

DR. MED.
PETER G. HESSE
— JENA —

Überreicht
vom Verfasser

Gedanken
zur
allgemeinen Energetik
der Organismen.

Von

Carl Lüderitz.

Berlin 1910.

Verlag von August Hirschwald.

NW., Unter den Linden 68.

Gedanken

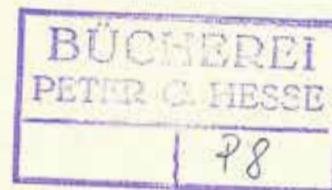
zur

allgemeinen Energetik
der Organismen.

Gedanken
zur
allgemeinen Energetik
der Organismen.

Von

Carl Lüderitz.



Berlin 1910.
Verlag von August Hirschwald.
NW., Unter den Linden 68.

Alle Rechte vorbehalten

Vorwort.

In der nachstehenden Abhandlung wird auf Grund wesentlich elementarer Tatsachen ein Ueberblick über die allgemeine Energetik der Organismen gegeben oder vielmehr nur die Darlegung einiger Hauptsätze jener Disziplin und der sich an sie anschliessenden Folgerungen. Im Hinblick auf letztere wurde, da sie mit jenen Sätzen sich zu einer bestimmten Art der Auffassung des Lebensvorganges verbinden, der Titel der Schrift gewählt. Da jene Sätze trotz ihrer für die Wissenschaft vom Leben fundamentalen Bedeutung in der allgemein-biologischen Literatur bisher keine genügende Berücksichtigung gefunden haben und da auch die angeführten, wengleich zum Teil spekulativen, Ausführungen von Interesse sein dürften, so glaube ich, dass die Drucklegung dieser Schrift nichts Ueberflüssiges ist. Dabei muss ich freilich für ihre vielfachen Mängel um Nachsicht bitten.

Wald-Sieversdorf (Mark).

Juli 1910.

C. Lüderitz.

Inhalt.

	Seite
I. Einleitung	1
II. Das Mitwirken der Organismen beim Lebensvorgang	7
III. Das Mitwirken der Umgebung beim Lebensvorgang	24
IV. Die verschiedene Höhe der Lebensgleichgewichte	32
V. Kosmischer Ausblick	54

I. Einleitung.

Während die Morphologie der Organismen aus einer gewaltigen, wohl gegliederten Fülle gesicherter Tatsachen besteht, wissen wir im Vergleich dazu von dem energetischen Verhalten der Lebewelt, auf dessen Kenntnis es im Grunde doch ankommt, noch recht wenig. Die Ursachen hierfür liegen klar zu Tage in dem Verlauf, den die Entwicklung der Naturwissenschaften genommen hat: auch für die anorganische Natur ist erst vor relativ kurzer Zeit durch die Einführung des Energieprinzips ein bedeutend tieferes Verständnis gewonnen worden, und nur allmählich konnte die Uebertragung der neuen Begriffe auf das so ungemein viel kompliziertere Geschehen, das uns an den lebenden Körpern entgegentritt, folgen. Erst in jüngster Zeit hat sich daher die experimentelle Forschung den Einzelheiten des energetischen Verhaltens der Organismen zugewandt, haben Mass und Zahl auch in dieses Gebiet ihren Einzug gehalten.

Es gibt aber eine seit langer Zeit wohlbekannte Gruppe von Tatsachen, welche auch für die Energetik der Organismen, für die Erkenntnis des Kraftaustausches ihrer Teile und vor allem der ganzen Organismen, von grösster Wichtigkeit ist, bisher jedoch in dieser Beziehung noch nicht allgemein die genügende Wertschätzung gefunden hat. Es sind dies die Tatsachen der sog. Arbeitsteilung, wie sie uns entgegen treten im einzelnen Lebewesen, in Gruppen derselben und in der Gesamtheit des Lebenden. Gerade zu einem allgemeinen Ueberblick, wie er in der folgenden Abhandlung zu geben versucht wird, sind diese Tatsachen, in Verbindung mit anderem Festgestellten, vorzugsweise geeignet. Bekanntlich war es Herbert Spencer, welcher wohl als der Erste diese Tatsachengruppe eingehend beschrieben und in welcher sie

I. Einleitung.

Während die Morphologie der Organismen aus einer gewaltigen, wohl gegliederten Fülle gesicherter Tatsachen besteht, wissen wir im Vergleich dazu von dem energetischen Verhalten der Lebewelt, auf dessen Kenntnis es im Grunde doch ankommt, noch recht wenig. Die Ursachen hierfür liegen klar zu Tage in dem Verlauf, den die Entwicklung der Naturwissenschaften genommen hat: auch für die anorganische Natur ist erst vor relativ kurzer Zeit durch die Einführung des Energieprinzips ein bedeutend tieferes Verständnis gewonnen worden, und nur allmählich konnte die Uebertragung der neuen Begriffe auf das so ungemein viel kompliziertere Geschehen, das uns an den lebenden Körpern entgegentritt, folgen. Erst in jüngster Zeit hat sich daher die experimentelle Forschung den Einzelheiten des energetischen Verhaltens der Organismen zugewandt, haben Mass und Zahl auch in dieses Gebiet ihren Einzug gehalten.

Es gibt aber eine seit langer Zeit wohlbekannte Gruppe von Tatsachen, welche auch für die Energetik der Organismen, für die Erkenntnis des Kraftaustausches ihrer Teile und vor allem der ganzen Organismen, von grösster Wichtigkeit ist, bisher jedoch in dieser Beziehung noch nicht allgemein die genügende Wertschätzung gefunden hat. Es sind dies die Tatsachen der sog. Arbeitsteilung, wie sie uns entgegen treten im einzelnen Lebewesen, in Gruppen derselben und in der Gesamtheit des Lebenden. Grade zu einem allgemeinen Ueberblick, wie er in der folgenden Abhandlung zu geben versucht wird, sind diese Tatsachen, in Verbindung mit anderem Festgestellten, vorzugsweise geeignet. Bekanntlich war es Herbert Spencer, welcher wohl als der Erste diese Tatsachengruppe eingehend beschrieben und in welcher sie

enge Beziehung nicht allein zum Wesen der Lebensvorgänge, sondern zum Naturgeschehen überhaupt zu bringen versucht hat. Die nachstehenden Ausführungen stützen sich daher ganz wesentlich auf diesen Autor und sind in der Hauptsache nur eine nach der energetischen Seite hin weiter ausgeführte Wiedergabe seiner Lehren.

Bevor ich zum Thema komme, möge mir, wegen der zur Zeit noch herrschenden Uneinigkeit in der wissenschaftlichen Auffassung der Lebensvorgänge sowie der Art, wie mit ihnen die geistigen Vorgänge verbunden sind, eine kurze Darlegung des hier vertretenen erkenntnistheoretischen Standpunktes gestattet sein.

Grundtatsache ist: Die Welt besteht aus meinem Bewusstsein und aus dem, was ich als ausserdem noch existierend annehmen muss. Mein Bewusstsein ist ein gesetzmässiger Zusammenhang von Bestandteilen, Elementen (vorläufigen), deren auffallendste als sinnliche Empfindungen und als Gefühle bezeichnet werden; als ausserdem noch existierend muss ich zum mindesten noch andere, dem meinigen ähnliche Bewusstseine, vor allem die meiner Mitmenschen, annehmen. Der Zusammenhang der Bewusstseinsbestandteile ist vorzüglich ein doppelter: ein innerer, zeitlicher, in welchem an Wahrnehmungen oder Gedanken andere Gedanken sich anschliessen, und ein äusserer, räumlich-zeitlicher, auch als Aussenwelt oder Natur bezeichneter, in welchem dem Blitz der Donner, dem Werfen eines Steines der Anblick des getroffenen Gegenstandes folgt. Aufgabe der Naturwissenschaft ist es, die Gesetzmässigkeiten des räumlich-zeitlichen Verhaltens der Elementenkomplexe festzustellen. Sie führt dabei nur weiter, was schon beim Kinde und beim Naturmenschen sich vollzieht, die zur Erreichung von Lust und Vermeidung von Unlust geschehende — diese Ausdrucksweise liesse sich auch durch eine andere, rein phänomenologische, ersetzen — Verknüpfung bestimmter Elementenkomplexe, wobei die Aussenwelt immer reicher und gegliederter, immer mehr durch gedankliche Zutaten ergänzt wird. Die Erfahrung, dass bestimmte Teile der Aussenwelt, nämlich die als der eigene Körper bezeichneten, und die als Ausdrucksbewegungen (Gebärden, Sprache) an ihnen vor sich gehenden Veränderungen mit eigenartigen anderen, sehr wichtigen Bewusstseinsbestandteilen, den Gedanken und Gefühlen, besonders eng verbunden sind, und die weitere Erfahrung, dass an Bewegungen des eigenen Körpers Ver-

änderungen der Aussenwelt gesetzmässig sich anschliessen, führt auf jugendlicher Stufe der Entwicklung zu der Annahme, dass nicht bloss die Bewegungen der Mitmenschen, sondern auch andere Veränderungen der Objekte der Aussenwelt durch hinzugedachte seelische Kräfte „verursacht“ werden. Mit der zunehmenden Erkenntnis aber, dass die Veränderungen der Bestandteile der Aussenwelt in bestimmter Weise von einander abhängig sind, wird weiterhin die Annahme eines Animismus immer mehr überflüssig, und mit dem Wachsen der Naturwissenschaft fügen auch die Veränderungen der belebten Körper mehr und mehr in diese Gesetzmässigkeit sich ein, und es enthüllt sich uns die als Aussenwelt, als Weltall bezeichnete Gesamtheit der räumlich-zeitlichen Bewusstseinsbestandteile als ein Komplex, in welchem die Veränderung jedes einzelnen Teiles mit der aller anderen Teile gesetzmässig verbunden ist. Dabei ergab sich aber mit der zunehmenden Verwicklung der Abhängigkeiten der Elementenkomplexe von einander die Notwendigkeit, einige Empfindungen und schliesslich eine einzige zu Ungunsten der anderen zu bevorzugen, die letzteren gleichsam durch erstere darzustellen, ähnlich wie im sozialen Verkehr die Naturalwirtschaft durch die Geldwirtschaft abgelöst wurde. Vor allen die Druckempfindung erwies sich hierzu als geeignet. Schon im kindlichen Alter ist sie, nicht nur weil sie mit dem im eigenen Körper lokalisierten Schmerzgefühl in direkterer Beziehung steht als die übrigen Sinnesqualitäten, sondern auch weil sie die Grundlage bildet für alle Messungen, entscheidend für die Gestaltung der Aussenwelt, es entsteht eine Körperwelt, und die Farben, Töne, Düfte, Wärmen scheinen eine geringere Realität zu besitzen. Die Wissenschaft führt auch hier nur weiter, wovon das Kind schon den Grund gelegt hat, und gelangt mit der Unterscheidung einer immer grösseren Vielheit von Körpern und anderen Empfindungskomplexen dadurch, dass an ihnen die Druckempfindungen bevorzugt und sogar in Gedanken hinzugefügt werden, im Interesse möglichster Oekonomie des Denkens zur Atomistik. Ueber der sinnlich-frischen Umgebung lagert sich nun, zugleich als ein Mittel, den Wechsel der letzteren bis in die notwendigen Einzelheiten darzustellen und dadurch zu beherrschen, die Vorstellung eines aus bewegten Atomen bestehenden Weltalls. Die Atome sind dabei ebenso „wirklich“ wie die Körper, die ich sehe und taste, das heisst sie werden gleich letzteren als

zugehörig zu dem, als Aussenwelt bezeichneten, gesetzmässigen Zusammenhänge der Bewusstseins-elemente betrachtet. Die grosse Vereinfachung, welche die Erkenntnis des Naturgeschehens durch die Atomistik erfahren hat, wurde erst in neuerer Zeit, nachdem durch die exakte Forschung eine Fülle sicherer Grundlagen geliefert war, immer mehr offenbar. Immer mehr erkennt man die zahlreichen speziellen Gesetze als Konsequenz allgemeinerer Gesetze und die obersten, alles materielle Geschehen beherrschenden Gesetze als durch die räumlich-zeitliche Ordnung unseres Bewusstseins gegeben. Wie weit dabei die Teilbarkeit des Stoffes, die in der Idee unbegrenzt ist, in den der Wirklichkeit entsprechenden Vorstellungen durchgeführt wird, bleibt dem durch die Ergebnisse der Spezialforschung bestimmten, theoretischen Bedürfnis überlassen. Das Gleiche gilt von anderen Einzelheiten der Atomistik. Betont möge jedoch werden, dass dabei die zu den Voraussetzungen der Atomistik gehörige und die Vorstellung von etwas den Raum Erfüllendem und dem Eindringen Widerstand Leistendem involvierende Druckempfindung, so sehr sie auch immer weiter ins unmessbar Kleinste zurückgedrängt werden mag, in der Idee doch erhalten bleiben muss.

Als Mass der Veränderungen, welche in der Aussenwelt vor sich gehen, dient der Widerstand, welcher bei Herstellung einer Veränderung überwunden wird und der uns zunächst in der, unsere Bewegung hemmenden Andrangempfindung gegeben ist, dient also die Arbeit, welche dabei geleistet wird. Die Fähigkeit, Arbeit zu leisten, nennen wir Energie, und letzterer Begriff wird damit zum Grundbegriff in der Auffassung des Naturgeschehens. Auf die beiden Formen der Energie, die potentielle und die aktuelle, und auf die verschiedenen Arten dieser zwei Formen soll hier nicht näher eingegangen werden. Auch die durch die Entwicklung der neueren Physik geschaffene Ausgestaltung der Atomistik bleibe unerörtert; wir sind hier noch mitten in der Weiterbildung der betreffenden Vorstellungen begriffen. —

Auch die lebenden Körper sind Teile der Natur, auch die Lebensvorgänge müssen daher naturgesetzlich und also, da der einfachste Ausdruck dieser Gesetzlichkeit das mechanische Geschehen ist, mechanisch erfolgen. Mit der Annahme „dirigierender Kräfte“, die in den Naturzusammenhang eingreifen, würde dieser ganze Zusammenhang hinfällig werden. Für den naiven Menschen können Animismus und Naturkausalität

noch friedlich bei einander existieren, für den Erkenntnis-kritiker scheidet der Animismus aus, denn für ihn ist ja die Natur als das im Raum gesetzlich sich Verändernde charakterisiert. Die Bewegungen der Mitmenschen, die uns der Ausdruck ihres Seelenlebens sind, geschehen also für die Naturwissenschaft lediglich im gesetzlichen Verbande mit den übrigen Naturvorgängen. Jenes Seelenleben aber, richtiger jenes Bewusstsein, des Mitmenschen, das, wie ich annehmen muss, bestimmten Teilen meines eigenen Bewusstseins, nämlich den am Mitmenschen, speziell den in seiner Grosshirnrinde vor sich gehenden Bewegungen, zugeordnet ist, hat an dem gesetzlichen Ablauf dieser Bewegungen keinen Anteil.

Die Kenntnis des „psycho-physischen“ Zusammenhangs gehört also nicht zum naturwissenschaftlichen Weltbilde. Um so wichtiger aber ist sie oder vielmehr wird sie dereinst sein für die Art der Auffassung jener tiefer liegenden Wirklichkeit, der sowohl mein eigenes Bewusstsein als auch die fremden Bewusstseine zugehören und die in der Natur und ihrem Mechanismus nur symbolisch zum Ausdruck kommt. Denn wenn bestimmten, in der Grosshirnrinde sich abspielenden Vorgängen bestimmte Bewusstheiten zugeordnet sind, so dürfte mit der genaueren Kenntnis dieser Zuordnungen sich auch angeben lassen, wie wir uns die „psychischen“ Begleiter der übrigen Lebensvorgänge und der am Leblosen geschehenden Veränderungen zu denken haben. Während das Bewusstsein sich niemals aus dem „Unbewussten“ ableiten lässt, scheinen dem entgegengesetzten Vorgehen keine prinzipiellen Schwierigkeiten im Wege zu stehen. Sollte es endlich gelingen, festzustellen, welchen metaphysischen Sinn die Gesamtheit des Naturgeschehens hat, so würde damit ein, heute gänzlich fehlender, wissenschaftlich begründeter Weltbegriff geschaffen sein. —

Im folgenden werden also die Organismen als Mechanismen aufgefasst, die Lebensvorgänge in ihrer Besonderheit als bedingt lediglich durch die eigentümliche Anordnung der physikalisch-chemischen Energien. Es wird ferner die Abstammungslehre als erwiesen betrachtet: die Tatsachen der Systematik und vergleichenden Anatomie, der Entwicklungsgeschichte, der geographischen Verbreitung der Organismen und besonders der Versteinerungskunde sind, abgesehen von allgemeineren Erwägungen, zwingende Beweise; während das Wie dieser Gesamtentwicklung noch in den wichtigsten Punkten

der Aufklärung bedarf. Wie ungemein grosse Schwierigkeiten einer mechanistischen Klarlegung dieser Vorgänge in ihren Einzelheiten entgegenstehen, bleibt voll anerkannt; man denke an die, in der menschlichen Fortpflanzungszelle enthaltene Erbmasse, die in mikroskopischem Raume eine ausserordentliche, in ihren Einzelheiten wohl niemals vorstellbare Komplikation des Baues besitzen muss und die sich, und zwar in Rücksicht auf ihren Bau in auffallend raschem Tempo, durch Assimilation vervielfältigt! Aber unüberwindlich, in dem Sinne wenigstens, dass die Möglichkeit, dies Geschehen sich in den Grundzügen vorzustellen, ausgeschlossen wäre, scheinen auch diese Schwierigkeiten nicht zu sein. Als wichtige Hülfe für die Deutung der Lebenserscheinungen sei andererseits hervorgehoben ihre trotz ungeheurer, immer von Neuem überraschender Vielgestaltigkeit doch in vielem Wesentlichen vorhandene Gleichartigkeit, wodurch eben das Lebende in seiner Gesamtheit scharf sich vom Leblosen abgrenzt.

