aus der Inzucht der abgeänderten Minderheit entspringen. Deshalb muß die geschlechtliche Fortpflanzung dahin wirken, daß nur solche Abänderungen sich dauernd erhalten können, die infolge besonderer Reaktionen auf dauernde äußere Reize bei einer größeren Zahl von Individuen gleichzeitig auftreten oder die sich in mehreren Generationen gleichartig wiederholen. Abänderungen an einzelnen oder wenigen Individuen können sich nur dann erhalten, wenn ihre Kreuzung mit der Stammart durch natürliche oder künstliche Absonderung verhindert wird.

Wäre in der ganzen Natur keine andere Art der Fortpflanzung als die geschlechtliche zu finden, so würden wir sehr geneigt sein, die Zellverschmelzung für eine unerläßliche Bedingung der Fortpflanzung zu halten. Jetzt können wir nur sagen, daß für bestimmte höhere Organismenarten die Befruchtung unerläßliche Bedingung der Fortpflanzung zu sein scheint, weil und sofern sie einmal auf diesen Reiz abgestimmt sind. Aber so wenig die kunstvollen Einrichtungen zur Verhinderung der Selbstbestäubung bei vielen Pflanzenarten etwas dagegen beweisen, daß andere, oft nah verwandte Pflanzenarten mit Selbstbestäubung dauernd vortrefflich gedeihen, ebensowenig beweist die weite Verbreitung der geschlechtlichen Fortpflanzung, daß es nicht auch ohne sie

geht bei allen solchen Arten, die nicht auf den Befruchtungsreiz abgestimmt sind.

Bei vielen grünen Algen, bei manchen Phäosporeen, bei Dictyotaceen, Florideen und einer ganzen Anzahl von Pilzen tritt die geschlechtliche Fortpflanzung fakultativ, d. h. unter bestimmten Umständen der Ernährung, Beleuchtung usw. ein, die man experimentell herstellen kann. Bei manchen ungeschlechtlich fortwuchernden Algen findet die Bildung der Dauersporen auf geschlechtlichem Wege statt, während bei anderen Algen und Pilzen auch die Dauersporen auf ungeschlechtliche Weise gebildet werden. Bei den Diatomeen werden die Auxosporen, die den fortlaufenden Teilungsprozeß unterbrechen, geschlechtlich hervorgebracht, bei *Melosira* und anderen dagegen ungeschlechtlich; und zwar bildet *Rhabdonema arcuatum* die Auxosporen, ohne je in geschlechtliche Fortpflanzung eingetreten zu sein, *Synedra affinis* aber unter Verlust der geschlechtlichen Fortpflanzung. Bei den Infusorien genügt eine Befruchtung je nach der Spezies für 135 bis 450 Generationen; viele Pflanzen, z. B. die Farren, leben im Generationswechsel zwischen je einer geschlechtlichen und einer ungeschlechtlichen Fortpflanzung.

Es gibt hoch entwickelte Pflanzen mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung, wie die Laminariaceen, und bei so hoch entwickelten Tieren, wie die höheren Insekten sind, kommt es vor, daß auf die schon lange besessene geschlechtliche Fortpflanzung wieder verzichtet wird, sei es zeitweilig in bestimmten Jahreszeiten, sei es dauernd für die Produktion eines der polymorphen Typen der Art. Um in solchen Fällen die typische Kernschleifenzahl trotz ihrer Reduktion auf die Hälfte im Ei aufrecht zu erhalten, sind besonders komplizierte Vorgänge nötig, die überflüssig wären, wenn die geschlechtliche Fortpflanzung unter allen Umständen festgehalten würde. Dies alles spricht dafür, daß noch auf ziemlich hohen Stufen der Organisation die geschlechtliche Fortpflanzung ganz wohl entbehrlich ist und keine erheblichen Vorteile gewährt, die nicht ebenso gut auch ohne sie erlangt werden könnten.

Wir finden nicht, daß die ungeschlechtlich sich fortpflanzenden Arten an Variationsspielraum hinter den geschlechtlich sich fortpflanzenden zurückständen. Wenn wir Arten von etwa gleicher Organisationsstufe betrachten, so scheint die Variationstendenz

von der ungeschlechtlichen oder geschlechtlichen Fortpflanzungsweise unabhängig zu sein. Wenn wir zu den Spaltalgen und Spaltpilzen hinabsteigen, so begegnet uns trotz ungeschlechtlicher Fortpflanzungsweise eine so große Wandelungsfähigkeit der Arttypen nach den Umständen, wie wir sie bei geschlechtlich sich vermehrenden Arten nicht kennen. Doch scheint auch die Beständigkeit des Arttypus trotz aller um die Norm fluktuierenden Variation bei den ungeschlechtlich sich vermehrenden Arten keineswegs schlechter gesichert als bei denen mit geschlechtlicher Fortpflanzung, trotzdem die ersten des Regulators entbehren, den die anderen besitzen. Ebenso wenig leidet die Fruchtbarkeit bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch das Fehlen des Befruchtungsreizes; gerade unter den niederen Organismen gibt es viele Arten, deren ganz erstaunliche Vermehrungsfähigkeit für einen ausreichenden Entwicklungstrieb der Fortpflanzungszellen ohne Befruchtungsreiz bürgt.

Die Erfahrung lehrt uns, daß zahllose Arten mit geschlechtlicher Fortpflanzung ausgestorben sind, daß wiederum aber eine große Menge von Arten mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung sich behauptet hat; d. h. daß die gleichzeitigen Arten mit geschlechtlicher Fortpflanzung nicht imstande gewesen sind, sie im Kampf ums Dasein zu verdrängen und sich ganz an ihre Stelle zu setzen. Und dies gilt nicht bloß für Arten sehr verschiedener Organisationsstufen, die überhaupt kaum miteinander in Wettbewerb treten, sondern auch für einander nah stehende Arten, von denen die einen die ungeschlechtliche Fortpflanzung noch beibehalten oder die geschlechtliche wieder aufgegeben haben, die anderen zur geschlechtlichen Fortpflanzung übergegangen und bei ihr stehen geblieben sind. Wir dürfen daraus schließen, daß jede der beiden Fortpflanzungsarten ungefähr dasselbe leistet für Organismen, die auf sie eingerichtet sind. Für Arten, die auf die ungeschlechtliche Fortpflanzung eingerichtet waren, konnte demnach die geschlechtliche Fortpflanzung erst recht keinen Vorteil im Kampf ums Dasein gewähren, da sie nicht einmal den auf sie eingerichteten Arten einen Selektionsvorteil verschafft. Die Selektion konnte also auch keinen Beitrag liefern zur Begünstigung und Befestigung der geschlechtlichen Fortpflanzung bei ihrem ersten Auftreten inmitten von lauter solchen Arten, die sich ungeschlechtlich fortpflanzten.

Noch weniger ist dieses erste Auftreten selbst durch Selektion zu erklären, weil es nicht durch eine Häufung kleinster Abänderungen, sondern nur durch einen plötzlichen großen Schritt in umgekehrter Entwicklungsrichtung zustande kommen konnte. Die gradlinige Entwicklungsrichtung des Lebens geht auf Zellvermehrung durch Zellteilung aus; die Zellverschmelzung aber führt das Gegenteil davon, nämlich eine Zellverminderung, eine Reduktion der bereits erreichten Zellenzahl herbei. Sie gleicht dem Zurückweichen eines Fußgängers um mehrere Schritte, der seine Wanderungsrichtung zeitweilig unterbricht und umkehrt, um durch einen Anlauf ein Hindernis auf seinem Wege überspringen zu können. Die Zellvermehrung kehrt sich zeitweilig in Zellverminderung um, damit sie dann einen desto üppigeren Schuß in der Vermehrung tun kann. Dieser Bruch im gradlinigen Fortgang der Zellvermehrung, diese Retardierung durch zeitweilige Umkehrung der Entwicklungsrichtung ist durch keine Häufung kleinster Abänderungen erklärbar. Es kann wohl das Zurückweichen um einen oder mehrere Schritte stattfinden; es können sich einzellige Organismen zeitweilig ohne Substanztausch aneinanderlegen und sich bloß dynamisch anregen; oder ihr Plasma zeitweilig miteinander verschmelzen ohne Kernverschmelzung und sich dann wieder trennen (Plastogamie); oder endlich auch ihre Kerne verschmelzen und zu einer Zelle verbunden bleiben. Aber jeder dieser Schritte läuft der normalen Entwicklungsrichtung zuwider und bedarf deshalb besonderer Erklärung. Zellteilungsprodukte können ihre Trennung suspendieren, um einen mehrzelligen Organismus zu bilden, aber sie verschmelzen weder miteinander noch wirken sie aufeinander als Zellteilungsreiz. Zellen verschiedener Herkunft pflegen einander abzustoßen, aber nicht anzuziehen, und in keinem Fall verschmelzen sie miteinander. Selbst gleichartige Fortpflanzungszellen verschiedenen Geschlechtes haben nur eine kurze Reifezeit, in der sie verschmelzen, und gehen nach unbenutztem Ablauf dieser Reifezeit bald zugrunde. Dies deutet ebenso wie der periodische Eintritt der Reifezeit für eine oder mehrere Fortpflanzungszellen in einem Organismus darauf hin, daß die zur Verschmelzung führende Anziehung Ergebnis besonderer maschineller Vorkehrungen ist.

Wenn wir nun doch die geschlechtliche Fortpflanzung in den höheren Pflanzen und den Wirbeltieren als die allein herrschende

und selbst auf niederen Stufen weit verbreitet sehen, so können wir nicht umhin, nach deren Zweck zu forschen, der anderswo liegen muß als in einem Selektionsvorteil. Die geschlechtliche Fortpflanzung löst gewisse Aufgaben (Entwicklungsreiz, Variationsspielraum, Beständigkeitsregulator) auf dem Wege erkennbarer mechanischer Hilfsmittel, die bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung zwar auch gelöst werden, aber nicht durch uns erkennbare mechanische Hilfsmittel. Es ist nicht ausgeschlossen, daß auch bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung namentlich der höher organisierten Arten solche mechanische Hilfsmittel bestehen, die wir bloß noch nicht erkannt haben; aber jedenfalls sind sie dann sehr viel verborgener und zugleich unvollkommener als die durch die geschlechtliche Fortpflanzung dargebotenen.

Nun besteht aber der Fortschritt der Organisation wesentlich darin, daß für die besonderen Aufgaben des Lebens immer mehr besondere mechanische Hilfsmittel bereitgestellt werden. Je höhere und mannigfachere Aufgaben das Leben zu bewältigen hat, je verwickelter und feiner seine Leistungen werden, desto nötiger wird die Mechanisierung des anfänglich autonom Vollbrachten durch materielle Strukturen und maschinelle Vorkehrungen, damit die autonomen Reaktionen sich immer mehr ausschließlich dem Ausbau der Details und der Steigerung und Verfeinerung der Gesamtleistung zuwenden können. So bedeutet auch die geschlechtliche Fortpflanzung eine dem Lebensprinzip Kraft ersparende Maschinerie, die auf den niederen und mittleren Stufen der Organisation noch entbehrlich ist, auf den höchsten aber nicht mehr. Die weite Verbreitung der geschlechtlichen Fortpflanzung auch auf den niederen Organisationsstufen stellt sich unter diesem Gesichtspunkt nicht als eine unmittelbare teleologische Forderung dar, sondern als eine mittelbare Vorbereitung der hier zwar noch ganz wohl entbehrlichen, hier aber auch leichter zu präparierenden Maschinerie für die höheren Stufen, wo sie unentbehrlich wird und schwieriger nachzuholen wäre.

Wenn die teleologische Bedeutung der geschlechtlichen Fortpflanzung für das Pflanzenreich mit dieser kraftersparenden Wirkung erschöpft ist, so erlangt sie im Tierreich noch einen höheren Sinn. Während nämlich die ungeschlechtliche Fortpflanzung im günstigsten Fall nur bis zu einer einseitigen mütterlichen Brutpflege führen kann, wird die geschlechtliche Fortpflanzung zur

Grundlage der Ehe, der Familie und der geschlechtlichen Zuchtwahl. Sie führt die Geschlechter durch die Geschlechtsneigung zusammen und verbindet sie durch gemeinsame Brutpflege nicht nur mit den Jungen, sondern auch untereinander noch enger; sie veredelt den Typus durch geschlechtliche Auslese bei der Gattenwahl. So wird sie zur natürlichen Grundlage der wichtigsten Gemütsbeziehungen und sozial-ethischen Einrichtungen und wirkt an der Verfeinerung und Höherbildung der Arttypen mit. Wenn wir heute noch in der Familie und Geschlechtsliebe die Zelle der Staatenbildung und den wichtigsten natürlichen Stützpunkt des Geisteslebens nach der Gemütsseite hin sehen, so dürfen wir nicht vergessen, daß ohne die geschlechtliche Fortpflanzung in unserer tierischen Ahnenreihe der Menschheit diese Naturgrundlage ihrer Kulturentwicklung gefehlt hätte, und dürfen die Entstehung der geschlechtlichen Fortpflanzung im Tierreich auch für diesen Erfolg als eine teleologische Vorbereitungsstufe in Anspruch nehmen.

XI. Die stammesgeschichtliche Entwicklung der Säugetiere und des Menschen.

Wenn man eine engere Gruppe höherer Tiere betrachtet, so darf man sich mit einiger Wahrscheinlichkeit der Vermutung hingeben, daß die nahe systematische Verwandtschaft auf Abstammung von gemeinsamen Vorfahren zurückweist. Aber irgend welche Sicherheit bietet dieser Schluß selbst hier nicht. Wir werden z. B. niemals beweisen können, daß alle Menschen von einem Paar und nicht von mehreren abstammen, daß der Übergang tierischer Vorfahren zum menschlichen Typus sich nur an einer einzigen Stelle der Erde und nicht an mehreren gleichzeitig oder zu verschiedenen Zeiten vollzogen habe. Noch fraglicher wird die Behauptung einstämmigen Ursprungs, wenn man weiter auseinander gegangene Typen miteinander vergleicht und zu tieferen Stufen des Tierreichs hinabsteigt.

Man pflegte alle Säugetiere lange Zeit als Zweige desselben Stammes zu betrachten; aber selbst dies ist zweifelhaft geworden, seitdem man erkannt hat, daß die Milchdrüsen, auf denen ihre systematische Verwandtschaft beruhen sollte, bei den australischen Ursäugetern (Schnabeltier und Ameisenigel) einen ganz andern morphologischen Ursprung haben als bei den übrigen Säugern. Bei den ersteren sind sie nämlich umgewandelte Schweißdrüsen, bei den letzteren umgewandelte Hauttalgdrüsen, woraus man schließen muß, daß beide zwei voneinander unabhängige Stämme darstellen. Auch darüber sind Zweifel laut geworden, ob die Beuteltiere eine allgemeine Vorstufe aller Säugetiere oder einen Zweig derselben darstellen. Es ist ebenso gut möglich, daß die höheren Säugetiere die Stufe der Beuteltiere übersprungen, als daß sie dieselbe stammesgeschichtlich mit durchlaufen haben.

Bei den Protozoen und Protophyten oder bei dem Protisten-

reiche Haeckels haben selbst die eifrigsten Verfechter der Einstämmigkeit zugegeben, daß eine Vielstämmigkeit ebensowohl möglich ist. In der Tat ist es schwer zu glauben, daß nach hinreichender Abkühlung der Erdoberfläche nur an einer einzigen Stelle und auch hier nur in einem einzigen Exemplare ein Urorganismus entstanden sein sollte. Wenn aber mehrere zugleich oder zu verschiedenen Zeiten entstanden sind, so ist es wiederum höchst unwahrscheinlich, daß sie einem identischen Typus trotz mangelnder genealogischer Verwandtschaft angehört haben. Und selbst wenn sie von gleichem Typus gewesen wären, so würden doch ihre Nachkommen vielstämmigen Ursprungs gewesen sein. Wir wissen jetzt, daß nicht nur von gleichem Ausgangspunkte verschiedene Entwicklungsbahnen ausgehen können, sondern daß auch von gleichen oder verschiedenen Ausgangspunkten parallele Entwicklungsreihen entspringen können, ja sogar, daß an verschiedenen Ausgangspunkten anhebende Entwicklungsreihen in solchem Maße konvergieren können, daß sie zuletzt zu ganz verwandten Endformen führen. Wir kennen auch eine rückschreitende Umbildung, wie z. B. bei der parasitären Anpassung, und wissen, daß diese Rückbildung sich, je länger sie andauert, auf desto frühere embryologische Entwicklungsstadien zurückerstreckt.

Wenn mehrere neue Typen gleichzeitig oder nacheinander in vielen Exemplaren auftauchen, wie z. B. bei den Beobachtungen von de Vries, so wird man ihre Herkunft einstämmig nennen müssen, falls sie alle aus Samen desselben Individuums entsprungen sind, aber vielstämmig, wenn sie aus den Samen verschiedener artgleicher Individuen hervorgehen. Wenn im ersteren Falle auch ganz verschiedene Typen unzweifelhaft einstämmigen Ursprungs sind, so sind im letzteren Falle ebenso unzweifelhaft ganz gleiche Typen mehrstämmigen Ursprungs, nämlich gleichartige Mutationen verschiedener Mutterorganismen. Freilich gehören diese verschiedenen Mutterorganismen der gleichen Art an und gelten dadurch zunächst als von gleicher Abstammung; wenn aber die Gleichartigkeit der Typen in dem einen beobachteten Falle trotz ihrer sprunghaften Abweichung vom mütterlichen Typus den Rückschluß auf gleiche Abstammung zum Fehlschluß machen würde, was bürgt uns dann dafür, daß dieser Rückschluß in den andern nicht beobachteten Fällen kein Fehlschluß ist? Es kann sein, daß die gleichartigen Mutterindividuen, von denen die typisch abweichen-

den, aber untereinander gleichartigen Tochterindividuen abstammen, ihrerseits von gleichen Voreltern abstammen, also der unmittelbar vielstämmige Ursprung der Tochterindividuen doch mittelbar auf einen einstämmigen zurückführt; aber eine Garantie dafür ist nicht zu erbringen.

Diese Erwägungen mahnen uns heute zur äußersten Vorsicht, wenn wir von systematischer Verwandtschaft auf genealogische zurückschließen. Alle Stammbäume größerer Gruppen, die man bisher aufzustellen versucht hat, sind wertvoll als Möglichkeiten und Vermutungen über etwaige Zusammenhänge, können aber noch nicht einmal denjenigen Wahrscheinlichkeitsgrad für sich in Anspruch nehmen, der für wissenschaftliche Hypothesen erforderlich ist. Insbesondere leiden alle Versuche, einstämmige Stammbäume aufzustellen, an dem Grundfehler, daß wir gar nicht wissen, wie weit die Vielstämmigkeit über das Protistenreich hinausgreift und wie tief sie sich bis in die höheren Typen hinein erstreckt. Das verflossene Menschenalter hatte es deshalb so eilig, alle systematischen Verwandtschaften auf genealogische zurückzuführen, weil es damit alle Probleme mechanisch gelöst zu haben wähnte; seitdem man sich überzeugt hat, daß die alten Probleme doch noch fortbestehen, daß die genealogische Verwandtschaft noch lange keine mechanische Lösung bedeutet, und daß selbst die genealogische Verwandtschaft nur eines der vielen Hilfsmittel der Natur zur Erzielung systematischer Verwandtschaft ist, hat der Eifer in der Umdeutung der systematischen in genealogische Verwandtschaft sich sehr abgekühlt.

Tatsächlich wissen wir von dem Ursprung der Säugetiere ebensowenig wie von dem der Vögel. Wenn man früher die Vögel von dem fossilen Archäopteryx ableitete, so bezweifelt man jetzt die genealogische Verwandtschaft der Vögel mit den vorweltlichen Flugechsen nicht minder wie etwa die mit den heutigen Fledermäusen oder den fliegenden Insekten, sieht vielmehr diese vier Gruppen von Fluktieren als Parallelerscheinungen auf verschiedener systematischer Stufe an, als konvergente Anpassungen der Bewegungsorgane an die Bewegung durch die Luft. Ob die Säugetiere zunächst von Reptilien oder mit Überspringung dieser Stufe unmittelbar von Amphibien abstammen, ist noch heute eine offene Frage und wird es vielleicht immer bleiben. Ob die Amphibien sich aus Fischen entwickelt haben, darüber wissen

wir ebenfalls nichts; jedenfalls sind die luftatmenden Fische nicht als eine Zwischenstufe zwischen gewöhnlichen Fischen und Amphibien anzusehen. Auf den verschiedensten Stufen des Tierreichs, von den Schnecken und Krebsen aufwärts, sehen wir, daß kiemenatmenden Wassertieren die Fähigkeit innewohnt, sich durch Ausbildung der Lungen dem Leben in der Luft anzupassen. *Proteus anguineus* zeigt uns durch seine verschiedene Ausbildung im tiefen und im seichten Wasser, wie sehr es in der Macht niederer Tiere steht, entweder die Kiemen oder die Lungen einseitig zu entwickeln und die andere Anlage verkümmern zu lassen. Die Amphibien können sich deshalb sehr wohl aus Wassertieren mit Kiemen entwickelt haben, die nicht schon als Fische die Fähigkeit erlangt hatten, zeitweilig in der Luft zu atmen. Wahrscheinlich sind die bloß im Wasser lebenden Ahnen der Amphibien Tiere gewesen, die sich noch weniger als die Knorpelfische zum einseitigen Fischtypus hin differenziert und in diesem verhärtet hatten.

Ebenso wie sich bei den verschiedensten Tierordnungen unabhängig voneinander selbständige Übergänge von der Kiemenatmung zur Lungenatmung und von der Sprungbewegung zur Flugbewegung finden, ebenso begegnen wir auch verschiedentlichen Ansätzen zu einem inneren Skelett, z. B. bei der *Sepia*, ohne daß wir darum schon auf eine genealogische Verwandtschaft aller solcher Typen mit dem Wirbeltiertypus schließen dürften. Deshalb bleibt auch die genealogische Verwandtschaft zwischen dem Lanzettfischchen (*Amphioxus*) und den Rundmäulern (z. B. Neunaugen) noch höchst zweifelhaft, so lange wir keine Übergangsstufen zwischen beiden feststellen können. Immerhin dürfte diese Linie am ehesten der wirklichen Abstammung der Wirbeltiere entsprechen; denn die andern zahlreichen Versuche, die gemacht sind, um die Wirbeltiere mit andern Typen der Wirbellosen zu verknüpfen, haben noch mehr Bedenken gegen sich und haben deshalb noch weniger allgemeine Zustimmung gewinnen können. Wenn wir für die Beziehungen der Wirbeltierordnungen untereinander noch die schwache Hoffnung hegen dürfen, durch gelegentliche paläozoische Funde weitere Aufklärung zu gewinnen, so ist solche Hoffnung für die Beziehungen der Wirbeltiere zu den Wirbellosen kaum aufrecht zu erhalten. Der Übergang zwischen Wirbellosen und Wirbeltieren dürfte sich gerade in solchen Typen

vollzogen haben, die keine Reste in Gesteinsschichten hinterlassen konnten, weil sie ein äußeres Skelett nicht haben durften und ein inneres erst im Begriff standen zu erwerben. Die Aussichten, daß sich das Dunkel, in welches der Stammbaum der Wirbeltiere gehüllt ist, später einmal lichten könnte, sind demnach äußerst gering.

Mag unsere Unwissenheit über die wirkliche Ahnenreihe der Säugetiere noch so unauffhellbar bleiben, so zweifelt doch kein Biologe mehr daran, daß sie durch eine lange stammesgeschichtliche Entwicklung entstanden sind, deren Stufen mehr oder weniger Analogien mit uns bekannten noch lebenden oder ausgestorbenen Typen zeigen mußten. Nur das kann niemand behaupten, daß irgend eine dieser Ahnenstufen mit einem noch jetzt lebenden oder uns bekannten paläozoischen Typus identisch gewesen ist. Die ganze direkte Ahnenreihe kann spurlos verschwunden sein, ohne daß sich irgend welche Reste von ihr erhalten zu haben brauchen. Denn es hängt sehr von Zufälligkeiten ab, welche der zahllosen untergegangenen Tierarten Reste auf die Gegenwart haben gelangen lassen, und da der Prozentsatz der in Gesteinsschichten konservierten Arten von allen, die jemals gelebt haben, sehr klein ist, so ist auch die Wahrscheinlichkeit sehr gering, daß wir unter ihnen gerade solche aus der direkten Ahnenreihe finden werden. Wir müssen uns mit Analogien und Vermutungen begnügen, die zwar nicht ohne Wert sind, aber niemals mit exakten wissenschaftlichen Erkenntnissen verwechselt werden dürfen.

Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die großen Saurier durch nichts anderes von der Erde verdrängt worden sind, als durch die Konkurrenz der neu auftretenden Säugetiere. Wenn diese zunächst sehr viel kleiner als die Saurier waren, so ersetzten sie das, was ihnen an Masse und Wucht abging, durch Temperament, Lebhaftigkeit und Bezahnung. Man vergleiche die heutigen kleinen Räuber, wie Spitzmaus und Wiesel, mit den schwerfälligen Riesenschildkröten. Die überlegene Lebendigkeit und Angriffslust erlangten die Säugetiere durch ihre höhere Bluttemperatur, diese durch ihre gesteigerte Atmung und Haarbekleidung, die Steigerung der Atmung wiederum durch Vergrößerung der Lungenoberfläche vermittelt Fältelung des bei den Kaltblütern noch glatten, einfachen oder zweigeteilten Lungensackes. Daß diese

Umwandelung der Lunge nicht bloß durch äußere Umstände und nicht bloß durch fortgesetzten Gebrauch erfolgte, kann man daraus entnehmen, daß sie nicht nur bei den zugrunde gegangenen Sauriern, sondern auch bei den bis jetzt fortlebenden Amphibien und Reptilien unterblieben ist, trotzdem diese letzteren durch dieselben äußeren Umstände hindurchgegangen sind und den Gebrauch ebenso lange fortgesetzt haben, wie die Säugetiere. Man muß also annehmen, daß die Individuen, die sich in ihrer Nachkommenschaft in Wirbeltiere umwandelten, auf die äußeren Umstände und den Organgebrauch anders reagierten, d. h. durch innere Ursachen, wenn auch auf Anlaß äußerer Reize, zu dieser Umwandlung gelangten.