Die Fülle der Fragen, die bei Betrachtung dieser Gesamtheit als eines Mechanismus sich aufdrängt, kann nur durch die Untersuchung der energetischen Verhältnisse einer befriedigenden Lösung näher geführt werden. Zu einem Ueberblick über dieses Verhalten scheint mir besonders geeignet die Besprechung einiger Hauptsätze, deren Inhalt durch die Ueberschriften der nachfolgenden Teile dieser Abhandlung gekennzeichnet ist. Ein kurzer kosmischer Ausblick wird den Beschluss bilden.

II. Das Mitwirken der Organismen beim Lebensvorgang.

Die lebenden Körper bestehen im wesentlichen aus hochpotenzierten chemischen Verbindungen und sind durch einen Wechsel dieser Bestandteile charakterisiert. Durch die Einwirkungen der Umgebung erfahren letztere eine Zerstörung und scheiden, unter Abgabe ihrer Energie an die Umgebung, als einfacher gebaute Stoffe aus dem Körper aus, oder sie werden, wie die Teile der äusseren Bedeckungen, von ihm abgelöst; gleichzeitig wird durch Aufnahme neuen energiereichen Materials der Verlust des Körpers ergänzt. Je nach dem Verhältnis der Einnahmen zu den Ausgaben sprechen wir von Wachstum und Vermehrung, Gleichgewicht, Rückbildung. Die Anbildung neuen lebensfähigen Körpermaterials, die Assimilation, geschieht aber nicht als eine nur durch äussere Kräfte bewirkte, für den Organismus passive, An- oder Einfügung, sondern die Substanz des lebenden Körpers ist aktiv dabei beteiligt, sein Energiegehalt ist zugleich Mittel zur Gewinnung neuer Energiemengen. Dabei werden entweder die chemischen Spannkkräfte unter dem Einflusse der Umgebung, speziell durch die als Reize bekannten Einwirkungen, zu einer der Assimilation dienenden Arbeitsleistung benutzt, oder es werden reizfeste und dadurch statisch funktionierende Teile ausgebildet. Indem aber diese letzteren von den anderen, dynamisch funktionierenden her sich ergänzen, haben sie diese und ihre Aktivität zur Voraussetzung. Das Mitwirken der in den lebenden Körpern enthaltenen Energie geschieht ferner nicht bloss zur Gewinnung neuer Nahrung, als Angriffsaktion, sondern ausserdem zur Abwehr schädlicher Einwirkungen. Da in letzterem Falle die verausgabte Energie geringer ist als diejenige, welche durch die nicht abgewehrte

Schädlichkeit verloren worden wäre, so wird bei der Abwehraktion Energie gespart, es kann also auch die Abwehrtätigkeit als eine, wenngleich nur indirekt, der Assimilation dienende Tätigkeit aufgefasst werden.

Dass dieses Mitwirken bei allen Organismen vorhanden ist, dürfte von Niemand ernstlich bezweifelt werden. Beim Menschen und den höheren Tieren tritt es uns in ausgeprägtester Weise, vor allem als Nerven-, Muskel- und Drüsentätigkeit, entgegen, aber auch bei allen niederen Tieren ist es, wie ihre Beweglichkeit beweist, vorhanden. Bei den Pflanzen ist es an den, auf bestimmte Reize erfolgenden Bewegungen sowie an ihrer regen Enzymtätigkeit deutlich. Dass auch bei den niedersten uns bekannten Organismen, den Bakterien, die eigene Energie zur Assimilation mitwirkt, geht allein schon aus dem Vorhandensein differenzierter Bewegungsorgane hervor. Nur ganz grobe Erscheinungsformen dieser Arbeitsleistung sind dies Alles, dagegen lehrt die Spezialforschung uns fortwährend neue, feinere Formen kennen, und durch die genauere Untersuchung dürfte das Gebiet dieses Mitwirkens noch ganz gewaltig erweitert werden.

Ist demnach dieses Mitwirken für das Lebendige charakteristisch, so ist doch sein Grad bei den einzelnen Lebensformen sehr verschieden. Er ist zunächst beim einzelnen Individuum um so höher, je mehr dasselbe sich dem erwachsenen Zustande nähert. Auch dies zeigt sich am deutlichsten beim Menschen und bedarf wohl keiner genaueren Ausführung. Es sei nur darauf hingewiesen, dass beim Neugeborenen die Bewegungen der Arme und Beine noch ganz regellos sind und dass erst allmählich eine Auslese zweckmässiger Bewegungsarten stattfindet; dass noch der Jüngling auf die verschiedenste Weise Energie vergeudet und erst der reife Mann, und immer mehr mit zunehmender Erfahrung, den Energiegehalt seines Körpers im Dienste der Lebenserhaltung am zweckmässigsten auszunutzen versteht. Eine ähnliche Zunahme dieser Aktivität ist auch in der Ontogenese vieler anderen Organismen unschwer festzustellen.

Dem entspricht die weitere Tatsache, dass die Selbsttätigkeit bei der Beschaffung von Energie um so grösser ist, eine je höhere Stellung ein Individuum in der Stufenfolge des Lebendigen einnimmt. Der um so Vieles verwickeltere Bau, den das Tier im Vergleich zur Pflanze aufweist, ist auch verbunden mit einem bedeutend höheren Mitwirken, und damit

hängt zusammen, dass man geradezu die Tiere als aktive Organismen den Pflanzen als passiven gegenüberzustellen pflegt. In der Tierwelt wiederum wächst das Nervmuskelsystem phylogenetisch rascher als der weniger aktive vegetative Teil des Körpers, und am raschesten wächst phylogenetisch das Zentralnervensystem, dasjenige Partialsystem also, dessen Lebensvorgänge für das Gedeihen des Körpers von ganz besonderer Wichtigkeit sind. Je höher ein Tier im System steht, um so mehr vermag es daher das ihm Förderliche der Umwelt auszunutzen, das Schädliche zu meiden. Zugleich wird der als Wachstum und Vermehrung sich darstellende Ueberschuss der Einnahmen über die Ausgaben immer mehr von der eigenen Mitarbeit abhängig.

Für das wissenschaftliche System der Pflanzen und Tiere, wie es zum Zweck der besseren Uebersicht über die immer grösser werdende Menge von Einzelwesen aufgestellt wurde, ist als Prinzip der Anordnung jene wesentliche Eigenschaft der Organismen, ihre Aktivität im Dienste der Assimilation, in bewusster Weise nicht massgebend gewesen, sondern es wurde das der Beobachtung zunächst sich Aufdrängende, die Gestalt, gewählt und auf dieser Grundlage ein einheitlicher, alles Lebende übersichtlich darstellender Bau aufgeführt. Indem aber Gestalt und Geschehen innig zusammenhängen, die Gestalt gleichsam ein Momentbild des Geschehens ist, geben uns auch schon die wahrnehmbaren Formen wichtige Hinweise auf die Art des Energiewechsels und auf die Funktion. Ja es stellt sich heraus, dass die Höhe des Formenwertes, welcher Begriff der Anordnung des Organismensystems zu Grunde gelegt ist und der gleichbedeutend ist mit dem Begriff der morphologisch aufgefassten Organisation, durch dieselben Momente bestimmt wird, die auch über den Grad des bei der Assimilation stattfindenden Mitwirkens Aufschluss geben. Als Massstab des Formenwertes — ich folge hier den Ausführungen von W. Haacke in seinem „Grundriss der Entwicklungsmechanik“, Leipzig 1897 — dient nämlich 1. die Grösse, 2. die Zusammensetzung des Organismus; beide Momente gestatten gleichsam den Arbeitsaufwand anzugeben, welcher zur Herstellung des Organismus erforderlich sein würde. Nun wird aber durch die Zunahme der Grösse, wie später noch näher ausgeführt wird, zugleich eine Zunahme des Mitwirkens ermöglicht, die im Durchschnitt zunehmende Grösse der Glieder der verschiede-

nen Tierkreise, wie sie von den Urtieren bis zu den Wirbeltieren hin im Grossen und Ganzen sich zeigt, deutet also zugleich auf ein zunehmendes Mitwirken hin. Was die Zusammensetzung des Körpers betrifft, so ist der Formenwert um so grösser, je grösser die Anzahl der Organarten und je einheitlicher ihre Anordnung d. h. je kleiner die Anzahl der Organe ist. Nun ist aber sowohl die zunehmende Anzahl der Organarten als auch ihre immer mehr einheitliche Anordnung zugleich der Ausdruck zunehmender Arbeitsteilung d. h. zunehmenden Mitwirkens. Und da die verschiedenen Tierkreise bezüglich Anzahl und Anordnung der Organarten im allgemeinen eine Stufenfolge im Sinne zunehmenden Formenwertes zeigen, da Ähnliches sich auch an den Pflanzenformen feststellen lässt, so tritt hier zugleich ein zunehmender Grad des Mitwirkens deutlich zu Tage. Das nach dem Formenwert aufgestellte Organismensystem ist also zugleich eine Zusammenstellung der Organismen nach dem Grade ihrer Aktivität, und ein tieferes Eindringen in diese Verhältnisse lehrt immer deutlicher, dass Beides aufs innigste mit einander zusammenhängt. Ja, da das Leben keine Form ist, sondern ein Vorgang, so müsste als Einteilungsprinzip diese Aktivität den Vorrang haben: das, was wir Höhe der Organisation nennen, wird also durch den Grad des Mitwirkens bestimmt.

Sehr zahlreich sind die Arten des Mitwirkens. Eine ausführliche Beschreibung derselben liegt nicht im Plane dieser Abhandlung, wohl aber ist ein kurzer Ueberblick am Platze. Man kann dabei von sehr verschiedenen Gesichtspunkten ausgehen. So wurde schon oben der Einteilung in dynamische und statische Funktionen gedacht. Wichtig ist ferner die Einteilung in Angriffs- und Abwehrfunktionen. Auch die Form der im Dienste des Organismus Arbeit leistenden Energien, die mechanischer, thermischer, chemischer, photischer, elektrischer Natur sein kann, lässt sich der Uebersicht zu Grunde legen. Am gebräuchlichsten ist wohl, veranlasst zumal durch die am Tierkörper auffälligsten Funktionsarten, die Unterscheidung von Organen der Sekretion, Resorption, Kontraktion, Reizleitung, auch noch anderer Wirkungsarten, aber der Reichtum der Wirklichkeit wird dadurch nicht erschöpfend dargestellt. Im folgenden wird eine ganz allgemein gehaltene Einteilung der Arten des Mitwirkens zu geben versucht, die zwar den Nachteil hat, dass sie sich wesentlich auf die dynamischen Funktionen bezieht, dafür aber, wie ich meine, den in der

räumlichen Anordnung der Teile sich darstellenden Grad des Mitwirkens zu deutlichem Ausdruck bringt. Voranzustellen ist hier, dass mit jeder Zunahme der Organisation eine Zunahme der Assoziation, der Massenwirkung durch Zusammenfassen der Kräfte, einbergeht. Indem dabei die gleiche Energiemenge auf kleinerem Raum als bei fehlender Assoziation durch die Reizeinwirkung entbunden wird, ist sie wirksamer, vermag daher schädliche Einflüsse der Umgebung leichter abzuwehren und günstige besser auszunutzen. Es lassen sich nun drei Arten dieses durch Assoziation bewirkten Mitwirkens unterscheiden, deren jede wieder je nach der Stärke ihrer Ausbildung verschiedene Grade aufweisen kann und die in den einzelnen Organismen in mannigfachster Weise kombiniert sind. Man kann sie bezeichnen als 1. einfache Assoziation, 2. gleichwertige Arbeitsteilung, 3. stufenförmige Differenzierung.

Bei der einfachen Assoziation ist eine Mehrheit gleichartiger Teile zu einem Ganzen vereinigt. Hier „sorgt“ gewissermassen jeder Teil hauptsächlich für sich selbst bezw. für seinen eigenen Nachwuchs, unterstützt aber durch seine Tätigkeit auch die anderen Teile. Schon die organischen Moleküle, wenn sie aus einer Mehrheit gleichartiger Atomgruppen bestehen, sowie Gruppen gleichartiger Moleküle können als in Form einfacher Assoziation organisiert aufgefasst werden. In jeder Zelle, in den allereinfachsten uns bekannten Lebewesen ist dieser Typus des Mitwirkens als vorhanden anzunehmen. Er wird aber um so sinnfälliger, je grösser und differenzierter die Organismen sind. In den zu gemeinsamer Aktion vereinigten Muskelfasern, Drüsenzellen, Bindegewebsfasern u. Aa. ist er bei allen Tieren äusserst verbreitet; bei den niedrigsten Formen der Mehrzeller — faden- und flächenförmigen Zellvereinen — ist vielfach überhaupt noch keine weitere Differenzierung der Zellen, sondern nur einfache Assoziation anzutreffen. Hierher gehören ferner die stockbildenden Organismen (Pflanzen und auch Tiere), und wenn wir auch Gruppen von räumlich getrennten Individuen berücksichtigen dürfen, die meisten gesellschaftlichen Vereinigungen der Tiere sowie in der sozialen Organisation der Menschen Vereinigungen mannigfachster Art.

Von der einfachen Assoziation können die beiden anderen Formen der Organisation als Assoziation mit Arbeitsteilung zusammengefasst unterschieden werden. Hier sind

die Teile in viel höherem Masse von einander abhängig und jeder Teil arbeitet, je stärker die Arbeitsteilung durchgeführt ist, um so mehr zunächst für das Ganze als für sich. Solange verschiedene Funktionen an einem einzigen Substrat vor sich gehen, durch verschiedene Reize also verschiedene Wirkungsarten ausgelöst werden, wird die im Substrat enthaltene Energie nur unvollkommen ausgenutzt. Wenn aber durch Arbeitsteilung die Funktionen auf verschiedene Substrate verteilt werden, wird die Energie besser verwertet, zugleich wird jede Funktion assoziativ verstärkt und für das Ganze wirksamer. Wie der Verlauf der Ontogenese lehrt, geht Arbeitsteilung verschiedenster Form aus entsprechenden Formen einfacher Assoziation hervor, sie ist hier also im Vergleich zu letzterer als eine höhere Form des Mitwirkens zu betrachten. Je weiter sie durchgeführt ist, um so leistungsfähiger ist das System als Ganzes, um so stärker wirkt die in ihm enthaltene Energie bei der Assimilation mit. Die Fülle der uns hier entgegentretenden Formen ihrer Ausbildung, nach den verschiedensten Richtungen hin und in den verschiedensten Graden, ist unübersehbar. Aus dieser Fülle aber lassen sich zwei begrifflich scharf zu trennende Formen der Arbeitsteilung herauslösen, die man als gleichwertige und als ungleichwertige oder stufenförmige Arbeitsteilung bezeichnen kann. Ihr Unterschied besteht darin, dass bei der gleichwertigen Arbeitsteilung die durch eine bestimmte Menge verausgabter Energie bewirkte Leistung für die spezialisierten Teilsysteme gleich gross ist, bei der ungleichwertigen Arbeitsteilung dagegen verschieden gross, dass bei der letzteren also die Teilsysteme selbst wieder verschieden hoch organisiert sind. Zugleich stellen diese zwei Formen, wie es scheint, zwei Grade des Mitwirkens dar. Bei der gleichwertigen Arbeitsteilung nämlich kommt die Leistung jedes Teilsystems zum Teil ihm selbst und zum Teil, und zwar um so mehr je vielseitiger die Arbeitsteilung durchgeführt ist, dem anderen Teilsystem zugute. Bei der stufenweisen Differenzierung dagegen arbeitet gleichsam jedes Teilsystem nur für das andere Teilsystem, hier ist daher die Differenzierung schärfer und dürfte daher auch das Mitwirken für das Ganze grösser sein. Dem entspricht, dass die stufenförmige Differenzierung gerade an Gebilden vorhanden ist, denen wir auch aus anderen Gründen eine besonders hohe Organisation zusprechen.

Gleichwertige Arbeitsteilung. Ob gleichwertige

oder stufenförmige Differenzierung vorliegt, ist im speziellen Falle oft schwer oder auch gar nicht zu entscheiden. Beispiele gleichwertiger Arbeitsteilung sind etwa: die Drüsenzellen des Darmtraktes, je nachdem sie mehr der Verdauung von Eiweisskörpern, von Fetten oder von Kohlehydraten dienen; viele in spezialisierter Tätigkeit sich ergänzende Muskelgruppen; gewisse Gruppen von Sinnesorganen, wie die, verschiedenen Geschmacksarten, Gerüchen, Tönen, Farben dienenden Aufnahmeorgane, — mindestens in jeder einzelnen dieser Gruppen ist gleichwertige Arbeitsteilung als vorhanden anzunehmen. Deutlicher als am einzelnen Organismus tritt sie uns entgegen am Organismus der menschlichen Gesellschaft, in welcher der Wert der Arbeitsleistung durch den dafür erzielten Geldlohn oft in richtiger Weise ausgedrückt wird. Endlich lassen sich, wenn man die Lebewelt als ein Ganzes ins Auge fasst, die verschieden spezialisierten, in ihrer Lebens-tätigkeit sich ergänzenden Tier- und Pflanzenformen vielfach als dem Ganzen dienende, gleichwertig differenzierte Teilsysteme betrachten.