Ob diese Umwandlung sich nur einmal an einer Stelle oder öfters an verschiedenen Orten vollzogen hat, ob mit anderen Worten die Säugetiere einstämmigen oder mehrstämmigen Ursprungs sind, und wie viel verschiedene Stämme wir bei ihnen zu unterscheiden haben, wird schwerlich jemals mit einiger Sicherheit festzustellen sein. Jedenfalls entstanden die Säugetiere erst zu einer Zeit, als der große Festlandskomplex der östlichen Erdhälfte (Asien, Europa und Afrika) sich schon zusammengeschlossen hatte und mit Amerika und Australien noch in Verbindung stand. Je größer eine Ländermasse ist, desto größeren Änderungen wird sie in bezug auf Klima und Charakter ihrer Teile unterworfen sein, während ein kleineres, rings vom Meere umschlossenes Land viel ständigere Lebensbedingungen darbietet. Da es nun der Wechsel der äußeren Lebensumstände sein muß, der als Reiz zur reaktiven Abänderung wirkt, so werden die großen Ländermassen ihren Bewohnern solcher Reize mehr und mannigfachere zuführen und dadurch günstigere äußere Bedingungen für den Entwicklungsfortschritt bieten, als abgeschlossene Inseln. Darum finden wir auf der östlichen Erdhälfte die größte Mannigfaltigkeit und zeitlichen Wechsel der Formen, auf abgeschlossenen Inseln, wie Neuseeland, Neuholland, Madagaskar dagegen eine ärmere Fauna und Flora von stationärem Charakter.

Auf solchen isolierten kleineren Gebieten haben sich Typen bis in die Gegenwart am Leben erhalten, die in früheren Perioden wohl auch die großen Länderkomplexe bevölkerten, dort aber durch nachfolgende höher entwickelte und besser ausgerüstete Formen verdrängt worden sind. Daraus darf man nicht schließen,

daß die älteren, in den abgeschlossenen Gebieten bestehen gebliebenen Formen auch in diesen Gebieten, wo man sie allein noch antrifft, autochthon entstanden seien; denn da diese Wohngebiete überhaupt nicht günstig für die Entstehung neuer Formen sind, so waren sie es auch nicht für die Entstehung derer, die sie jetzt noch beherbergen. Man muß vielmehr schließen, daß diese Formen ebenfalls da entstanden sind, wo starke Reize zur Umwandlung vorhanden sind, daß sie von da auf damals noch vorhandenen Landverbindungen in ihre jetzigen Wohnplätze eingewandert sind, und daß sie sich in diesen behaupten konnten, weil ihnen durch Verschwinden der von ihnen benutzten Verbindungsbrücken die Nachschübe der überlegenen Konkurrenten erspart blieben.

So gab es in der Sekundärzeit nur erst Ursäuger und Beuteltiere, die sich bis nach Australien verbreiteten. Als dann die Insektenfresser auftraten, so erreichte deren Wanderung weder Australien, das inzwischen von Asien abgetrennt worden war, noch auch Südamerika, woraus zu schließen ist, daß dieses damals mit Nordamerika in keiner Verbindung gestanden haben kann. Der Verbreitungsstrom der Halbaffen erreichte Madagaskar, das damals noch mit den übrigen Kontinenten zusammenhing, in der Tertiärzeit aber von ihnen abgetrennt wurde und deshalb die Halbaffen konservieren konnte. Als die Breitnasenaffen ihre Wanderung antraten, war Südamerika schon wieder von Nordamerika aus zu erreichen, während die nachher auftretenden Schmalnasen nicht bis dorthin gelangten.

Betrachten wir den großen Landkomplex der östlichen Erdhälfte genauer, so sind es offenbar seine nördlicher belegenen Teile gewesen, die durch das periodische Auftreten der Eiszeiten, Überschwemmung und Wiedertrockenwerden der Tiefebene und aus anderen Gründen den größten klimatischen und landschaftlichen Wechsel durchzumachen hatten. Deshalb müssen hier auch die Abänderungsreize noch häufiger und stärker gewirkt haben, als in den dem Äquator näher belegenen Teilen, und darum hat es die größte Wahrscheinlichkeit, daß der Landstrich zwischen Nordwesteuropa und Japan die Geburtsstätten und Ausbreitungszentren der meisten Säugetiere und schließlich auch des obersten unter ihnen, des Menschen, enthalten hat.

Betrachtet man die Varietäten und Arten einer Säugetierklasse

in einer Aufeinanderfolge, die man als direkte Ahnenreihe auffassen darf, so zeigt sich eine ziemlich regelmäßige Veränderung bestimmter Merkmale. Das Zentralnervensystem, d. h. das Rückenmark einschließlich des Gehirns, hat die Tendenz, nach vorne zu sich zu verstärken behufs Steigerung der Intelligenz, und kompensatorisch nach hinten zu abzunehmen, was sich durch Verkürzung und schließlich Verkümmern des Schwanzes auch äußerlich bemerkbar macht, wenn man die Schwanzlänge relativ zur Länge der ganzen Wirbelsäule versteht. Die Vorderbeine nehmen an Länge im Vergleich zu den Hinterbeinen zu, und diese werden relativ kürzer; die Länge des Daumens, die Zahl der Zähne und Milchdrüsen vermindert sich, die Haare werden dünner und stellenweise länger. Die Vorliebe für Feuchtigkeit und Dunkelheit weicht der für Trockenheit und Licht. Aus springenden Tieren werden laufende, aus baumbewohnenden erdbewohnende, und Fleischfresser wandeln sich vielfach in Pflanzenfresser um.

Wendet man diese Regeln auf die unbekannteren tierischen Vorfahren des Menschen an, so müssen wir an kleinere auf Bäumen lebende Tiere mit kleinerem Gehirn, längerem Schwanz, kürzeren Armen, längeren Beinen, längerem Daumen, mehr Zähnen und Milchdrüsen schließen. Selbst die ältesten Menschenrassen müssen wir uns als Zwergrassen mit relativ kürzeren Armen und längeren Beinen, dichter gestellten, stärkeren und kürzeren Haaren, längerem Daumen, gegenüberstellbarer großer Zehe und weniger aufrechtem Gange denken.¹⁾ Die tierischen Vorfahren mögen den Affen, Halbaffen, Insektenfressern usw. verwandt, dürften aber mit keiner der uns bekannten Arten identisch gewesen sein. Sie fallen deshalb nicht streng unter die Gattungsbegriffe, die wir von den uns bekannten Arten abstrahiert haben, sondern würden zunächst eine Erweiterung dieser Gattungsbegriffe erfordern, bevor sie unter dieselben mit Recht subsumiert werden dürften. Allerdings würden wir uns einer solchen Erweiterung dieser Gattungsbegriffe gar nicht entziehen können, wenn uns die betreffenden tierischen Vorfahrtstypen des Menschen gegeben wären.

Die ältesten Reste von Menschen, die uns erhalten sind, zeigen im Skelett Abweichungen vom heutigen Typus, die in

¹⁾ Vergl. Wilhelm Haacke, Die Schöpfung des Menschen und seiner Ideale, Jena, 1895, S. 278—318.

der vermuteten Richtung liegen. Wenn es bei den beiden Schädeln aus dem Neandertal und von Spy noch zweifelhaft scheinen konnte, ob man es mit Idiotenschädeln oder mit einem alten Menschentypus zu tun habe, so ist dieser Zweifel durch das im Jahre 1902 bei Krapina in Kroatien aufgedeckte Gräberfeld gehoben. Man fand dort acht Schädel vom gleichen Typus wie die beiden früher bekannten; sie haben sämtlich kleinere Kapazität, flachere Stirn, stärkere Augenwülste, vorspringende Kiefern und schwächer entwickeltes Kinn als die heutigen Menschen, stehen also Affenschädeln näher als diese.

Stellt man diesen ältesten uns bekannten Menschentypen die menschenähnlichsten Affen gegenüber, so klafft eine große Lücke. Von den vier jetzt lebenden menschenähnlichen Affen kann schlechterdings keiner als Vorfahre des Menschen angesehen werden; wenn sie überhaupt einen gemeinsamen Stammbaum mit dem Menschen haben, so muß die Abzweigung schon in einer früheren Periode erfolgt sein. Während die Schädelentwicklung bei ihnen hinter der gleichzeitigen der menschlichen Ahnenreihe stark zurückgeblieben ist, sind sie in der Verlängerung der Arme und in der Verkürzung der Beine und des Daumens schon weiter vorgeschritten als der Mensch. Sie können z. B. Zeigefinger und Daumen nicht mehr als Zange brauchen, um einen kleinen Gegenstand vom Boden aufzuheben, sondern benutzen dazu die Innenseite des Mittelfingers und den Nagel des Zeigefingers. Die Menschenhand steht heute noch auf der Entwicklungsstufe der südamerikanischen Breitnasenaffen, z. B. des Kapuzineraffen.

Von den vier menschenähnlichen Affen (Gorilla, Orang, Schimpanse und Gibbon) ist der Gibbon dem Menschen am ähnlichsten im Gebiß, das durch seine Anpassung an die Ernährungsweise und durch diese an die ganze Lebensweise eines der wichtigsten Merkmale der Säugetiere bildet. Vom Gorilla und Orang kennen wir keine fossilen Vorfahren, vom Schimpansen nur ein unwichtiges Bruchstück, vom Gibbon zwei, den Pliopithecus und Dryopithecus. Die Zähne des Dryopithecus sind menschenähnlicher als die einer anderen fossilen oder lebenden Affenart; die Eckzähne überragen die übrigen Zähne nur wenig, und die Backzähne haben abgestumpfte Höcker. Aber das beweist nicht eine genealogische Verwandtschaft, sondern kann auch eine durch Anpassung an die gleiche Lebensweise entstandene Konvergenz-

erscheinung sein. Denn die Schädelkapazität des Dryopithecus ist gering und sein Gesichtswinkel klein.

Das von Eugen Dubois im Jahre 1894 auf Java gefundene Schädeldach ist dem Dryopithecus nahe verwandt, steht aber in der Schädelkapazität zwischen der des Affen und des ältesten bekannten Menschen, so daß es von einigen Forschern einer fossilen Affenart von größerem Schädel, von andern einer primitiven Menschenart, von noch andern einem Mitteltypus zwischen Affe und Mensch zugeschrieben wurde. Das Wahrscheinlichste dürfte sein, daß es einer ausgestorbenen Gibbonart mit größerer Schädelkapazität angehört. Ob der menschenähnliche Oberschenkel und die beiden Backzähne, die von Dubois in einiger Entfernung gefunden wurden, demselben Individuum oder auch nur einem gleichartigen Individuum angehören, ist schlechterdings nicht zu entscheiden. Es können sehr wohl fossile Gibbons und primitive Menschenarten die gleiche Örtlichkeit bevölkert haben, wie noch jetzt Affen und Naturvölker in gleichen Gegenden leben. Immerhin genügt das Schädeldach zum Beweise, daß es entweder Affen mit größerer Schädelkapazität oder Menschen mit geringerer Schädelkapazität als heute einmal gegeben hat, d. h. daß es systematische Zwischenformen gibt, was für die Abstammungslehre wichtig ist. Aber der Duboissche Fund beweist gar nichts dafür, daß irgend eine der uns bekannten Menschenrassen mit dem Individuum, daß diesen Schädel trug, gradlinig verwandt sei, oder daß dieser Schädel eine genealogische Zwischenform zwischen Affe und Mensch bilde. Man kann höchstens sagen: die Wahrscheinlichkeit ist gewachsen, daß die Ahnenreihe des Menschen, nach rückwärts durchlaufen, früher mit der des Gibbon als mit der irgend einer andern Affenart zusammentrifft.

Daß zwischen dem Menschen und den menschenähnlichen Affen eine nähere Blutsverwandtschaft besteht als zwischen ihm und irgend welchem andern Tier, geht auch aus den Versuchen von Uhlenhuth, Wassermann, Stern, Friedenthal und Nuttall hervor. Behandelt man im Sinne der Serumtherapie Kaninchen mit Menschenbluteinspritzungen, so erlangt ihr Blutserum die Eigenschaft, Menschenblut zu zersetzen und niederzuschlagen, was von der gerichtlichen Medizin benutzt wird, um zu entscheiden, ob Blutflecken von Menschenblut oder Tierblut herkommen. In dem Blute der anthropöiden Affen ergibt dieses Serum einen fast ebenso

starken Niederschlag wie in Menschenblut; bei andern Affenarten dauert der Eintritt der Reaktion um so länger und wird um so schwächer, je ferner sie dem Menschen stehen; bei Halbaffen bleibt sie ganz aus oder wird minimal. Diese Versuche sind auch auf das Blut vieler anderer Tierarten ausgedehnt worden, mit dem man Kaninchen behandelt hat; immer zeigt sich, daß die Art der Reaktion, die das von den Kaninchen gewonnene Serum beim Zusatz verschiedener Blutarten zeigt, mit der genealogischen Verwandtschaft der Tierarten übereinstimmt. Daraus darf man schließen, daß die anthropoiden Affen in der Tat Seitenzweige des gleichen Stammes sind, dem auch der Mensch entsprossen ist, und daß seit der Gabelung zwischen beiden Zweigen das Blut beider sich noch nicht allzusehr verändert haben kann.

So lange der Darwinismus herrschte, der alle Umwandlungen aus einer Häufung kleinster Schritte erklären wollte, so lange mußte den Forschern alles daran gelegen sein, möglichst viel und möglichst wenig voneinander verschiedene Zwischenformen zu finden, um die Abstammung höherer Typen von niederen überhaupt annehmbar zu machen. Seitdem jedoch die Ansicht immer mehr Anhänger gewinnt, daß gerade die einschneidenden organisatorischen Veränderungen auf sprunghaften Abweichungen der Kinder von dem elterlichen Typus beruhen, seitdem hat der Nachweis von Zwischenformen sehr an Interesse verloren.¹⁾ Denn zwischen dem elterlichen und kindlichen Typus kann es bei der heterogenen Zeugung oder der de Vriesschen Mutation überhaupt keine Zwischenformen geben, weil alle ideell möglichen Zwischenformen reell übersprungen werden. Man sucht nur darum noch weiter nach Zwischenformen, weil es wichtig ist, ein Bild davon zu gewinnen, wie groß in Wirklichkeit die Sprünge der heterogenen Zeugung gewesen sein mögen. Daß der Mensch nicht durch ein Wunder geschaffen, sondern aus einer tierischen Vorfahrenreihe allmählich und schrittweise entwickelt ist, das steht uns so fest, daß wir dafür keiner Beweise mehr durch genealogische Zwischenformen bedürfen.

Wenn irgendwo in der Organismenreihe, so muß bei der Entstehung des Menschen aus tierischen Vorfahren der Sprung

¹⁾ Vergl. die erste Abhandlung: „Die Abstammungslehre seit Darwin“ in diesem Werke S. 1—77.

der heterogenen Zeugung sehr groß gewesen sein. Äußerlich kann der erste Mensch seinen tierischen Eltern sehr ähnlich, fast gleich gewesen sein; denn er hatte nachher noch Zeit genug, durch Anpassung seinen Bau allmählich abzuändern. Aber in einem Punkte muß er stark von ihnen abgewichen sein, nämlich in der Gehirngröße, die eine vergrößerte Schädelkapazität beim Verwachsen der Schädelnähte im Säuglingsalter erzwang. Der Mensch vermag sich allen Lebensaufgaben anders anzupassen, als das Tier, weil er eine größere Intelligenz entwickelt, weil ihm ein größeres Gehirn zur Verfügung steht. Wäre dieses größere Gehirn ein bloßes Produkt des Gebrauchs, so wäre nicht abzusehen, warum die jetzt lebenden Affen, die dieses Organ doch schon ebensolange wie die Menschen gebrauchen und unter wesentlich gleichen äußeren Umständen wie viele Naturvölker gebraucht haben, es nicht auch zu so großen Gehirnen gebracht haben, daß sie ihre gleichen Hände und Sprachwerkzeuge zu den gleichen Leistungen wie der Mensch verwerten und ein Bedürfnis nach Sprache und Kultursteigerung empfinden. Ihre Vorfahren müssen doch wohl auf die gleichen Lebensreize anders reagiert haben, als die der Menschen, und diese an irgend einer Stelle sich abzweigende veränderte Reagibilität des Menschen, muß, da sie bereits nicht mehr eine ganz unbewußte, sondern eine mehr oder weniger durch bewußte Reflexion hindurchgehende war, ein größeres und verfeinertes Bewußtseinsorgan zur Voraussetzung gehabt haben. Dieses Vorseilen der Gehirnvergrößerung in dem menschlichen Zweige des Tierreichs kann nur aus inneren Gründen entsprungen sein, gleichviel ob man es sich als Häufung kleinster Schritte durch viele Generationen oder als sprunghafte Abänderung denkt.

Für die letztere Auffassung sprechen nicht nur die Analogien der Typenumwandlung überhaupt, sondern vor allem auch psychologische Erwägungen. Das menschliche und tierische Sprachbedürfnis sind ebenso wie der menschliche und tierische Sprachgebrauch durch eine Kluft voneinander geschieden, die wohl übersprungen, aber schwerlich schrittweise durchmessen werden kann; denn Sprachbedürfnis und Sprachgebrauch sind wieder nur Ausdruck eines verschiedenen Denkbedürfnisses, Erkenntnistriebes und Reflexionsdranges, eines weiteren Vorausdenkens, einer zweckmäßigeren bewußten Vorsorge für künftige Bedürfnisse und einer

sorgsameren Untersuchung der kausalen Zusammenhänge behufs finaler Verwertung. Alles das sind zwar nur Steigerungen dem Grade nach; aber die graduelle Steigerung der tierischen Intelligenz gelangt beim Übergang zum Menschen an eine Stelle, wo aus ihr ein qualitativ anderes Ergebnis hervorbricht, wo gleichsam mehrere Stufen der Leiter mit einem Schritt überstiegen werden müssen. Kein Tier hat diesen Schritt vollbracht, außer den tierischen Vorfahren des Menschen; daraus müssen wir schließen, daß eine plötzliche von innen kommende Gehirnvergrößerung den Boden bereitet hat, um die gesteigerte bewußte Reagibilität und Anpassungsfähigkeit gegenüber der Natur und den Artgenossen zu ermöglichen, durch die der Mensch sich spezifisch von allen Tieren unterscheidet.

Daß dabei die äußeren und inneren Formen des menschlichen Organismus denen des tierischen so ähnlich sind, weit ähnlicher als die Formen verschiedener tierischer Organismen untereinander, darf uns nicht befremden. Die Natur benutzt bei jeder höheren Stufe nach Möglichkeit die Formen, die sie als auf einer der niederen Stufen hervorgebrachte schon vorfindet, und modifiziert sie gerade nur insoweit, als die Lebensaufgabe der höheren Stufe dies unerlässlich macht. So benutzt sie z. B. in den einzelligen Organismen die Formen der unorganischen Zellbildung, in den Pflanzen die Formen der Kristallbäume, im radialen Typus der mehrzelligen Tiere ebenfalls Vorbilder aus dem Reiche der Kristallisation; warum sollte sie nicht für den Menschen sich mit einer tierischen Form begnügen, die den Gipfel des Tierreichs darstellt und allen Lebensaufgaben des Menschen genügt? So brauchte sie nur die formell geringfügigen, in ihrer Wirkung aber höchst belangreichen Abänderungen hinzuzufügen, die den Menschen befähigen, trotz seiner tierischen Form und auf sie gestützt alle spezifisch menschlichen Lebensaufgaben zu lösen.

Wenn es überhaupt zulässig ist, bei einem Einzelorganismus und bei der aufsteigenden Entwicklung der Organisation auf Erden von einem Naturzweck zu reden, so wird man unzweifelhaft berechtigt sein, auch bei der Entstehung des Menschen aus tierischen Vorfahren von einem Naturzweck zu sprechen. Gilt doch der Mensch mit Recht als die Krone der irdischen Schöpfung, weil erst in ihm das tierische Seelenleben sich zur Höhe und zum Reichtum eines bewußten Geisteslebens entfaltet.

Dann dürfen wir aber auch den Gipfel, den die tierische Entwicklungsreihe bis zum Übergang in den Menschen erreicht hat, als ein vorbereitendes Mittel zum Zweck der Verwirklichung des menschlichen Geisteslebens ansehen. Nun pflegen die Ergebnisse des Zusammenwirkens der unorganischen Naturgesetze auf Grund der durch die bisherige Entwicklung erreichten Struktur um so auffälliger von Abänderungen der bisherigen Reagibilität überschritten zu werden, je wichtiger der Zweck ist, der durch den neuen Schritt zu einer höheren Organisationsstufe erreicht werden soll, und dies drückt sich äußerlich dadurch aus, daß die heterogene Zeugung um so unentbehrlicher scheint, je entschiedener ein Schritt nach aufwärts in der Organisation vollzogen werden soll. Da wir aber keinen teleologisch wichtigeren und bedeutenderen Schritt in der Natur kennen, als den von der Tierheit zur Menschheit, so werden wir auch auf diesem Wege zu der Wahrscheinlichkeit gelangen, daß dieser Schritt durch eine sprunghafte Umwandlung des Intelligenzorgans vermittelt heterogener Zeugung vollzogen worden sei.

Der Mensch stammt also zweifellos von tierischen Vorfahren ab, die vermutlich mit fossilen Gibbonarten systematisch verwandt waren. Er ist aus ihnen wahrscheinlich durch eine heterogene Zeugung entsprungen, in der die Natur den größten teleologischen Entwicklungsschritt vollzog, von dem wir Kenntnis haben. Diese Umwandlung entstand auf Grund irgend welcher äußeren Reize aus inneren Ursachen, nämlich durch veränderte Reaktionsweise des Organismus, und diese Veränderung der Reagibilität ist nur auf eine teleologische Gesetzmäßigkeit in der Natur, speziell im Lebensprinzip zurückzuführen, durch deren Entfaltung die teleologische Entwicklung der Natur in die des geschichtlichen bewußten Geisteslebens umschlug.

XII. Das Lebensprinzip.

Solange in Naturforscherkreisen der Materialismus herrschte, konnte der Vitalismus gar nicht zur Erörterung zugelassen werden, weil kein Stoff als Träger der Lebenskraft aufzeigbar, und ein immaterielles Prinzip schlechthin ausgeschlossen war. Solange das Dogma der mechanistischen Weltanschauung in Kraft bestand, konnte von einem Vitalagens keine Rede sein, weil alle Bewegungen in der Natur als eindeutig durch Zentralkräfte bestimmt galten, und für ein Lebensagens im Sinne einer Zentralkraft neben den unorganischen Zentralkräften der Atome kein Platz war. Solange die Naturforscher unter dem Banne des Darwinismus standen und alle zweckmäßigen Resultate in der Natur durch zufällige Ursachen und Selektion voll auf erklärt glaubten, hätte es keinen Sinn gehabt, neben dieser vermeintlich allein zureichenden Erklärung noch eine zweite durch zwecktätige Lebensagentien zuzulassen. Solange die kausale Betrachtung für die einzige wissenschaftliche, die teleologische aber für eine unwissenschaftliche, subjektive Hineintragung in die Natur galt, mußte ein Lebensprinzip, das im objektiven Sinne final sein sollte, als eine Denkverirrung erscheinen. Solange das Dogma der geschlossenen Naturkausalität in Kraft blieb und jeder psychische Einfluß auf natürliche Vorgänge als unmöglich betrachtet wurde, war ein Lebensprinzip psychischer Art schlechterdings ausgeschlossen. Solange die Metaphysik als menschliche Geistesverirrung vergangener, abergläubischer Zeiten verachtet und verhöhnt wurde, war jeder Versuch, ein Lebensprinzip im metaphysischen Sinne aufzustellen, von vornherein gerichtet. Solange die Naturwissenschaften sich im Alleinbesitz und Vollbesitz der Wissenschaftlichkeit und der gewissen Weltkenntnis glaubten, mußte jeder Versuch der Biologie, naturphilosophische Hypothesen mit naturwissenschaftlichen zu ver-

binden, als Verrat an der Sache der Wissenschaft gebrandmarkt werden.

Alle diese Vorurteile, die dem Vitalismus zuwiderliefen, sind teils zu Falle gekommen, teils ins Wanken geraten und haben wenigstens ihre Festigkeit eingebüßt. Der Materialismus ist wohl am gründlichsten überwunden; den subjektiven Idealisten hat die Materie sich in eine bloße Erscheinung fürs Bewußtsein aufgelöst, während die übrigen in ihr ein Produkt von Kräften, ein Gleichgewicht von Energien, eine Kundgebung des Weltwillens, kurz eine Manifestation immaterieller Prinzipien sehen. Ob die Zentralkräfte und die Gesetze der Mechanik allein ausreichen, um, außer der unorganischen Natur, auch die organische zu erklären, das wird selbst von den geistreichsten Vertretern der Mechanik bezweifelt. Nicht daß die mechanistische Weltanschauung Grenzen hat, sondern nur, wo sie liegen, ist heute noch fraglich. Wer jetzt noch alle Welträtsel mechanisch zu lösen verspricht, imponiert wenigstens den naturwissenschaftlichen Fachgenossen damit nicht mehr. Der Darwinismus, soweit er eine mechanische Erklärung aus zufälligen Ursachen zu bieten behauptet, ist stark im Rückgange und wird fast nur noch aus Angst vor dem Vitalismus von einem Teil der Naturforscher krampfhaft festgehalten. Daß die teleologische Betrachtungsweise nicht minder wissenschaftlich ist, als die kausale, und daß beide einander zu ergänzen haben, ist eine Einsicht, die sich in immer weiteren Kreisen der Biologen Bahn bricht. Die Furcht ist geschwunden, durch Einräumung teleologischer Beziehungen in eine indeterministische Freiheit hineinzugeraten und den Boden fester Gesetze unter den Füßen zu verlieren. Selbst diejenigen, die heute noch Anhänger einer Willensfreiheit sind, suchen solche doch höchstens noch im ethischen Gebiete des menschlichen Geisteslebens, aber nicht bei den Tieren und Pflanzen, bei denen uns alle biologischen Probleme, ganz wie beim Menschen, entgegentreten. Die psychophysische oder allotrope Kausalität, an der früher nur wenige zweifelten, die aber eine Zeitlang durch den psychophysischen Parallelismus zurückgedrängt war, ist gegenwärtig gegen diesen wieder im siegreichen Vordringen.¹⁾ Die Metaphysik, die sich lächerlich gemacht hatte, solange sie apodiktisch gewisse Erkennt-

¹⁾ Vergl. L. Busse, „Geist und Körper, Seele und Leib“, Leipzig 1903, worin die ganze einschlägige Literatur verarbeitet ist.

nis zu bieten beanspruchte, ist in ein neues Stadium getreten, seitdem sie sich mit Hypothesen und bloß wahrscheinlichen Induktionen begnügt. Die Naturwissenschaften, namentlich die biologischen, sind von ihrer Selbstüberschätzung schon sehr zurückgekommen und sehen ein, daß auch sie, gleich der Metaphysik, nur hypothetische Erklärungen von mehr oder minder Wahrscheinlichkeit geben können und daß sie methodologisch mit der Philosophie auf gleichem Boden stehen. Die Skepsis und Bescheidenheit ist um die Wende des Jahrhunderts auch hier an Stelle eines früheren Überschwangs getreten, genau wie um die Mitte des 19. Jahrhunderts in der Philosophie.

Dadurch ist eine Verbindung der Naturwissenschaft mit der Philosophie näher gerückt. Natur ist heute wieder ein weiterer Begriff geworden, als vor einem Menschenalter, wo natürliches Geschehen und mechanisches Geschehen sich zu decken schienen. Daß auch in der organischen Natur alles natürlich, kausal und gesetzmäßig zugeht, bezweifelt niemand; wohl aber ist man bedenklich geworden, ob die kausalen Zusammenhänge sich in mechanischen erschöpfen, ob die Kausalität die Teleologie ausschließt und nicht vielmehr einschließt, und ob die organischen Naturgesetze nichts weiter sind, als sekundäre Resultate aus dem Zusammenwirken unorganischer Naturgesetze. Die Biologie fängt an einzusehen, daß sie mit ihren physiko-chemischen Forschungsmethoden doch nur die Außenwerke der zu erobernden Festung berannt hat, aber in ihr Inneres, das Wesen des Lebens, noch gar nicht eingedrungen ist. Sie beginnt zu ahnen, daß sie mit den physiko-chemischen Forschungsmethoden das Wesen des Lebens überhaupt nicht erreichen kann, weil es in etwas zu suchen ist, was physiko-chemisch gar nicht auszudrücken ist; daß sie also die Naturphilosophie mit den exakten Naturwissenschaften verbinden muß, um der Lösung ihrer Aufgabe näher zu kommen. Die lange Zeit gehegte Furcht, sich mit jedem Schritt über die Mechanik hinaus in ein transzendentes, dem menschlichen Erkennen unzugängliches Gebiet zu begeben, beginnt zu weichen, seitdem man sich überzeugt hat, daß die gesamten Naturwissenschaften doch auch nur von einem erkenntnistheoretisch-transzendenten Gebiet handeln, von dem wir nur eine mittelbare Erfahrung haben können, die durch immerhin unsichere Schlüsse vermittelt ist; daß aber diese Unsicherheit in noch höherem Maße von

allen Lehren der Biologie gilt, als von denen der unorganischen Naturwissenschaften. Es dämmert die Einsicht, daß die Lehre vom Leben nur eine aus Naturphilosophie und Naturwissenschaft gemischte Disziplin sein kann, wenn sie nicht ihres Namens spotten will, und die Angst vor jeder Berührung mit der Philosophie beginnt sich nachgerade etwas zu legen. Selbst eifrige Gegner des Vitalismus geben zu, daß die Entwicklung, welche die Biologie neuerdings genommen hat, das Wiedererwachen des Vitalismus zu begünstigen scheint, wenn sie auch diesen Schein für einen irreführenden halten.

Es ist der Lauf der Dinge, daß die menschliche Erkenntnis sich in Spiralen bewegt. Wenn wir nach einem Umlauf der Spirale mit dem Vitalismus ungefähr wieder dahin kommen, wo wir, im Grundriß betrachtet, vor einem Jahrhundert waren, so entsteht die Frage, was haben wir an Höhe der Erkenntnis gewonnen, indem wir diesen Umlauf der Spirale emporgestiegen sind? Die Antwort wird zweierlei zu unterscheiden haben, den formellen oder methodischen und den inhaltlichen Fortschritt.

In formeller Hinsicht stehen wir jetzt auf dem sicheren Boden der induktiven Methode, während man vor hundert Jahren noch deduktiv oder dialektisch die Natur, ihre Stufen und ihre Gesetze zu konstruieren suchte. Niemand denkt heute mehr daran, wie Schelling, aus dem Begriff des Allorganismus die niederen unorganischen Stufen der Natur abzuleiten und auf vage Analogien weitgehende Folgerungen zu bauen. Niemandem fällt es ein, die bewährten Untersuchungsmethoden der exakten Forschung und ihr so sehr verfeinertes Rüstzeug beiseite zu schieben oder zu überspringen. Jeder erkennt die physiko-chemischen Gesetze der anorganischen Natur als den festen Unterbau an, auf dem allein die Biologie sich erheben kann. Unter keinen Umständen darf eine naturphilosophische Hypothese anders, als auf ihrer Grundlage errichtet werden, und sie darf sich nicht anmaßen, die Lücken zu stopfen, in denen die heutige naturwissenschaftliche Kenntnis versagt. Vielmehr ist die naturphilosophische Betrachtungsweise eine überall hinzutretende Ergänzung zur naturwissenschaftlichen. Und dies gilt nicht bloß subjektiv für einen zulässigen und notwendigen Wechsel sich ergänzender Gesichtspunkte, sondern auch objektiv, insofern mechanische und vitale Gesetze an jeder Stelle des Organismus und zu jedem Zeitpunkt sich über-

einander lagern und mechanische und vitale Agentien zusammenwirken. Nur das Maß der Mischung bei diesem Zusammenwirken ist verschieden, je nach dem Grade der bereits erfolgten Mechanisierung früherer vitaler Vorgänge, und je nach dem Grade der Wichtigkeit, den ein örtlicher Vorgang nach Maßgabe seiner peripherischen oder zentralen Stellung für die Zwecke des ganzen Organismus hat. Je nach dem objektiven Mischungsverhältnis beider Seiten wird auch für die subjektive Betrachtung der naturwissenschaftliche oder der naturphilosophische Gesichtspunkt sich in den Vordergrund drängen und größeres Interesse beanspruchen. Die Biologie ist nur vollständig, wenn sie beiden Seiten gerecht wird.

Was nun den Inhalt betrifft, so ist wiederum ein Fortschritt in negativer und in positiver Hinsicht zu unterscheiden.

In negativer Hinsicht haben wir gelernt, drei Irrwege zu vermeiden, an denen der ältere Vitalismus gescheitert war. Dadurch ist der Blick für den allein übrig bleibenden Inhalt der vitalen Hypothese geschärft und gleichsam nach der Methode der Elimination festgelegt worden. Die Irrwege des älteren Vitalismus waren aber von dreierlei Art: ein materialistischer, ein anthropomorphischer und ein individualistischer.

Das Lebensprinzip kann zunächst weder eine Materie noch etwas von der Art desjenigen sein, wodurch etwa die Materie konstituiert gedacht wird. Es ist nicht ein Stoff von feinerer, dünnerer, ätherischer Art, etwa in einem vierten oder fünften Aggregatzustand; denn ein solcher würde den Gesetzen der Materie und der Mechanik unterstehen und wäre völlig unfähig, die teleologischen Aufgaben des Lebens zu lösen. Heute findet man diese parazelsische Auffassung wohl nur noch bei den sogenannten Okkultisten oder Theosophen, die in naivrealistischer Weise einem supranaturalistischen Materialismus huldigen. Wenn es als das sicherste Ergebnis der modernen Erkenntnistheorie betrachtet werden kann, daß ein substantieller, den Raum durch sein bloßes Dasein stetig erfüllender Stoff ein bloß subjektives Trugbild ist, und daß das reale Korrelat dieser subjektiven Erscheinung, die Materie, ein Produkt immaterieller Faktoren, Kräfte oder Energien oder bewegter ausdehnungsloser Punkte ist, dann kann, selbst von den Materialisten, ein etwaiges Lebensprinzip auch nur noch unter diesen gesucht werden.

Es darf aber auch dort nicht gesucht werden. Denn das Lebensprinzip ist weder eine Zentralkraft im Sinne der rein dynamischen Uratome, noch eine besondere Energieart, noch ein mathematischer Punkt von besonderer Bewegungsart oder eine Gruppe von solchen. Wäre es eine Zentralkraft, so müßte es ein Ergal oder Potential haben und durch seine Betätigung Arbeit leisten; wäre es eine Energieart, so müßte es aus und in andere Energiearten transformierbar sein, ihren Bestand vermindern oder vermehren und in einem festen Größenverhältnis zu ihnen stehen. Wäre es in irgend welchem Sinne den die Materie konstituierenden Faktoren gleichartig, so müßte es selbst die Erscheinung einer besonderen Materie hervorbringen, mit seiner Kraft an diese Materie als an ihren Träger gebunden scheinen, den Gesetzen der Mechanik unterstehen und dynamisch oder energetisch meßbar sein. Von alledem ist nichts der Fall; das Lebensprinzip kann also in keinem Sinne des Wortes etwas Materielles sein.

Der zweite Irrweg war der anthropomorphe. Weil das Lebensprinzip Zwecktätigkeit zeigte und die Zwecktätigkeit zunächst aus dem menschlichen Bewußtseinsleben bekannt war, dachte man sich das Lebensprinzip nach Art des bewußten persönlichen Menschengeistes. Man unterstellte ihm bewußte Zwecke und bewußte Wahl der Mittel, lieh ihm Reflexion über die größere oder geringere Zweckmäßigkeit der Mittel und mußte als Grundlage dieser bewußten Reflexion Kenntnisse voraussetzen, die sich entweder auf Erfahrung und Gedächtnis oder auf bestimmte angeborene Ideen stützten. Infolgedessen mußte man das Lebensprinzip mit einer umfassenderen Kenntnis der physikalischen und chemischen Gesetze und Kräfte ausstatten, als die Naturwissenschaft sie jemals zu erlangen hoffen darf. Das Lebensprinzip wurde so zu einem persönlichen Dämon, von dem der Mensch besessen war, ohne doch mit seinem Bewußtsein von den Bewußtseinsvorgängen jenes ihn regierenden Dämons etwas zu merken. Das Bewußtsein des Lebensprinzips war aber nicht, wie das menschliche, in die Enge des jeweiligen Blickpunktes der Aufmerksamkeit gebannt, sondern allgegenwärtig in den Billionen Zellen des Organismus, und seine Reflexion war nicht eine zeitraubende, sondern, um nirgends zu spät zu kommen, eine augenblickliche. Der Glaube an die indeterministische Freiheit des be-

wußten Menschengenies nötigte dazu, auch diese Freiheit auf das Lebensprinzip zu übertragen, womit die Gesetzmäßigkeit des organischen Geschehens in Frage gestellt und von Fall zu Fall der Willkür des Lebensprinzips überlassen war. Es war kaum nötig, diese Auffassung zu verspotten, sobald man sich ihres anthropomorphischen Ursprungs und der Absurdität ihrer Konsequenzen einmal bewußt geworden war. Sie konnte nur solange einigermaßen haltbar scheinen, als sie sich mit dem dritten Irrtum vereinigte.

Dieser dritte Irrtum bestand darin, daß das Lebensprinzip etwas Individuelles, jedem Individuum in einer bestimmten Portion Zugemessenes und mit auf seinen Lebensweg Gegebenes sei. Die Erfahrung zeigt dagegen, daß, vom befruchteten Keim an, das Lebensprinzip wächst bis zur Blütezeit des Lebens; daß es dann wieder abnimmt und im Tode verschwindet, daß bei der Kopulation der Schwärmsporen, bei der Befruchtung eines Eies, bei der Inokulation und Pfropfung der Pflanzen und bei der künstlichen Vereinigung der Hälften niederer Tiere zwei individuelle Lebensprinzipien zu einem verschmelzen, und daß bei der Zellteilung, Fortpflanzung und künstlichen Zerteilung von Pflanzen und niederen Tieren ein individuelles Lebensprinzip sich in mehrere spaltet. Die schon von Spinoza und Leibniz erlangte Erkenntnis, daß jedes Individuum, nicht bloß jedes vielzellige, sondern auch jedes einzellige, bereits als ein ineinandergeschachtelter Stufenbau von Individualitäten verschiedener Ordnungen angesehen werden muß, zwingt dazu, auch das Lebensprinzip nicht mehr als eine einfache Individualität, sondern als einen Stufenbau verschiedener Individualitäten anzusehen, von denen jede höhere Stufe die niederen als Glieder ihrer inneren Mannigfaltigkeit, als integrierende Bestandteile ihres eigenen Inhalts, in sich schließt. Das ist aber nur möglich, wenn das Lebensprinzip gar nicht an sich individualisiert ist, sondern sich nur in seiner Betätigung in Beziehung auf organische Individuen verschiedener Stufe individualisiert.

Alle Angriffe gegen den Vitalismus richten sich gegen einen dieser drei Irrwege oder gegen mehrere zugleich und sind insofern vollständig im Recht. Die Periode der Herrschaft der mechanistischen Weltanschauung hat mit diesen drei Irrtümern gründlich aufgeräumt, und das ist ihr als ein bleibendes Verdienst anzurechnen. Aber es war ihre Selbsttäuschung, daß sie mit

dieser berechtigten Kritik der Verirrungen des Vitalismus diesen selbst in seinem Grundprinzip getroffen zu haben glaubte. Er braucht sich nur so auszugestalten, daß er diese drei Irrwege vermeidet, dann bildet er eine naturphilosophische Hypothese, an deren Kritik die Naturwissenschaften sich bisher auch nicht einmal versucht haben.

Das Lebensprinzip muß danach immateriell, unbewußt und supraindividuell sein. Als immaterielles Prinzip kann es weder ein Stoff, noch eine materielle energetische, mechanische Kraft, noch ein ausdehnungsloser, im Leibe herumspazierender Punkt (Zentralmonade, Herbartsches Reale) sein, sondern muß ein dynamisches Prinzip sein, das an keine Materie gebunden ist, keine Arbeit leistet, nicht von einem bestimmten Punkte (Kraftzentrum) aus wirkt, den energetischen und mechanischen Gesetzen für sein Teil nicht unterworfen ist, aber die energetischen Gesetze im Organismus respektiert und sich den mechanischen Gesetzen der Atome des Leibes überlagert. Es muß drehend, scherend und deformierend auf die kleinsten Teilchen des Organismus wirken können, um die Transformationen des Energiestroms leiten und lenken, und kleinste Teile des konstanten Energiequantums aus einer Raumachse in eine andere überführen zu können. Das dynamische Moment ist aber auch nicht zu entbehren im Lebensprinzip und nicht etwa durch den Begriff eines bloßen Gesetzes zu ersetzen. Das Gesetz ist nichts Selbständiges, sondern nur eine ideelle Abstraktion von der konstanten Wirkungsweise der Kräfte. Ein Gesetz ohne dynamisches Prinzip stände bloß in menschlichen Köpfen und ermangelte jeder Tendenz, sich zu realisieren, jeder Fähigkeit, sich den materiellen Kräften aufzuerlegen, jeder Macht, sich gegen die niederen Gesetze der unorganischen, materiellen Kräfte durchzusetzen. Die Tendenz und Macht des Gesetzes zur Selbstverwirklichung ist aber seine Kraft, und weiter liegt überhaupt nichts in dem Kraftbegriff. Deshalb muß der Eigengesetzlichkeit der Lebensvorgänge auch etwas Dynamisches korrespondieren.

Das Lebensprinzip muß zweitens unbewußt und unpersönlich sein, nicht ein zweites Ich im Menschen neben dem ersten, als das jeder sich kennt. Wer nur den bewußt-psychischen Phänomenen die Bezeichnung psychisch vorbehält, der wird den psychischen Charakter des Lebensprinzips leugnen müssen und

ihm nur einen „psychoïden“ zugestehen können. Wer dagegen Bewußtheit nur den passiven psychischen Phänomenen (den vollbewußten und unterbewußten) zuschreibt, alle psychische Tätigkeit aber für absolut unbewußt hält, und kein Bedenken trägt, auch diese absolut unbewußte Tätigkeit mit unter den Begriff des Psychischen zu befassen, der wird das Lebensprinzip unbedenklich als psychisch, wenn auch als unbewußt psychisch anzusprechen haben. Während seine formierende Tätigkeit da, wo sie sich auf Empfindungen richtet, zu bewußt-psychischen Phänomenen führt, hat sie da, wo sie sich auf den Organismus richtet, unmittelbar nur unbewußte Resultate, nämlich die Lebenserscheinungen. Als unbewußt-psychisches Prinzip hat das Lebensprinzip weder Gedächtnis noch Reflexion, noch Kenntnisse, die es durch Erfahrungen mehren könnte, noch angeborene Ideen, die es überhaupt nicht gibt. Es operiert, wie jede Kraft, nach immanenten Gesetzen mit deterministischer Notwendigkeit; aber weil diese Gesetze höhere sind, ist auch die ihnen immanente Teleologie eine höhere, als in denen der unorganischen Natur, die der Zweckmäßigkeit keineswegs ermangeln, sondern zur teleologischen Harmonie des Universums ebenfalls ihren Beitrag liefern. Daß ihre Finalität unbewußt ist, darin liegt nichts Wunderbareres, als daß ihre Kausalität unbewußt ist. Paradox erscheint uns die unbewußte Finalität nur darum, weil wir in unserem Bewußtsein sie als Tätigkeit zu belauschen wännen, während wir doch auch bei ihr, gerade wie bei der Kausalität, nur die Etappen der psychischen Phänomene als Bewußtseinsinhalt haben, die sie als unbewußte Tätigkeit durchschreitet und, als ihre rasch verschwindenden Fußstapfen, für einen Augenblick zurückläßt.

Das Lebensprinzip ist endlich drittens supraindividuell. Alle Individuation beruht darauf, daß etwas zu bestimmter Zeit eine bestimmte örtliche Stellung im Universum einnimmt. Individuell können deshalb nur Zentralkräfte sein und alles, was aus Zentralkräften aufgebaut ist. Was kein Zentrum hat, von dem seine Kraftäußerungen ausgehen, hat auch keinen bestimmten Ort im Raum und ermangelt darum der Möglichkeit der Individuation. Da das Lebensprinzip weder eine Zentralkraft, noch auch aus Zentralkräften zusammengesetzt ist, so steht es außerhalb der Individuation. Es kann sich wohl auf Individuen, die aus Zentralkräften zusammengesetzt sind, als auf den Gegenstand seiner

Betätigung beziehen, aber nicht selbst und an sich individuell sein. Das Maß, in welchem es sich auf einen Gegenstand bezieht, richtet sich aber ganz nach dem Gegenstande; seine Betätigung in bezug auf den Gegenstand wächst und schwindet mit diesem, teilt sich mit ihm und verschmilzt, wo mehrere Gegenstände verschmelzen. Wie sich kein Stück unorganischer Materie und keine Atomkraft das Gesetz ihres Wirkens selbst erzeugt, so auch nicht das Lebensprinzip, sofern es sich auf einen bestimmten Organismus hin betätigt. Die Gesetzgebung samt der ihr immanenten Teleologie ist überall eine supraindividuelle, auf allen Stufen der unorganischen Natur ebensogut, wie auf denen der organischen. So wenig ein Atom „Kenntnis“ zu haben braucht von den übrigen Atomen der Welt, von den mechanischen Gesetzen, nach denen sie sich bewegen, und von den komplizierten physikalischen und chemischen Gesetzen, die aus ihnen resultieren, ebensowenig braucht das Lebensprinzip in seiner Betätigung auf einen bestimmten Organismus „Kenntnis“ zu haben von den physiko-chemischen Gesetzen, die in ihm walten, um seine zweckmäßigen Anpassungen zu entfalten. Daß alle Vorgänge in der Welt in gesetzlicher Harmonie zueinander stehen und verlaufen, das ist Tatsache; ihre Erklärung aber überschreitet das Lebensprinzip als unbewußt-psychisches Agens und weist auf seine metaphysische Wurzel zurück, die es mit den Zentralkräften gemein hat.

Als der positive Gewinn des letzten Jahrhunderts in bezug auf das Lebensprinzip dürfte also das zu betrachten sein, daß ein solches, falls es überhaupt angenommen werden soll, nur als ein in seiner Betätigung psychisches, in seiner Wesenheit oder Wurzel metaphysisches Prinzip gedacht werden darf, das immateriell, absolut unbewußt und supraindividuell zugleich ist. Man muß in ihm unterscheiden die ideelle und reelle Seite, die Eigengesetzlichkeit (Autonomie) der Lebensvorgänge und die Tendenz und Macht, diese höhere organische Gesetzlichkeit zu verwirklichen. Man kann es ansehen als ein dynamisches Prinzip, das durch die eigenartige Gesetzlichkeit seines Wirkens von anderen dynamischen Prinzipien unterschieden ist, oder als eine eigene Art von Gesetzlichkeit, der das Streben und die Macht, sich durchzusetzen, innewohnt, oder endlich als die unauflösliche Einheit des von ihm befaßten ideellen und reellen Moments.

XIII. Energetik, Mechanik und Leben.

I. Das Verhältnis der Lebensautonomie zu den energetischen und mechanischen Gesetzen.

Die Energetik faßt in ihren beiden Hauptsätzen nur Gesamtergebnisse zusammen, läßt aber die Art und Weise des Geschehens, den Weg des Überganges von der Anfangslage zur Endlage und die Zeit, in der sich dieser Übergang vollzieht, offen und unbestimmt. Sie liefert mit dem, was sie bietet, eine sehr nützliche und für viele Fälle des praktischen Bedürfnisses und der theoretischen Untersuchung ausreichende Kenntnis; aber sie ist weit davon entfernt, das wirkliche Naturgeschehen eindeutig zu bestimmen. Da niemand daran zweifelt, daß alle Naturvorgänge durch Naturgesetze eindeutig bestimmt sind, so folgt daraus, daß die Energetik, wenigstens in ihrem bisherigen Zustand, nicht danach angetan ist, eine erschöpfende Naturgesetzlichkeit darzustellen, daß sie vielmehr nur einen allgemeinen Rahmen darstellt, innerhalb dessen die Einzelheiten des Geschehens durch anderweitige Naturgesetze bestimmt werden.

Denkt man sich ein geschlossenes Gebilde, in welchem die Energieverhältnisse untersucht werden sollen, in lauter kleine Teile zerlegt und wendet die Energetik auf diese Teile an, so kann man allerdings die Wege, auf denen das Geschehen erfolgt, in bezug auf die Energieverhältnisse der Teile zueinander bestimmen, vorausgesetzt, daß die Energieverhältnisse der Teile im Anfangsmoment bekannt waren. Aber für das Geschehen innerhalb jedes Teilgebildes bleibt der Weg des Geschehens wiederum energetisch unbestimmbar, es sei denn, daß man jedes Teilgebilde wieder in Teilgebilde zerlegt, und so fort. Im Sinne der qualitativen Energetik, wo jede Energieart eine in sich selbst homogene

objektive Qualität darstellt, müßte diese Zerlegung ins Unendliche fortgesetzt werden. Im Sinne der mechanistischen Energetik dagegen würde bei einem gewissen Maß der Zerlegung die Energiequalität sich in Mechanik der Moleküle und Atome auflösen, also von der Energetik zur Mechanik hinüberführen. Da eine Zerlegung ins Unendliche unmöglich ist, so ist nur der zweite Weg gangbar, d. h. die Unbestimmtheit der energetischen Gesetze kann nur durch Molekularmechanik ergänzt und zu eindeutiger Bestimmtheit erhoben werden.

Dasselbe Ergebnis erhalten wir, wenn wir nicht auf den Weg, sondern auf die Zeit achten, die der Übergang von der energetischen Anfangslage zur Endlage erfordert. Hier hilft nämlich die Zerlegung des Gebildes in Teilgebilde gar nichts, weil die Zeit nicht nur innerhalb jedes Teilgeschehens, sondern auch für das Geschehen zwischen den Teilgebilden unbestimmt bleibt. Auch hier hilft nur der Rückgang auf die Molekularmechanik, da nur in bezug auf diese, nicht in bezug auf ihre energetischen Gesamtergebnisse der Einfluß der gegebenen Maschinenbedingungen auf die Geschwindigkeit des Geschehens berechenbar ist. Die Energetik als solche könnte den Einfluß der Maschinenbedingungen auf den Weg und die Zeit des Überganges von der Anfangslage in die Endlage höchstens empirisch konstatieren und in empirische Regeln fassen, aber niemals mathematisch demonstrieren, wie die Mechanik es kann. In bezug auf die Zeit kann sie höchstens das Verhältnis der Geschwindigkeiten beim Ausgleich verschiedener Intensitätsunterschiede bestimmen, aber auch dieses nur innerhalb einer und derselben Energieart bei ungestörtem Verlauf und dem Fehlen aller Maschinenbedingungen, aber keinesfalls die absolute Dauer.

Die Unbestimmtheit der Energetik zeigt sich auch darin, daß man die Gesetze der Mechanik aus denen der Energetik nicht ableiten kann, wohl aber umgekehrt, wenn man annimmt, daß alle Energiearten nur Gesamtergebnisse aus molekular-mechanischen Vorgängen sind. Ist doch der Begriff der Energie nur in der Mechanik gewonnen und erst durch die Äquivalenzerfahrungen auf andere physikalische Gebiete übertragen worden. Will man die Energetik auf die Mechanik übertragen, so kommt nur der erste, nicht der zweite Hauptsatz der Energetik in Betracht; denn dieser letztere spricht ja nur von dem Energieverlust beim Umsatz

einer Energieart in eine andere und verliert seine Bedeutung, wo die Betrachtung aus der Mechanik gar nicht heraustritt. Der zweite Hauptsatz besagt, mechanisch gesprochen, nur, daß der allmähliche Übergang von molarer mechanischer Energie in molekulare bei keinem Geschehen zu verhindern ist. Unter dem rein mechanischen Gesichtspunkte ist aber die Energie bei molekularen Vorgängen genau in demselben Sinne mechanische Energie wie bei molaren Vorgängen, unbeschadet dessen, ob sie noch in molare mechanische Energie zurück verwandelt werden kann oder nicht.