Die ungleichwertige oder stufenförmige Arbeitsteilung (Differenzierung) tritt uns am deutlichsten bei sämtlichen Lebewesen entgegen als jene Sonderung in Funktionen, die wir als animale und vegetative zu bezeichnen pflegen. Die am meisten direkt, aus dem den Organismus umgebenden Medium assimilierenden Teile desselben sind unterstufig, die von der direkten Assimilation entlasteten, von der Unterstufe mit Nahrung versorgten und daher zu grösseren Arbeitsleistungen fähigen Teile bilden die Oberstufe. Schon bei den niedersten uns bekannten Lebewesen, den Bakterien, ist, wie das Vorhandensein von Bewegungsorganen zeigt, stufenförmige Differenzierung anzunehmen, und auch in allen Pflanzenzellen dürfte sie in dem Vorhandensein reizleitender und Bewegungs-Funktionen gegeben sein. Bedeutend sinnfälliger aber ist sie im Tierreich; die erste bei Mehrzellern hier auftretende Differenzierung ist eine stufenförmige, ist die Sonderung in ein vegetatives und ein animales System, und durch das ganze Tierreich vollzieht sich eine immer schärfere Sonderung dieser zwei Teilsysteme und jedes derselben wird dabei selbst wieder in zunehmendem Masse gegliedert.

Von den Teilsystemen der Oberstufe ist es wieder eines, dem wir mehr wie den anderen den Rang der Oberstufe zusprechen müssen, da es die zweckmässige Koordination der

Tätigkeit aller übrigen Organe vermittelt, also mit einem gleich grossen Energieaufwand für die Assimilation des Ganzen mehr als die übrigen Organe leistet, das Nervensystem. Speziell das menschliche Nervensystem zeigt selbst wieder, wie schon oft ausgeführt wurde, einen ausgeprägt stufenförmigen Bau, dessen Krone die Grosshirnrinde bildet. Gerade in letzterer haben wir dann wiederum, wie sich aus der Art des Zusammenhanges unserer Vorstellungen ergibt, verschiedene Formen stufenweiser Differenzierung anzunehmen. So spricht für eine solche Anordnung, dass die Erinnerungsbilder und ihre Zusammenhänge weniger eine blosser Nachbildung von Wahrnehmungen als vornehmlich eine besondere Ordnung derselben sind, eine als Begriffsbildung bezeichnete Zusammenfassung des vielen einzelnen Wahrnehmungen Gemeinsamen, wodurch wir zwar schematisieren, aber mit Verwendung von wenig psychischer Kraft viel Bewusstsein erzielen; so zeigt sich speziell an den durch die Sprache fixierten Begriffen verschiedenen Umfangs ihre stufenförmige Anordnung; und überall, wo es gilt, grössere Vorstellungsmassen denkend zu bewältigen, also vor allem bei dem von den Wissenschaften angehäuften Wissensstoff, suchen wir diese Massen in ein übersichtliches System zu bringen, bei dem ein bestimmter Vorstellungskomplex eine herrschende Stellung einnimmt. Mit Recht hat daher Avenarius die in der Philosophie erstrebte Ordnung unseres Gesamtwissens als „Denken der Welt nach dem Prinzip des kleinsten Kraftmasses“ bezeichnet. Es liegt aber sehr nahe, die systematische Art, in welcher unsere Vorstellungen geordnet sind, aufzufassen als den psychischen Parallelvorgang zu einer stufenförmigen Anordnung der in den nervösen Elementen geschehenden Assimilationsvorgänge, durch welche Anordnung eben aus der Energie der Umgebung ein Maximum zur Aneignung gelangt. So tritt uns also, je höher der Organismus im Stufenreich des Lebendigen steht, speziell die stufenförmige Differenzierung in immer neuen und höheren Formen entgegen.

Wir begegnen dieser Art von Arbeitsteilung ferner in den verschiedensten Gruppen von Individuen. So in der menschlichen Gesellschaft, in mannigfachster Form in dem Verhalten der organischen Spezies zu einander, besonders aber in dem grossartigen, zwischen Pflanzen- und Tierreich bestehenden Wechselverhältnis. Wie der höhere Organismus des Tieres durch Zusammensetzung aus einem zur Aufnahme

von Kraft und einem zur Ausgabe von Kraft bestimmten System stufenförmig differenziert ist, so bietet auch das Ganze der Lebewelt diese zwei Grundstrukturen dar. In höherem Masse als die einfache Assoziation und die gleichwertige Arbeitsteilung tritt uns also die stufenförmige Differenzierung als das die Organisation Bestimmende entgegen. Ja, man kann die ganze Lebewelt mit ihrer näheren, die Sonnenstrahlung aufnehmenden, anorganischen Umgebung als ein einziges, stufenförmig differenziertes System auffassen: durch das Vorhandensein von Lebendigem wird von der, die feste Erdrinde bedeckenden Wasserhülle mehr Energie absorbiert, als wenn nur Unorganisiertes vorhanden wäre. —

Die im Vorstehenden gegebene Uebersicht über die verschiedenen Arten des Mitwirkens ist zwar zunächst ein blosses Schema, gleichwohl aber geeignet, über den physiologischen Wert der Stoffe, aus denen die lebenden Körper bestehen, und über den Wert ihrer Anordnung eine vorläufige Orientierung zu geben.

Die in den lebenden Körpern enthaltenen hochpotenzierten Substanzen sind also die Grundbedingung ihrer Existenz, indem sie unter dem Einfluss der zerstörenden Agentien der Umwelt zugleich Mittel zur Gewinnung neuer solcher Substanzen oder zur Verhütung stärkerer Zerstörungen sind. Die dominierende Bedeutung dieses Mitwirkens bei allem, was wir als Lebensvorgang ansprechen, erhellt speziell aus der Tatsache, dass mit dem Grösser- und Differenzierterwerden des Körpers, sowohl in der Keimes- wie in der Stammesentwicklung, diese Wirksamkeit zunimmt. Denn diese Tatsache ist gleichbedeutend mit dem Satz: Infolge stärkeren Mitwirkens gelangt der Körper zu Wachstum und Differenzierung.

Ontogenesis. Unter zunehmender Mitarbeit also wächst der Organismus von der mikroskopischen Eizelle zum grossen vielzelligen Körper heran. Je mehr die Zellenzahl zunimmt, um so mehr Assoziationen verschiedenster Art werden möglich, um so wirksamer wird die eigene Kraft zur Gewinnung neuen spannkrafthaltigen Materials verwendbar. Die allgemeine Ursache für das Verschiedenwerden der Teile beim Heranwachsen ist vor allem in dem Umstand zu suchen, dass die einzelnen Zellen mit der Vermehrung ihrer Zahl in verschiedene Lagen kommen sowohl zur äusseren Umgebung als auch zu den übrigen Zellen und dadurch unter ungleiche physikalische und

chemische Einflüsse geraten. Ausserdem wird auch die Umgebung des ganzen Organismus mit ihren förderlichen und schädlichen Einflüssen im Verlauf der Ontogenese eine andere, wirkt in immer mehr verschiedener Weise auf die verschiedenen Regionen des Körpers ein und steigert dadurch das Ungleichwerden der Teile. Auf Grund des besonders strukturierten Ausgangsmaterials, des sogenannten Keimplasmas, werden daher die Vorgänge des Assimilierens in ungleiche Bahnen gelenkt, derart, dass die Zellen und Zellgruppen immer mehr sich spezialisieren und ihre besonderen Funktionen mit vermehrter Leistung ausüben. Dabei sei eines Umstandes gedacht, den man, soweit die früheren Stadien der Ontogenese in Betracht kommen, vielleicht als einen Einwand gegen die obigen Ausführungen vorbringen könnte. Es ist dies die Tatsache, dass schon beim Embryo die verschiedensten Strukturen sich ausgebildet finden, deren besondere Leistungen für den Körper erst beim Erwachsenen realisiert sind. Diese Strukturen können sich also nicht infolge von Funktionen, wie sie dem Erwachsenen eigentümlich sind, ausgebildet haben, es kann z. B. das Auge in der Fötalzeit nicht durch den Sehakt entstanden sein. Hieraus ergibt sich aber keineswegs, dass jene Strukturen sich nicht durch die eigene Aktivität ihrer Substanzen herausgebildet haben, sondern nur, dass ihre „Funktion“, richtiger ihre Assimilationsarbeit, während der Zeit ihrer Entstehung auf andere Reize hin als beim ausgebildeten Körper erfolgte. Wie R. Frost (Die Grundzüge der Zellmechanik und der normalen Zellentwicklung, Wiesbaden 1909) ausführt, geschehen in der Embryonalzeit die Lebensvorgänge auf rein örtliche Anregungen hin und für rein örtliche Zwecke, während sie später, besonders von der Zeit an, in der mit Ausbildung der Nervenbahnen der ganze körperliche Betrieb zentralisiert wird, überwiegend für Zwecke des Gesamtorganismus wahgerufen werden. Genauere Aufklärung kann hier erst die Experimentalforschung bringen. Hervorzuheben ist jedoch, dass, ähnlich wie in der Entwicklung der Gesamtlebewelt, auch in der Ontogenese mit der Zunahme der Differenzierung die Teile mit einem immer grösseren Bereich ihrer Umgebung in Beziehungen treten, dass alle Teile des Körpers, sowohl die Bestandteile der einzelnen Zellen als auch die Bestandteile der zu Organen vereinten Zellgruppen als endlich die einzelnen Organe und Organsysteme selbst, immer mehr von

einander abhängig werden, die Lebenstätigkeit des Ganzen sich immer einheitlicher gestaltet. Zugleich mit dem Wachsen des Körpers und dem Komplizierterwerden seines Betriebes wächst sein Machtbereich nach aussen hin, seine Fähigkeit, durch vorbeugende Tätigkeit die ihn umgebenden Schädlichkeiten zu vermeiden und die Energien der Umwelt für die eigenen Zwecke auszunutzen.

Es braucht kaum bemerkt zu werden, dass, soviel wir wissen, bei keinem Lebewesen die fortschreitende Arbeitsteilung derartig verläuft, dass die ganze Masse des Körpers sich streng systematisch in verschiedene, gleichwertig und ungleichwertig wirkende Teile gliedert. Sondern die nach dem Prinzip der Arbeitsteilung verschieden gestalteten Teile heben sich nur als das für den Körper besonders Charakteristische und seine Organisationshöhe Bestimmende heraus, während er ausserdem noch Teile enthält, die für die Existenz des Ganzen unwichtig, ja eher schädlich sind. Um so mehr aber wird hierdurch die durch die Kooperation bewirkte Steigerung der Leistung verdeutlicht.

Das Wachstum des Körpers nimmt allmählich ab und gelangt endlich zum Stillstand. Dabei entzieht der Organismus, je grösser er wird, in der Zeiteinheit der Umgebung zwar absolut mehr Energie, für die Masseneinheit aber ist diese Menge verringert. Es nehmen also die dem Wachstum entgegenstehenden Schwierigkeiten rascher zu als die Kräfte des Organismus. Die Ursachen hierfür liegen im allgemeinen wohl klar. Die relative Steigerung der Schwierigkeiten erhellt zunächst aus dem Umstande, dass mit dem Wachstum des Körpers seine Oberfläche im Verhältnis zum Volum sich verkleinert, indem bei Körpern von gleicher geometrischer Form das Volum proportional dem Kubus, die Oberfläche proportional dem Quadrat der linearen Ausdehnung sich ändert. Dementsprechend wächst ferner die Länge des Weges, welchen die Nahrungsstoffe von ihrem Eintritt in den Körper bis zum Ort ihrer Verwendung und die Abbaustoffe bis zu ihrem Austritt aus dem Körper zurückzulegen haben, und gleichermaßen wachsen daher auch die Kosten für den Transport in schnellerer Progression als die Masse des Körpers. Wichtig ist ferner, dass die durch die Schwerkraft bedingten Widerstände proportional der Körpermasse, im Kubus also, zunehmen, die Muskelkräfte dagegen, durch welche diese Widerstände überwunden werden, nur proportional dem Querschnitt der Muskeln,

also im Quadrat. Mit dem Fortschreiten des Wachstums muss daher ein immer grösserer Teil der Einnahmen zur Ueberwindung der sich steigernden Widerstände verwendet werden, sodass ein immer kleinerer Teil als Wachstum übrig bleibt. — Bei den Pflanzen sind diese Verhältnisse bisher nur wenig untersucht worden, doch sei erwähnt, dass die Laubblätter im jugendlichen Zustande stärker atmen als später. Bei den verschiedensten Tieren und beim Menschen hat sich herausgestellt, dass mit zunehmendem Wachstum der Energiewechsel pro Gewichtseinheit derartig abnimmt, dass er dabei pro Einheit der Körperoberfläche im allgemeinen der gleiche bleibt. Eine genügende Erklärung dieses Verhaltens steht noch aus. Mit zunehmender Entwicklung schränken also gleichsam die Teile im Interesse des Ganzen ihr Energiebedürfnis ein, und der Körper gelangt endlich dahin, dass der Ueberschuss der Einnahmen über die Ausgaben ganz wegfällt und der Energiewechsel, absolut ein Maximum, pro Gewichtseinheit den niedrigsten Stand erreicht. Je höher ein Lebewesen organisiert ist, um so länger währt die Zeit, bis es diesen Gleichgewichtszustand erreicht, und um so länger währt im allgemeinen auch letzterer selbst. Bei den niedrigststehenden Lebewesen, den Bakterien, Hefen, niederen Pilzen, kann man kaum von einem solchen Zustande sprechen, bei ihnen besteht, günstige Ernährungsbedingungen vorausgesetzt, das Leben in fortwährendem, nur durch gesetzmässige Teilungen des ganzen Körpers unterbrochenen Wachstum. Auch bei den Pflanzen besteht der allergrösste Teil des Lebenszyklus in Vermehrung des Energiebestandes, nur gegen das Ende der Vegetationsperiode tritt eine Art von Gleichgewicht der Einnahmen und Ausgaben ein. Beim Menschen dagegen ist sowohl die Zeit bis zur Erreichung der maximalen Körpergrösse als auch die Zeit der Gleichheit von Einnahmen und Ausgaben von ganz besonders langer Dauer.

Im weiteren Verlauf der Ontogenese erlangen — bei allen jenen Organismen, die sich nicht durch Teilung vermehren —, gerade entgegengesetzt dem Beginn der Entwicklung, immer mehr die zerstörenden Kräfte der Umgebung das Uebergewicht, so dass der Energiewechsel nunmehr auch absolut absinkt und, wie die Metazoen am meisten typisch dies zeigen, mit dem Tode sein Ende findet. Wenn auch die Ursache des physiologischen Todes im Einzelnen, d. h. die spezielle ihm vorausgehende physikalisch-chemische Ver-

änderung des Körpers und deren Zustandekommen, noch nicht genügend bekannt ist, so ist doch die allgemeine Notwendigkeit seines Eintretens wohl begreiflich. Denn durch die Steigerung der Organisation im Laufe der Ontogenese vermag zwar der Organismus der Umgebung gegenüber sich zunehmend besser zu behaupten, gleichzeitig nimmt aber infolge der Spezialisierung der Organe die Anpassungsfähigkeit gegenüber neuen, auf ihn eindringenden Schädlichkeiten ab. Nun befinden sich aber die Verhältnisse der Umgebung in einem fortwährenden, in seiner Mannigfaltigkeit unbegrenzten Wechsel. Gerade durch diesen Wechsel wird beim heranwachsenden und weiterhin bei dem im Gleichgewicht befindlichen Organismus die Eigenschaft der Selbstregulation, des Sichanpassens an die äusseren Umstände, wachgerufen, jene Eigenschaft, die als das am meisten für das Lebende Charakteristische betrachtet wird; die Entwicklung besteht geradezu darin, dass diese Fähigkeit der Selbstregulation sich steigert, dass immer mehr das Förderliche der Umgebung genützt und das Schädliche gemieden wird und dass dadurch der Organismus wächst. Aber für jeden mehrzelligen Organismus gibt es hier eine Grenze. Mit der fortschreitenden Spezialisierung der Organe muss infolge jenes nie ruhenden Wechsels, der gleichbedeutend ist mit einer zunehmenden Ungunst der Aussenverhältnisse, der Körper immer mehr Einwirkungen erfahren, die er nicht mehr auszugleichen vermag, er erleidet daher einen, das Triebwerk des Lebens störenden, Zerfall von Zellteilen und von Zellen, und er muss, bei zunehmender Verminderung seines Energiewechsels, diesen Einwirkungen schliesslich erliegen. Danach besteht zwischen den Ursachen des gewaltsamen Todes, wie ihn die allermeisten Tiere erleiden, und dem Tode an Altersschwäche nur ein gradweiser Unterschied.

Wie in der Ontogenese die zunehmende Verschiedenheit der Teile der Ausdruck ist stärkeren Mitwirkens mit dem Erfolge grösserer Energieeinnahmen, so liegt es nun nahe, das Gleiche auch für die Gesamtlebewelt mit ihrer phylogenetisch sich steigenden, unüberschbaren Formenfülle anzunehmen. Das Getriebe der organisierten Natur ist zwar unbegreiflich verwickelt und es ist daher unmöglich, für die einzelnen Organismenarten ihren Nutzen für die Gesamtheit darzulegen, aber ein Ueberblick über die wechselseitigen Beziehungen der Lebewesen führt unausweichlich zu jener

Annahme. Auch die Erwägung, dass die zusammenpassenden d. h. nach dem Prinzip der Arbeitsteilung sich ergänzenden Spezies dadurch vor den übrigen einen Vorteil im Lebenskampfe haben, führt bei der Anpassungsfähigkeit der Organismen zu dem Schluss, dass dieses Sichergängen der verschiedensten Lebensformen sich allmählich gesteigert haben muss. Die allgemeine Symbiose ist also nicht bloss, wie P. Kammerer kürzlich ausgeführt hat, neben dem Kampf ums Dasein als gleichberechtigte Triebkraft der Evolution zu betrachten, sondern ihr gebührt der Vorrang: in jedem, auf Grund wirtschaftlicher Beziehungen zusammengehörigen Verbände werden, wie G. Pfeffer (Die Entwicklung, Berlin 1895) richtig bemerkt, die Gegenseitigkeitsverhältnisse der zusammensetzenden Einheiten durch das übergeordnete Ganze geregelt.

Auch die Entstehung dieser Mannigfaltigkeit, der verschiedenen Organismenarten, kann im Prinzip auf dieselben Ursachen wie das Ungleichwerden der Teile in der Ontogenese zurückgeführt werden, nämlich in erster Linie auf das für die einzelnen Organismen und Organismengruppen verschiedene Verhalten der Umgebung. Auch hier besteht die Umgebung entweder aus anderen Teilen der bezüglichen Gemeinschaft des Lebenden oder aus der Aussenwelt, hier also dem Unorganisierten. Daneben ist als Faktor der Entwicklung der Gesamtlebewelt die Veränderung der Umgebung, des Unorganisierten also, zu nennen.

Durch Ungleichwerden der Assimilationsvorgänge und zunehmendes Mitwirken der eigenen Energie im Dienste der Gesamtheit des Lebenden entstanden somit Pflanzen und Tiere, entstand die Lebewelt der Meere mit ihrer üppigen Fauna und der so sehr zurücktretenden Flora, dem Phytoplankton, und ihr gegenüber im harten Kampf mit einer rauheren Umwelt die so viel höher ausgebildete Landlebewelt mit dem so bedeutend stärkeren Zusammenwirken ihrer Glieder. Der Begriff des „Haushalts der Natur“ ist wohlbegründet; im Gewirr des steten Daseinskampfes und des auch oft vorhandenen Sieges des Schlechteren über das Bessere gestaltet er sich, wie wir wohl schliessen dürfen, bei Berücksichtigung genügend grosser Räume und genügend langer Zeiten doch immer so, dass auch hier, wie beim einzelnen Organismus, alle Teile zunehmend der Wohlfahrt des Ganzen, d. h. der möglichst reichlichen Absorption von Energie aus der anorganischen Umgebung, dienstbar sind. Noch sind

wir mitten in diesem Fortschreiten begriffen, gerade durch die Ausbreitung des Menschengeschlechts vollzieht sich rascher denn je zuvor das Sichzusammenschliessen der Gesamtheit des Lebendigen zu einem systemartig geordneten Bau, in welchem durch maximales Mitwirken der eigenen Kräfte zugleich die Kräfte des anorganischen Mediums maximal ausgenutzt werden. Die einzelnen Organismenarten haben dabei ihre spezifische Leistung: die niederen Formen üben die Naharbeit aus, die höheren die Arbeit der Vorausschau, der Führung; die Pflanzen also, mit ihrer enormen Ausbreitung der Nahrung aufnehmenden Flächen und, besonders in den Blüten- und Blumenpflanzen, mit ihren fast unerschöpflichen Vorrichtungen zur Fortpflanzung, sorgen für massenhafte Herstellung von chemischer Spannkraft in Gestalt von Eiweiss, Nukleinsubstanzen, Fetten und Kohlehydraten, die Tiere und an ihrer Spitze der Mensch sorgen für raschen Umsatz des von den Pflanzen Erzeugten und schaffen, obwohl immer nur auf das eigene Gedeihen bedacht, zugleich die Herstellung geeigneter Lebensbedingungen für die untergeordneten Glieder. Dass auch in der Anordnung der Gesamtlebewelt, ähnlich wie im einzelnen Organismus, viel Mangelhaftes vorhanden ist, indem viele Kräfte ungenutzt bleiben oder gar zerstörend auf einander wirken, sei nur kurz erwähnt, mit dem weiteren Fortschreiten der Gesamtentwicklung muss aber diese Anordnung sich weiter vervollkommen.

Als Ergebnis der bisherigen Betrachtungen lässt sich der Satz aufstellen: Die Mannigfaltigkeit der organischen Formen und der Strukturen jeder einzelnen Form hat die mechanische Bedeutung, dass durch sie, als Ausdruck eines möglichst starken Mitwirkens der in den lebenden Körpern enthaltenen Energie, aus der Umgebung ein Maximum von Energie als chemische Spannkraft absorbiert wird.

Es dürfte von Interesse sein, unter diesem Gesichtspunkt einige typische Besonderheiten des Lebenden zu betrachten. Dass die zahllosen „Anpassungen“ sich auffassen lassen als der Ausdruck möglichst zweckmässiger Verwendung des eigenen Körpermaterials zur Erhaltung, zu Wachstum und Vermehrung, ist ja klar. Auch die bei den Mehrzellern vorhandene Differenzierung in Keimteil und sterbliches Soma fügt sich dieser Art der Betrachtung leicht ein. Denn wenn der Fortschritt, der in der Zeiteinheit vermehrte Energie-

gewinn, nur durch Zunahme der Assoziation mit Teilung der Arbeit zustande kommt, so wird allmählich die Vermehrung der Organismen durch Teilung zur Unmöglichkeit, dagegen kann mit der Bildung eines immer grösseren und stärker organisierten, dafür aber hinfälligen somatischen Teiles die Spezies als Ganzes sehr wohl grössere Einnahmen erzielen. Dass dabei infolge der besseren Ernährung des vergrösserten Soma auch eine zunehmend gesteigerte Fürsorge für den sich entwickelnden Keim sich ausbildet, ist verständlich. Die geschlechtliche Differenzierung ferner lässt sich ebenfalls lediglich als eine besonders zweckmässige Verwendung des eigenen Körpermaterials zur Gewinnung neuer organischer Substanz auffassen: Die Verschmelzung von zwei Zellen bezw. von Teilen derselben bedeutet zunächst eine Abnahme der Vermehrungsfähigkeit, einen Verlust an Einnahmen; infolge der dadurch erzielten, im einzelnen freilich noch nicht genügend bekannten, Veränderung des Keimplasmas aber entsteht in der Steigerung der Assimilationsfähigkeit ein jenen Verlust überkompensierender Gewinn. Auch die charakteristische, in wesentlichen Zügen bei allem Lebendigen gleichartige, physikalisch-chemische Beschaffenheit des Protoplasmas mit seinem, aus kolloidalem Material netz- und wabenförmig aufgeführten Bau und seiner Fähigkeit, auf bestimmte Einwirkungen hin bestimmte, zu besonderen Arbeitsleistungen geeignete, gröbere Strukturen zu bilden, lässt sich betrachten als ein zur Energieabsorption besonders geeigneter Apparat, wie er sich im Laufe langer Zeiten als am meisten leistungsfähig herausgebildet hat.

Endlich sei noch gedacht jener am meisten auffallenden Eigenschaft des Lebendigen, die bei der Erörterung des Lebensproblems von Vielen grade an den Anfang der Betrachtung gestellt wird, des wunderbaren, auf möglichste Erhaltung des Lebens gerichteten Wirkungsgesetzes: als Reaktion auf die in stetem Wechsel ihn treffenden Einwirkungen geschehen am lebenden Körper immer nur solche Kombinationen von Vorgängen, durch welche seine Wohlfahrt möglichst begünstigt wird. „Zweckmässige“ Tätigkeit, „Einheitlichkeit“, „Selbstregulation“ der Lebewesen bei allen ihren Verrichtungen, dergleichen die von H. Spencer gegebene geistvolle Definition des Lebens als „einer fortwährenden Anpassung innerer an äussere Relationen“ sind nur andere Ausdrucksweisen jenes Gesetzes. Und doch lässt sich auch diese Besonder-

heit des Lebenden den vorher besprochenen ohne Zwang anfügen. Die bei den Einzellern anzunehmenden, die nervösen Funktionen ersetzenden Vorgänge, die hier und in vielen Bezirken des vielzelligen Körpers vor sich gehenden chemischen, durch Hormone bewirkten Koordinationen, das mit der Organisation zunehmende wunderbare Geschehen in den zu gewaltigen Massen sich aufbauenden Nervensystemen, diese ganze „fortwährende Anpassung innerer an äussere Relationen“ ist im Grunde nichts als ein ganz besonders wirksames Mittel zur Gewinnung von chemischer Energie bezw. zur Erhaltung des Energiebestandes, ebenso wie auch die Ausbildung des Soma, die geschlechtliche Differenzierung und die zahlreichen speziellen Anpassungen die gleiche Bedeutung haben. Wie die besondere Mechanik dieser Selbstregulation beschaffen ist, ist dabei eine Frage für sich, die hier nicht erörtert werden soll. Bei den einfachsten Lebensformen jedoch, die auf unserer Erde existiert und den heute bestehenden den Ursprung gegeben haben, kann eine „fortwährende Anpassung“ noch nicht vorhanden gewesen sein, wohl aber war ihnen, wie wir anzunehmen berechtigt sind, der Stoffwechsel endothermer Kohlenstoffverbindungen mit Verwendung der durch den Reizzerfall frei gewordenen Kräfte zur Gewinnung neuer ähnlicher Verbindungen eigentümlich.

III. Das Mitwirken der Umgebung beim Lebensvorgang.

Im Vorstehenden wurde dargelegt, dass die durch Zunahme der Organisation gesteigerte Leistung das Mittel ist, durch welches der Organismus der Umgebung mehr Energie in der Zeiteinheit entnimmt und daher wächst. Die zuletzt angestellte Betrachtung über die in dem Gefüge der Gesamtheit des Lebenden sich darstellende Organisation zeigte ferner, dass jedes Lebewesen sich entwickelt in Abhängigkeit von anderen Lebewesen und von den besonderen Verhältnissen der es umgebenden anorganischen Natur. Damit tritt aber ein neues, für die Energetik des Lebensvorganges wichtiges Moment in die Betrachtung, die Art nämlich, in welcher an der mit der Entwicklung fortschreitenden Zunahme des Energiewechsels auch die Energie der Umgebung beteiligt ist. Der Organismus ist ja nichts Selbständiges, sondern eingefügt in eine physikalisch innig mit ihm zusammenhängende Umgebung, er bildet mit ihr zusammen ein mechanisches System, in welchem der Energiewechsel eines jeden der beiden Teilsysteme durch seine Aenderung auch den des anderen Teilsystems entsprechend beeinflusst.

Schon eine ganz allgemeine Betrachtung gewährt hier wichtigen Aufschluss. Zunächst ist klar, dass entsprechend der Mehreinnahme des gewachsenen Organismus in der Zeiteinheit von der Umgebung eine grössere, zur Unterhaltung des Lebensvorganges dienende Energiemenge nachgeliefert werden muss. Die genauere Ueberlegung ergibt aber ferner, dass, je grösser oder je mehr differenziert der Organismus ist, zum Ersatz der gleichen im Stoffwechsel verausgabten Energiemenge in der Umgebung eine um so grössere Menge verschwinden, richtiger gesagt verbraucht werden muss.

Denn mit dem Wachstum des Körpers wächst zugleich, und zwar in stärkerem Masse als die Masse des Körpers, der für die Verteilung der Nahrung im Körper und für die Abführung der unbrauchbaren Stoffwechselprodukte notwendige Energieaufwand, und es muss daher z. B. zum Ersatz der chemischen Spannkraft, die bei der Tätigkeit eines Muskels von doppelt grossem Querschnitt ausgegeben wurde, aus der Umgebung des Muskels mehr als doppelt soviel Energie verschwinden. Das heisst aber: Wachstum — in dem Sinne, dass der grössere Körper in der Zeiteinheit auch eine grössere Energieeinnahme hat —, sowohl das einfache Wachstum als erst recht das mit Zunahme der funktionellen Differenzierung verbundene, ist nur dadurch möglich, dass durch die Umgebung die Assimilation in irgend einer Weise erleichtert wird, dass nicht bloss, wie früher besprochen wurde, die im Organismus enthaltene Energie, sondern dass auch die Energie der Umgebung in stärkerem Masse dabei mitwirkt, Arbeit leistet. Die Umgebung übernimmt damit einen Teil der vorher allein vom Organismus vollzogenen Funktionen, es findet eine Arbeitsteilung zwischen Umgebung und Organismus, also eine Spezialisierung des letzteren, statt. Wie die verschiedenen Organe des Körpers in Abhängigkeit von einander sich ausbilden, wie das einzelne Organ unter zunehmender Spezialisierung wächst und dabei von der Tätigkeit der andern Organe unterstützt wird, so ergibt sich: auch der ganze Organismus wächst, sich spezialisierend, unter zunehmender Mithilfe der Umgebung.

Dass wirklich im Verlaufe jeder individuellen Entwicklung neben der Differenzierung in verschiedene Funktionen gleichzeitig eine Spezialisierung in der Richtung einer oder einiger besonderer Funktionen stattfindet und dass auch die phylogenetische Umwandlung der Lebewesen mit zunehmender Spezialisierung der Art ihrer Lebenstätigkeit einhergeht, ist eine bekannte Tatsache. Niemals wachsen alle Organe gleich stark, sondern einige mehr, andere weniger, und in der Entwicklung der Gesamtheit des Lebenden ist die zunehmende Mannigfaltigkeit der Formen der Ausdruck der phylogenetischen Zunahme ihrer Spezialisierung. Die energetische Bedeutung dieser Tatsache ist also, dass, je mehr ein Organismus spezialisiert ist, er um so mehr der Lebenstätigkeit auch der anderen Organismen bedarf, mit einem bestimmten an ihm sich vollziehenden Energieumsatz ein um so grösserer Um-

satz in der Umgebung stattfinden muss. Die als Nahrung in den Tierkörper aufgenommene und nach ihrem Kalorienwert gemessene Energiemenge stellt somit nur einen Teil der Gesamtmenge dar, welche beim Leben dieses Tieres in der Umgebung notwendig verbraucht wird, und für jedes Lebewesen ist der in den Körper aufgenommene Teil im Verhältnis zur gesamten, dabei in der Umgebung umgesetzten und zu wirkungsloser Wärme degradierten Energie um so kleiner, je höher es organisiert ist.

Zur Illustrierung des letzteren Satzes an der Wirklichkeit möge zunächst die Pflanzenwelt betrachtet werden. Die Umgebung einer Pflanze besteht aus der anorganischen Natur und aus anderen Pflanzen sowie Pilzen und Tieren. Die von der Pflanze umgesetzte Energie des anorganischen Mediums besteht nun nicht allein in demjenigen Anteil der Sonnenstrahlung, welcher im Pflanzenkörper unter Mithilfe des Chlorophylls die Sauerstoffatome von den Wasserstoff- und Kohlenstoffatomen, mit denen sie im Wasser bzw. Kohlendioxyd vereinigt sind, abtrennt, sondern es muss ausserdem eine viel grössere Menge strahlender Energie im Dienste pflanzlichen Lebens noch in andere als chemische Energie übergehen. Wie gross diese letztere Menge bei den Meerespflanzen, dem Phytoplankton, ist, dürfte zurzeit kaum auch nur schätzungsweise anzugeben sein. Erheblich grösser aber ist sie sicherlich bei den Landpflanzen, und die bei letzteren so sehr viel höhere Organisation kann sich erst unter viel stärkerem Mitwirken der anorganischen Kräfte herausgebildet haben. Wie das im einzelnen geschah, kann freilich zurzeit bloss vermutet werden. So scheint der Wind ein wichtiger Faktor gewesen zu sein bei der Entstehung der Stützsubstanzen, die im Stamm und in der Wurzel zweckentsprechend so ganz verschieden angeordnet sind, und wohl auch bei der Ausbildung der saftleitenden Organe und anderer Bildungen; und wenn auch in der Gegenwart diese Strukturen erblich fixiert sind, so dürften zu ihrer dauernden Erhaltung die äusseren Kräfte, die ihnen den Ursprung gaben, doch nicht überflüssig sein. Das Experiment hat aber ferner nachgewiesen, dass bei der mit Hilfe des Chlorophylls geschehenden Assimilation des Kohlenstoffs sehr beträchtliche Mengen von Sonnenstrahlung verbraucht werden. So fand Horace T. Brown (*Nature*. Vol. 71, p. 522—566, 1905) bei *Helianthus annuus*, dass von der auf ein Blatt fallenden Lichtmenge nur 0,66 pCt.

zur Photosynthese verwendet werden, während 31,40 pCt. durch das Blatt hindurchgehen, 48,39 pCt. zur Transpiration dienen und 19,55 pCt. durch Wärmeausstrahlung verloren gehen. Pfeffer schätzte den zur Photosynthese von Zucker verwandten Anteil der Sonnenstrahlung auf fast 1 pCt.; da das Licht, das die Blätter ohne Wirkung passiert hat, den Blättern darunter zugute kommt, so ist aber dieser Anteil wohl noch grösser. Doch was uns hier interessiert, sind die im Vergleich hierzu ganz enormen Mengen von Sonnenstrahlung, welche zur Leistung der inneren Arbeit der Wasserverdampfung verbraucht werden. Eine freie Wasserfläche transpiriert nur $1\frac{1}{2}$ bis 7 mal mehr als eine gleich grosse Blattfläche und in einem Walde beträgt die Wasserverdunstung drei Fünftel von derjenigen, die eine Wasserfläche von gleich grosser Ausdehnung besitzt (L. Errera, *Cours de physiologie moléculaire*, Bruxelles 1907, p. 133). Die kausale Verbindung, in welcher die Wasserverdunstung mit der pflanzlichen Saftströmung steht, ist zwar noch nicht völlig geklärt, sicherlich aber ist die Transpiration für die Pflanze von grosser Wichtigkeit. Davon abgesehen bedarf aber ferner die Pflanzenwelt des Landes immerfort der Durchtränkung des Bodens mit flüssigem Wasser, und ein notwendiger Faktor des Gedeihens sind daher die enormen Kraftmengen, welche vom Erdboden sowie aus Flüssen, Seen und Meeren die Wasserteilchen in die Höhe heben, so dass sie als Regen niederfallend oder in den Wasserläufen abwärts fliessend von Neuem das Erdreich durchtränken können. Der Arbeit des Windes wurde bereits gedacht, durch die Erleichterung des Gasaustausches und besonders durch die Verbreitung von Pflanzenteilen, speziell von Blütenstaub und Samen, ist er ausserdem von Wichtigkeit. Alles zusammengenommen sind es also ganz bedeutende Energiemengen, welche ausser der, als neue pflanzliche Substanz aufgenommenen chemischen Energie für das Leben der Pflanzen notwendig sind. Dass diese Mengen mit der Zunahme der pflanzlichen Organisation zunehmen, also etwa bei den Angiospermen grösser als bei den Gymnospermen sind, ist freilich nicht nachzuweisen, hier fehlen noch spezielle Untersuchungen.