Nur unter dem qualitativen, nicht mechanischen Gesichtspunkte erscheint das energetische Gesamtergebn molekularer Energien, das nicht mehr in molare mechanische Energie zurückverwandelt werden kann, als entwertete Energie. Unter dem mechanischen Gesichtspunkt gibt es nur eine Welt des mechanischen Geschehens, in der jeder Ausgleich eines Intensitätsunterschiedes sofort einen neuen Intensitätsunterschied gleichen Grades setzt (wie das Hinausschwingen des Pendels nach der andern Seite), und es macht keinen Unterschied, ob man die mechanischen Gesetze auf größere oder kleinere Massen angewendet denkt. Unter dem qualitativen Gesichtspunkte dagegen macht es einen Unterschied, ob ich die mechanische Energie als mechanische Energie oder als Wärme, als molare oder als molekulare Bewegung wahrnehme, und ob der Intensitätsausgleich ein solcher ist, der einen neuen für mich wahrnehmbaren Intensitätsunterschied in molarer Entfernung setzt, oder ein solcher, der nur einen für mich unwahrnehmbaren in molekularer Entfernung setzt.

Es gibt nicht zwei verschiedene Welten mit verschiedener Gesetzlichkeit, die eine mit, die andere ohne Intensitätsausgleich¹⁾, sondern nur eine Welt mit einer Gesetzlichkeit, nämlich der des Setzens neuer gleich großer Intensitätsunterschiede bei jedem Intensitätsausgleich. Der Unterschied liegt nur darin, ob wir jeden einzelnen Umschlag des einen Intensitätsunterschiedes in den anderen wahrnehmen oder ob wir bloß die Summe der rasch aufeinanderfolgenden Umschläge in molekularen Entfernungen als ausgeglichene und stetige qualitative Energie empfinden. Dieser

¹⁾ Vergl. William Stern, „Der zweite Hauptsatz der Energetik und das Lebensproblem“ in Band 121 der Zeitschrift für Philosophie und phil. Kritik, S. 184—185, Anm. 3.

Unterschied ist wesentlich durch die Beschaffenheit unseres Empfindungsvermögens und unserer Organisation bedingt; denn der objektive Unterschied der größeren und kleineren Entfernungen und der langsameren oder schnelleren Umschläge verwandelt sich erst in unserer Empfindung in den subjektiven Unterschied zweier qualitativ verschiedener Erscheinungen, deren eine den Wechsel der Intensitätsunterschiede erkennbar macht, deren andere den falschen Schein einer stetigen, ruhenden, ausgeglichenen Qualität vorspiegelt.

Soll nun der erste Hauptsatz der Energetik zu einer energetischen Mechanik ausgestaltet werden, so kann man ihn auf zweierlei Weise ergänzen. Entweder man zieht eines der Minimumprinzipien heran, oder man bezieht die Energiekonstanz auf die drei Raumachsen.

Die Minimumprinzipien hat man von manchen Seiten (Helmholtz, Boltzmann) mit dem zweiten Hauptsatz in Beziehung zu setzen gesucht, mit Recht, so weit es sich nur um den Satz des Geschehens, d. h. um das Strömen der Energie von dem Punkte höherer zu dem Punkte niederer Intensität handelt, mit Unrecht, sofern die Minimumprinzipien und der zweite Hauptsatz einander gegenseitig überragen oder übereinander überschießen. Der zweite Hauptsatz lehrt nämlich den allmählichen Übergang aller molaren Intensitätsunterschiede in molekulare oder die Entwertung der konstanten Energie; davon lehren aber die Minimumprinzipien gar nichts. Die Minimumprinzipien dagegen lehren den Weg und die Zeit kennen, in denen sich der Übergang von der Anfangslage zur Endlage vollzieht, und von diesen lehrt wieder der zweite Hauptsatz gar nichts, weder sofern er von den Bedingungen des Geschehens, noch sofern er von der Entwertung der Energie handelt. Es ist deshalb nicht zulässig, beide zu identifizieren; es läßt sich nicht einmal der zweite Hauptsatz aus Prinzipien der Mechanik ableiten, wie Poincaré in seiner eingehenden Kritik der Ableitungsversuche von Helmholtz und Boltzmann gezeigt hat¹⁾. Gerade die Minimumprinzipien leisten das, was den energetischen Hauptsätzen fehlt, die eindeutige Bestimmung des Ge-

¹⁾ H. Poincaré, Membre de l'Institut, Cours de Physique mathématique vol. III: Thermodynamique, p. XVIII, Chap. XVII: Réduction des principes de la thermodynamique aux principes généraux de la mécanique, p. 392 bis 423. Paris 1892.

schehens, und sie können es eben darum leisten, weil sie nicht energetische, sondern mechanische Bestimmungen sind. Die Minimumprinzipien haben nur zu einem Teil eine Formulierung, die die Energiekonstanz voraussetzt (Euler, Lagrange), zum andern Teil eine solche, die weiter ist als das Prinzip der Energiekonstanz und dieses als einen Spezialfall unter sich begreift (Hamilton, Helmholtz), freilich als den einzigen in der Natur wirklich vorkommenden Spezialfall.¹⁾

Dasselbe wie durch Heranziehung der Minimumprinzipien erreicht man, wenn man die mechanische Energie in jeder der drei Raumachsen konstant setzt; auch aus dieser Bestimmung lassen sich alle mechanischen Gesetze ableiten und das Naturgeschehen eindeutig bestimmen. In den energetischen Hauptsätzen als solchen liegt aber nichts, was zu dieser Spezialisierung der Energiekonstanz berechtigte, und es kann gar nichts dergartiges darin liegen, weil sie aus der Gesamtbetrachtung eines geschlossenen Gebildes abgeleitet sind ohne Rücksicht auf das Einzelgeschehen, das sich innerhalb des Gebildes unter seinen Teilen abspielt. Der erste Hauptsatz besagt nur 1. daß die zugeführte Energie sich selbst gleich bleibt trotz ihres Eintrittes in das Gebilde, 2. daß die abgeführte Energie sich selbst gleich bleibt trotz ihres Austrittes aus dem Gebilde, 3. daß die in dem Gebilde bei der Anfangslage enthaltene Energie sich selbst gleich bleibt, sofern ihr nicht ein Teil entzogen oder ein Zuwachs hinzugefügt wird. Daraus folgt dann, daß die Änderung des Energiequantums gleich dem Unterschiede der zu- und abgeführten Beträge ist. Es ist aber nicht zulässig, diese Fassung als die eigentliche und grundlegende für den ersten Hauptsatz aufzustellen,²⁾ weil sie logisch hinfällig wird, sobald eine jener drei Voraussetzungen nicht mehr zutrifft. Die Konstanz des im Gebilde verbleibenden Energiequantums ist und bleibt die erste Vorbedingung für die ausschließliche Abhängigkeit der Energieveränderung von Zufuhr und Entziehung, und es ist dabei ganz gleichgültig, ob dieses verbleibende Energiequantum angebbar ist oder nicht. Ersteres ist nur der Fall, wenn die Lage des absoluten

¹⁾ Vergl. mein Buch: „Die Weltanschauung der modernen Physik“. Seite 100.

²⁾ Vergl. E. König, Naturphilosophische Bestrebungen in der Gegenwart (in der Münchener Allgemeinen Zeitung 1902, Nr. 282 u. 283, S. 468).

Nullpunktes der betreffenden Energieart bekannt ist, wie bei der mechanischen und thermischen Energie, aber nicht, wo sie unbekannt ist, wie zurzeit noch bei der elektrischen und chemischen Energie.

Unter dem Gesichtspunkt der qualitativen Energetik, welche die Zurückführbarkeit der thermischen, elektrischen, chemischen und strahlenden Energie auf Molekularmechanik leugnet, ist nun die Ergänzung der energetischen Hauptsätze durch Gesetze, die aus der Mechanik entlehnt sind, begrifflich unzulässig, und dies gilt gleichermaßen für die Heranziehung der mechanischen Minimumprinzipien wie für die Beziehung der Energiekonstanz auf die drei Raumachsen. Qualitative Energiearten wie die Wärme sind nach allen Raumachsen ohnehin gleichmäßig verbreitet, und es kommt nur ihr Gesamtbestand in einem geschlossenen Gebilde in Betracht. Sie auf Achsen zu beziehen, wird erst möglich, wenn man in die Molekularmechanik hinabsteigt, aus der der thermische Gesamteffekt entspringt; dies verbietet aber gerade die qualitative Energetik. Deshalb ist die qualitative Energetik ihrer Natur nach unfähig, das Naturgeschehen eindeutig zu bestimmen, und da nur eine solche Theorie, die das Naturgeschehen eindeutig bestimmt, als eine für die Naturerklärung ausreichende gelten kann, so kann ihr der Wert einer für sich allein ausreichenden Theorie nicht zugestanden werden. Es ist nötig, dies gegenüber den Ansprüchen der Vertreter der qualitativen Energetik zu betonen, da in diesem Manko gerade die logische Notwendigkeit liegt, über die qualitative Energetik hinauszuschreiten zur mechanistischen, die alle qualitativen Energiearten auf Molekularmechanik zurückzuführen sucht.

Nach den vorhergehenden Darlegungen muß jeder Versuch aussichtslos sein, die Konstanz der Energie in jeder der drei Achsen aus der Konstanz der Energie überhaupt im Sinne der qualitativen Energetik zu deduzieren. Wohl aber kann diese Ableitung möglich scheinen, sobald man einmal den Boden der qualitativen Energetik verlassen hat und auf den der mechanistischen hinübergetreten ist. Wenn man eine in der X-Achse sich bewegende Masse zwingen will, in die Y-Achse umzubiegen, so muß man freilich ihre Bewegung in der X-Achse durch eine in derselben Achse wirkende Kraftäußerung aufheben und ihr eine Bewegung in der Y-Achse durch eine in dieser wirksame Kraft

erteilen. Ist nun die gegenwirkende Kraft selbst eine energetische, so müssen, da es negative Energie (wegen des Quadrates der Geschwindigkeit) nicht gibt, beide Energien in der X-Achse sich addieren und mit der neuen Energie in der Y-Achse eine Verdreifachung des Energievorrats im System ergeben. Dies zeigt sich empirisch darin, daß die Hemmung der Masse in der X-Achse sich in Molekularbewegung oder Wärme in der gehemmten und in der sie hemmenden Masse umsetzt.¹⁾

Diese Argumentation trifft zu auf energetische Kräfte, die in molaren Massen wirken; denn hier müssen die gegeneinander wirkenden Energien sich stets addieren, und wo sie als molare Energie vernichtet werden, in molekulare Energie umgewandelt werden. Anders wenn es sich von vornherein um Moleküle handelt, deren Bewegung schon Molekularbewegung ist, also nicht mehr in Molekularbewegung umgesetzt werden kann. Molekularbewegung ist schon Wärme und braucht nicht erst solche zu werden. Durch molekulare Kräfte kann eine molekulare kinetische Energie in der X-Achse in potentielle Energie (oder Energie der Lage) in der X-Achse und potentielle Energie in der Y-Achse in kinetische Energie in der Y-Achse verwandelt werden. Dieser Fall tritt z. B. ein, wenn zwei abstoßende Moleküle sich in geraden Linien, die untereinander und mit der X-Achse parallel und einander sehr nahe belegen sind, in entgegengesetzter Richtung aufeinander zu bewegen, und dabei so in ihre gegenseitige Abstoßungssphäre geraten, daß sie einander in rechtwinkliger Richtung abstoßen. Es ist dann, da kein Verlust stattfindet, alle kinetische Energie aus der X-Achse in die Y-Achse und alle konfigurative Energie aus der Y-Achse in die X-Achse übergegangen, also die Bewegungsgröße ganz aus der X-Achse in die Y-Achse verlegt, die Summe der aktuellen und potentiellen Energie in jeder Achse aber konstant geblieben.

Gäbe es nur energetische Kräfte, so wäre mithin auf dem Boden der mechanistischen Energetik oder energetischen Mechanik die Ableitung der Energiekonstanz in jeder der drei Achsen aus der Energiekonstanz überhaupt nicht aussichtslos. Berücksichtigt man dagegen die Möglichkeit, daß es außer den energetischen

¹⁾ Vergl. L. Busse, Geist und Körper, Seele und Leib. Leipzig 1903. S. 446—448.

auch nichtenergetische Kräfte gibt, so wird jene Ableitung logisch unmöglich. Denn eine nichtenergetische Kraft produziert durch ihre Kraftäußerung keine Energie, kann also auch den Gesamtbestand der Energie durch ihr Wirken ebensowenig vermehren wie vermindern.

In bezug auf eine nichtenergetische Kraft kann selbst eine energetische Zentralkraft keine „Lage“, also auch keine „Energie der Lage“, keine konfigurative potentielle Energie haben, weil jene selbst keinen „Ort“ im Raume hat, also auch andere räumlich zentralisierte Kräfte kein Verhältnis zu ihren Orten haben können. Noch weniger kann von einer Energie der Lage oder potentieller Energie bei einer nichtenergetischen Kraft die Rede sein, weil sie weder Energie in irgend welchem Sinne, noch Ort und Lage, noch Potential hat. Es findet also in der Beziehung zwischen einer Zentralkraft und einer nichtenergetischen Kraft keine Addition von potentieller und aktueller Energie statt. Wenn es trotzdem einer nichtenergetischen Kraft gelingt, die kinetische Energie eines Moleküls aus der X-Achse in die Y-Achse überzuführen, so ist die ganze Energiesumme beider Kräfte umgelagert, ohne ihr etwas an Energie abzunehmen oder zuzusetzen.

Alle Veränderungen im Wege und in der Zeit zwischen Anfangs- und Endlage lassen sich letzten Endes auf Umlagerungen von Energie aus einer der drei Hauptachsen in die andere zurückführen. Verschiebungen auf gleichem Potentialniveau werden gewöhnlich nicht als Energiezuwachs des Gebildes angesehen, aber doch nur, sofern von der Energie abgesehen wird, die erforderlich ist, um das Beharrungsvermögen der zu verschiebenden Teile zu überwinden. Mag diese Energie noch so gering sein im Vergleich zu den sonstigen Energien des Systems, so darf sie theoretisch doch nicht gleich Null gesetzt werden. Soll also durch sie das Energiequantum des Gebildes nicht verändert werden, so muß sie aus dem konstanten Energievorrat des Gebildes geschöpft werden. Dies ist aber nur dadurch möglich, daß Energie aus einer anderen Raumachse in diejenige Raumachse umgelagert wird, in der sich die Verschiebung auf gleichem Potentialniveau bewegen soll.

Das gleiche gilt für die Zeit, in welcher der Übergang von der Anfangslage in die Endlage vollzogen werden soll. Ihre Änderung erfolgt durch Änderung der Maschinenbedingungen,

Herstellung oder Lösung von Kompensationen, Koppelungen und dergleichen. Jede Änderung der Maschinenbedingungen erfordert aber einen gewissen Energieaufwand zur Überwindung des Beharrungsvermögens der Teile, und wenn dieser die durch den Zweck vorgeschriebenen Richtungen innehalten und doch aus dem konstanten Energievorrat des Gebildes bestritten werden soll, so erfordert er eine Umlagerung gewisser Energiekomponenten aus einer Achse in eine andere. Dasselbe gilt, wenn die Maschinenbedingungen, die die Geschwindigkeit des Prozesses beeinflussen, chemischer Art sind, z. B. Katalysatoren, die ihn beschleunigen oder verlangsamen. Die Beschaffung des als Katalysator wirkenden Fermentes geschieht meistens durch Umwandlung aus einem Proferment, d. h. durch geringfügige Moleküleumlagerungen in einer sehr zusammengesetzten und sehr labilen chemischen Verbindung, durch die ihr chemischer Einfluß auf die mit ihr in Berührung kommenden Stoffe verändert wird.¹⁾ Eine solche Moleküleumlagerung mag nur an einer Stelle des Stoffes erforderlich sein, und sich von da aus von selbst mechanisch durch den ganzen Stoff fortpflanzen; sie mag bei dem äußerst labilen Zustand der Verbindung auch nur einer äußerst geringen Energie bedürfen, um den alten Gleichgewichtszustand aufzuheben und das Moleküle über die Schwelle zu heben, wo es von selbst in den neuen Gleichgewichtszustand hineinstürzt. Immerhin ist ein gewisser, wenn auch noch so kleiner Energieaufwand dazu erforderlich, und wenn dieser sich ohne Änderung des konstanten Energievorrats vollziehen soll, so kann er nur dadurch aus ihm genommen werden, daß gewisse Energiekomponenten aus einer Achse in eine andere verschoben werden.

Eine solche Energieverlagerung aus einer Achse in die andere ist also letzten Endes das einzige Mittel, um innerhalb des Rahmens der energetischen Hauptsätze den von ihnen für das Geschehen gelassenen Spielraum derart zu benutzen, daß die Art und Weise oder der Weg und die Geschwindigkeit des Überganges anders bestimmt werden, als sie nach den Gesetzen der molaren und molekularen Mechanik verlaufen würden. Da die Energie an Massenteilchen, d. h. nach dynamistischer Auffassung an Gruppen von Zentralkräften, haftet, so müssen kleinere oder

¹⁾ Vergl. oben Abschnitt V 2, S. 218—240.

größere Massen in ihrer Bewegungsrichtung verändert werden, um diesen Erfolg zu erreichen. Dies kann nur durch drehende, scherende oder deformierende Kräfte geschehen. Wo solche in der unorganischen Natur auftreten, sucht man sie auf Kräftepaare zurückzuführen, die sich letzten Endes aus Zentralkräften zusammensetzen. Die Kraftäußerung solcher Zentralkräfte muß aber in der geraden Verbindungslinie zwischen Ausgangspunkt und Angriffspunkt wirken. Sie muß ein Potential haben, wenn sie im umgekehrten quadratischen Verhältnis der Entfernung steht, ein Ergal (Clausius), wenn sie im umgekehrten Verhältnis einer höheren Potenz als der zweiten zur Entfernung steht; in beiden Fällen müssen sie selbst schon einen Bestandteil des konstanten Energiebestandes des Gebildes ausmachen und als energetische Zentralkräfte den mechanischen Gesetzen unterstehen. Als Bestandteile des Energievorrats müßten sie unabhängig von der absoluten Zeit ihre Kraftäußerung entfalten; nur für diesen Spezialfall ist der erste Hauptsatz der Energetik aus dem Hamilton-Helmholtzschen Minimumprinzip abzuleiten. Als den mechanischen Gesetzen unterworfen, könnten sie ihre Wirkung nicht über die mechanischen Gesetze überlagern, sondern wären mit in diesen enthalten und von ihnen umspannt.

Sollen Kräfte auftreten, die zu bestimmten Zwecken Energie aus einer Achse in die andere verschieben, so können diese Drehkräfte bloß noch nicht energetische Kräfte sein, d. h. Kräfte ohne Potential und Ergal, d. h. nicht zentrale Kräfte, d. h. Kräfte, deren gleichzeitige Äußerungsrichtungen sich nicht in einem Punkte schneiden, die also auch nicht an einen beweglichen Punkt im Raume als Schnittpunkt und Kraftzentrum gebunden sind. Nur Zentralkräfte haben einen Ausgangspunkt, nur bei ihnen kann deshalb von einer geraden Verbindungslinie zwischen Ausgangspunkt und Angriffspunkt (einer Normalen) die Rede sein, nur sie können in dieser Normale wirken. Nur bei ihnen ist Wirkung und Gegenwirkung einander gleich, und nur auf Potentialkräfte ist ohne Kenntnis des Weges die dritte Grundgleichung der Mechanik, die Gleichsetzung zwischen der Summe der geleisteten Arbeiten und der Summe der lebendigen Kräfte, anwendbar.¹⁾

Gruppen von Zentralkräften, sofern diese in genügender

¹⁾ Vergl. „Die Weltanschauung der modernen Physik“, S. 110, 111.

Dichtigkeit zusammenstehen, ergeben die Erscheinung der Materie, und die Resultanten ihrer gemeinsamen Kraftäußerungen erscheinen an diese Materie gebunden. Nicht zentrale Kräfte können dagegen, auch wenn sie, was kaum anzunehmen ist, in dichteren Gruppen auftreten sollten, niemals die Erscheinung der Materie hervorbringen, weil sie nicht an bestimmte Raumpunkte gebunden sind, und die aus ihnen resultierenden Kraftäußerungen können nicht an bestimmte Materie geknüpft erscheinen. Sie können und müssen Materie zum Angriffspunkt ihrer drehenden, scherenden und deformierenden Kraftäußerungen haben, aber niemals zum Ausgangspunkt oder Träger. Die Untrennbarkeit der Begriffe Stoff und Kraft besteht nur für Zentralkräfte, und auch für diese nur, wenn sie in hinreichend dichter Gruppierung auftreten; es ist aber ganz irrtümlich, diese gewohnte Begriffsverbindung auf nichtzentrale Kräfte unwillkürlich oder absichtlich zu übertragen und auch diese an einen Stoff als Träger und Ausgangspunkt gebunden zu denken.¹⁾ Man kann die Existenz solcher nichtzentralen Kräfte bestreiten; falls man aber auf die Erörterung dieser Hypothese eingeht, so verfährt man begriffswidrig, wenn man doch wieder nach ihrem materiellen Träger forscht und nach einem Ausgangspunkt sucht, durch dessen Nichtbesitz sie sich eben von den Zentralkräften unterscheiden.

Der Einfluß nichtenergetischer Kräfte auf die Bewegungsrichtung eines Massenteilchens enthält keine besondere Schwierigkeit. Zentralkräfte können, weil sie Normalkräfte sind, d. h. in der Normale oder in der geraden Verbindungslinie zwischen Ausgangspunkt und Angriffspunkt wirken, nur dann drehend wirken, wenn mehrere parallel, aber in entgegengesetztem Sinne, wirkende sich verbinden; nichtzentrale Kräfte, die keinen Ausgangspunkt, sondern nur einen Angriffspunkt haben, also nicht in der Normale wirken, können ohne weiteres drehend wirken, auch ohne daß sich mehrere Kraftäußerungen verbinden. Man könnte ihre Wirkungsweise etwa nach Analogie der Drehung der Polarisationssebene eines polarisierten Lichtstrahls vorstellen, bei welcher molekulare Querschwingungen aus der X-Achse in die Y-Achse umgelagert werden. Immerhin erscheint es dem Begriff der Auslösung noch mehr entsprechend, wenn man sich die Um-

¹⁾ Vergl. König a. a. O. S. 470.

lagerung der kinetischen Energie vermittelt denkt durch die Umlagerung der potentiellen Energie. — Die potentielle Energie einer einfachen Zentralkraft (eines Uratoms) ist nach allen Raumachsen dieselbe; eine Drehung des Atoms um sich selbst würde also in seinen Kraftäußerungen nichts ändern und so gut sein, als ob sie nicht erfolgt wäre. Erst ein zusammengesetztes Atom oder Moleküle hat eine verschiedene potentielle Energie in den verschiedenen Achsen; wenn ein solches um eine seiner Achsen gedreht wird, so wird also damit zugleich potentielle Energie aus einer Raumachse in die andere umgelagert. Tritt dann ein Anlaß ein, die potentielle Energie der Lage in kinetische Energie umzusetzen, so offenbart sich die Veränderung des Energiebestandes in den drei Raumachsen auch kinetisch. Die Drehung eines zusammengesetzten Atoms oder Moleküls kann selbst der Anlaß sein, die potentielle Energie in kinetische umzusetzen, also als Auslösung wirken. Die Drehung erfolgt durch nichtenergetische Kräfte, welche damit nur die Richtung einer eventuellen künftigen Bewegung ändern, nicht die Richtung einer schon im Gange befindlichen Bewegung. Außer solchen Moleküldrehungen sind aber auch Moleküleverschiebungen denkbar, insbesondere die Verschiebung der Bestandteile zusammengesetzter Moleküle in sehr labilen chemischen Verbindungen, wie es z. B. die Profermente und Fermente sind. Hier bietet sich Gelegenheit für die allersubtilsten Auslösungen, bei denen die deformierenden nichtenergetischen Kräfte ein Minimum von Beharrungsvermögen zu überwinden haben.

Ganz ohne Überwindung von Beharrungsvermögen ist freilich nur die Drehung einer einfachen Zentralkraft (eines Uratoms) ausführbar, die aber auch schlechthin erfolglos ist. Jede Drehung schon eines aus zwei Zentralkräften zusammengesetzten Doppelatoms, z. B. die dielektrische Polarisierung eines Äthermoleküles, erfordert die Überwindung eines gewissen Beharrungsvermögens. Das Gesetz der Beharrung besagt, daß eine Masse nur unter dem Einfluß einer Kraft ihre Lage oder ihre Bewegung ändert; aber es besagt nicht, ob diese Kraft eine Zentralkraft sein muß, oder ob sie auch eine nichtzentrale Kraft sein kann. Die Mechanik, die bisher an andere als Zentralkräfte nicht gedacht und mit anderen Kräften nichts zu tun hat, hat das erstere stillschweigend vorausgesetzt, indem sie die Grenzen ihrer selbst für die Grenzen der

Erkennbarkeit dynamischer Einflüsse und natürlicher Kausalität hielt. Dies ist aber ein durch nichts begründetes Vorurteil.

Fragen wir nun, wie sich die Autonomie der Lebensvorgänge zur Energetik und Mechanik verhält. Drei Fälle sind dabei als überhaupt mögliche in Betracht zu ziehen: 1. Die Lebenstätigkeit bewegt sich innerhalb des Rahmens der Energetik und Mechanik, sei es, daß die geistige Tätigkeit als eine besondere Form der Energie aufgefaßt wird, sei es, daß die Kraft der Auslösung gleich Null gesetzt wird; 2. die Autonomie des Lebens lagert sich sowohl über die energetische als auch über die mechanische Gesetzlichkeit über; 3. sie bewegt sich zwar innerhalb des Rahmens der Energetik, lagert sich aber über die mechanische Gesetzlichkeit über. Alle diese Ansichten haben ihre Vertreter gefunden.

Die erste scheint mir deshalb nicht annehmbar, weil weder bei dem Umsatz physikalischer Energie in psychische eine Verminderung der ersteren, noch bei dem Umsatz psychischer Energie in physikalische eine Vergrößerung der letzteren zu konstatieren ist. Es besteht überhaupt kein Äquivalenzverhältnis zwischen beiden, was doch die unentbehrliche Voraussetzung für die Umwandlung der Energie und für die Subsumtion verschiedener Erscheinungen unter den gemeinsamen Energiebegriff ist. Die Annahme von Cournot, Boussinesq und de Saint Venant, daß bei labilem Gleichgewicht eine Auslösung mit Nullkraft erfolgen könne und daß diese Tatsache ihren mathematischen Ausdruck in den bereits Poisson bekannten mehrdeutigen, sich gabelnden Integralen finde, beruht auf der unzulässigen Verwechselung eines Kraft-differentials mit Nullkraft. In der Wirklichkeit gibt es eben kein absolut labiles Gleichgewicht, das physikalisch unmöglich ist; es gibt nur mehr oder weniger labile Gleichgewichtszustände, die zugleich ein gewisses, wenn auch noch so kleines Maß von Stabilität haben. Um ihr Gleichgewicht aufzuheben und in Bewegung zu verwandeln, dazu bedarf es immer einer gewissen Kraft, deren Größe nicht unter einem für jeden Fall durch die Umstände bestimmten Schwellenwerte bleiben darf.