Dagegen ist letzteres deutlicher, wenn wir das Mitwirken der aus anderen Lebewesen bestehenden Umwelt der Pflanzen in Betracht ziehen. Diese Lebewesen sind andere Pflanzen, ferner Pilze und Tiere. Auch wenn keine Pilze und Tiere

existierten, wäre pflanzliches Leben wohl möglich, denn Wasser, Kohlensäure und Salze wären wohl stets vorhanden, auch können abgestorbene Pflanzenteile schon durch Einwirkung der Atmosphärlilien wieder in einfachere Substanzen zerlegt werden. Aber diese Vegetation würde ärmlich und einförmig sein. Durch die Pilze (und Bakterien) jedoch geschieht die Depotenzierung toter Pflanzenteile rascher als durch die Atmosphärlilien, den Pflanzen steht dadurch mehr Nahrung zur Verfügung, und noch rascher geschieht der Umsatz der Stoffe durch Hinzutreten der Tierwelt. Ausserdem aber existieren zwischen den Pflanzen einerseits, den Pilzen und Tieren andererseits, mannigfache, auf gegenseitigen Nutzen abzielende Beziehungen, die um so zahlreicher sind, je höher die Entwicklung der Pflanzenwelt ansteigt. Vor allem kommt hier die wunderbare Symbiose von Blütenpflanzen und Insekten in Betracht, sodann die Arbeit, welche die höhere Tierwelt, die Vögel und Säugetiere, sowie der Mensch für das Pflanzenleben leisten. Ferner sind aber auch die Pflanzen von einander abhängig: ganz ähnlich wie im Tierreich hat auch bei den Pflanzen eine Spezialisierung der Formen für Ausnutzung besonderer Verhältnisse der Umwelt sich herausgebildet, so dass hierdurch auf engem Raum ein Maximum pflanzlichen Lebens ermöglicht wird. Aus alledem ergibt sich, dass für die Pflanzen mit der Zunahme ihrer Organisation auch eine Zunahme des Mitwirkens der Umgebung notwendig ist.

Noch augenfälliger aber ist dies an der Tierwelt. Entsprechend der höheren Organisation des Tieres im Vergleich zur Pflanze ist letztere die Voraussetzung tierischen Lebens; die Herstellung einer bestimmten, nach dem blossen Brennwert gemessenen Menge organisierter Substanz erfordert somit einen grösseren Energieaufwand der Umgebung beim Tier als bei der Pflanze. Je höher ferner ein Tier auf der organischen Stufenleiter steht, um so mehr nimmt dieser Energieaufwand zu, zugleich ist eine um so grössere Menge äusserer Bedingungen zu seiner Existenz notwendig. So dienen im allgemeinen die kleineren Tiere den grösseren zur Nahrung, und vor allem aus der Fauna des Meeres lässt sich eine ganze Reihe von Tieren nennen, von denen immer das kleinere das Beutetier für das grössere ist. So bedarf ein Raubvogel zu seiner Existenz nicht bloss der kleineren frucht- und insektenfressenden Vögel, sondern auch der Früchte und Insekten und der zahlreichen für die fruchtliefernden Pflanzen

und die Insekten voraussetzenden Existenzbedingungen. Zum Ersatz einer bestimmten, im Stoffwechsel verausgabten Energiemenge wird also beim höher organisierten Tier in der Umgebung eine grössere Menge verbraucht als beim weniger hoch organisierten; man kann auch sagen: die höheren Organismen verbrauchen „indirekt“ mehr Energie als die niederen, ein Raubvogel also mit einer bestimmten, als Nahrung aufgenommenen Energiemenge enorm viel mehr als etwa ein niederes Kerbtier, das die gleiche Menge aus abgestorbenen Pflanzenteilen in sich aufnimmt. Die höheren Organismen konnten daher überhaupt erst entstehen, nachdem durch die niederen die für sie notwendigen besseren Existenzbedingungen geschaffen worden waren, und steigerten dann ihrerseits durch stärkere Ausnutzung der niederen Lebewelt den Umsatz in dieser.

Am deutlichsten ist der mit der Steigerung der Organisation zunehmende indirekte Verbrauch von Energie in der phylogenetischen und ontogenetischen Entwicklung des Menschen. Nirgends zeigt sich so klar wie hier das Typische der organischen Entwicklung: Wachstum durch stärkeres Mitwirken der eigenen Energie mit einer auf immer grösseren Umwegen erfolgenden Assimilation, und zugleich notwendig damit verbunden Spezialisierung und damit Entlastung durch stärkeres Mitwirken der Umgebung. Während in der übrigen Tierwelt mit der phylogenetischen Zunahme der Entwicklung im wesentlichen nur einzelne Organsysteme, im allgemeinen zunehmend das vegetative Organsystem, entlastet wurden, erstreckte sich beim Menschen die Entlastung immer mehr auf alle Organe des Körpers — mit Ausnahme des immer stärker sich ausbildenden Grosshirns. Die entlastende Umgebung bestand hier aus dem Unorganisierten, der Pflanzenwelt und der übrigen Tierwelt sowie in zunehmendem Masse aus den Mitmenschen, denn nur im sozialen Verbands einer Mehrheit von Individuen konnte die Menschwerdung stattfinden. Aufgabe einer naturwissenschaftlich aufgefassten Kulturgeschichte würde es sein, im einzelnen anzugeben, wie auf dem langen, durch geologische Epochen sich hinziehenden Wege durch zunehmendes Mitwirken sowohl des eigenen Körpers als gleichzeitig der Umwelt die Umwandlung zur spezifisch menschlichen Bildung sich vollzog, wie speziell jene so winzig erscheinenden und doch eine gewaltige Wachstumsleistung darstellenden höheren Bildungen des Hirnmantels in Ab-

hängigkeit von den verschiedenen, ihnen entsprechenden Veränderungen der Umgebung entstanden sind. Noch immer ist der Mensch in raschem Fortschreiten begriffen, während im Vergleich damit die übrige Tierwelt und die Pflanzenwelt so gut wie stillstehen, seit Beginn der durch schriftliche Dokumente markierten, im engeren Sinne historischen Zeit geschah der Fortschritt anscheinend sogar rascher als früher, und erst recht dürfte dies für die Gegenwart zutreffen: besonders seit Beginn der Steinkohlenverwertung hat der indirekte Energieverbrauch für den Kulturmenschen Werte erreicht wie nie zuvor. — Eine der vorstehenden ähnliche Betrachtung liesse sich auch für die individuelle Entwicklung des Menschen anstellen, es kann aber hier davon Abstand genommen werden.

Wie für das einzelne Lebewesen mit der Entwicklung der indirekte Energieverbrauch zunimmt, so ist nun ferner zu schliessen, dass dies auch für die Gesamtheit des Lebenden Gültigkeit hat. Wie das den übrigen Organen superponierte Nervensystem den für den ganzen Körper möglichst ergiebigen Umsatz der Kräfte jener Organe vermittelt, wie weiterhin die Tiere einen relativ noch beträchtlicheren Umsatz im Pflanzenreich vermitteln, so bewirkt die Gesamtheit des Lebenden eine weitere Erhöhung des Umsatzes im anorganischen Medium. Mit der durch Differenzierung der Lebensformen bewirkten Zunahme des Lebenden, in dem Sinne einer Zunahme der Menge der in der Zeiteinheit aus dem Unorganischen aufgebauten chemischen Spannkraft, wird dem letzteren nicht allein ein der Zunahme entsprechendes Plus von Energie entzogen, sondern es werden indirekt noch viel grössere Mengen anorganischer Energie aufgebraucht. Anorganische Kräfte, welche auf früheren Stufen der organischen Gesamtentwicklung für diese gleichgültig waren oder lebenszerstörend wirkten, werden später, ebenso wie die in den lebenden Körpern selbst enthaltenen Kräfte, immer mehr in den Dienst des Lebens hineingezogen. Die nähere anorganische Umgebung wird damit immer mehr aufnahmefähig für die von weiter her eindringende Strahlung; und so gering auch dieser Teil der Sonnenstrahlung im Vergleich zur ganzen, zur Erde gelangenden Menge derselben sein mag, so darf er doch bei einer theoretischen Erörterung nicht vernachlässigt werden.

Durch diese Erwägungen wird aber ferner die Vorstellung

von der organischen Entwicklung als von einem kosmischen Vorgange eine veränderte. Während die früheren, die aktive Aneignung der Energievorräte seitens der Organismen betreffenden Ueberlegungen zu dem vorläufigen Resultate führten, dass der mechanische Sinn der grossen organischen Mannigfaltigkeit lediglich besteht in der Bildung eines Maximums von chemischer Energie aus dem anorganischen Medium, kommt nunmehr ergänzend hinzu, dass mit der Zunahme der organischen Entwicklung der Energiewechsel grade im Anorganischen am meisten sich steigert. Grade das Anorganische hat also dabei gleichsam den grösseren Vorteil. Und auch innerhalb der Lebewelt selbst erscheinen grade die durch stärkeres Mitwirken ausgezeichneten Lebewesen, die Tiere, als ein für die Bedürfnisse der Pflanzen sorgendes Anhängsel, insofern der in letzteren durch die Tierwelt vermittelte Energieumsatz grösser ist als der Umsatz in dieser selbst; und Aehnliches gilt im höchsten Grade für den die Spitze der Pyramide einnehmenden menschlichen Organismus, indem dieser eine ganz enorme Steigerung des Energiewechsels seiner Umgebung veranlasst, selbst aber nur einen mässigen Energieverbrauch hat. Durch solche Ergebnisse wird aber der selbständige Wert, den wir den lebenden Körpern als Mechanismen zuerkennen müssen und der mit dem Grade der Organisation zunehmen muss, nicht deutlich, und das bisher über die mechanische Bedeutung der Organisation Ausgeführte scheint also unvollständig zu sein, scheint das Wesentliche nicht zu treffen; richtiger: wenn auch die bisherigen Ausführungen dieses Wesentliche bereits enthalten mögen, so tritt es doch in seiner grundlegenden Bedeutung nicht genügend klar zutage. Damit dieses der Fall sei, ist eine besondere Erörterung notwendig, ist ein Eingehen auf die quantitativen Verhältnisse des Kraftwechsels der verschiedenen Organismen von Wichtigkeit. Dies soll im folgenden Abschnitt geschehen.

IV. Die verschiedene Höhe der Lebensgleichgewichte.

Das Energiegleichgewicht, das bei Gleichheit der Einnahmen und Ausgaben der Organismus mit seiner Umgebung darstellt, kann in höherem Masse als andere Energiegleichgewichte als ein abhängiges bezeichnet werden, da beim Lebensvorgang besonders auffällig ist, dass zu seiner Unterhaltung Energie fortwährend verbraucht wird, fortwährend von weiter her in die Umgebung und von dieser in den Organismus nachgeliefert werden muss. Je nach der Höhe der Organisation kann man ferner von einem verschieden hohen Grade dieser Abhängigkeit sprechen oder besser von einer verschiedenen Höhe des Gleichgewichts. Dieser Begriff, das physiologische Korrelat zum Begriff des Formwertes, ist gleichbedeutend mit dem der verschiedenen Grösse der assimilatorischen Leistung und kann als der Hauptbegriff der Lehre vom Leben bezeichnet werden.

Schon die allgemeine Tatsache, dass die Zunahme der Grösse und Struktur des Organismus, der Vorgang also, den wir Entwicklung nennen, durch Zunahme seines Mitwirkens erfolgt, besagt zugleich, dass der höher entwickelte Organismus assimilatorisch mehr leistet. Weiter unten wird dies noch genauer ausgeführt werden. Hier sei zunächst bemerkt, dass die in der Assimilation zutage tretende Leistung für einen bestimmten Organismus gemessen wird durch das Produkt aus der in der Zeiteinheit von ihm aufgenommenen Energiemenge und den Widerständen, die dabei überwunden werden.

Zur Feststellung jener Energiemenge ist die Kenntnis der Intensität des Stoffwechsels erforderlich. Dabei müsste nicht nur die Grösse der Zu- und Abfuhr von Energie in ihren verschiedenen Formen, sondern auch der Energiewert

sämtlicher Körperbestandteile und die Grösse des Umsatzes dieser einzelnen Bestandteile bekannt sein. Wegen der grossen, hier entgegenstehenden Schwierigkeiten sind derartige eingehende Untersuchungen noch nicht ausgeführt worden, sondern man hat sich bisher für die allergrösste Mehrzahl der untersuchten Lebewesen mit der Feststellung von Daten begnügt, die zu einer vorläufigen Orientierung geeignet sind. Das Material betrifft ausserdem ganz wesentlich die Tierwelt; und hier ist, wenn der Organismus sich im Energiegleichgewicht befindet, sein Sauerstoffverbrauch ein für die Kenntnis der Intensität des Stoffwechsels im allgemeinen genügender Indikator.

Weit schwieriger als die Energieeinnahmen sind die vom Organismus dabei überwundenen Widerstände in ihrer Grösse richtig festzustellen. Ja, eine exakte, zahlenmässige Angabe derselben dürfte überhaupt niemals möglich sein. Denn diese Widerstände sind gegeben durch den gröberen und feineren und allerfeinsten Bau des Organismus unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Vorgänge, die sich in ihm abspielen. Indem diese Vorgänge vom Bau gänzlich abhängig sind, ist also der funktionell aufgefasste Bau der geeignete Massstab.

Bevor wir auf diese durch den Bau verursachten Widerstände näher eingehen, sei hervorgehoben, dass wir uns dabei den Organismus in der zu ihm gehörigen Umgebung, an die er normalerweise angepasst ist, vorzustellen haben und dass auch die von der Umgebung gesetzten Widerstände zugleich dabei mitgesetzt zu denken sind. Auch die Umgebung bietet ja dem Lebensvorgang Widerstände dar, ja man denkt in der Regel überhaupt nur an diese letzteren, wenn man von den der Ernährung des Organismus entgegenstehenden Schwierigkeiten spricht. Hierbei kommt in Betracht der geringere oder grössere Gehalt des Mediums an assimilierbarer Energie, an Nahrung also, nach ihrer Menge, besonderen Beschaffenheit und Verteilung; ferner das spezifische Gewicht des Mediums, seine Temperatur, überhaupt sein gesamtes physikalisch-chemisches Verhalten. Von Wichtigkeit sind ferner die Veränderungen, die in ihm vor sich gehen, wobei speziell der grosse Unterschied zwischen dem Leben im Meere und dem auf dem Lande, im Reich des Gleichmasses und in dem der Gegensätze, hervorgehoben sei. Alle diese hierdurch bedingten, so unendlich verschiedenen Widerstände der Um-

gebung sind nun aber neben den, mit dem Bau des Organismus gegebenen Widerständen nicht noch besonders in Rechnung zu stellen, sondern die Berücksichtigung der letzteren allein ist ausreichend. Denn indem der Organismus durch seine Tätigkeit diese letzteren überwindet, wird er zugleich Sieger über die Schwierigkeiten der Umgebung: indem das Tier im Gegensatz zur Pflanze, die von Nahrung umspült ist, sich seine Nahrung aufsucht, ist die dazu notwendige Muskelleistung zugleich die Ursache, dass der Muskel mit neuer Nahrung versorgt wird; indem durch Vermittelung der Sekrete der Verdauungsdrüsen an den in Magen und Darm eingeführten Nahrungsstoffen Arbeit geleistet wird, ist diese Tätigkeit der Drüsen zugleich Anlass zu ihrer besseren Ernährung. Die äusseren Widerstände sind also nur ein anderer Ausdruck für die inneren, durch den Bau bedingten; und bekanntlich ist ja jeder Organismus in seiner Besonderheit charakterisiert nicht bloss durch seinen Bau, sondern gleichermassen durch seine physiologisch aufgefasste Umgebung, seine spezifische Umwelt.

Das Besondere des Baues, worin sich der bei der Ernährung zu überwindende Widerstand ausspricht, ist vor allem jene Anordnung der Teile, die als Organisation bezeichnet wird. Durch den Grad der Organisation wird also zugleich die verschiedene Grösse jenes Widerstandes angegeben. Die Prinzipien, nach denen jener Grad zu beurteilen ist, sind schon früher kurz mitgeteilt worden; hier sei noch hinzugefügt, dass ausserdem der nutritive Zusammenhang der Teile berücksichtigt werden muss.

Dass durch die Organisation die Schwierigkeiten der Ernährung erhöht werden, ist leicht einzusehen. Nicht bloss durch die Grössenzunahme des Körpers, sondern ausserdem und häufig vor allem durch die nach dem Prinzip der Arbeitsteilung geschehende, schwächere oder stärkere Differenzierung der Struktur: bei gleichbleibender Gestalt wird die Oberfläche des Körpers und damit auch die Nahrung aufnehmende Fläche im Verhältnis zum Volum eine immer weniger ausgedehnte; die Schwerkraft kann immer mehr ihre störende Einwirkung ausüben; die Ernährung der Teile geschieht auf immer grösseren Umwegen, wird eine immer mehr vermittelte, immer grössere Bezirke werden ganz ausgeschaltet von der direkten Aufnahme der Nahrung aus dem umgebenden Medium, die Zufuhr der Nährstoffe und die Abfuhr des Verbrauchten

erfordern daher einen immer grösseren Energieaufwand. Ontogenetisch wie phylogenetisch werden also durch die, als Zunahme der Organisation bezeichnete, veränderte Anordnung der Körperteile die der Assimilation entgegenstehenden Schwierigkeiten erhöht. Indem aber durch diese Anordnung zugleich ein stärkeres Mitwirken der in jenen Teilen enthaltenen Energien ermöglicht wird, werden die durch die Organisation geschaffenen Schwierigkeiten überwunden und es wird ein Ueberschuss der Einnahmen über die Ausgaben, es wird Wachstum erzielt. So steigern sich im Verlauf der individuellen Entwicklung mit jeder neuen Organisationserhöhung zwar die Ernährungsschwierigkeiten, die Umgebung wird gleichsam immer ärmer an Energie, gleichzeitig aber wird durch die damit einhergehende, noch stärkere Steigerung des Mitwirkens weiteres Wachstum ermöglicht, die assimilatorische Leistung also pro Masseneinheit vergrössert. Dabei wird jedoch der Ueberschuss des Mitwirkens über die Widerstände allmählich kleiner, das Wachstum nimmt ab und gelangt endlich zum Stillstand. Auf der Höhe der Entwicklung, im Gleichgewicht des Stoffwechsels hat dann die assimilatorische Leistung ihr Maximum erreicht. Der Energiewechsel des Organismus ist dann, obgleich pro Masseneinheit am kleinsten, im Vergleich zu den Widerständen, zu der relativen Energiearmut der Umgebung, ein Maximum. Indem weiterhin neue schädliche Einwirkungen der Aussenwelt immer weniger ausgeglichen werden und immer mehr der Assimilation ungünstige Zerfallsprodukte sich bilden, werden die Widerstände noch weiter erhöht, die Kräfte des Organismus aber nehmen ab und es wird die absinkende Periode des Lebens eingeleitet.

Der Begriff der verschiedenen Höhe des Gleichgewichts erfährt noch eine andere Beleuchtung und wird, wie ich meine, klarer durch die folgende, den allgemeinen Modus der Organisationszunahme betreffende Ueberlegung. An früherer Stelle wurde bereits bemerkt, dass Wachstum dadurch erzielt wird, dass die Teile gleichsam im Interesse des Ganzen ihr Assimilationsbedürfnis einschränken. Diesem Gedanken kann aber eine bestimmtere Fassung gegeben werden. Durch die Organisation nämlich, durch die Assoziation der Teile in verschiedenster Form als Mittel zum Mehrerwerb von Energie, wird, wie wir uns vorstellen können, die Assimilation deshalb schwieriger gestaltet, weil die Oberfläche, durch

welche die assoziierten Teile sich gegen die Umgebung abgrenzen, kleiner wird als dies bei den nicht assoziierten Teilen der Fall war. Dies gilt sowohl von der einfachen wie von der mit Arbeitsteilung verbundenen Assoziation, im letzteren Falle wird nicht bloss die Oberfläche des Gesamtsystems, sondern es werden auch die Oberflächen der mit spezialisierter Leistung betrauten Partialsysteme verkleinert. Es wird also durch diese Verkleinerung die bei günstigsten Aussenbedingungen für die Masseneinheit der assoziierten Teile mögliche Energieeinnahme verringert, es nimmt die Assimilationstendenz der Partialsysteme und des ganzen Systems ab. Dies dürfte der mechanische Sinn des vorhin als Einschränkung der Bedürfnisse Bezeichneten sein. Wie der ganze Organismus, je grösser er ist, um so längere Zeit braucht, sich aufzubauen und zu vermehren, so dürfte dies auch von den untergeordneten metamikroskopischen Einheiten gelten, wobei eine genauere Vorstellung dieses Geschehens zunächst nicht notwendig ist. Den durch die Organisation geschaffenen Nachteilen stehen aber auf der anderen Seite die Vorteile gegenüber, welche durch die infolge der Assoziation ermöglichte stärkere Kooperation beim Energieerwerb erzielt werden können. Wenn der mit der Organisation verbundene Nachteil, die Verringerung der Assimilationstendenzen der Teile, grösser oder auch nur gleich wäre dem gleichzeitigen, durch stärkeres Mitwirken ermöglichten Vorteil, so würde kein Wachstum erfolgen. Nun erfolgt aber Wachstum, es wird also jener Nachteil durch den Vorteil stärkeren Mitwirkens überkompensiert, es werden, wie man auch sagen kann, die eingeschränkten Tendenzen in höherem als der Einschränkung entsprechenden Grade stärker befriedigt. Die Teile haben eine grössere Assimilationsgelegenheit erhalten dadurch, dass ein stärkerer Austausch ihrer Energien im Dienste des Ganzen stattgefunden hat. Die im Fortschritt der Ontogenese im Vergleich zur relativen Energiearmut der Umgebung auftretende Steigerung des Energiewechsels ist hiernach also gleichbedeutend mit einer zunehmenden Befriedigung des Energiebedarfs des Organismus und seiner Teile. Wird der Höhepunkt der Entwicklung überschritten, dann nehmen durch weitere Erschwerung des Energiezutritts die Assimilationstendenzen der Teile zwar noch stärker ab, durch gleichzeitige Abnahme des Mitwirkens wird aber auch ihre Befriedigung in immer stärkerem Masse beeinträchtigt.

Durch die vorstehende Betrachtung dürfte ferner der vieldeutige Begriff der Ernährung einen etwas bestimmteren Inhalt erhalten. Wenn man den Grad der Ernährung nur nach der Menge der von der Gewichtseinheit des Organismus aufgenommenen Nährstoffe abmisst, dann ist letzterer um so besser genährt, je grösser sein Wachstumsüberschuss ist, dann kommt man aber, wie Mühlmann (Ueber die Ursache des Alters, Wiesbaden 1900) dies auch folgerichtig tut, zu dem Resultat, dass die menschliche Entwicklung von der befruchteten Eizelle an bis zum Erwachsensein nur ein sich immerfort verschlimmerndes Hungerleben ist und dass grade das Gehirn, das früher wie andere Organsysteme zu wachsen aufhört, früher und stärker als alle anderen Organe in seiner Ernährung leidet, und dann kann man ferner mit Jickeli (Die Unvollkommenheit des Stoffwechsels, Berlin 1902) schliessen, dass auch während der ganzen phylogenetischen Organisationszunahme die Unvollkommenheit des Stoffwechsels zu einer fortwährend wachsenden Belastung wird. Ganz anders jedoch, wenn man den Begriff des Energiebedarfs, der Assimilationstendenz, bei der Bestimmung des Ernährungsgrades berücksichtigt. Indem die Entwicklung gerade darin besteht, dass durch die Assoziation infolge Verkleinerung der ernährenden Oberflächen der Energiebedarf sowohl des Ganzen als der Teile sich verringert, zugleich aber durch stärkere Kooperation die Ernährung der assimilierenden Einheiten eine immer mehr dem Bedarf entsprechende wird, muss man bei dieser Art der Auffassung nicht die Jugendzeit, sondern die Periode maximaler Leistung, also die des Ausgewachsenseins, als die Periode bester Ernährung betrachten. Dass die verschiedenen Organe und Organsysteme, welche zumal den Körper des höheren Organismus zusammensetzen, diese Periode maximaler Leistung zu verschiedenen Zeiten erreichen, ändert am Wesentlichen dieser Auffassung nichts, nur die Bestimmung des Zeitpunktes oder der Zeitstrecke, in welcher wir unter Abwägung der Leistungen der verschiedenen Organe dem ganzen Organismus die grösste Höhe des Gleichgewichts zusprechen müssen, wird dadurch erschwert. Diese Periode höchsten Gleichgewichts, bester „Ernährung“, braucht daher auch nicht zusammenzufallen mit der Zeit, in welcher der Körper ein absolutes Maximum von Energie aufnimmt, sondern kann jenseits derselben gelegen sein. —

Zur besseren Verdeutlichung der mit der Entwicklung

zunehmenden Höhe des Energiegleichgewichts mögen nunmehr die bei der Assimilation überwundenen Widerstände mit bezug auf den experimentell festgestellten Energiekonsum betrachtet werden. Zunächst für den einzelnen Organismus während der verschiedenen Stadien seiner Entwicklung. Auch während der Periode des Wachstums kann man, wenn der Wachstumsüberschuss im Vergleich zum Energiewechsel gering und zu vernachlässigen ist, wie etwa während der ganzen extrauterinen menschlichen Entwicklung, von verschiedenen, aufeinander folgenden Gleichgewichtszuständen sprechen. Je mehr man sich aber dem Beginn der Entwicklung nähert, um so grösser ist die als Wachstumsgewinn erscheinende Energiemenge; sie beträgt beim Menschen im intrauterinen Leben im Durchschnitt etwa 40 pCt. von der Gesamtsumme der täglich aufgenommenen Energiemenge (Rubner); gleichzeitig ist aber auch die von der Masseneinheit aufgenommene Energiemenge gesteigert, je grösser also der Wachstumsgewinn, um so grösser zugleich der Gesamtenergiewechsel.

Wie bereits erwähnt, haben beim Tier (mit Einschluss des Menschen) die Versuche ergeben, dass während des Wachstums der Energiewechsel pro Masseneinheit abnimmt, pro Einheit der Körperoberfläche aber im Allgemeinen der gleiche bleibt. Wenn man diese einfache Tatsache kennen lernt, so pflegt man an die in ihr sich ausdrückende Grösse der assimilatorischen Leistung zunächst gar nicht zu denken. Diese Leistung zeigt sich aber als eine ganz ausserordentliche, wenn man die auf dem Wege von der winzigen Eizelle bis zum millionenfach vergrösserten Organismus im Körper vor sich gehenden Gestaltungen und die damit verbundene enorme Vergrösserung der Ernährungsschwierigkeiten auch nur in ganz oberflächlicher Weise ins Auge fasst. Beim Menschen zumal sind diese Schwierigkeiten ganz gewaltig gesteigert.

Nur einige Hauptmomente seien erwähnt. Zuvor jedoch sei auf die Widerstände der Umgebung hingewiesen, die ebenfalls im Laufe der individuellen Entwicklung sich steigern und in deren Zunahme sich zugleich die durch den Körperbau bedingte Zunahme der Widerstände abspiegelt. Die grösste Veränderung ist hier mit der Beendigung des intrauterinen Lebens gegeben. Aus dem Reich der Fülle und des Friedens, das der mütterliche Schoss mit seiner gleichförmigen Nahrungszufuhr und Temperatur, seinem geringen

Schwerewiderstand und dem Schutz vor äusseren Schädlichkeiten für das Kind ist, wird dieses in eine Umgebung gebracht, die sofort an den ganzen Körper grössere Anforderungen stellt. Nur sehr teilweise werden durch die elterliche Fürsorge diese vermehrten Erhaltungsschwierigkeiten behoben. Die Jugendfürsorge lässt aber nach und hört endlich auf, und dies ist mit einer fortgesetzten Vermehrung der Umgebungswiderstände gleichbedeutend. Und im weiteren Verlaufe des Lebens sorgt in der Regel schon die Konkurrenz der Mitlebenden dafür, dass die Widerstände noch weiter vermehrt werden.

Wichtiger ist die Betrachtung des Körpers selbst, der Art, wie mit seinem Wachstum die Ernährungsschwierigkeiten sich vergrössern. Hier ist, wie schon bemerkt, nicht allein die Grösse des Körpers, sondern vor allem seine zunehmende Struktur zu berücksichtigen. In bezug auf letztere sei zunächst erwähnt jene enorme Verkleinerung der ernährenden Oberfläche im Verhältnis zum Volum, die dadurch entsteht, dass statt der ganzen Körperoberfläche nur ein kleiner Teil derselben den Nährstoffen als Eingangspforte dient. Mit der Ausbildung eines Blutkreislaufs beim Embryo sind diese Verhältnisse stabilisiert und mit dem Wachstum des Körpers werden sie, wenn alle Zellen mit Nahrung versorgt werden sollen, fortgesetzt schwieriger. Ferner aber behalten die sich vermehrenden Zellen nicht die Beschaffenheit, die sie im Beginn der Entwicklung hatten, sondern sie wandeln sich in einer Weise um, die, von der Möglichkeit verstärkten Mitwirkens abgesehen, als eine Erschwerung der Assimilation aufgefasst werden muss. Schon die Keinzellen, wie sie etwa die Furchungskugel zusammensetzen, sind dadurch, dass sie eine Membran und ausser dem Kern wohl noch andere, vom Protoplasma aus ernährte Gebilde besitzen, für die ernährnde Flüssigkeit weniger zugänglich, ihre aus der Umgebung assimilierende Oberfläche ist im Verhältnis zum Volum kleiner, als wenn sie lediglich aus einem von Nährflüssigkeit umgebenen und durchtränkten Protoplasma bestehen würden. Mit der Vermehrung der Zellenzahl aber nimmt die Menge jener sekundär ernährten Gebilde zu, es bilden sich die zu grösseren Massen vereinigten, zu besonderen aktiven und passiven Leistungen geeigneten Protoplasmaprodukte, vielfach nehmen dabei die Zellen auch beträchtlich an Grösse zu, und es dürfte hierdurch, so sehr auch der Ernährungsmodus jener

Produkte noch der Aufklärung bedarf, eine beträchtliche Verkleinerung der aus der Umgebung Nahrung aufnehmenden Oberflächen der Zellen im Verhältnis zu ihrem Volum resultieren. Dazu kommt, dass wir jenen, wie anzunehmen ist, sekundär ernährten Bildungen, wenigstens soweit sie zu besonderen aktiven Leistungen befähigt sind, ebendeshalb und weil sie von der direkten Assimilation entlastet sind, doch wohl auch einen komplexeren Bau, also eine im Verhältnis zu ihrem Volum kleinere Oberfläche zusprechen müssen; und dass ausserdem mit zunehmender Entwicklung noch verschiedenartige Stoffwechselprodukte dazutreten, die, wie Pigment, Hornsubstanz, Kalksalze, oder wie die Ansammlungen von Reservestoffen, gleichfalls die assimilierenden Oberflächen nur verkleinern. Die Erwägung, dass die ganze menschliche Ontogenese nur eine Art von Wiederholung ist der unzähligen, bei jedem phylogenetischen Fortschritt sich steigernden Ernährungsschwierigkeiten, eine Wiederholung freilich, die in wesentlichen Punkten durchaus anders verläuft als die Phylogenese, diese Erwägung kann wohl eine ungefähre Idee von den zahllosen, sämtlich mit neuen Ernährungswiderständen verbundenen Strukturveränderungen und damit auch von der Grösse dieser Widerstände geben. Könnten wir diese letzteren darstellen durch eine entsprechende Verkleinerung der aus der Umgebung des Körpers assimilierenden Oberfläche im Verhältnis zum Volum des ganzen Körpers, so würde diese Verkleinerung unvergleichlich beträchtlicher sein als sie durch die in Wirklichkeit vorhandene Verkleinerung der Körperoberfläche im Verhältnis zum Volum dargestellt wird. Wenn trotzdem im Verlaufe des Lebens der Energiekonsum proportional der Ausdehnung der Körperoberfläche bleibt, so ergibt sich also, dass die Assimilationsleistung des Organismus dabei eine ausserordentliche Steigerung erfährt.