Die zweite Ansicht, wonach die Lebensautonomie sich nicht nur über die mechanische, sondern auch über die energetische Gesetzlichkeit überlagert, also sich nicht einmal innerhalb des Rahmens der energetischen Hauptsätze hält, scheint mir deshalb nicht gerechtfertigt, weil nicht nur die Erfahrung bisher keine

Instanz gegen die Alleingültigkeit der energetischen Hauptsätze gebracht hat, sondern vor allem der Spielraum innerhalb ihres Rahmens so weit und so reichlich bemessen ist, daß das Leben gar keine Bedürfnisse haben kann, ihren Rahmen zu überschreiten, sondern innerhalb desselben alle seine Zwecke ohne Schwierigkeit erfüllen kann. Nur wenn die Mitwirkung nicht energetischer Kräfte außer acht gelassen oder geleugnet wird, kann aus einer Überschreitung der mechanischen Gesetze zugleich eine Überschreitung der energetischen Hauptsätze gefolgert werden. Es ist zuzugeben, daß eine unbedingte Notwendigkeit, sich innerhalb der Energetik zu halten, für die Lebenstätigkeit nicht nachgewiesen werden kann, daß vielmehr das Leben imstande sein würde, auch über die energetischen Hauptsätze ebensogut wie über die mechanischen Gesetze übergreifen, wenn seine Zwecke dies erforderten.¹⁾ Es ist nur zu bestreiten, daß dies von seinen Zwecken erfordert wird, weil ihm innerhalb der energetischen Hauptsätze Spielraum genug bleibt.

Die dritte Ansicht erkennt es als eine teleologisch begründete gesetzmäßige Natureinrichtung an, daß die Lebensautonomie sich innerhalb des Rahmens der beiden energetischen Hauptsätze hält. Sie behauptet daneben zwar die Allgemeingültigkeit, aber nicht die Alleingültigkeit der mechanischen Gesetze in der gesamten Natur, während sie ihre Alleingültigkeit in der unorganischen Natur zugesteht. Sie betrachtet die Lebensvorgänge als kombinierte Erscheinungen, die aus der Kooperation der unorganischen Zentralkräfte mit nichtzentralen Kräften und aus der Übereinanderlagerung der unorganischen und organischen Naturgesetze, der physikochemischen Gesetzlichkeit und der Lebensautonomie entspringen. Wären die mechanischen Gesetze alleingültig, so wäre das Leben unmöglich; wären sie nicht allgemeingültig, so fehlte der Autonomie des Lebens die gesetzliche Grundlage, auf der und über der sie sich entfalten könnte. Wären die Zentralkräfte die einzig existierenden, so wäre das Leben unmöglich; wenn sie dagegen fehlten, so fehlte den nichtzentralen Kräften der Gegenstand, an

¹⁾ In bezug auf den zweiten Hauptsatz haben schon Maxwell und Clausius anerkannt, daß Umstandskombinationen und Fälle denkbar seien, in denen seine Gültigkeit überschritten werde; aber diese theoretischen Betrachtungen sind gegenstandslos. (Vergl. meine „Weltanschauung der modernen Physik“ S. 38).

dem sie sich betätigen könnten, und der Angriffspunkt, auf den sie sich richten könnten. Wenn schon die Zentralkräfte ohne bestimmten Angriffspunkt (ohne entgegenstehendes Atom) nicht wirken können, obwohl sie einen bestimmten Ausgangspunkt haben, so noch viel weniger die nicht zentralen Kräfte, die nicht einmal einen Ausgangspunkt haben. Die Zentralkräfte haben in ihrem Zentrum ihre Individualisierung und finden in dem sich anbietenden Angriffspunkt nur die Gelegenheit zur Kraftäußerung; die nichtzentralen Kräfte, die keinen Ausgangspunkt und darum in sich keine eigene Individualisierung haben, finden in dem sich ihnen anbietenden Angriffspunkt, oder in einer zusammenhängenden Gruppe von Angriffspunkten nicht nur die Gelegenheit zur Kraftäußerung, sondern auch das principium individuationis.¹⁾

Ob die nichtmechanischen, nichtenergetischen, nichtzentralen, potentiallosen Kräfte ohne materielle Erscheinung und ohne materiellen Träger noch eine Spezies des Gattungsbegriffes Kraft bilden, ob es ratsam ist, sie unter ihn zu subsumieren oder nicht, darüber kann man verschiedener Ansicht sein. Für alle diejenigen, bei denen der Kraftbegriff untrennbar mit dem Begriff der Materie und mit der zentralen, normalen, energetischen, mechanischen Kraftäußerung assoziiert ist, scheint es empfehlenswert, den Kraftbegriff nicht auf jene Agentien anzuwenden, weil ihr Denken sonst doch immer unwillkürlich und unvermerkt durch jene Assoziationen, selbst wenn sie die Absicht haben, sich ihrer zu erwehren, in eine unangemessene Vorstellungsweise zurückgerissen wird. Wer dagegen von vornherein gewöhnt ist, unter Kraft ganz allgemein ein dynamisches Prinzip zu verstehen, dessen nähere Wirkungsweise von dem zugehörigen Gesetz abhängt, wer insbesondere in der Kraft, die aus ihren äußeren Wirkungen erschlossen wird, eben dasselbe Prinzip sieht wie in dem Willen, der aus seinen inneren Wirkungen und Begleiterscheinungen erschlossen wird, der braucht kein Bedenken zu tragen gegen die Subsumierung der nichtzentralen Kräfte unter den Kraftbegriff. In beiden Fällen handelt es sich um das Realisationsprinzip eines Gesetzes; die ganze inhaltliche Bestimmtheit der Kraft fällt in das Gesetz, das durch sie realisiert wird, und für den Begriff der Kraft abge-

¹⁾ Vergl. Phil. des Unbewußten. 11. Aufl. Teil II. S. 256—263.

sehen vom Gesetz bleibt nichts übrig als die Realisationstendenz und Realisationsmacht in bezug auf dieses Gesetz. Wer nun annimmt, daß die Lebensvorgänge nicht ausschließlich als Kombinationsresultate unorganischer Gesetze zu verstehen sind, sondern daß sie aus der Überlagerung eigener organischer Gesetze, einer Autonomie des Lebens, über die Kombinationen der unorganischen Gesetze entspringen, der kann auch nicht umhin, mit dieser höheren Gesetzlichkeit eine besondere Realisationstendenz und Realisationsmacht verbunden zu denken, durch welche die höhere Gesetzlichkeit über die niedere superponiert und gegen dieselbe durchgesetzt wird. So verstanden wird es keine Bedenken mehr erregen, der Eigengesetzlichkeit des Lebens zugleich eine Kraft zuzuschreiben, wenn nur die Unterschiede ihrer Äußerungsweise von denen der unorganischen Kräfte jederzeit festgehalten werden.

II. Die Einordnung des Lebens in den Prozeß der Energieentwertung.

Ein besonderes Interesse erregt die Frage, wie sich das Leben in den Entwertungsprozeß der Energie eingliedert, den der zweite Hauptsatz der Energetik lehrt.¹⁾ Das Leben auf der Erde erhält sich unmittelbar oder mittelbar durch den Energiestrom, der in Gestalt strahlender Energie von der Sonne zur Erde fließt, und dieser Energiestrom bedeutet einen sich allmählich vollziehenden Ausgleich zwischen der Intensitätsdifferenz der Sonnenenergie und Erdenergie. Plasmaorganismen konnten erst entstehen, als die Temperatur der Erdoberfläche unter die Gerinnungstemperatur des Eiweiß gesunken war; sie werden nicht mehr bestehen können, wenn die Temperatur der Erdoberfläche dauernd unter die Gefriertemperatur des Wassers gesunken sein wird. Denn die Eiweißmoleküle und die Wassermoleküle müssen, um für Plasma verwendbar zu sein, sich in einem Zustande labilen Gleichgewichtes befinden, wie ihn nur der flüssige Aggregatzustand bietet. Gase sind nicht in feste Formen zu bannen, wie der Organismus solche braucht, es sei denn, daß die Gase gleich beim Eintritt in den

¹⁾ Vergl. W. Stern, „Der zweite Hauptsatz der Energetik und das Lebensproblem“ in der Zeitschrift für Philosophie und phil. Kritik, Bd. 121, Heft 2, S. 175—201 und Bd. 122, Heft 2, S. 14—48.

Organismus in Flüssigkeiten gelöst oder sonstwie chemisch gebunden werden. Feste Körper sind nur als äußere oder innere Stützgerüste des Plasmas verwendbar, während das Leben selbst nur in flüssigen oder kolloïden (gallertartigen) Stoffen pulst. Damit ist für die Plasmaorganismen eine obere und eine untere Grenze gegeben, zwei absolute Schwellen der Existenzfähigkeit, die durch keine Anpassung verschoben werden können. Nur da wo und so lange als Sonnenstrahlen das Eis auftauen oder Warmblüter durch Aktualisierung anderwärts aufgespeicherter Sonnenenergie ihre Eigentemperatur über den Gefrierpunkt erheben, kann Leben bestehen.

Als die Erdoberfläche sich eben so weit abgekühlt hatte, daß die ersten Uroorganismen auf ihr leben konnten, waren die Bedingungen für höhere Organismen noch nicht gegeben; wenn der Vereisungsprozeß bis zum Äquator fortgeschritten sein wird, werden die letzten Organismen, mit denen der Lebenslauf der Erde schließt, wieder sehr niedriger Art sein. Denn die niedrigsten Lebewesen haben die größte Anpassungsfähigkeit an extreme Lebensbedingungen, während höhere Organisationsformen an mittlere Lebensbedingungen gebunden sind, die dem Leben günstiger sind und seinen Zwecken halbwegs entgegenkommen. Die Günstigkeit der äußeren Lebensbedingungen für Plasmaorganismen auf Erden ist in der Nähe beider Schwellen ein Minimum, steigt zwischen ihnen zu einem Maximum an und sinkt wieder zu einem Minimum ab, das schließlich in die Vernichtung des Lebens übergeht.

Die größte Sonnenwärme und Winterkälte fällt nicht auf den längsten und kürzesten Tag, sondern mehrere Wochen hinter diese, weil die eine Zeitlang verharrenden Wirkungen sich addieren und erst allmählich zum Maximum anhäufen. In ähnlicher Weise wird man erwarten dürfen, daß auch der Gipfel des Erdlebens nicht mit dem Günstigkeitsmaximum der Bewohnbarkeit zusammenfällt, sondern erheblich hinter dieses. Während aber beim Temperaturwechsel der Jahreszeiten nur äußere Wirkungen sich häufen, addieren sich hier äußere und innere Ursachen zur Verzögerung. Die Organisation paßt sich in fortschreitendem Maße den Änderungen der äußeren Lebensbedingungen an und stützt sich dabei immer auf die schon erreichten Stufen des Angepaßtseins und der Organisationshöhe, kann und muß also das

Erreichte noch lange festhalten, ja sogar durch Beharren im Fortschritt noch weiter steigern, nachdem schon die Veränderung der Lebensbedingungen in ihren absteigenden Bahnast eingetreten ist. Insbesondere tritt dieser Fall ein, wo bereits die unbewußte organische Anpassung in eine bewußte technische Anpassung umgeschlagen ist und der menschliche Scharfsinn immer neue Mittel ersinnt, um die gegebenen Naturverhältnisse für die Zwecke seines Geschlechtes auszunutzen. Stern hat mit Recht den Fortschritt in dem verringerten Energieaufwand für bestimmte Zwecke, in der gesteigerten Ausnutzung der verfügbaren Energien und in der Ausbreitung der Wirkungssphäre hervorgehoben. Von einer „starrten Zuordnung“ bestimmter Organisationsbehörden zu einem bestimmten Günstigkeitsgrade der Lebensbedingungen könnte nur die Rede sein, wenn man das Leben als ein ausschließliches Produkt äußerer Faktoren betrachtete und seinen inneren Bestimmungsgrund außer acht ließe. Berücksichtigt man indessen, daß auch der innere Faktor der unbewußten organischen Anpassung und der technischen Erfindungen im großen und ganzen nach höheren Gesetzen verläuft, also unbeschadet seines teleologischen Charakters gesetzmäßig determiniert ist, so kann man doch von einer gesetzmäßigen Zuordnung gewisser Lebenshöhen zu gewissen äußeren Günstigkeitsbedingungen sprechen, wenn auch die beiden Maxima sich gegeneinander verschieben.

Die organische Anpassungsfähigkeit ist keineswegs ohne Grenzen; auch wenn die Lebensbedingungen sich noch so langsam ändern, gibt es immer Fälle, in denen bestimmte Organismen nicht mehr mitkönnen und aussterben. Es sind das die starr und fest gewordenen Typen, die die Geschmeidigkeit der Jugend verloren haben, weil sie sich in bestimmte Bahnen der Entwicklung eingezwängt und gleichsam in Sackgassen verrannt haben, aus denen kein Weg nach vorwärts geht, und der Weg nach rückwärts ihnen nicht gangbar ist. Solchen gealterten Typen begegnen wir um so häufiger, je höher wir in der Stufenleiter der Organisation aufwärts steigen. Die niedrigsten Organismen erhalten sich am anpassungsfähigsten, die höheren dagegen sind an ihren einmal erlangten Organisationstypus gebunden und können sich nur noch mit ihren Geweben bis zu einem gewissen Grade funktionell anpassen.

Beim höchsten Organismus, dem Menschen, wird die orga-

nische Anpassungsfähigkeit ein Minimum und die technische tritt an ihre Stelle. Diese kann manches leisten, was die organische Anpassung selbst auf mittleren Organisationsstufen kaum noch vermöchte (Kleidung, Wohnung, Heizung, Beleuchtung, Abkühlung, Ortsveränderung, Nachrichtenübermittlung). Aber auch sie ist nicht ohne Grenzen. Sie wird niemals bewirken, daß die Polarzonen sich so dicht bevölkern wie die wärmeren Länder, und daß Verstand und Wille in den heißesten Erdstrichen sich so kraftvoll betätigen wie in den gemäßigten. Sie kann von dem gegenwärtigen Energiestrom der Sonne einen Teil für technische Zwecke abfangen, aber doch nicht mehr als dem Pflanzenwuchs entzogen werden darf, der auch für die Menschheit das Hauptverwertungsmittel der Sonnenenergie bleiben muß. Sie kann die Bodenerträge der Erde durch kapitalintensive und arbeitsintensive Bewirtschaftung steigern, aber nicht über das Maß hinaus, das die Pflanze aus der strahlenden Sonnenenergie in chemische Energie umzuwandeln vermag. Ob dieser gegenwärtige Energiestrom jemals imstande sein wird, die aufgehäuften potentiellen Energieverflößerungen (Steinkohlen und Petroleum) zu ersetzen, ob nicht nach Erschöpfung dieser Vorräte die alsdann sehr angewachsene Menschheit einen starken Kulturrückgang erleiden und in die Lebensweise der heutigen Chinesen zurücksinken wird, das ist heute noch nicht zu übersehen. Jedenfalls sind nicht nur die auf der Erdoberfläche zur Verfügung stehenden Energiequellen örtlich, zeitlich und ihrer Größe nach begrenzt, sondern bleibt auch die technische Ausnutzbarkeit jeder gegebenen Energiequelle eine beschränkte, am meisten die der unmittelbaren Urquelle, der strahlenden Energie der Sonne.

An sehr verschiedene Verhältnisse des Luftdruckes und Wasserdruckes kann das Leben sich organisch anpassen, wie das Tiefseeleben zeigt. Aber bei sehr verminderter Sonnenstrahlung oder an Orten, wo gar kein Lichtstrahl mehr hindringt (Höhlen, Tiefseegrund), kann das Leben nur dann bestehen, wenn ihm chemisch aufgespeicherte Energie von Stellen her zugeführt wird, wo Pflanzen im Lichte wachsen. Die unterirdischen Pilze, die Nitrobakterien, die Stickstoffbakterien beziehen ihren Energiestrom aus der Verbrennung von Ammoniak, den sie im Humus vorfinden; die Tiefseebewohner leben von den zugrunde sinkenden Verwesungsresten der belichteten oberen Wasserschichten, die

Höhlenbewohner direkt oder indirekt von Pflanzen, die außerhalb der Höhlen wachsen. Es ist eine höchst kümmerliche Fauna und Flora, die im Dunkeln die Abfälle von der am Lichte reichlich gedeckten Tafel verzehrt; sie gehört fast ausschließlich ganz niederen Stufen der Organisation an, und selbst die spärlichen Räuber, deren Angepaßtheit wir in ihren Leuchtorganen bewundern, bleiben auf ziemlich tiefer Stufe des Tierreiches. Auf den sonnenfernsten Planeten kann sich, selbst wenn die übrigen Lebensbedingungen noch so günstig sind, kein üppiger Pflanzenwuchs entwickeln, weil die Belichtung zu schwach ist, und von dem Pflanzenwuchs ist wieder die Fauna abhängig. Wie in jedem Sonnensystem die mittleren Planeten die günstigsten Lebensbedingungen für Plasmaorganismen bieten, so auch in dem unserigen, und unter ihnen wieder die günstigsten die Erde.¹⁾

Für jeden Organisationstypus gibt es ein Optimum der Lebensbedingungen und zwei Anpassungsschwellen, eine obere und eine untere, jenseits deren ein Individuum dieses Typus sich innerhalb seines Individuallebens nicht mehr anpassen kann, sondern zugrunde gehen muß. Für jeden Typus gibt es ferner zwei Anpassungsschwellen, jenseits deren auch die Spezies sich nicht mehr durch Anpassung zu erhalten vermag, trotzdem jede neue Generation die Anpassungsschwellen des individuellen Lebens nach der einen oder anderen Seite weiter hinausschieben kann. Die Spezies könnte ihre stammesgeschichtlichen Anpassungsschwellen dadurch weiter hinausrücken, daß sie sich in eine andere Spezies verwandelte, also ihren Typus zugunsten eines anderen aufgab. Davon kennen wir aber kein Beispiel, wenn wir von den Verkümmerserscheinungen des Parasitismus absehen. Wir sehen überall, daß der höhere Organisationstypus durch engeres Zusammenrücken der stammesgeschichtlichen Anpassungsschwellen erkaufft werden muß, und daß bei örtlicher oder zeitlicher Verschlechterung der Lebensbedingungen die bereits erreichten höheren Organisationstypen aussterben und niedere mit breiterem Anpassungsspielraum an ihre Stelle treten.

Wir dürfen mit Sicherheit annehmen, daß später, wenn die Lebensbedingungen auf der Erde im allgemeinen sich ver-

¹⁾ Vergl. Max Schneidewin, „Die Erde als die Pointe des Sonnensystems“ in der Beilage zur Münchener Allg. Ztg. 1901, N. 33—34.

schlechtern sollten, ebenfalls dieser Vorgang eintreten wird. Zuerst würden die höchsten Organismen aussterben, sobald sie mit allen Fortschritten der Technik nicht mehr imstande sind, den Unbilden der Wüste und des Eises zu trotzen, und dann die niederen, bis zuletzt wieder nur noch Einzellige als kümmerliche Reste fortvegetieren, wie dereinst das Leben mit Einzelligen begann. Wenn der Prozeß des Erdenlebens ungestört verläuft, d. h. wenn keine kosmische und keine metaphysische Katastrophe ihn unterbricht, so muß auf den aufsteigenden Ast des Erdlebens ein absteigender folgen, wenn auch beide einander keineswegs symmetrisch gleich sein werden. Eine Entwicklung kann nur in dem ersten aufsteigenden Bahnast stattfinden, und nur so weit Entwicklung stattfindet, kann von einem „Wachstum der psychischen Werte“ (Wundt) oder von einem „Wachstum der Energie in der geistigen oder organischen Welt“ (Carriere 1892) die Rede sein und die von mir im Jahre 1868 ausgesprochene Hoffnung aufrecht erhalten werden, daß immer mehr von dem aktuellen Weltwollen in das bewußte Geistesleben übergehen werde, so daß dieses schließlich das Übergewicht über den anderen Teil erlange.

Für die Plasmaorganismen sind alle diese Folgerungen unbestreitbar. Es fragt sich also nur, ob noch in anderen Formen und auf anderer Grundlage Organismen auf demselben Schauplatz möglich sind, auf dem wir jetzt Plasmaorganismen sehen. Fechner und Preyer haben Flammenorganismen für die Zeit, als die Erde noch glühend war, angenommen; einige Chemiker haben auf die Möglichkeit von Organismen hingedeutet, in denen der Kohlenstoff durch Silicium, der Sauerstoff durch Schwefel, der Stickstoff durch Arsenik ersetzt wäre. Ohne hier in eine Kritik solcher Gedanken einzutreten, genügt es, zweierlei festzustellen. Erstens würden sowohl die Flammenorganismen als auch die Siliciumorganismen ebensogut wie die Plasmaorganismen eine obere und eine untere absolute und unverrückbare Temperaturschwelle haben, jenseits deren sie unmöglich wären, und es würde im Laufe der Erdabkühlung für jede dieser Organismenarten eine Kurve der Günstigkeitsbedingungen mit aufsteigendem und absteigendem Ast eingetreten sein. Zweitens würde keine Brücke von den Flammenorganismen zu den Siliciumorganismen und von diesen zu den Kohlenstofforganismen hinüberführen; d. h. die

untere Temperaturschwelle der einen Organismenart würde hoch über der oberen Temperaturschwelle der nächsten liegen, es würde also zwischen je zweien der drei Organisationskurven eine große, organismenlose Lücke klaffen.

Flammenorganismen und Siliciumorganismen hätten das gemein, daß sie bedeutend höhere Temperaturen als die Plasmaorganismen verlangten; sie würden also, wenn sie bestanden hätten, in der Erdgeschichte schon hinter uns liegen, ohne in der Erdrinde Spuren ihres Daseins hinterlassen zu haben. In bezug auf andere als Plasmaorganismen, die in der Erdgeschichte noch vor uns liegen könnten, ist auch noch nicht einmal eine Vermutung gewagt worden. In Flammenorganismen soll der gasförmige Aggregatzustand den flüssigen ersetzen, in Siliciumorganismen bei geeigneten Temperaturen ein ähnlicher halbflüssiger Zustand vorausgesetzt werden, wie wir ihn bei den Kohlenstofforganismen sehen. Die Organismenarten aber, die die völlig erstarrte und vereiste Erde dereinst bevölkern sollten, müßten in völlig festem Aggregatzustand doch die chemische Aktionsfähigkeit und die Labilität des molekularen Gleichgewichtes bewahren. Das ist physikalisch unmöglich. Wir können deshalb mit Bestimmtheit sagen, daß Plasmaorganismen die letzten im Erdenleben sein werden, und daß nicht länger Leben auf der Erde bestehen wird, als Plasmaorganismen auf ihr die Möglichkeit des Lebens finden.

Die Natur hat sich die Bedingungen des Lebens teleologisch selbst bereitet; aber wir haben keinen Grund zu der Annahme, daß sie die Bedingungen so bereitet hat, daß an jeder Stelle des Kosmos zu jeder Zeit Leben bestehen solle. Es steht nicht mit der Naturfinalität im Widerspruch, daß auf jedem Sonnensystem höchstens ein Planet höhere Organisationsformen mit höherem Geistesleben zu tragen geeignet ist, und auch dieser nur für einen Zeitraum, der im Vergleich mit der Dauer des Sonnensystems verschwindend klein ist. Die Naturfinalität würde dann sich gerade darin offenbaren können, daß sie ihre Einrichtungen so getroffen hat, um in einem erheblichen Teile des Weltgebäudes die Höhenpunkte in der Entwicklung der vielen Geisterreiche zeitlich zusammentreffen zu lassen.

Kehren wir nach diesem Überblick über die Organisationsbedingungen zu dem zweiten Hauptsatz der Energetik zurück, so ergibt sich, daß die Konstanz der relativen Spannungen, selbst

wenn sie bestände, doch für sich allein ohnmächtig wäre, die Fortdauer der Organismen zu verbürgen, weil diese noch von ganz anderen Bedingungen abhängt als von dem Spannungsverhältnis. Schon der Hinblick auf das Weber-Fechnersche Gesetz der Sinnesempfindung lehrt, daß das logarithmische Verhältnis nur innerhalb gewisser Grenzen gilt, jenseits derselben aber seine Gültigkeit verliert. Aber das Gesetz des konstanten Spannungsverhältnisses bei fortschreitender Verminderung der Intensitätsdifferenz hat, wie Stern richtig bemerkt, „gar keinen Tatsächlichkeitswert“, sondern beruht auf der Fiktion, daß nur eine Energiequalität in einem geschlossenen Gebilde vorhanden sei und der Ausgleich durch keine Maschinenbedingungen gestört werde.¹⁾ Deshalb läßt sich auch aus jenem deduktiv richtig abgeleiteten Gesetze gar nichts folgern.

In erster Reihe hängt die Möglichkeit des Lebens von einer absoluten Intensitätsgröße ab, nämlich von der Temperatur und Belichtung; denn von der absoluten Temperatur hängt nicht nur der Aggregatzustand, sondern auch die Bestandfähigkeit labiler Verbindungen und die chemische Aktionsfähigkeit ab. Sehr hohe Temperaturen bewirken Dissoziation der chemischen Elemente, sehr niedrige lähmen die chemische Aktionsfähigkeit der Elemente. Mag es auch noch andere Arten von Organismen als Plasmaorganismen geben, so ist doch für die beiden unverrückbaren Schwellen der Existenzfähigkeit jeder Art die absolute Temperatur entscheidend.