Wenden wir uns jetzt der Betrachtung des Energiewechsels der verschiedenen Organismenarten zu, so ist zu bemerken, dass erst in jüngster Zeit die experimentelle Forschung sich mit diesen Fragen eingehender beschäftigt hat und das Tatsachenmaterial daher noch ziemlich lückenhaft ist. In der Hauptsache erstrecken sich die Feststellungen auf Tiere. Da die untersuchten Tiere, ganz besonders durch ihre Grösse, hochgradig von einander verschieden waren, so ist es selbstverständlich, dass die Werte des Energieumsatzes — für die einzelnen Wirbellosen, Kaltblüter, Vögel und Säuge-

tiere — enorme Differenzen zeigen. In noch höherem Masse ist dies für die auf die Gewichtseinheit bezogenen Werte der Fall. Es ergab sich aber das sehr auffallende Resultat, dass, wenn man diese Werte auf die Einheit der Körperoberfläche und ferner, soweit möglich, auf gleiche Temperatur des Körpers reduziert, bei allen Tieren eine merkwürdige Uebereinstimmung in der Grösse des Kraftwechsels hervortritt. So sind nach Pütter (Die Ernährung der Wassertiere und der Stoffhaushalt der Gewässer, Jena 1909) die extremen Unterschiede des Sauerstoffverbrauchs pro Kilogramm und Stunde bei Säugetieren um mehr als das 24 fache verschieden (Maus 7,6 g, Rind 0,314 g), dagegen betragen sie bei Vergleichung des Verbrauchs pro Quadratmeter der Körperoberfläche und Stunde nur das 3,38 fache (Meerschweinchen 10,7 g, Hund 35,5 g). Aehnlich also wie in der Ontogenese zeigt sich auch beim phylogenetischen Wachstum der Energieverbrauch von der Grösse der Körperoberfläche abhängig. Die Einfachheit dieses Gesetzes spricht dafür, dass es auch durch einfache physikalische Verhältnisse bedingt wird, eine genügende Erklärung aber steht noch aus.

Diese Tatsache selbst jedoch ist ein deutlicher Ausdruck dafür, dass mit der morphologisch festgestellten Steigerung der Organisation auch die Leistung, das heisst die mit Rücksicht auf die vorhandenen Widerstände erzielte Einnahme von chemischer Spannkraft, pro Masseneinheit zunimmt. Denn die Vermehrung der die Ernährung hemmenden Widerstände durch die Organisation im Laufe der Phylogenese ist, ebenso wie in der Ontogenese, bedeutend grösser als dies in der, durch die blosse Grössenzunahme des Körpers verursachten, relativen Verkleinerung der äusseren Oberfläche zutage tritt.

Auch hier seien zur Erläuterung nur einige Hauptmomente angeführt. Wie die Umgebung, je mehr in der Phylogenese die Entwicklung zunimmt, den Organismus zu immer stärkerer Arbeit zwingt, soll nicht ausgeführt werden. Auch hier besteht die bekannte Analogie zwischen Keimes- und Stammesentwicklung.

Vom Körperbau sei bemerkt, dass er besonders widerstandserhöhend wirkt durch die fortschreitende Verkleinerung der für die Aufnahme der Nährstoffe und die Ausscheidung des Unbrauchbaren bestimmten Oberflächen. Während letztere bei den niedersten Tieren durch die äussere Körperoberfläche dargestellt werden, rücken sie mit dem Fortgang der Ent-

wicklung zu immer grösserem Teil in das Innere des Körpers hinein. Wenn sie nun auch hieselbst durch Faltenbildung zu mächtiger Ausdehnung gelangen, so können sie ihre Funktion doch erst durch eine ausserdem dazutretende erhebliche Muskelleistung ausüben; abgesehen von dieser Hilfsleistung sind diese Einstülpungen ein hochgradiges Hemmnis, wird die Ernährung überhaupt unmöglich. In engem Zusammenhang hiermit steht die Tatsache, dass mit der Zunahme der tierischen Organisation gerade das auf dem vegetativen sich aufbauende animale System mit seinen zu aktiven Leistungen besonders spezialisierten Protoplasmprodukten zu grossen Dimensionen heranwächst.

Von besonderem Interesse ist die Betrachtung der Gestalt des Tierkörpers in bezug auf die Wirkung der Schwerkraft. Hier sehen wir bei den auf dem Lande sich fortbewegenden Tieren, dass mit zunehmender Entwicklung die Unterstütsungsfläche, mit welcher der Körper auf dem Boden aufruhet, im Verhältnis zur Körpermasse immer kleiner wird und dass die Gleichgewichtslage, in deren Schwerpunktsverschiebung die Fortbewegung besteht, aus einer mehr stabilen in eine immer mehr labile sich verwandelt (Jos. Wimmer, Mechanik der Entwicklung der Lebewesen, Leipzig 1905). So ruht bei den Würmern noch der ganze Körper dem Boden auf; es folgen die viel-, 8- und 6beinigen Landtiere; die Wirbeltiere beginnen mit 4 Extremitäten als Aufstützbehelfen, ausserdem entfernt sich bei den Säugern die Hauptmasse des Körpers, obwohl immer mächtiger werdend, durch Verlängerung und Aufrichtung der Gliedmassen immer mehr von der Bodenfläche; beim Menschen endlich mit seiner aufrechten Haltung hat die Labilität der Gleichgewichtslage ihr Maximum erreicht. Zur Erhaltung dieser Lage werden also mit zunehmender Entwicklung immer grössere Anforderungen an den Organismus gestellt. Andererseits vermag der letztere durch die gesteigerte Leistung diese vermehrten Widerstände zu überwinden und vermag ferner die Schwerkraft, die auf niederen Stufen für die Fortbewegung ein Hemmschuh war, immer mehr als ein Mittel der Fortbewegung, durch ein Nachvornfallen des Körpers, in seinen Dienst zu nehmen; die ganze Entwicklung der Landtierwelt, speziell auch die Menschwerdung des Tieres, ist eng verknüpft mit dieser, in der Ersparung von Eigenkraft be-

stehenden, Zunahme der Zweckmässigkeit des als ein sich selbst fortbewegender Apparat aufgefassten Tierkörpers.

Dass mit der Warmblütigkeit eine Ueberwindung grösserer Widerstände stattfindet, bedarf nur eines Hinweises. Wie Rubner (Kraft und Stoff im Haushalt der Natur, Leipzig 1909, S. 91) mitteilt, kann man durch künstliche Erhöhung der Körpertemperatur beim Kaltblüter (Frosch) und Herabsetzung derselben beim Warmblüter (Kaninchen) annähernd gleiche Werte des Energieverbrauchs pro Einheit der Körperoberfläche bei beiden Organismenarten erzielen; aber grade der Umstand, dass bei den Warmblütern durch die eigene Aktivität die Körpertemperatur sich erhöht hat, ist ein Beweis für die bei ihnen im Vergleich zu den Kaltblütern gesteigerte Assimilationsleistung. Durch welche Strukturveränderungen sie bedingt wird, ist erst teilweise aufgeklärt.

Auf die feinere Struktur der lebenden Körper in ihrer zunehmend widerstandserhöhenden Eigenschaft kann hier nicht näher eingegangen werden. Erwähnt sei jedoch, dass bei den Pflanzen das Gefüge im allgemeinen weniger dicht ist als bei den Tieren, indem nicht bloss die Zellen lockerer aneinandergefügt sind — in den meisten Landpflanzen nehmen die Lufträume $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ des Totalvolums ein —, sondern auch in den einzelnen Zellen durch Wasseraufnahme gewaltige assimilierende Flächen ausgebildet sind. In der Tierwelt spricht ferner die mit der Entwicklung abnehmende Regenerationsfähigkeit durchaus für eine grössere Lockerheit des feineren Gefüges und für eine stärkere Durchtränkung der Gewebe mit Nährsaft. Ausserdem müssen wir wohl, je grösser und differenzierter ein Organismus, schon sein Ausgangsmaterial, die Erbmasse, komplizierter gebaut und hierdurch *et. par.* langsamer assimilierend uns vorstellen.

Die Würdigung der Struktur ist ferner geeignet, Aufschluss zu geben über die Bedeutung derjenigen bei einzelnen Tierspezies gefundenen Zahlen des Energieverbrauchs, welche mit der Behauptung, dass der im System höherstehende Organismus im Verhältnis zur relativen Energiearmut der Umgebung mehr Energie einnimmt, insofern im Widerspruch zu stehen scheinen, als das Oberflächengesetz nicht zutrifft. So ist speziell hervorzuheben, dass der Mensch, dem wir doch auf Grund seines Baues eine alle anderen Lebewesen überragende Stellung anweisen, unter Berücksichtigung seiner

Körpergrösse durchaus nicht das Maximum des Energieverbrauchs von allen Lebewesen darbietet: pro Quadratmeter Körperoberfläche verbraucht (nach Pütter zitiert) ein Mensch von 60 000 g in der Stunde 19,6 g Sauerstoff, während ein Hund von 24 000 g Gewicht 27,7 g, ein Rind von 650 000 g Gewicht 26,5 g Sauerstoffverbrauch hat. Der Schluss, den wir aus diesen Zahlen zu ziehen haben, dürfte aber sein: infolge seiner dichteren Struktur hat der Mensch zwar pro Oberflächeneinheit einen geringeren Energieverbrauch als manche anderen Säuger, im Verhältnis zum Umfang der vereinigten Massen kann aber bei ihm trotzdem dieser Verbrauch vermehrt und somit die assimilatorische Leistung grösser wie in der ganzen übrigen belebten Schöpfung sein. Weiter unten wird auf diesen Punkt noch eingegangen werden.

Jedenfalls ergibt sich, dass die für die verschiedenen organischen Spezies experimentell festgestellten Daten des Energiekonsums mit der aus anderen Prämissen abgeleiteten Folgerung, dass mit dem phylogenetischen Fortschritt das Gleichgewicht fortdauernd ansteigt, sehr wohl übereinstimmen.

Dieses Verhalten wird ferner in besonderer Weise illustriert durch die Art der Veränderung, welche der Habitus der Gesamtlebewelt in der Phylogenese erfährt, und die im wesentlichen darin besteht, dass zu kleinsten und kleinen Lebensformen immer grössere und einheitlicher gestaltete, die ersteren teilweise verdrängend, hinzutreten. Auch in der individuellen Entwicklung beobachten wir schon bei den grösseren Strukturwandlungen Ähnliches. So besteht hier bei den Wirbeltieren das Skelett anfangs aus der dem Ektoderm entstammenden Chorda, dann wird diese ersetzt durch eine knorpelige, aus Mesenchymgewebe bestehende Wirbelsäule, und endlich treten an deren Stelle indifferenten Zellen, die sich zu Knochengewebe verändern; so tritt ferner an die Stelle des Pronephros das Mesonephros und weiterhin das Metanephros. Viel deutlicher aber tritt uns diese Substitution entgegen in der Veränderung der Gesamtlebewelt, und die in den Schichtgesteinen enthaltenen Pflanzen- und Tierreste geben uns Aufschluss, wie schichtenförmig weniger organisierte durch spezialisiertere Lebensformen ersetzt worden sind. Dabei verschwanden aber die älteren Formen nicht sämtlich, sondern was für die Assimilation der Gesamt-

heit des Lebenden sich als zweckmässig erwies, blieb, wenn auch teilweise verändert, bestehen, so dass auch heute noch neben den hochdifferenzierten Mehrzellern der gewaltige Unterbau der Einzelligen fortexistiert. Dass neben den fortschreitenden Formen auch rückschreitende entstanden, sei hier nur nebenbei erwähnt, denn beherrscht wurde der Habitus des Ganzen von jenen ersteren. — Die neuen, höher organisierten Formen waren nun aber grösser oder differenzierter oder beides (auch wohl kleiner, aber dann erst recht stärker differenziert) und waren dadurch, wie leicht verständlich ist und wie auch die Tatsachen lehren, von geringerer Fruchtbarkeit als ihre Vorfahren. Wenn sie trotzdem sich ausbreiteten, so war dies also nur dadurch möglich, dass ihre Erhaltungsfähigkeit stärker erhöht als ihre Vermehrungsfähigkeit herabgesetzt war, dass, wie man auch sagen kann, die Befriedigung der Vermehrungstendenz der Individuen in stärkerem Masse zugenommen als diese Tendenz abgenommen hatte. Wie der einzelne Organismus, je höher er entwickelt ist, ein um so höheres Energiegleichgewicht darstellt, so kann man also das Gleiche auch von der Spezies als Ganzem aussagen. Im folgenden möge dies noch etwas eingehender erörtert werden.

Wenn von den Individuen einer einzelligen, sich durch Teilung vermehrenden Spezies, die bisher mit ihrer Umgebung sich im Gleichgewichte befand, einzelne durch Zunahme der Organisation ihre Ontogenese verlängern, grösser werden und dadurch langsamer sich vermehren, so muss bei dieser neuen Lebensform, wenn sie sich ausbreiten soll, die durch die Grössenzunahme bedingte Verlangsamung des Wachstums und der Vermehrung überkompensiert werden durch die Zunahme der Erhaltungsfähigkeit (Vermeidung von Nahrungsmangel, von Vernichtung). Wäre die Erhaltungsfähigkeit dieselbe geblieben, würde also in der Zeiteinheit der gleiche Prozentsatz von Individuen vernichtet werden, so wäre die neue Lebensform, da sie sich langsamer vermehrt, überhaupt nicht existenzfähig, sie würde rasch durch die alte wieder verdrängt werden. Würde infolge stärkeren Mitwirkens der eigenen Energie, die Erhaltungsfähigkeit in demselben Masse zugenommen haben, wie die Wachstums- und Vermehrungsfähigkeit abgenommen hatte, so wäre die neue Form zwar konkurrenzfähig, sie würde aber von der Veränderung ihres Baues keinen Vorteil haben, sich nicht ausbreiten. Sondern

die Verdrängung der alten Form durch die neue tritt erst ein, wenn die Aktivität und damit die Assimilationsgelegenheit noch stärker erhöht ist. Dann ist die Vermehrungstendenz verringert, diese Tendenz wird aber in stärkerem als der Verringerung entsprechendem Masse befriedigt.

Das Gleiche wie für die Einzeller muss auch für die Mehrzeller gelten. Dabei kommt hier noch ein neues, übrigens auch schon bei vielen einzelligen Spezies vorhandenes, die Assimilation erschwerendes Moment hinzu: die Entstehung des Soma und dadurch die Einführung des obligatorischen Todes in die Geschichte des Lebenden. Die hierdurch verursachte beträchtliche Steigerung der Ausgaben war nur bei einer weiteren, jene Ausgaben zum mindesten ausgleichenden Steigerung der Einnahmen möglich. Obgleich durch die mit der zunehmenden Ausbildung des Soma einhergehende Verlängerung der Ontogenese und damit durch die Hinausschiebung der Periode der Fortpflanzung und ausserdem durch die auf den Nachwuchs verwendete intensivere Fürsorge die Fruchtbarkeit immer mehr abnahm, so musste, da gleichzeitig infolge der höheren Organisation die Fähigkeit, die Energie der Umwelt im Dienste der Assimilation auszunutzen, stärker zunahm, das von der Spezies dargestellte Energiegleichgewicht steigen.

Eine besonders grosse Assimilationsleistung tritt uns bei den Warmblütern entgegen. Wie H. Spencer (Prinzipien der Biologie, II. Bd., 1877, VI. T. 11. Cap.) sich ausdrückt, wird das Produkt aus Selbsterhaltungsvermögen und Art-erhaltungsvermögen mit Zunahme der Entwicklung grösser. Gleichwie es nun vorkommt, dass unter besonders günstigen Ernährungsverhältnissen (bei kultivierten Pflanzen und domestizierten Tieren) nicht bloss die Individuen besser genährt sind, sondern sogar die Fortpflanzungsfähigkeit gesteigert ist, so beobachten wir etwas Ähnliches in der Tatsache, dass trotz Zunahme der Körpergrösse und -Struktur der Energie-wechsel pro Raumeinheit nicht bloss relativ zu den vermehrten Widerständen erhöht, also absolut etwas geringer, sondern sogar absolut erhöht sein kann. Dies ist bei den Warmblütern der Fall. Bei der überwiegenden Mehrzahl der poikilothermen Tiere ist eine mit der Steigerung der Organisation einhergehende Abnahme des Kraftwechsels pro Raumeinheit, soweit bekannt, als Regel zu betrachten. Doch sei erwähnt, dass bei den Bienen ein Sauerstoffverbrauch fest-

gestellt wurde (von Marie Parhon, referiert in der Naturwiss. Rundschau 1909, Nr. 35), welcher, an sich enorm (bis zu 29 754 ccm pro Stunde und Kilogramm), auf eine gleich grosse Oberfläche wie bei Säugetieren übertragen, ähnlich dem der letzteren zu sein scheint. Aber erst bei den homöothermen Wirbeltieren sehen wir die Riesenleistung, dass, trotz der hohen Organisation und doch wieder durch sie verursacht, im Vergleich mit Poikilothermen, auch solchen von viel geringerer Körpergrösse, die Energieaufnahme pro Raumeinheit dauernd erhöht ist. Durch die vermehrte, der Umgebung angepasste Reizbarkeit, und zwar unter Vermittlung der höheren Teile des Zentralnervensystems, ist hier die Assimilationsgelegenheit so gross geworden, dass der Lebensprozess im Vergleich zu dem der Kaltblüter und der Wirbellosen ein beschleunigtes Tempo erfahren hat, und ausserdem ist durch die infolge der gesteigerten Oxydation entwickelte Wärme die Reizbarkeit der assimilierenden Substanzen noch weiter erhöht und das Tempo des Lebens dadurch noch stärker beschleunigt worden. Der Sieg über die Kälte ist mit einer besonders hohen Steigerung der Erhaltungsfähigkeit gleichbedeutend.