Die zweite Bedingung für die Möglichkeit der Organismen ist das Nebeneinanderbestehen verschiedener Energiearten und ihre Umsatzfähigkeit ineinander. Wo nur noch eine Energieart besteht, wo z. B. alle anderen Energiearten in Wärme übergegangen sind, da fehlt die Möglichkeit des Lebens. Selbst wenn die thermische Energie noch Intensitätsunterschiede auf molare Entfernungen zeigt, so hängt doch die Möglichkeit ihres Umsatzes in eine andere Energieart von dem Vorhandensein von Maschinenbedingungen ab, und die Möglichkeit dieser von dem Vorhandensein anderer Energiearten als Wärme (nämlich von Festigkeit und Elastizität starrer Körper). Alle unsere Organismen leben entweder (wie die Tiere und Pilze) von aufgespeicherter chemischer

¹⁾ A. a. O. Bd. 121, S. 192, Bd. 122, S. 37—38.

Energie, die sie umsetzen, oder von strahlender, die sie in chemische umsetzen; ohne die Umwandlung der Energiearten in und aus chemischer ist kein Leben möglich.

Die dritte Bedingung ist eine gewisse bestimmte Größe der Intensitätsdifferenzen. Es ist nicht nötig, daß die Temperatur eines Organismus sich von der seiner unmittelbaren Umgebung unterscheide, aber es ist nötig, daß er entweder strahlende Energie aufnimmt, die einen Ausgleich zwischen der Intensitätsdifferenz der Strahlungsquelle und ihm selbst darstellt, oder aber chemische Energie von höherer Spannung, als die noch entbehrlichen Bestandteile seiner selbst sie besitzen. So wenig die absolute Größe der Intensitätsdifferenz die einzige Bedingung des Lebens ist, und so wenig deshalb „bestimmten Größen absoluter Intensitätsdifferenzen bestimmte biologische Wirksamkeitsgrade eindeutig zugeordnet“ sind (Bd. 121, S. 181), so ist doch eine gewisse absolute Größe der Intensitätsdifferenz auch eine unentbehrliche Bedingung des Lebens, so gut wie die beiden vorgenannten. Wenn die Temperatur der Sonnenoberfläche nur noch ein Milliontel Grad höher wäre als die der Erde, so würde auch noch Strahlung von der Sonne zur Erde stattfinden; aber daß diese Strahlung unter irgend welchen organischen Maschinenbedingungen ausreichen könnte, um Pflanzenwachstum zu unterhalten, wird wohl niemand annehmen.

Alle diese drei Bedingungen läßt Stern beiseite und läßt nur die Größe des Spannungsverhältnisses als maßgebend für die biologische Wirksamkeit gelten, um aus deren Konstanz unter fiktiven Voraussetzungen auf die Konstanz des Lebens unter den tatsächlich gegebenen Voraussetzungen zu schließen. Nun ist aber die Größe des Spannungsverhältnisses nur in so weit maßgebend für das Leben, als innerhalb des von den drei vorausgeschickten Bedingungen gewährten Spielraumes durch Anpassung ein zweckmäßiger Mechanismus zur Selbstregulation oder Selbststeuerung des Lebens erworben ist. Dieser regulatorische Mechanismus dient dazu, das individuelle Leben innerhalb der Grenzen der individuellen Anpassung von der stark schwankenden absoluten Größe der Intensitätsdifferenzen möglichst unabhängig zu machen, und dies geschieht dadurch, daß die biologische Empfänglichkeit auf die im allgemeinen weniger schwankenden Intensitätsverhältnisse eingestellt wird. Die Einrichtungen, durch welche

dies für jede Energieart erreicht wird, sind uns vorläufig erst zum kleinen Teil bekannt; wir wissen beispielsweise noch nichts davon, wie die Vögel es anfangen, ihre Eigenwärme konstant zu erhalten. So weit wir aber diese Einrichtungen kennen, z. B. die Schweißdrüsen- und Hautreaktionen der Säugetiere, verstehen wir auch, daß sie immer nur erworbene Regulationsmechanismen, aber keineswegs ursprüngliche Eigenschaften alles Plasmas sind. Bei den meisten Energiearten können wir noch gar nicht die Intensitätsverhältnisse in exakter Weise in Rechnung stellen, weil wir keinen absoluten Nullpunkt und deshalb auch keine absoluten Intensitätsgrößen kennen.

Aber selbst wenn das Leben von Natur den Spannungsverhältnissen proportional wäre, so gälte dies nach unserer Erfahrung doch nur innerhalb recht enger Grenzen, und es wäre nicht statthaft, diese Grenzen zu überspringen und diese Proportionalität ganz allgemein zu behaupten. Am wenigsten wäre es zulässig, mit Beiseitlassung der ersten drei Bedingungen des Lebens die unendliche Dauer des Lebens an jedem Punkte der Welt bloß darum zu behaupten, weil der Weltprozeß sich nach dem zweiten Hauptsatz nur asymptotisch dem Stillstand nähert, ohne ihn je zu erreichen. Diese Asymptotik des Prozesses habe ich keineswegs „übersehen“, wie Stern behauptet; ich habe vielmehr die Endlichkeit des Prozesses nach vorwärts dahin erläutert, daß er „immer schwächer wird und sich immer mehr dem Gleichgewichtszustand nähert“. ¹⁾ Die Energie ist entwertet, wenn sie gar keinem Leben mehr zu dienen vermag; sobald dieser Punkt im Prozeß erreicht ist, hat der Prozeß als „Entwertungsprozeß“ sein definitives Ende erreicht, mag er auch als mechanischer Molekularprozeß noch weiter gehen. Berücksichtigt man auch über diesen Zeitpunkt hinaus noch den Umsatz der noch verbleibenden molaren Energieunterschiede in molekulare, so kann man doch noch trotz der Asymptotik diesen Restprozeß mit Recht als endlich ansprechen. Denn unendliche Dauer kommt ihm nur in demselben Sinne zu, wie die in ihm auszugleichenden Temperaturunterschiede auf molare Entfernungen unendlich klein werden. In demselben Sinne wie man diese unberücksichtigt zu lassen berechtigt ist, darf man auch die unendliche Dauer des Prozesses mit unendlich kleinen

¹⁾ „Die Weltanschauung der modernen Physik“, S. 33, Z. 6—5 v. u.

Temperaturdifferenzen unberücksichtigt lassen und den Prozeß endlich nennen.

Für den eudämonologischen Pessimisten, der an ein Übergewicht der Unlust in allem Leben glaubt, wäre es die furchtbarste Steigerung des Pessimismus, wenn er an die unendliche Dauer des Weltprozesses und des Lebens in ihm glauben müßte. Dagegen ist es relativ tröstlich für ihn, wenn er annehmen darf, daß der Prozeß und noch früher das Leben in ihm jedenfalls auch schon nach physikalischen Gesetzen einmal zu Ende gehen muß. Für den eudämonologischen Optimisten wäre allerdings die Aussicht auf unendliche Dauer der Lebenslust der Gipfel alles Optimismus; aber auch die Aussicht auf ein natürliches Ende des Lebens würde ihm den Optimismus keineswegs in das Gegenteil verkehren. Er müßte dankbar bleiben für das genossene und noch so lange zu genießende Gute, anstatt zu murren, daß ihm nicht gleich die ausschweifendsten Ansprüche auf endlosen Glücksgenuß erfüllt werden. Von „physikalischem Pessimismus“ zu reden, dazu besteht also unter dem eudämonologischen Gesichtspunkte keinerlei Berechtigung.

Unter dem evolutionistischen Gesichtspunkte wäre die Bezeichnung „physikalischer Pessimismus“ nur dann zu begründen, wenn der ganze Weltprozeß ein Devolutionsprozeß auch in bezug auf das Leben wäre, wie er ein Devolutionsprozeß in bezug auf die Wirkungsfähigkeit der Energie ist. Das ist aber so weit gar nicht der Fall, wie unsere Erfahrungen und Analogieschlüsse reichen. Auf jedem Lebensschauplatz steigt zunächst die Günstigkeit der Lebensbedingungen und die Befähigung zu ihrer Ausnutzung, und erst später folgt der aufsteigenden Entwicklungsphase eine absteigende. Da beide sich ausgleichen, so kann man nicht von evolutionistischem Pessimismus, sondern nur von evolutionistischem Indifferentismus reden. So viel ist aber richtig, daß ein evolutionistischer Optimismus in seinen Wurzeln vernichtet ist, wenn auf allen Lebensschauplätzen nur Wellen des Lebens auftauchen, um spurlos wieder zu verschwinden.

Alle diese Folgerungen gelten aber nur für denjenigen, welcher den physikalischen Gesetzen eine ewige, unaufhebbare Geltung zuschreibt. Wenn der zweite Hauptsatz die Endlichkeit des Weltprozesses nach rückwärts zur Konsequenz hat, so deutet er dadurch schon darauf hin, daß die Naturgesetze erst zu einer

gewissen Zeit angefangen haben zu gelten, und bereitet dadurch unvermerkt auf den Gedanken vor, daß sie auch zu einer gewissen Zeit wieder aufhören können zu gelten. Mir kam es nur darauf an zu zeigen, daß selbst unter der Voraussetzung ihrer ewigen Geltung kein Grund besteht, die ewige Lebensqual zu fürchten, sondern die Zuversicht auf die endliche Erlösung der Welt vom Leiden selbst aus rein physikalischen Gründen berechtigt ist.

Faßt man den Gedanken ins Auge, daß die Naturgesetze ihre Geltung verlieren können, bevor sie Zeit hatten, ihre langweiligen letzten Konsequenzen im Prozeß zu ziehen, dann braucht man nur diesen Zeitpunkt der Außerkraftsetzung der Naturgesetze mit dem Gipfelpunkt der Entwicklung des bewußtgeistigen Lebens in der Welt zusammenfallend zu denken, um auch an dem evolutionistischen Optimismus festhalten zu können. Diese Ansicht habe ich von jeher vertreten; ihr wurde aber von naturwissenschaftlicher Seite die Ewigkeit des Lebens auf Grund des ersten Hauptsatzes entgegengehalten. Da schien es mir nicht unzeitgemäß darauf hinzuweisen, daß die Physik ebenso wie ich ein Ende des Lebens- und Weltprozesses auf Grund des zweiten Hauptsatzes anzunehmen genötigt ist, nur ein viel langweiligeres, ein Ausbummeln statt einer teleologischen metaphysischen Katastrophe.

XIV. Die Finalität in ihrem Verhältnis zur Kausalität.

Man findet bei denjenigen Naturforschern, die eine kosmische Finalität in irgend welchem Sinne gelten lassen, vielfach die Ansicht verbreitet, daß die Finalität eine rein metaphysische und psychologische Kategorie sei, die nur hinter, aber nicht neben der Kausalität ihren Platz habe und in der Naturbetrachtung nur insoweit legitimiert sei, als die kausalen Naturgesetze von einer metaphysischen Finalität abgeleitet werden. Auf diese Weise glauben sie einerseits, die Naturwissenschaften vor jeder Einmischung der Finalität und jeder Zumutung, sich um Zwecke zu kümmern, schützen und andererseits dem ethischen und religiösen Bedürfnis des Menschen die unentbehrlichen Anknüpfungen an eine teleologische Weltbetrachtung überhaupt wahren zu können. Wäre diese Auffassung im Rechte, so hätte es keinen Sinn, die Finalität in der Biologie zu berücksichtigen. So sehr ich nun damit einverstanden bin, daß die Finalität die höhere Kategorie im Vergleich zur Kausalität ist, so kann ich doch der Ausschließung der Finalitätskategorie aus der Naturseite der Erscheinungswelt nicht zustimmen. Der Gegenstand scheint wichtig genug, um die Gründe gegen die Koordination von Finalität und Kausalität in der Natur einer Nachprüfung zu unterziehen. Eine zusammenhängende Darlegung dieser Gründe würde man bei Naturforschern vergebens suchen; man muß dazu schon die Philosophen aufsuchen. Am besten scheint mir die Darlegung, die Edmund König im XIX. Bande der „Philosophischen Studien“ S. 418—458 zur Begründung dieses auch von ihm vertretenen Standpunktes (S. 451—452) gegeben hat. Es sind hauptsächlich folgende:

1. Finalität vollzieht sich nur mittelbar in einer Reihe von Veränderungen, Kausalität zwischen zwei unmittelbar aufeinander folgenden Veränderungen (S. 444).

2. Finalität und Kausalität sind nur dadurch zu koordinieren, daß man beide unter Abstraktion von der Zeit auf das Schema zeitloser logischer Determination zurückführt, womit aber beide gleichmäßig aufgehoben werden und nur ein Drittes, die logische Abhängigkeit, übrig gelassen wird (S. 426).

3. Von einem immanenten „Streben“ nach einem Zweck ist in den Naturprozessen objektiv nichts zu bemerken; die Finalität ist nur eine Deutung des Vorganges (S. 437).

4. Finalität ist nur Willenshandlungen beizulegen, und sie schließt damit einen hypothetischen Faktor mehr ein als die Kausalität (S. 429).

5. Die Finalität ist nicht ein notwendiger Gedanke, der sich uns aufzwingt, sondern bloß eine Hypothese (S. 433, 435).

6. Die Finalität ist von bewußten Vorgängen abgeleitet; diese bewußte Finalität braucht zwar unbewußte Zwischenglieder, aber das berechtigt nicht dazu, von unbewußter Finalität zu sprechen (S. 420—424, 429).

7. Selbst in einer unbewußten Finalität würden beide unmittelbar verbundenen Glieder disparaten Gebieten angehören (S. 429).

8. Neben der Kausalität der unorganischen Naturgesetze ist in der Natur kein Platz für Kräfte, die eine höhere Finalität verwirklichen sollten (S. 439—443).

9. Finalität hat nur regulative, keine konstitutive Gültigkeit in der Natur (S. 446).

10. Eine schöpferische Betätigung des transzendenten Weltgrundes wäre unvereinbar mit dem Kausalgesetz, das nur phänomenale Ursachen zuläßt (S. 450, 453).

Diese zehn Punkte sind der Reihe nach zu betrachten.

1. Sowohl die Finalität als auch die Kausalität können wir nur auf Veränderungen anwenden, die durch Zwischenglieder miteinander verknüpft sind; denn unmittelbar aufeinander folgende Veränderungen, die nur durch ein Zeitdifferential getrennt sind, entziehen sich unserer Beobachtung. Könnten wir sie wahrnehmen, so würde uns nichts hindern, beide Kategorien in gleicher Weise auf sie anzuwenden.

2. Eine unzeitliche logische Abhängigkeit ist weder Finalität noch Kausalität; eine zeitliche logische Determination ist sowohl Finalität, als auch Kausalität. Der Panlogismus kann die Zeitlichkeit der logischen Determination nicht erklären, weil die Zeitlichkeit nichts Logisches ist; der Panthelismus oder universelle Voluntarismus, den König vertritt (S. 456), muß die rein logische Abhängigkeit durch den universellen Willen zu einer realen werden lassen und bringt durch die Willenstätigkeit ganz von selbst die Zeitlichkeit mit in sie hinein.

3. Von einer immanenten Zwecktätigkeit ist in den objektiven Naturvorgängen ebensowenig etwas zu bemerken wie von kausaler Verknüpfung; beides sind in genau gleichem Sinne bloße Deutungen, die als subjektive Zutaten hineingelegt werden, um sich die Vorgänge verständlich zu machen und sich in der Natur zu orientieren.

4. Wenn die Finalität nur Willenshandlungen beizulegen ist, die in der Natur nur hypothetische Faktoren sind, so gilt doch das nämliche auch von der Kausalität. Ohne vorausgesetzte Willenshandlungen in der Natur, ohne eine dynamische, d. h. voluntarische Deutung der Naturvorgänge käme die Kausalität ebensowenig wie die Finalität über eine un reale, bloß logisch-ideelle, unzeitliche Abhängigkeit hinaus, ohne zu dem zu werden, wodurch sie sich von dieser unterscheiden soll. Die Finalität enthält also nicht einen hypothetischen Faktor mehr als die Kausalität.

5. Hypothetisch ist, ob im gegebenen Einzelfall ein finaler bzw. ein kausaler Zusammenhang zwischen zwei Veränderungen besteht, ob dies oder jenes Zweck bzw. Ursache einer bestimmten Veränderung ist, hypothetisch, ob die Finalität bzw. die Kausalität überhaupt einen wirklichen Zusammenhang darstellt oder eine bloße subjektive Einbildung ist, hypothetisch, ob das Finalgesetz bzw. das Kausalgesetz ein unverbrüchliches, ausnahmsloses Naturgesetz ist, da beide doch nur durch lückenhafte Induktionen erschlossen sind. Nicht hypothetisch, sondern ein logischer Denkwang ist hingegen das instinktive Auftauchen der finalen bzw. kausalen Verknüpfungsweise, um sie versuchsweise auf gegebene Veränderungen anzuwenden, ferner die Ableitung eines Wahrscheinlichkeitskoeffizienten aus den gegebenen Voraussetzungen und endlich die Überzeugung, daß die Hypothese einer

reell bestehenden finalen bzw. kausalen Verknüpfung im gegebenen Fall die Wahrscheinlichkeit habe, welche der a priori abgeleitete Wahrscheinlichkeitskoeffizient angibt. Der apriorische Denkwang aller Kategorien und Denkgesetze kann niemals ein apriorisches Urteil von apodiktischer Gewißheit über reale Verhältnisse liefern, sondern nur Gewißheit über die formale Richtigkeit formaler Gedankenverknüpfungen und über die Richtigkeit eines reellen für wahrscheinlich Haltens. Der Grad der realen Wahrscheinlichkeit wächst mit dem unter logischer Nötigung abgeleiteten Wahrscheinlichkeitskoeffizienten nach Maßgabe der Daten, kann aber niemals, weder für einen Einzelfall noch für die Gültigkeit des Final- und Kausalgesetzes überhaupt, die Gewißheit erreichen. Auch hierin stehen Finalität und Kausalität einander völlig gleich.

6. Wenn bei der mittelbaren Kausalität das Verhältnis zwischen jedem Gliede und einem Zwischengliede als kausales gedeutet wird, so muß auch bei der mittelbaren Finalität das Verhältnis zwischen jedem der Glieder zu einem Zwischengliede als ein finales Verhältnis gedeutet werden. Wenn nun zugestanden wird, daß die sogenannte bewußte Finalität eine mittelbare Finalität ist, die durch mindestens ein unbewußtes Zwischenglied vermittelt ist, so muß auch das Verhältnis ihrer Glieder zu dem Zwischengliede final gedeutet werden. Das gleiche gilt für mehrere unbewußte Zwischenglieder; sie müssen in finaler Verknüpfung miteinander stehen, wenn nicht die finale Verknüpfung des Anfangs- und Endgliedes zur bloßen Einbildung herabgesetzt werden soll. Die Übertragung der finalen Verknüpfung auf unbewußte Glieder ist unvermeidlich, wenn nicht die mittelbare finale Verknüpfung des Anfangs- und Endgliedes durchschnitten werden und ihrer Vermittelung beraubt werden soll. Sie ist es auch unter dem andern Gesichtspunkt, daß dieselben Glieder einer Finalreihe bald bewußt, bald unbewußt sein können.¹⁾

7. Daß selbst in einer unbewußten Finalität beide unmittelbar verbundenen Glieder noch disparaten Gebieten angehören würden, läßt sich nur behaupten, wenn man entweder an relativ unbewußte psychische Phänomene statt an absolut unbewußte psychische Tätigkeiten (Willensakte) denkt, oder wenn man absolut unbe-

¹⁾ Vergl. meine „Kategorienlehre“. Leipzig 1896, S. 454.

wußte Willensakte und physische Kraftäußerungen materiebildender Kräfte als disparate Gebiete betrachtet. Ich kann nur die bewußte psychische Erscheinung und die absolut unbewußte Willenstätigkeit als disparaten Gebieten, als verschiedenen Sphären der Erscheinungswelt zugehörig ansehen, meine dagegen, daß unbewußte Innervationsimpulse des Willens und physische Kräfte demselben Gebiete, der Sphäre der Natur oder objektiv realen Erscheinung angehören. Die Finalität als unbewußte entspricht der isotropen Kausalität innerhalb derselben Erscheinungssphäre; die Finalität mit bewußten Gliedern entspricht der allotropen Kausalität, die von einer Erscheinungssphäre in die andere übergreift.¹⁾ Auch hier ist also der Parallelismus zwischen der Tragweite der Finalität und der der Kausalität ein vollständiger, freilich nur, wenn man im Bereiche der Kausalität auch die allotrope anerkennt. Ohne allotrope Kausalität ist aber eine reale Einwirkung des Menschengesistes auf die Natur und damit auf andere Menschengesister unmöglich; nur durch sie, nicht durch eine bloß metaphysische Finalität als Quelle für die Beschaffenheit der anorganischen Naturgesetze, ist die „Automatentheorie“ samt ihren wirkungsunfähigen psychischen Begleiterscheinungen zu überwinden. Denn ohne die allotrope Kausalität sinkt die bewußt-psychische Kausalität des Menschen auf die Natur und die anderen Menschengesister zur Illusion herab, und mit der bewußt-psychischen Kausalität geht auch die Grundlage verloren, von der aus die Finalbeziehung auf unbewußte Vorgänge übertragen werden kann.

8. Mit Recht betont König, daß Elemente durch ihr bloßes Zusammensein keine neuen Kräfte gewinnen können, daß vielmehr die aus ihrem geordneten Zusammensein entspringenden Kraftwirkungen nur sekundäre Kombinationsresultate und ihre Gesetze nur sekundäre Kombinationsgesetze sein können (S. 439, 441). Alle diejenigen zweckmäßigen Reaktionen, welche allein aus einem geordneten Zusammensein unorganischer Elemente entspringen, machen nur die „statische Teleologie“ offenbar, die in der Ordnung der Elemente, in der physiko-chemischen und anatomischen Struktur liegt. Sie führen über eine „passive Angepaßtheit“ des Baus und eine auf sie gestützte „Maschinentheorie des Lebens“

¹⁾ Vergl. meinen Aufsatz „Die allotrope Kausalität“ im Archiv für syst. Phil., V, Hft. 1, S. 1—24.

nicht hinaus (Reinkes „Systemkräfte“ oder „Arbeitsdominanten“). Ob die Entstehung dieser Strukturen auf rein mechanische Prozesse mit oder ohne den Hintergrund einer metaphysischen Teleologie oder auf Zusammenwirken physiko-chemischer und vitaler Kräfte zurückzuführen ist, bleibt dabei zunächst offene Frage. Diese Frage ist aber nicht dadurch zu entscheiden, daß durch einen Machtspruch alle Wirkungen am Organismus für Resultanten oder Kombinationen unorganischer Elementarwirkungen erklärt werden (S. 439). Die Zuwachse an passiver Angepaßtheit können vielleicht durch mechanische Prozesse ohne immanente Finalität, vielleicht aber auch nur durch „aktive Anpassung“, durch „dynamische Teleologie“ mit höherer organischer Gesetzmäßigkeit („Autonomie der Lebensvorgänge“), durch vitale Kräfte (Reinkes „Gestaltungsdominanten“) entstehen. Darüber schwebt in den biologischen Wissenschaften noch immer der Streit; aber mehr und mehr ihrer Vertreter beginnen sich darauf zu besinnen, daß es einer beschränkten Wissenschaft auch geziemt, sich ihrer Grenzen bewußt zu bleiben und nicht jenseits derselben negative Urteile als fachwissenschaftlich beglaubigte zu fällen. Hier handelt es sich nur darum, festzustellen, daß aus der Unveränderlichkeit der materiellen Elemente und ihrer Gesetze keineswegs die Unmöglichkeit der Beteiligung höherer Kräfte mit eigener Gesetzmäßigkeit gefolgert werden kann, wie König behauptet (S. 443).

Wenn man Superposition einer anorganischen Kraftwirkung über eine andere als Störung, Einschränkung oder Suspension der Gesetzmäßigkeit der zweiten durch die der ersten bezeichnen will, dann ist die ganze unorganische Natur voll von solchen Störungen. Will man auf sie diese Begriffe nicht anwenden, so fällt auch das Recht fort, sie auf die Superposition etwaiger vitaler Kraftwirkungen über unorganische anzuwenden. Nicht nur in der höheren Gesetzmäßigkeit solcher vitaler Kräfte ist die Kausalität von Finalität durchdrungen, sondern schon in derjenigen der unorganischen Elemente (Uratome). Die Zwecke der Individualwillen niederster Ordnung sind nur so viel einfacher und tiefer stehend als die der Individualwillen höherer Ordnungen, wie die Gesetzmäßigkeit der ersteren einfacher und tiefer stehend als die der letzteren ist. Nur die Gesetzmäßigkeit der ersteren läßt sich mathematisch formulieren, weil sie sich auf Zentralkräfte mit

Potential bezieht, die der letzteren nicht, weil sie sich auf nicht zentrierte Kräfte ohne Potential bezieht, die deshalb auch nicht wie jene ersteren die Erscheinung der Materie hervorbringen. Aber selbst die mathematisch formulierbare Gesetzlichkeit enthält variable Momente neben konstanten in sich und ist nicht immer eindeutig bestimmend (z. B. bei mehreren Wurzeln oder bei sich gabelnden Integralen). Zu je höherer Gesetzlichkeit man aufsteigt, desto mehr werden die konstanten Momente von variablen überwogen und desto mehr tritt Mehrdeutigkeit an Stelle der Eindeutigkeit. Wie die Individuen der verschiedenen Stufen nur individualisierte Teiltätigkeiten der universellen Willenstätigkeit sind, so sind auch die Individualzwecke der verschiedenen Individuationsstufen nur individualisierte Teilzwecke der universellen Finalität. Wir übersehen nur bei den niederen Stufen leichter über der Seite der kausalen Gesetzlichkeit die Seite der Finalität, weil uns die Zwecke zu niedrig scheinen, bei den höheren Stufen leichter über der Finalität die kausale Gesetzlichkeit, weil sie unserem Verständnis zu kompliziert ist. Es gibt keine Konflikte zwischen Finalität und Kausalität, sondern nur zwischen Aktionen gleicher oder verschiedener Individualitätsstufe, die immer final und kausal zugleich sind. Eine jede von ihnen verfolgt einerseits die Zwecke der eigenen Individualitätsstufe und andererseits die der höheren Individualitätsstufen bis zur universellen Finalität hinauf, die alle Zwecke aller Individualitätsstufen in sich einschließt. Bei den unorganischen Aktionen tritt die universelle Zweckmäßigkeit der unorganischen Gesetzlichkeit in den Vordergrund, bei den organischen Aktionen die der besonderen Individualitätsstufe. Aber auch die unorganischen Aktionen verfolgen gleichzeitig die besonderen Zwecke ihrer Individualitätsstufe, nämlich der Atome, und auch die organischen Aktionen dienen bewußt oder unbewußt, mit Willen oder wider Willen, zugleich der universellen Zweckmäßigkeit, so daß besondere und allgemeine Teleologie stets verbunden auftreten, und beide gleichmäßig sowohl in der unorganischen als auch in der organischen Natur vertreten sind. Ebenso ist auch die kausale Gesetzlichkeit des Geschehens auf jeder Individualitätsstufe gleichzeitig eine dieser Stufe entsprechende und eine in die höheren Stufen und die universelle Gesetzlichkeit sich eingliedernde. Die besondere Gesetzlichkeit der niederen Individualitätsstufen, z. B. der un-

organischen Natur, ist ja doch nur eine Abstraktion des menschlichen Denkens aus der universellen Gesetzlichkeit, die alle Individualitätsstufen der unorganischen und organischen Natur samt ihren abstrakten Sondergesetzen umspannt und als neben- und übereinander gelagerte gliedliche Mannigfaltigkeit ihrer selbst in sich schließt. So schließt auch die gesamte Naturdynamik ebenso wohl die dynamische Realisation der höheren Abstraktionen aus der universellen Gesetzlichkeit ein wie die der niederen, die alle final und kausal zugleich sind. Es kann ebensowenig gesagt werden, daß in der universellen Naturdynamik kein Platz für höhere Kräfte, als daß in ihr kein Platz für höhere Gesetzlichkeit vorhanden sei; aber final im individuellen und universellen Sinne sind die niederen Kräfte und Gesetze ebensogut wie die höheren.¹⁾

9. Jede Kategorie hat regulative und konstitutive Bedeutung zugleich, nämlich zuerst regulative in bezug auf den ihr gegebenen Stoff, den sie erst formen soll, hernach konstitutive in bezug auf das Vorstellungsgebilde, das sie aus jenem Stoff geformt hat. In bezug auf den ursprünglichen Bewußtseinsinhalt, das Empfindungschaos, haben alle Kategorien der Anschauung und des Denkens nur regulative Gültigkeit, die Kategorien des Empfindens dagegen (Qualität, Intensität, Zeitlichkeit) bereits konstitutive. Versteht man unter Erfahrung diesen ursprünglichen Bewußtseinsinhalt, so hat für sie die Kausalität ebenso bloß regulative Gültigkeit wie die Finalität. Versteht man dagegen unter Erfahrung das fertige empirische Weltbild, wie es unter der instinktiven Mitwirkung der Kategorialfunktionen zustande gekommen ist, so hat für sie die Finalität ebensogut konstitutive Gültigkeit wie die Kausalität. Es war ganz willkürlich von Kant, den Begriff der Erfahrung so zu bestimmen, daß die Kategorie der Kausalität an seiner Konstituierung bereits mit beteiligt gewesen sein sollte, die der Finalität aber nicht. Beide lassen sich wohl in der Abstraktion trennen, aber nicht in dem instinktiven Aufbau des empirischen Weltbildes. So wenig wir die Finalität zwischen erfahrungsmäßig gegebenen Gliedern zu denken vermögen, ohne die Kausalität zwischen ihnen mitzudenken, ebensowenig wären wir jemals dazu gelangt, die Kausalität zu denken, wenn wir

¹⁾ Vergl. meine „Kategorienlehre“ S. 421—425, 444—449, 463—467, 483 bis 492; „Phil. des Unbewußten“ 11. Aufl., Bd. III, S. 464—472.

nicht die eigene Finalität dabei als Stützpunkt hätten mitbenutzen können. Die Unterscheidung und Sonderung regulativer und konstitutiver Gültigkeit dürfte in allen ihren Anwendungen einer der schwächsten Punkte der Kantschen Philosophie sein.¹⁾

10. Zugegeben, daß der Begriff der Kausalität auf die Beziehungen zwischen Veränderungen, die beiderseits in der Erscheinungswelt liegen, beschränkt bleiben muß, so ist doch nicht zuzugeben, daß eine schöpferische Aktion des absoluten Weltgrundes, wenn eine solche eintritt, nicht auch der Erscheinungswelt angehört. Mag der schöpferische Weltgrund als solcher metaphysisch transzendent sein, — sobald er eine Tätigkeit entfaltet, die auf die Erscheinungswelt gerichtet ist und in ihr Veränderungen hervorbringt, so ist diese Tätigkeit eo ipso metaphysisch immanent und ein integrierender Bestandteil der Erscheinungswelt. Unter dem Gesichtspunkt des universellen Voluntarismus sind alle materiellen Kräfte genau in demselben Sinne Teile der universellen Willenstätigkeit wie die etwaigen vitalen dynamischen Funktionen, und beide wirken nach Naturgesetzen, die freilich so verschieden sind wie ihre Individuationsstufen und ihre Individualzwecke innerhalb der universellen Finalität. Ein „Wunder“ wäre nur der Eintritt einer solchen Aktion in den Zusammenhang der übrigen Aktionen des absoluten Weltgrundes, welche die logische Einheit und Gesetzlichkeit der universellen Finalkausalität durchbräche und aus deren Rahmen herausfiele, aber nicht eine solche, die sich mit ihrer Gesetzlichkeit in sie eingliedert und aus dem Universalzweck heraus logisch determiniert ist. —

Nach diesen Ausführungen dürften die Bedenken und Einwände Königs gegen die Gültigkeit der Finalität im Gebiete der Natur nicht stichhaltig scheinen. Wenn die Finalität überhaupt irgendwie Gültigkeit haben soll, so muß sie auch im Gebiete der Natur gelten; denn die bewußte Finalität hat nur dann eine reale Bedeutung, wenn sie als eine aus dem bewußt-psychischen Gebiet in das der Natur übergreifende gedacht wird. Eine Finalität, die sich bloß im Gebiete des Bewußtseinsinhalts oder der

¹⁾ Vergl. meine Schrift „Kants Erkenntnistheorie und Metaphysik in den vier Perioden ihrer Entwicklung. Leipzig 1894, S. 81, 190—191, 230—232, 239, 247—248. Ferner „Geschichte der Metaphysik“, II, Leipzig 1900, S. 38—39.

subjektiv-idealen Erscheinung hielte, ist ebenso unmöglich wie eine Kausalität in dieser Beschränkung.¹⁾ Wie die Hypothesen einer unbewußten und einer metaphysischen Finalität erst aus der bewußten Finalität herausgesponnen sind und mit dieser ihre Grundlage verlieren, so sinkt die bewußte Finalität zur Illusion herab, wenn sie auf das bewußt-psychische Gebiet eingeschränkt und ihr Übergreifen in die Natur gelehnt wird. Finalität und Kausalität sind auch im Reiche der Natur (in der Sphäre der objektiv-realen Erscheinung) gleichberechtigte und koordinierte Kategorien, die in der Wirklichkeit immer verbunden sind und nur durch die abstrahierende Tätigkeit des bewußten Denkens voneinander gesondert werden können.

Die Arbeitsteilung der Wissenschaften bringt es mit sich, daß die Naturwissenschaften sich nur die Erforschung der kausalen Beziehungen zum Ziel gesteckt haben. Die teleologische Betrachtungsweise kann anerkanntermaßen bei vorsichtiger kritischer Anwendung auch in ihnen von bedeutendem heuristischem Werte für die kausale Erforschung sein, wenngleich sie bei unkritischer Verwendung zu voreiligen Vermutungen verleiten kann. Aber die kausale Naturbetrachtung der Naturwissenschaften allein würde ein durchaus einseitiges und unvollständiges Bild der Natur geben, wenn sie nicht durch eine finale Naturbetrachtung ergänzt würde, wie jeder Mensch sie instinktiv und die Naturphilosophie sie mit Bewußtsein übt. Insofern der Naturforscher nebenbei auch Mensch und als Mensch mehr oder weniger Philosoph ist, kann auch er sich der finalen Naturbetrachtung gar nicht entziehen, obwohl sie ihm als Naturforscher nicht Ziel, sondern höchstens heuristisches Mittel sein darf. Nur wer sich dem Irrtum hingibt, als ob die naturwissenschaftliche Naturbetrachtung die einzige und erschöpfende sei, kann auf den Gedanken kommen, der Finalität jede kategoriale Bedeutung für die Natur überhaupt darum absprechen zu wollen, weil ihre Erforschung nicht das Ziel der Naturwissenschaften ist.

¹⁾ Vergl. meine „Kategorienlehre“ S. 439—442, 367—374.

XV. Die psychophysische Kausalität.

Wenn der Vitalismus möglich sein soll, so muß vor allem eine psychophysische Kausalität möglich sein, d. h. das psychische Agens in einem Organismus muß von gewissen Bewegungen beeinflusst werden können und nach Maßgabe der so erhaltenen Eindrücke auf den Organismus reagieren können. Hätte der psychophysische Parallelismus recht, so wäre der Vitalismus ebenso unmöglich, als wenn dem Materialismus oder der rein mechanistischen Weltanschauung das letzte Wort gebührte. Deshalb ist die Widerlegung der Einwände unerlässlich, die gegen meine Auffassung der psychophysischen Kausalität¹⁾ erhoben worden sind.

Königs Aufsatz: „Warum ist die Annahme der psychophysischen Kausalität zu verwerfen?“ in Bd. 119 der „Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik“ stellt einen Vermittlungsversuch dar zwischen den extremen Standpunkten des psychophysischen Parallelismus und der bisher üblichen Auffassung der Wechselwirkung zwischen Leib und Seele, aber einen Vermittlungsversuch, der sich dem Standpunkt des psychophysischen Parallelismus näher zu halten sucht als der meinige. Jedenfalls ist die Kluft zwischen unsern beiden Vermittlungsversuchen erheblich kleiner als die zwischen den extremen Standpunkten, und deshalb erscheint ein Verständigungsversuch zwischen den beiden ersteren nicht so aussichtslos wie ein solcher zwischen den beiden letzteren.

Nach König steht der metaphysische Parallelismus auf sehr schwachen Füßen und stellt in keiner seiner Gestalten eine haltbare Theorie dar (S. 23, 27). Der materialistische Subordinations-

¹⁾ Vergl. meine „Kategorienlehre“ S. 401—416 und „Die moderne Psychologie“ Kap. VIII, „Der psychophysische Parallelismus“, S. 317—422.

parallelismus, der das Geistesleben zu einer bedeutungslosen Begleiterscheinung physischer Prozesse macht, kann als endgültige Ansicht nicht in Frage kommen (32), und der spiritualistische Subordinationsparallelismus, der im Sinne des subjektiven Idealismus den Naturprozeß auf die Gesetzmäßigkeit der Bewußtseinsveränderungen zurückführt, ist ebenso ausgeschlossen (139). Die Idee des Parallelismus drückt für ihn nur noch das Unfähigkeitsbekenntnis zur befriedigenden Lösung des Problems bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft aus und vertröstet darauf, daß es einer unbestimmten Zukunft gelingen werde, dieses letzte und höchste Problem zu lösen, d. h. die Synthese von Sein und Bewußtsein, Natur und Geist zu vollziehen (138). Er erwartet die Lösung des sich jetzt noch als Antinomie darstellenden Problems vom transzendentalen Idealismus, d. h. von einem absoluten Idealismus, der Reales und Ideales zugleich in sich schließt (38).

Sein Interesse beschränkt sich vorläufig auf eine doppelte Negation; er bekämpft die Erweiterung des Naturbegriffs bis zum Einschluß des Geistes und die kausale Einwirkung der Natur auf den Geist und umgekehrt, sowohl denen gegenüber, welche dem bewußten Geist natürliche Wirkungen zuschreiben (124—125, 129), als auch mir gegenüber, der ich dem unbewußten Geist natürliche Wirkungen zuschreibe und zwischen dem Bewußtseinsinhalt und der unbewußten psychischen Betätigung desselben Individuums allotrope psychophysische Kausalität annehme. Da ich in ersterer Hinsicht mit ihm übereinstimme, so bleibt mir nur übrig, darzutun, daß seine Bekämpfung meiner Annahme von irrigen Voraussetzungen ausgeht und daß die letztere gerade die auch von ihm gesuchte hypothetische Synthese auf Grund eines absoluten Idealismus (genauer Realidealismus) liefert.

1. Die isotrope Kausalität zwischen unbewußt Psychischem und materiell Physischem.

König betrachtet mit Recht als einen Hauptgewinn der bisherigen Diskussionen die Erkenntnis, „daß es ausschließlich darauf ankommt, ob wir die Naturkausalität als eine geschlossene zu betrachten haben oder nicht“ (113). Es liegt ihm fern, diesen Satz für ein Axiom auszugeben (113); ein strenger Beweis dafür

läßt sich nicht führen, daß die vollständige Wirkung einer physischen Ursache und die vollständige Ursache einer physischen Wirkung ganz in der physischen Sphäre enthalten sind (120). Nur in der unorganischen Natur können wir glauben, diese Geschlossenheit aufzeigen zu können; die Übertragung von ihr auf die organischen, insbesondere die Gehirnvorgänge, ist nur insoweit gestattet, als wir beide Gebiete als gleichartig oder doch nicht wesentlich verschieden ansehen dürfen (121—122). Diese Gleichartigkeit hält nun König für höchstwahrscheinlich, wenn er auch das Hereinspielen psychischer Einflüsse nicht strikte widerlegen kann (122).

Die vitalistischen Tendenzen in der heutigen Biologie schiebt er als bloße Symptome einer zeitweiligen Entmutigung beiseite (123). Er beruft sich darauf, daß kein einziges Beispiel bekannt ist, welches unzweideutig die Mitwirkung eines immateriellen Agens im Organismus bewiese, und verwirft deshalb dessen Annahme als bloßes Vorurteil (137—138). Er erwägt aber dabei nicht, daß solches Agens, falls es vorhanden ist, keinesfalls mit den Sinnen oder mit Meßinstrumenten wahrgenommen, sondern nur mittelbar erschlossen werden kann, und daß die vitalistischen Richtungen der modernen Biologie dieses Erschließen auf Grundlage der umfassendsten Detailkenntnisse nicht unterlassen zu können glauben.

Die Stärke des Energiestroms, die durch einen Organismus fließt, ist teils von äußeren Bedingungen abhängig, teils davon, ob er die strahlende Energie der Sonne und die chemische Energie der Nahrungsmittel aufzusuchen und sich anzueignen versteht. Die Wanderungen und Wandelungen der Energie sind dagegen von den mikroskopischen und submikroskopischen Maschinenbedingungen des Plasmas der Organismuszellen abhängig. Schon die mikroskopischen Maschinenbedingungen sind wegen der Weichheit des Materials und der Feinheit seiner Unterschiede der sinnlichen Wahrnehmung größtenteils entrückt, die submikroskopischen, die kleiner als die halbe Lichtwellenlänge sind, bleiben für immer optisch unerreichbar. Ob die Änderungen dieser Maschinenbedingungen, durch welche die aktive Anpassung und die Formbestimmung der organischen Bildungsvorgänge sich vollzieht, auf mechanischem oder nichtmechanischem Wege, durch bloßes Zusammenwirken unorganischer Kräfte nach unorganischen Ge-

setzen oder durch gleichzeitige Mitwirkung höherer Kräfte mit komplizierterer Gesetzmäßigkeit zustande kommen, das kann niemals durch sinnliche Wahrnehmungen, sondern nur durch Schlüsse aus solchen entschieden werden. Der Mangel solcher Wahrnehmungen kann also keinesfalls etwas gegen die Mitwirkung höherer als unorganischer Kräfte beweisen.

Die Übertragung des in der unorganischen Natur Gültigen auf die organische Natur ist unzulässig, weil und sofern beide wesentlich verschieden sind. Ihre wesentliche Gleichheit droht jetzt als Axiom an die Stelle des fallen gelassenen Axioms von der geschlossenen Naturkausalität zu treten. Der einfache Augenschein zeigt aber schon die Verschiedenheit des Unorganischen und Organischen, und erst eine hypothetische Deutung des Organischen im mechanistischen Sinne sucht dem Augenschein zum Trotz uns diese Verschiedenheit abzu demonstrieren.

König gibt zu, daß eine Wechselwirkung zwischen Leib und Seele ohne Änderung der Energiesumme möglich ist (114, 116); d. h. aber mit anderen Worten, er kann die Naturkausalität nicht in dem Sinne, wie er es beansprucht, erweisen, nämlich so, daß nur materielle Kräfte, nur Elemente der Körperlichkeit miteinander in Wechselwirkung stehen (117). Er weiß, daß aus der bloßen Konstanz der Gesamtenergie die geschlossene Kausalität der unorganischen Natur nicht zu erweisen ist, daß man zu diesem Zwecke außer jenem ersten Hauptsatz der Energielehre noch andere energetische oder mechanische Gesetze zu Hilfe nehmen muß (114).

Das Axiom der geschlossenen Kausalität in der Natur überhaupt beweist noch gar nichts gegen die Wechselwirkungshypothese; erst seine Einschränkung auf die geschlossene Kausalität der unorganischen materiellen Natur nach unorganischen rein physikalischen Gesetzen macht die psychophysische Kausalität unmöglich. Aber gerade in dieser Beschränkung ist die geschlossene Naturkausalität eine ebenso unerwiesene wie unabweisbare Annahme, die im höchsten Grade unwahrscheinlich ist, wenn auch viele Naturforscher des letzten halben Jahrhunderts sie sich als Vorurteil angeeignet haben.

König hat ohne Zweifel recht, wenn er alle „Systemkräfte“, d. h. alle aus dem Zusammenwirken unorganischer Kräfte in einem System nach bloß unorganischen Gesetzen entspringenden Gesamtkraftäußerungen, auch wenn sie noch so sehr den Schein

von etwas ganz neuem im Vergleich mit ihren Komponenten vor- spiegeln, für ganz ungeeignet erklärt, um eine mehr als bloß physische, um eine psychophysische Kausalität zu ermöglichen (130, 134—137). Alle Summationsphänomene aus bloß physikalischen Komponenten bleiben auch rein im physikalischen, unorganischen Gebiet und können niemals eine Grenzüberschreitung desselben erklären. Alle Systemkräfte beziehen sich nicht bloß auf dieses bestimmte materielle System als Zielpunkt, sondern entspringen aus ihm als ihrem Ausgangspunkt und haften an ihm als ihrem Träger und Produzenten, da sie nur kompliziertere Kooperationsweisen materieller Elementarkräfte darstellen und von gar keinen anderen als materiellen Bedingungen abhängig sind. Die Systemkräfte können infolge zweckmäßiger Maschinenbedingungen des Systems wohl eine passive Angepaßtheit an bestimmte Leistungen, aber niemals aktive Anpassung, niemals Überschreitung ihres rein automatischen Maschinencharakters, niemals zweckmäßige Selbstbestimmung nach Maßgabe veränderter äußerer Bedingungen zeigen.

König stimmt mit mir darin überein, daß die Materie ein System von Zentralkräften oder Potentialkräften ist, d. h. von Kraftpunkten, die sich durch ihre Beweglichkeit im Raum bei gleichbleibender Wirkungsweise von bloßen Raumpunkten unterscheiden, und daß von immateriellen Kräften nur da gesprochen werden kann, wo Veränderungen auftreten, die nicht aus irgend welchen Zentralkräften abzuleiten sind, sondern auf Kräfte ohne Zentrum, d. h. ohne gemeinsame Ausgangspunkte ihrer Wirkungen, oder mit anderen Worten: auf potentiallose Kräfte, bezogen werden müssen (129). Die materiellen Kräfte gehen von bestimmt lokalisierten Massen aus; die immateriellen Kräfte können nicht auf Massen als ihre Ausgangspunkte oder Träger bezogen werden, da solche ja nur Systeme von Zentralkräften oder materiellen Kräften sind (131). Da auch die materiellen, d. h. die Materie konstituierenden Kräfte ihrem Wesen nach ebenso immateriell wie unräumlich sind und keineswegs in dem gemeinsamen Ausgangspunkt ihrer Wirkungen ihren „Sitz“ haben, so habe ich die Kräfte lieber in „materiierende“ und „nicht materiierende“ als in materielle und immaterielle gesondert, um Verwirrung zu vermeiden. König hat dies dahin ausgelegt, als ob nur die Undurchdringlichkeit eine materiierende Kraft sei, alle anderen un-

organischen Kräfte aber nicht materiierende Kräfte seien (129). Dies entspricht aber nicht meiner Meinung.

Die Undurchdringlichkeit ist gar keine Elementarkraft, sondern eine Systemkraft, die je nach der Konstituierung des Systems durch die Zentralkräfte in sehr verschiedenem Grade resultiert. In aller Strenge kommt sie nur absolut starren Körpern zu, die es gar nicht gibt. Zwei chemisch verschiedene Gase durchdringen sich vollständig, d. h. jedes von ihnen benimmt sich so, als ob das andere gar nicht da und der Raum völlig leer wäre. Ebenso ist eine Lösungsflüssigkeit vollkommen durchdringlich für die Ionen des in ihr gelösten Salzes, und diese bewegen sich in ihr genau so, wie sie sich als Gasmoleküle im leeren Raum bewegen würden. Gleichwohl halten wir an dem Schein der materiellen Raumerfüllung nicht bloß bei festen, sondern auch bei flüssigen und gasförmigen Körpern fest und schreiben sie sogar dem vierten Aggregatzustand, falls ein solcher existiert, zu (strahlende Materie, Elektronenströmung, Kathodenstrahlen). Es sind also noch ganz andere Merkmale außer der Undurchdringlichkeit, nach denen wir die materielle Raumerfüllung abschätzen, z. B. Gewicht, Gasdruck, Lichtbrechung usw. Wenn ich von materiierenden Kräften spreche, so meine ich nicht die resultierenden Systemkräfte, die wir wahrnehmen, sondern die bloß erschlossenen Elementarkräfte oder Zentralkräfte; von diesen aber sind alle materiierend, obwohl nur ein Teil von ihnen, nämlich die abstoßenden, Undurchdringlichkeit haben, und ein anderer Teil, nämlich die anziehenden, unbehindert durcheinander hindurchschwingen.

Die materiierenden Kräfte erscheinen vom empirischen Standpunkt aus als etwas Dingliches, weil sie eben durch ihr Wirken den Schein der materiellen Raumerfüllung oder physischen Körperlichkeit hervorrufen. Dieser Schein hat aber, eben weil er erst ein Produkt ihrer Wirkungsweise ist, gar nichts mit der Frage zu tun, ob diese Kraftäußerungen eine Substanz oder ein Subjekt hinter sich haben oder nicht, und ob bejahendenfalls jede Zentralkraft ein besonders substantielles Subjekt hat, oder ob sie alle zusammen ein gemeinsames haben.

Die nichtmateriierenden Kräfte, die sich darauf beschränken, die submikroskopischen Maschinenbedingungen im lebenden Protoplasma abzuändern, also immer unwahrnehmbar bleiben, können niemals den Schein der materiellen Raumerfüllung, der Körperlich-

keit oder Dinglichkeit hervorbringen, so daß bei ihnen auch jede Möglichkeit, Dinglichkeit mit Substantialität zu verwechseln, von vornherein ausgeschlossen ist. Sie sind Agentien, aber keinesfalls etwas Dingliches, wie König irrtümlich voraussetzt (131); sie sind ebensowenig Dinge vom empirischen Standpunkt betrachtet, wie Sondersubstanzen oder Wesenheiten vom ontologischen (136). Sie sind nur Kraftäußerungen, gleichviel, ob man die Funktion in ihnen als ein letztes betrachtet, oder ob man sie als eigenartige Betätigungen desselben absoluten substantiellen Subjekts auffaßt, dessen andersartige Betätigungen die materiierenden Kräfte sind.

Es gibt nach meiner Ansicht wohl materielle Dinge und immaterielle Agentien, aber weder materielle noch immaterielle Sondersubstanzen, und es ist nicht einzusehen, warum mit immateriellen aber materiierenden Agentien wiederum nur materiiierende und nicht auch nichtmateriiierende in Wechselwirkung stehen können sollten (133 Anm.). Können materiiierende substanzlose Kraftäußerungen aufeinander wirken, so können es auch materiiierende und nichtmateriiierende; können aber die ersteren es nur, weil sie Tätigkeiten desselben Subjekts sind, so können auch materiiierende und nichtmateriiierende Tätigkeiten desselben Subjekts aufeinander wirken.

Wenn dabei die nichtmateriiierenden Kräfte nach höheren Gesetzen als die materiierenden wirken, so werden sie sich allerdings letzterer als eines Vehikels oder Werkzeugs zur Realisierung ihrer gesetzlichen Aufgaben bedienen, ohne daß man dabei die Geister des Spiritismus heranzuziehen braucht (136). Es ist nicht abzusehen, warum die Natur sich die Beschränkung auferlegt haben sollte, ihre Kräfte nur so spielen zu lassen, daß ihre Äußerungen von bestimmten Raumpunkten auszugehen scheinen; ja sogar es erscheint zunächst verwunderlich, warum sie auch nur einen Teil ihrer Kräfte unter das enge Gesetz der Potentialkraftwirkungen eingepfercht hat. Diese Beschränkung für einen Teil ihrer Kräfte wird aber sofort verständlich, wenn der übrige, höheren Gesetzen folgende Teil ihrer Kräfte an jenem ersten Teil ein konstantes, möglichst einfachen Gesetzen unterworfenes Werkzeug zu seiner Betätigung vorfinden sollte. Die relative Einfachheit und Konstanz der unorganischen Zentralkräfte wird also gerade erst aus teleologischem Gesichtspunkt als zweckmäßige Selbst-

beschränkung der Natur im werkzeuglichen Dienste höherer Kräfte begreiflich; denn die Natur in ihrer Fülle ist viel umfassender als jenes beschränkte Gebiet der unorganischen Kraftäußerungen.

Was die Wirkungsweise der nichtmateriierenden Kräfte betrifft, so bemerkt König ganz richtig, daß ihre Gesetzlosigkeit, wie die Indeterministen sie annehmen, ein bloßer Schein ist, der immer verschwindet, sobald auch Bedingungen nicht physikalischer Art mit in Betracht gezogen werden (130), z. B. die Individualzwecke und Individualcharaktere einer bestimmten Individualitätsstufe. „Dauernd existiert die Kraft nicht als aktuelles Wirken, sondern als Wirkungsfähigkeit“; je nach den Bedingungen ist sie ruhend oder tätig (131). Die konstanten ideellen Beziehungen zwischen den Bedingungen und der Art der Kraftäußerung (oder Nichtäußerung) fassen wir als das „Gesetz“ der Kraft auf. In den nichtmateriierenden Kräften glaubt nun König nicht die Möglichkeit solcher gesetzmäßigen Beziehungen gegeben, weil sie kein im Raum bewegliches Zentrum als Ausgangspunkt ihrer Kraftäußerungen besitzen, das durch materielle Einwirkung reprimiert werden könnte (132—133).

Nun haben aber die nichtmateriierenden Kräfte offenbar die Tendenz, gewisse Konfigurationen oder Kollokationen in den Zentralkräften des zugehörigen Organismus hervorzubringen bzw. zu erhalten, wie sie den organischen und geistigen Zwecken des Individuums gemäß sind. Wenn also in der Gruppierung der Zentralkräfte oder Atome des Organismus aus irgend welchen physischen Ursachen Veränderungen eintreten, die dem Individualzweck zuwiderlaufen, so wird gegen die auf die Erhaltung dieser Gruppierung gerichtete Tendenz verstoßen; sie ist augenblicklich nicht realisiert, sondern limitiert oder reprimiert. Zugleich wirkt aber auch die störende Bewegung im Organismus oder die eingetretene Veränderung in der Anordnung seiner materiellen Elemente durch die Repression der nichtmateriierenden Kraft des Organismus als Reiz, und die reaktive Kraftäußerung der nichtmateriierenden Kraft greift als Bildungstrieb, Reflexwirkung, Naturheilkraft usw. in die physischen Vorgänge ein, so daß die Ergebnisse als Selbsterhaltungsakte in die objektiv reale Erscheinung treten. Alle solche Reaktionen stellen sich als Mittel zur Realisierung des Individualzwecks dar; insofern aber die Störungen in der dienlichsten Anordnung der Leibesatome verschiedenen Gebieten

angehören können, werden auch die Mittel der Abwehr und Ausgleichung verschiedene sein, also die Reaktionsweisen sich in einer Weise gliedern, die zur Unterscheidung verschiedener nichtmateriierender Kräfte in der Individualkraft höherer Ordnung führt.

Selbstverständlich sind diese sogenannten Kräfte nur gesetzmäßig bedingte verschiedene Äußerungsweisen der gesamten nichtmateriierenden Individualkraft, die wieder nur eine funktionell besonderte Äußerung der allgemeinen Naturkraft ist. Eine gesetzmäßige enge Verknüpfung und Korrelation dieser Kraftäußerungen, die sich auf denselben Organismus beziehen, ist daher nicht verwunderlicher als der Widerstreit und Ausgleich mehrerer Begehungen in derselben Seele. In der Korrelation verschiedener Veränderungen an ganz verschiedenen Teilen und Organen des Leibes tritt diese Verknüpfung der Bildungskräfte desselben Organismus auch äußerlich in die Erscheinung, ebenso wie der innere Zusammenhang der Bildungskräfte verschiedener Individuen sich in der Korrelation der Geschlechter, der Pflanzen und Tiere, Blüten und Insekten usw. offenbart.

Ob die Repression und Reaktion der nichtmateriierenden Kräfte ins oberste Zentralbewußtsein des Individuums fällt oder nicht, ob ihr Bewußtseinswiderschein sich nur auf einzelne Glieder des reaktiven Vorganges oder auf alle erstreckt, und ob gesetzmäßige Bewußtseinsvorgänge im Zentralorgan sich als verbindende Zwischenglieder in den Vorgang einschalten, das alles ist zunächst nebensächlich, weil die Gesetzmäßigkeit des Vorganges dadurch wohl verwickelter werden, aber niemals aufgehoben oder durchbrochen werden kann. Wenn solch ein Widerschein im Bewußtsein zu konstatieren ist, so zweifelt niemand an dem psychischen Charakter des Vorganges, wohl aber stellen sich solche Zweifel ein, wenn sie fehlen. Wir reißen die Welt in zwei Stücke: im Geiste liegt unserer inneren Erfahrung das Bewußtsein näher, und darum verkennen wir in ihm das Unbewußte; in der materiellen Natur liegt unseren Sinnen das Unbewußte näher, und darum verkennen wir in ihr das Bewußte. Daß kein natürliches Individuum auf der Stufenleiter der Individuation so tief steht, um nicht neben der Außenseite seines unbewußten dynamischen Wirkens auch eine Innenseite bewußten Empfindungslebens zu haben, an diesen Gedanken hat man sich seit Leibniz mehr und mehr gewöhnt. Daß aber auch kein

geistiges Individuum auf der Stufenleiter der Individuation so hoch steht, um nicht neben der Innenseite seines bewußten Geisteslebens auch eine Außenseite unbewußten dynamischen Wirkens an sich zu haben, dieser ergänzende Gedanke will in unserer Zeit immer noch nicht rechten Eingang finden.

Die moderne Psychologie hat immer deutlicher dargetan, daß das Begehren oder Wollen kein Element des Bewußtseins neben Gefühl und Empfindung ist, sondern daß derjenige Bewußtseinsinhalt, der uns das Begehren oder Wollen repräsentiert, nur ein bestimmter Komplex von Gefühlen, Vorstellungen und Empfindungen ist.¹⁾ Das Begehren oder Wollen als Tätigkeit ist entweder ein falscher Schein oder eine unbewußte, durch jene Bewußtseinsphänomene nur repräsentierte Funktion der Seele. Das Begehren oder Wollen als unbewußte Funktion der Seele unterscheidet sich von den unbewußten dynamischen Funktionen der Naturkräfte nur noch durch das Gesetz, dem es unterstellt ist, aber nicht mehr durch einen angebbaren Unterschied in dem dynamischen Prinzip, das dieses Gesetz im Einzelfall realisiert.

Daß ich unbewußte psychische Agentien unter den Begriff der Naturkräfte befasse, enthält demnach eigentlich gar keine Erweiterung des Naturbegriffs. Denn die materiiierenden Zentralkräfte sind ebensogut unbewußt psychische Agentien wie die nichtmateriiierenden Kräfte ohne Potential, weil sie nur die thelisch-dynamische Außenseite der jetzt vielfach zugestandenen bewußt-psychischen Innerlichkeit der Individuen niedrigster Ordnung sind. Das Verhältnis der Innenseite zur Außenseite ist bei beiden Kraftarten ganz dasselbe und ebenso die Kausalität, mit der sie unter sich und aufeinander wirken; verschieden ist bei beiden nur das Gesetz, nach welchem sie unter sich und aufeinander wirken. Nicht, daß die Zentralkräfte unbewußt-psychische Kräfte seien, oder daß unbewußt-psychische Funktionen als Kräfte wirken können, steht mit den herrschenden naturwissenschaftlichen Anschauungen im Gegensatz (129), sondern nur, daß es außer den unbewußten Zentralkräften noch unbewußte Kräfte ohne Potential geben solle, die in der organischen Natur zu den ersteren hinzukommen. Wären solche zugestanden, so hätte die Natur-

¹⁾ Vergl. meine „Moderne Psychologie“ S. 231—232, 236, 241—242, 249, 256, 426, 432, 440.

wissenschaft kein Interesse mehr daran, ihren unbewußt-psychischen Charakter zu bekämpfen, ebensowenig wie sie ein Interesse daran hat, den unbewußt-psychischen Charakter der materiierenden Zentralkräfte zu bekämpfen.

Nicht zu den herrschenden naturwissenschaftlichen, sondern zu den herrschenden philosophischen Ansichten steht es im Gegensatz, daß ich den Seelen der höheren Individuen ebenso wie denen der niederen eine Außenseite unbewußten thelisch-dynamischen Wirkens zuschreibe. Es steht nicht zu erwarten, daß dieser Gegensatz sich rasch mildern sollte, und so lange dies nicht der Fall ist, wird man von philosophischer Seite meine Auffassung der psychophysischen Kausalität mit Mißtrauen und Widerstreben betrachten und die Lösung des Problems ablehnen, die ich biete. Daß auf dieser Grundlage eine Lösung des Gegensatzes von Natur und Geist und des Verknüpfungsproblems beider möglich ist, sollte doch immerhin einen Anstoß dazu geben, die Entwicklungsgeschichte des Begriffes des Unbewußten in der Metaphysik und Psychologie¹⁾ nachzuprüfen, was bisher versäumt ist. Falls das Unbewußte überhaupt und auch auf anderen Gebieten sich als eine unbedenkliche, brauchbare oder gar unentbehrliche²⁾ Hypothese erweisen sollte, würde auch ihre Verwertung für das Problem der psychophysischen Kausalität in philosophisch unbefangene Erwägung zu ziehen sein. Wie sich aber auch der Ausfall einer solchen Nachprüfung gestalten möge, so viel glaube ich gezeigt zu haben, daß die Gründe nicht stichhaltig sind, aus welchen König die Unannehmbarkeit meiner Hypothese abzuleiten sucht.

2. Die allotrope Kausalität zwischen bewußt und unbewußt Psychischem.

Nachdem wir so gesehen haben, wie das Aufeinanderwirken der dynamischen unbewußten Außenseiten verschiedener Kräfte

¹⁾ Vergl. in meiner Geschichte der Metaphysik, Bd. II und in „Die moderne Psychologie“ die im Sachregister unter „Unbewußtes“ angeführten Stellen und meine Aufsätze „Zum Begriff des Unbewußten“ und „Zum Begriff der unbewußten Vorstellung“. (Arch. f. syst. Phil., Bd. VI, Heft 3 und Phil. Monatshefte, Bd. 28, Heft 1 und 2.)

²⁾ Vergl. z. B. meinen Nachweis, daß Wundts System trotz der besten Intentionen in jedem Punkte daran scheitert, daß es die Hypothese unbe-

(materiierender und nichtmateriierender) begreiflich ist, gehen wir zu dem Aufeinanderwirken der unbewußten Außenseite und bewußten Innenseite innerhalb derselben Kraft, gleichviel welcher Art, über, die man auch als die natürliche oder physische und als die geistige (genauer bewußtgeistige) Seite des Individuums bezeichnen kann.

Wenn man die nichtmateriierenden Kräfte vorzugsweise psychische Kräfte nennt, so geschieht das nur, weil sie auf höherer Individualitätsstufe stehen und weil man an den materiierenden Kräften allzulange den psychischen Charakter ganz verkannt hat; in der isotropen psychophysischen Kausalität wirkt tatsächlich unbewußt Psychisches auf unbewußt Psychisches, nur daß das eine von beiden nicht den Schein einer materiellen Raumerfüllung bewirkt und darum im Gegensatz zum organisch Physischen gestellt und Psychisches im engeren Sinne genannt wird. Die allotrope Kausalität zeigt dagegen nur das Aufeinanderwirken der unbewußten dynamischen Außenseite und der bewußten sensiblen Innenseite an ein und derselben Individualfunktion. Wenn sie sich an einer materiierenden Zentralkraft vollzieht, so ist sie in dem Sinne psychophysische Kausalität, daß das Psychische an ihr in seiner weiteren, das Physische aber in seiner engeren Bedeutung als unorganisch Physisches oder Materielles verstanden wird. Wenn sie sich dagegen an einer nichtmateriierenden Kraft vollzieht, so ist sie psychophysische Kausalität in dem Sinne, daß das Psychische an ihr in seiner engeren Bedeutung als Psychisches höherer Individualitätsstufe, das Physische an ihr aber in seiner weiteren Bedeutung als dynamische Außenseite jeder Art von Kräften verstanden wird.

Nicht bloß bei den materiierenden Naturkräften, wie König meint (126, 127, 128), sondern auch bei den nichtmateriierenden steht meine Auffassung der allotropen psychophysischen Kausalität dem psychophysischen Parallelismus in gewisser Hinsicht näher als der gewöhnlichen Ansicht über die Wechselwirkung zwischen Seele und Leib. Denn der Vorgang, den ich allotrope Kausalität nenne, ist ebenso wie die psychophysische Parallelität schlechthin intraindividuell; die Wechselwirkung zwischen der

wußter Seelentätigkeit vermeiden will, in meinem Aufsatz: „Wundts Weltanschauung“. (Die Gegenwart, 1901, No. 27 und 28.)

Seele als dem obersten Zentralbewußtsein und ihrem Leibe ist dagegen ein interindividueller Prozeß zwischen Individuen ganz verschiedener Individualitätsstufen, zwischen Zentralmonaden und dienenden Monaden.

Die Wechselwirkung zwischen dem Zentralbewußtsein und dem Leibe ist nur deshalb so anstößig, weil sie einen unmittelbaren interindividuellen Einfluß zwischen der bewußten Innen- und unbewußten dynamischen Außenseiten einer Individuengruppe von niederen Individualitätsstufen voraussetzt, also die unbewußte dynamische Außenseite des Individuums höherer Individualitätsstufe, der Seele, überspringt. So wenig aber zwei Bewußtseine verschiedener Individuen unmittelbaren Einfluß aufeinander haben können, ebensowenig entgegengesetzte Seiten verschiedener Individuen. So lange man die Vermittelung des letzteren Einflusses durch die unbewußte dynamische Außenseite des beteiligten Bewußtseins verkennt, muß diese Schwierigkeit notwendig zu dem Versuche führen, die Wechselwirkung durch bloßen Parallelismus der leiblichen und Bewußtseinsvorgänge zu ersetzen. Sobald man dagegen die Wechselwirkung zwischen Leib und Zentralbewußtsein in zwei Teile, einen isotropen interindividuellen und einen allotropen intraindividuellen zerlegt, ist diese Schwierigkeit beseitigt. Freilich ist diese Zerlegung so lange unmöglich, als man die unbewußte dynamische Außenseite der Seele a priori leugnet; für so lange bleibt dann eben das Problem unlösbar, weil der antikausale psychophysische Parallelismus ebenso unmöglich ist wie die unmittelbare Wechselwirkung zwischen Leib und Zentralbewußtsein.

König hat diesen Sachverhalt für das Beispiel der bewußten Zwecktätigkeit richtig erkannt. Die bewußte Zweckvorstellung ist niemals unmittelbare Ursache der Zweckverwirklichung, sondern sie wird es höchstens durch eine Reihe von psychischen Zwischengliedern, von denen mindestens das letzte (der psychische Innervationsimpuls) schlechthin unbewußt bleibt. So lange also nur nach Beispielen der unmittelbaren Einwirkung des Bewußtseins auf den Leib gesucht wird, ist die bewußte Zwecktätigkeit ganz ungeeignet, um eine solche zu konstatieren (35—36). Aber König zieht aus diesem Beispiel nicht die nahe liegende Folgerung, daß es in der Tat den Einfluß des Bewußtseinsinhalts auf den

Leib, wenn auch nur einen mittelbaren Einfluß, beweist, sobald man nur die Zerlegung des Vorganges in einen Teilvorgang von allotroper und einen von isotroper Kausalität vornimmt, wozu freilich die Voraussetzung unbewußt-psychischer Mittelglieder angenommen werden muß.

Wie beim Wollen der Innervationsimpuls, d. h. ein unbewußt-psychisches Glied, die unmittelbare Ursache für den Einfluß der Seele auf den Leib ist, so ist beim Wahrnehmen der unbewußte Eindruck, den die Seele durch den Gehirnreiz empfängt, die erste psychische Wirkung, die von dem materiellen Vorgang im Zentralorgan auf die Seele ausgeübt wird, also wiederum ein unbewußt-psychisches Glied. Wie beim Wollen mindestens ein unbewußt-psychisches Zwischenglied eingeschaltet werden muß, um den Einfluß der bewußten Zweckvorstellung auf den Leib erklärlich zu machen, so beim Wahrnehmen mindestens ein unbewußt-psychisches Zwischenglied, um den Einfluß des Gehirnreizes auf das Zentralbewußtsein zu ermöglichen. Lotze hat schon im Jahre 1852 den unbewußten Eindruck, den die Seele durch den Reiz empfängt, von der bewußten Empfindung, mit der sie auf diesen Eindruck reagiert, scharf unterschieden und an dieser Unterscheidung bis an sein Lebensende festgehalten.¹⁾

Das Gesetz, daß jede Wirkung eine ihr gleiche und entgegengesetzte Gegenwirkung hat, gilt nur für Potentialkräfte, d. h. für unorganische Zentralkräfte, aber es gilt schon nicht mehr für Kräfte ohne Potential oder nicht materiiierende Kräfte in ihrer isotropen Kausalität aufeinander. Noch weniger gilt es für die Innen- und Außenseite derselben Kraft in ihrer allotropen Kausalität. Durch diese Unterschiede wird aber nicht der Begriff der Kausalität selbst betroffen, sondern nur die besondere Gesetzlichkeit ihres Wirkens. Diese Unterschiede ihrer Gesetzlichkeit bleiben aber auch bestehen, welchen Begriff man mit Kausalität überhaupt verbinden mag, ob den der bloßen ideell gesetzmäßigen Aufeinanderfolge, wie König (38), oder den einer dynamischen Realisation dieser ideellen Gesetzlichkeit, wie ich. Der Begriff der Erzeugung, den König bekämpft (38), ist nur ein schiefes, ungeeignetes, von mir nicht benutztes Bild, weil er eine besondere, kompli-

¹⁾ „Medizinische Psychologie“, 1. Aufl., S. 179—180; „Metaphysik“, 2. Aufl., S. 556.

zierte Art organischer Kausalität benutzt, um den allgemeinen Begriff der Kausalität zu erläutern. Jedenfalls findet in der isotropen Kausalität zwischen unorganischen Kräften Äquivalenz der Wirkung und Gegenwirkung statt, nicht aber bei der isotropen Kausalität zwischen materiiierenden und nicht materiiierenden Kräften und noch weniger bei der allotropen interindividuellen Kausalität.¹⁾ Da indessen die Äquivalenz von Wirkung und Gegenwirkung gar nicht aus dem Begriff der Kausalität abzuleiten ist, sondern nur aus dem besonderen Wirkungsgesetz der Potentialkräfte folgt, so kann auch dieser Unterschied der allotropen Kausalität von der unorganischen isotropen keinen Grund abgeben, die erstere aus dem Begriff der Kausalität auszuschließen und in ihr eine eigene neue Kategorie zu sehen.

König konstruiert sich einen solchen Unterschied, um an Stelle der allotropen Kausalität die psychophysische Parallelität als diese neu hinzutretende Kategorie zu empfehlen. Sie soll eine rein ideelle, nicht kausale und doch gesetzmäßige konstante Verknüpfung zwischen (materiell-)physischen und (bewußt-)psychischen Prozeßgliedern darstellen, die zu der kausalen Verknüpfung der (materiell-)physischen Glieder hinzutritt (33). Über die Schwierigkeit, daß ein und dasselbe Glied einer Reihe zugleich mit dem vorhergehenden Gliede seiner Reihe und mit dem gleichzeitigen Gliede der anderen Reihe in konstanter gesetzmäßiger Verknüpfung stehen und durch jedes derselben eindeutig bestimmt sein soll, über diesen schlimmsten Punkt aller Parallelismustheorien glaubt König dadurch hinwegzukommen, daß er nicht nur die neue Kategorie der psychophysischen Parallelität, sondern auch die alte Kategorie der Kausalität als eine rein ideale, realitätslose Verknüpfung auffaßt (38). Aber einerseits schwindet mit dieser rein ideellen Auffassung der Kausalität ein Hauptgrund dahin, um dessentwillen er die psychophysische Parallelität von der Kausalität unterscheiden zu sollen glaubte, und andererseits wird durch die rein ideale Auffassung beider Verknüpfungsweisen die Schwierigkeit nicht geringer, als bei der realidealen Auffassung beider. Es bleibt immer unbegreiflich, wie ohne beständigen Widerspruch und ohne prästabilisierte Harmonie ein bestimmtes Prozeßglied so-

¹⁾ Vergl. meinen Aufsatz: „Die allotrope Kausalität“ im Arch. f. syst. Phil., Bd. V, Heft 1, speziell S. 10 fg.

wohl durch seine Stellung in seiner eigenen Reihe als auch durch seine Beziehung zu der anderen Reihe eindeutig determiniert sein soll. Diese Schwierigkeit ist schlechterdings unlöslich, wenn die allotrope und isotrope Verknüpfungsweise verschiedene Kategorien und nicht bloß verschiedene Arten der Kausalität sind, die ineinander greifen und sich zu der vollen und ganzen Kausalität des Weltprozesses miteinander verflechten. Der nicht kausalen, konstanten Verknüpfungsweise läßt sich kaum eine andere Deutung geben als die einer mathematisch-funktionellen Abhängigkeit; zwischen dieser und der Kausalität ist aber der künstlich konstruierte Unterschied doch wieder nicht aufrecht zu erhalten. Sobald man nämlich den Begriff der ersteren näher ausgestaltet, so daß er dem empirischen Tatbestande genügt, deckt er sich mit dem Begriff der Kausalität vollständig und ohne Rest.¹⁾

König erkennt an, daß die bewußtgeistige und die materielle Welt nicht auseinandergerissen werden dürfen in zwei zusammenhanglos nebeneinanderherlaufende Stücke des Weltprozesses, weil die Erfahrung die Abhängigkeit der Sinneswahrnehmung von der Außenwelt und diejenige der Veränderungen in dieser von unserer Willenstätigkeit lehrt, und weil ohne solche gegenseitige Abhängigkeit die Wechselwirkung der Geister durch Erziehung und Unterricht, kurz die Geistesgeschichte der Menschheit unmöglich wäre (31—32). Wenn es nun nicht zu widerlegen ist, daß einerseits eine parallelistische Abhängigkeit beider Reihen neben der kausalen in einer jeden der beiden Reihen zu unlöslichen Kollisionen oder unannehmbaren Hilfshypothesen (prästabiler Harmonie) führt, und daß andererseits die genauere begriffliche Durchbildung der parallelistischen Abhängigkeit als einer mathematisch funktionellen die Aufzeigung ihrer Unterschiedsmerkmale von der kausalen Abhängigkeit unmöglich macht, so genügt das obige Zugeständnis, um die Unentbehrlichkeit einer Kausalität der Geister untereinander vermittelt psychophysischer und physiopsychischer Kausalität zu beweisen.

König hält es für unzulässig, daß ich den Einfluß des bewußten Motivs auf die unbewußte dynamische Betätigung der Seelenkraft (oder des Willens) unter den Begriff der „Auslösung“ subsumiere, weil die auslösende Ursache stets derselben Sphäre

¹⁾ Vergl. meine „Mod. Psychologie“, S. 342—343, 362, 374, 378, 439.

wie die ausgelösten Kraftäußerungen angehören müsse und diese Bedingung hier nicht erfüllt sei (132). Nun ist es ohne Zweifel richtig, daß der Begriff der Auslösung sich in der Mechanik entwickelt hat, wo die auslösende Ursache und die ausgelösten Wirkungen beide der mechanischen Energie angehören. Von der Energetik ist dann der Begriff der Auslösung erweitert worden, so daß die auslösende Ursache und die ausgelösten Wirkungen verschiedenen Energiearten angehören können, deren gemeinsame Zurückführbarkeit auf Molekularmechanik wenigstens von den Vertretern der qualitativen Energetik bestritten wird. Immerhin gehören auch hier noch beide der objektiv realen Sphäre und zwar ihrem unorganischen Gebiete an, und die Physik hat ihrerseits keinen Grund, den Begriff der Auslösung in einem weiteren Sinne zu verstehen. Sie hat aber ebensowenig ein Recht, anderen Zweigen der Wissenschaft eine solche Erweiterung des Begriffes zu verwehren, wenn diese sich durch die Tatsachen zu einer solchen gedrängt fühlen.

Etymologisch enthält das Wort Auslösung nichts, was auf Königs Forderung hinwiese, daß die auslösende Ursache und die ausgelöste Wirkung derselben Sphäre angehören müssen. König gelangt zu seiner Forderung offenbar nur dadurch, daß die Auslösung nur auf kausale Vorgänge angewandt werden kann, aber nicht auf solche, denen der kausale Charakter abgesprochen wird, wie dies von König bei der „neuen Kategorie“ der psychophysischen Parallelität geschieht. Sobald aber die konstante Verknüpfung beider Reihen unter den Begriff der Kausalität fällt, wird auch die Anwendung des Auslösungsbegriffes auf diese allotrope Kausalität zulässig. Nicht einmal so viel könnte man aus dem Begriff der Auslösung entnehmen, daß die auslösende Ursache und die ausgelöste Wirkung irgend etwas gemein haben müßten, wenn nicht die Auslösung eine Art der Kausalität wäre und der Begriff der Kausalität etwas forderte, das der Ursache und Wirkung gemein wäre, ebenso wie er etwas fordert, was in beiden verschieden ist. Diese Forderung ist aber auch erfüllt. Gemein haben Ursache und Wirkung bei der allotropen Kausalität die Intensität, hier der Empfindung, dort der Kraftäußerung; verschieden ist an ihnen die subjektiv ideale und die objektiv reale Sphäre, in der die Intensität sich entfaltet, und demgemäß auch die Kraftstärke und der Empfindungsgrad (oder die Lebhaftig-

keit der Vorstellung). Das charakteristische Merkmal, durch welches die Auslösung sich von anderen Arten der Kausalität unterscheidet, ist die unverhältnismäßig geringe Intensität der auslösenden Ursache im Vergleich zu der der ausgelösten Kraftäußerungen. Da dieses Merkmal bei der Motivation in besonders hohem Maße zutrifft, so war ich nicht nur berechtigt, sondern sogar verpflichtet, den Begriff der Auslösung auf diesen Vorgang anzuwenden.

Ich glaube hiernach gezeigt zu haben, daß die Einwendungen nicht stichhaltig sind, mit welchen König einerseits meine Hypothese der nichtmateriiierenden psychischen Kraft ohne Potential und ohne Kraftzentrum als Bestandteil der Natur und andererseits meinen Begriff der allotropen Kausalität als unannehmbar ausschalten zu können glaubt. Die Möglichkeit einer psychophysischen Kausalität zwischen Gehirn und Bewußtsein hängt davon ab, daß diese Kausalität in einen isotropen interindividuellen und einen allotropen intraindividuellen Bestandteil zerlegt wird; die Möglichkeit dieser Zerlegung hängt aber wieder davon ab, daß man das Zentralbewußtsein nicht als die ganze Seele selbst, sondern bloß als ihre bewußte, passive, sensitive Innenseite auffaßt und durch eine unbewußte, aktive dynamische Außenseite ergänzt. Erst diese Hypothese der unbewußt-psychischen Funktion liefert das für die psychophysische Kausalität unentbehrliche Zwischenglied. Denn erst dieses Zwischenglied kann einerseits als nichtmateriiierende Kraft mit den materiiierenden Kräften, andererseits als Außenseite des Psychischen mit der Innenseite des Psychischen in kausale Beziehung treten.