Ein letztes, prinzipiell neues, die Grösse der Assimilation bestimmendes Moment endlich wird gegeben mit dem Auftreten des Menschen. Die anderen Säugetiere sind mehr oder weniger Spezialisten für die verschiedensten Arten der Nahrung und haben sich in dieser Richtung seit Beginn der Eozänzeit, fächerförmig divergierend, wie man zu sagen pflegt, ausgebildet. Der Urahn des Menschen hatte sich die Fähigkeit, alles zu fressen, im Zusammenhang mit einer auch bei ihm schon anzunehmenden höheren Intelligenz zu bewahren gewusst und hat sich auf dieser Grundlage zum Nervenwesen spezialisiert. Das mit dem Menschen in der organischen Schöpfung auftretende Neue, das natürlich in der Tierwelt seine Vorstufen hat, ist also die Entlastung sämtlicher Körperorgane durch die Energien der Umwelt unter Vermittlung und daher zunehmender Ausbildung des Grosshirns, vor Allem des neu hinzutretenden Stirnlappens. Wenn dabei, anscheinend ohne besondere Zunahme der Körpergrösse, gleichzeitig der Energiekonsum pro Volumeinheit, wie es den Anschein hat, absinkt, besonders aber Wachstums- und Vermehrungsfähigkeit abnehmen, so liegt kein Grund vor für die Annahme, dass die in der ganzen übrigen Tier-

welt vorhandene, mit dem Grade der Entwicklung sich steigernde Zunahme des Energiegleichgewichts beim Menschen Halt macht, sondern auch hier ist eine solche Zunahme anzunehmen und die hochgradige Steigerung der Erhaltungsfähigkeit lässt sich nur in diesem Sinne auslegen. Die im Vergleich zu anderen gleich grossen Säugern geringere absolute Grösse des Kraftwechsels muss also durch die Zunahme der Struktur sich erklären lassen. Exakt beweisen lässt sich das freilich nicht. Man bedenke aber, dass mit der Menschwerdung der Körper massenhaft Einbusse erleidet an minderwertigen, aber wohl mit absolut grossem Energieverbrauch begabten Bestandteilen, während er an Nervenzellen gewinnt; und ausserdem haben wir uns die in allen Zellen vorhandene Matrix des Körpers, das Keimplasma — wie auch immer dieser Spiritus rector der Entwicklung sich später uns enthüllen mag —, als ganz besonders kompliziert gebaut vorzustellen, und die Vermehrung dieser Substanz dürfte daher langsamer als bei anderen Organismen und mit geringerem direkten Energiekonsum erfolgen. Die lange embryonale Entwicklung, die ungemein lange Periode bis zur Vollendung des Wachstums, der auf der Höhe der Entwicklung mässige Energiekonsum, die im Vergleich zu anderen Landsäugetieren (mit Ausnahme des Elefanten) ausserordentlich geringe Vermehrungsfähigkeit stimmen mit jenem vermuteten, an Oberflächen ärmeren, feinsten Bau überein. Alle diese Momente unter Hervorhebung der Tatsache, dass trotz der geringen Fruchtbarkeit das Menschengeschlecht sich über den Erdball ausgebreitet hat, führen daher zu dem Schlusse, dass im Menschen die assimilatorische Leistung ihr Maximum erreicht hat. —

Nach Betrachtung des Energieverbrauchs der ganzen Organismen wäre nun auf das betreffende Verhalten der verschiedenen, den Körper zusammensetzenden Zellen und Zellengruppen einzugehen. Nur einiges Wenige aus diesem Gebiet, dessen Erforschung fast gänzlich Zukunftsaufgabe ist, sei hier erwähnt. In erster Linie ist zu beachten, dass, wie die Gesamtlebwelt aus niederen und höheren Einheiten aufgebaut ist, auch der einzelne Organismus, und zwar um so mehr, je höher er auf der organischen Stufenleiter steht, sich in ähnlicher Weise verhält. Was den Tierkörper betrifft, so ist es zur Zeit nicht möglich, für alle seine Zellenarten und Organe

den Grad der Organisation anzugeben, aber wir sind wohl berechtigt, die leicht vergänglichen Gebilde, wie die Epidermis- und viele Epithelzellen, die Zellen des Markes und des Blutes, trotz ihres pro Raumeinheit wohl beträchtlichen Energieverbrauchs, als die niedrigsten Gleichgewichte anzusprechen. Andererseits haben wir, wie auch in den früheren Ausführungen schon wiederholt hervorgehoben wurde, für die Zellen des Nervensystems anzunehmen, dass in ihnen die höchste organisatorische Leistung, die stärkste Assoziation der Teile mit dem Erfolge stärksten Mitwirkens bei der Assimilation, gegeben ist. Von einem exakten zahlenmässigen Beweis dieser Behauptung kann freilich keine Rede sein, sie wird aber durch eine Fülle verschiedenartigster Tatsachen gestützt.

So fehlen bei den Pflanzen und niedersten Tieren die Nervenzellen überhaupt, und sie treten um so zahlreicher auf und sind um so mehr zu kompakten Massen angeordnet, je mehr auch am übrigen Körper der höhere Bauplan sich ausspricht. Sie sind ferner verhältnismässig gross, ja sie gehören, da wir die Achsenzylinder der peripheren Nerven doch wohl zum Körper der Zelle hinzurechnen müssen, zu den grössten uns überhaupt bekannten Zellen, und sie können eine Kompliziertheit der Gestalt, eine so enorme Ausbildung der äusseren Oberflächen — man denke an die Purkinjeschen Zellen des Kleinhirns — aufweisen, wie wir dies bei keiner anderen Zellenzunft antreffen. Ihr Wachstum ferner und ihre Vermehrung erfolgen auffällig langsam, es wird sogar behauptet, dass ihre Zahl in der Grosshirnrinde beim erwachsenen Menschen nicht grösser ist als beim Kinde; ihre Regenerationsfähigkeit ist sehr gering. Sehr wichtig ist auch die im Vergleich zu den übrigen Organen enorm grosse Menge des auf das Nervensystem verwendeten Bildungsmaterials, wie dies an den Embryonen der Wirbeltiere besonders charakteristisch hervortritt. Aus dem chemischen Verhalten sei erwähnt der relativ hohe Gehalt der Nervensubstanz an Lecithin und Protogon, an Stoffen also, die besonders grosse Kraftvorräte darstellen, und der starke Sauerstoffverbrauch, der auch bei Wirbellosen (Baglioni) sich nachweisen liess. Ausdruck einer hohen Organisation ist ferner die grosse Erhaltungsfähigkeit der Nervenzellen, wie sie schon vor langer Zeit durch die Tatsache der im Hungerzustande fehlenden Gewichtsabnahme des Grosshirns fest-

gestellt wurde. Auch das wunderbare Gefüge des Nervensystems, das mit seiner unfassbaren Kompliziertheit von der Zusammenordnung der Zellen des übrigen Körpers fundamental verschieden ist und in welchem die überragende, den übrigen Körper beherrschende Stellung jenes Systems sich ausdrückt, lässt vermuten, dass auch die Einheiten desselben, die Nervenzellen, selbst schon besonders hoch organisierte Gebilde sind. Die grosse Erhaltungsfähigkeit dieses Systems, seine Selbständigkeit gegenüber den anderen Organen des Körpers, schon bei Wirbellosen (vergl. J. von Uexküll, Umwelt und Innenwelt der Tiere, Berlin 1909); die Sorgfalt, die uns entgegentritt in den Vorrichtungen, die beim Gehirn zum Schutz gegen Schädlichkeiten und besonders bei der Grosshirnrinde zum Zweck der Versorgung mit sauerstoffreichem Blutplasma und der raschen Abführung des Verbrauchten durch die Lymphbahnen vorhanden sind; der physiologische Wert des Nervensystems für den übrigen Körper, die ausschliesslich an die Nervenzellen gebundenen Vorgänge des Bewusstseins; — dies alles und noch manches andere dürfte den Schluss nicht übereilt erscheinen lassen, dass die in den Nervenzellen sich abspielenden Vorgänge den Gipfel organischen Geschehens, assimilatorischer Leistung also, darstellen.

Dabei braucht aber der Energiekonsum pro Masseneinheit in diesen Zellen nicht gross zu sein, ja er kann im Vergleich zu anderen Zellen des Körpers sogar sehr gering sein. Spezielle Versuche haben bisher ergeben, dass das Gehirn, abgesehen von seiner grossen Empfindlichkeit gegen Sauerstoffmangel, kein Sitz lebhafter Stoffwechselforgänge ist. Ein von Atwater angestellter Versuch über den Energieumsatz bei angestrengter geistiger Arbeit brachte sogar das auffallende Resultat, dass ein merklicher Unterschied im Vergleich zu möglicher Ruhe überhaupt nicht festzustellen war; hierbei ist aber zu bedenken, dass unser Nervensystem immerfort tätig ist und dass daher der geringe Mehrverbrauch von Energie, der bei geistiger Arbeit noch hinzukommt, sehr wohl sich der Beobachtung entziehen kann. Unberührt hiervon bleibt also die obige Schlussfolgerung, dass wir in den Nervenzellen die höchsten organischen Gleichgewichte anzunehmen haben. Ja, man kann vielleicht weiter schliessen, dass grade in denjenigen Teilen der Grosshirnrinde, an die wir uns die psychisch wertvollsten Gebilde gebunden zu

denken haben, auch die organische Leistung ihren Höhepunkt erreicht hat; und es liegt nahe, sich zu denken, dass die Vorgänge in jenen nervösen Bildungen, in denen die Assimilationstendenzen am meisten eingeschränkt sind und die dennoch den übrigen Körper beherrschen, sehr wohl harmonieren mit der Beschaffenheit der parallel gehenden höchsten Bewusstheiten, die trotz ihrer Gedankenblässe für die Gestaltung unseres Daseins von entscheidendster Bedeutung sind.

Die im Vorstehenden über die verschiedene Höhe der Lebensgleichgewichte aufgestellten Betrachtungen führen nun ferner zu einer geklärteren Auffassung des Verhaltens der verschiedenen Organismen zu einander und der Gesamtheit des Lebenden zum Unorganisierten. Die höheren Organismen vermitteln nicht allein einen stärkeren Energieumsatz in den niederen Sphären, sondern sie selbst haben, auch wenn pro Gewichtseinheit ihr Energiewechsel sich verringert hat, ebenfalls einen, jenem verstärkten Umsatz entsprechenden Vorteil. In der abhängigen Sphäre werden zwar durch Verringerung der Konkurrenz und durch direkte Fürsorge die Ernährungsbedingungen verbessert und daher die Vermehrungstendenzen stärker befriedigt, also die wirkliche Vermehrung immer mehr der bei optimalen Aussenbedingungen geschehenden angenähert, andererseits hat der diese Vorgänge vermittelnde höhere Organismus zwar seine Vermehrungstendenz verringert, seine Fähigkeit, diese Tendenz zu befriedigen, jedoch in stärkerem als jener Verringerung entsprechenden Masse vermehrt. Sowohl in den niederen als in den höheren Systemen werden also diese Tendenzen stärker befriedigt, wird das Gleichgewicht erhöht. Dabei steigt aber letzteres pro Masseneinheit in den höheren Systemen durch deren Entstehung aus niederen mehr an als in den niederen durch Vermittlung der höheren; die Vermehrungstendenzen der niederen Systeme sind ja überhaupt immer nur zu einem ganz geringen Teil zu befriedigen, um so weniger, je stärker sie sind. Andererseits erstreckt sich, da mit der Organisationszunahme der indirekte Energieverbrauch im Verhältnis zum direkten zunimmt, die geringere Erhöhung des Gleichgewichts in den niederen Systemen über einen grösseren räumlichen Bezirk. Für niedere und höhere Systeme dürfte also der in der Gleichgewichtserhöhung bestehende Vorteil, der mit dem Hinzutreten der letzteren gegeben wird, der gleiche sein, wie dies auch dem Begriff der

damit geschaffenen Arbeitsteilung entspricht. Mit der nach dem Prinzip der Arbeitsteilung geschehenden zunehmenden Differenzierung der Gesamtheit des Lebenden in Systeme, die in verschiedenster Weise einander koordiniert, vor allem aber einander superponiert sind, werden also für alle Systeme, und zwar je nach dem Grade ihrer Leistung für das Ganze, die Ernährungsbedingungen verbessert, die Assimilationstendenzen stärker befriedigt. Für das Verhalten der Organismen zu einander gilt also das Gleiche, wie es für das Verhalten der Teile des Organismus zu einander schon früher bemerkt wurde: auch hier werden die Assimilationstendenzen aller in die Teilung der Arbeit eingeordneten Teile im Laufe der Entwicklung stärker befriedigt, aber in verschiedenem Grade, und beim Tier am meisten in den über das Ganze herrschenden Gebilden des Nervensystems. Endlich kam auch der mit der Entwicklung der Gesamtlebewelt zunehmende Verbrauch von anorganischer Energie aufgefasst werden als eine stärkere Befriedigung der Energiebedürfnisse (*sit venia verbo*) des Anorganischen: was für die Organismen die Assimilation ist, die Erfüllung des Raumes mit spezifisch geformter chemischer Spannkraft, das wäre dann für das Unorganisierte die Vermehrung des Gehalts an anderen wirksamen Energien, und die Aufnahmefähigkeit für diese letztere nimmt durch ihren stärkeren Verbrauch seitens des Lebenden zu. Von einer Besprechung der speziellen physikalisch-chemischen Vorgänge kann dabei zunächst ganz wohl abgesehen werden.

Die Erörterung der verschiedenen Höhe der Lebensgleichgewichte führt aber noch zu einer weiteren Folgerung. Wiederholt wurde betont, dass die Organisation aufzufassen ist als das Mittel, um die Energieeinnahmen zu steigern, und daraus schien sich dann weiter zu ergeben, dass die zunehmende Organisation sowohl des einzelnen Individuums als der Gesamtheit des Lebenden den mechanischen Sinn hat, dass aus der Umgebung absolut ein Maximum von Energie absorbiert wird. Dieser letztere Schluss ist aber, wie jetzt klar wird, nur teilweise richtig. Das Ziel der organischen Entwicklung ist nicht ein Maximum der Energieeinnahme, sondern ein Maximum des Gleichgewichts d. h. der Einnahme im Verhältnis zu den entgegenstehenden, durch die Menge der vereinigten Teile bedingten Schwierigkeiten oder, was gleichbedeutend ist, die möglichste Befriedigung der Assimi-

lationstendenzen der Teile. Häufig geht beides — Steigerung der Einnahme von chemischer Spannkraft und des Gleichgewichts — zusammen, wie in einem grossen Teile des Verlaufs jeder Ontogenese. Beim Menschen aber fällt der Zeitabschnitt, in welchem wir ihm den höchsten Grad der Organisation mit grösster Machtfülle zusprechen, in der Regel nicht zusammen mit einer Lebensperiode, in welcher der Körper den grössten direkten Energieverbrauch hat, sondern mit einer etwas späteren, in welcher dieser Verbrauch bereits abgenommen hat. Wie es sich hiermit bei anderen Organismen verhält, bleibt noch zu untersuchen. Von hohem Interesse ist, dass das Hirngewicht des Menschen sogar bereits in der Periode der Geschlechtsreife sein Maximum erreicht, von da ab jedoch mehr und mehr abnimmt. Zu einer Zeit also, in welcher der direkte Energieverbrauch des ganzen Körpers noch zunimmt, beschränkt sich der Verbrauch des Gehirns bereits auf blosse Gleichgewichtssteigerung; wobei freilich zu wissen notwendig wäre, wie sich der Energieverbrauch der nervösen Elemente zu dem der anderen Gehirnbestandteile verhält. Auch phylogenetisch bildet sich im Vergleich zu anderen Säugern der Körper des Menschen nicht im Sinne absolut zunehmender Energieeinnahme, sondern nur zunehmenden Energiegleichgewichts aus. Indem aber gleichzeitig sein indirekter Energieverbrauch mächtig anwächst, wird in dem aus Mensch samt Umgebung bestehenden materiellen System der Energieumsatz gesteigert. Es wäre daher möglich, dass Aehnliches auch für die Gesamtheit des Lebenden gilt, dass also das Gleichgewicht, dem die Entwicklung dieser Gesamtheit zustrebt, verbunden ist mit der Aufnahme nicht eines absoluten, dem Anorganischen entnommenen Maximums von chemischer Spannkraft, sondern nur eines Maximums im Verhältnis zum Umfang der in den Organismen assoziierten Massen. Wir wissen dies nicht. Auf grösster Höhe der Evolution würde aber zugleich im Anorganischen das Gleichgewicht am meisten erhöht, *et. par.* also die Energieeinnahme des aus Lebendem und anorganischer Umgebung bestehenden Gesamtsystems ein Maximum sein.

V. Kosmischer Ausblick.

Als naturgemässe Ergänzung des Vorstehenden hätte sich nunmehr anzuschliessen die Erörterung der mechanischen Seite eines Problems, dessen Bedeutung von jedem denkenden Menschen empfunden wird und das demgemäss auf allen Stufen der Menschheitsgeschichte, und zwar in der mannigfachsten Weise, zu lösen versucht worden ist. Für die Naturwissenschaft, vielmehr für die Naturphilosophie, lautet dies Problem: welche Stellung hat das Leben im Weltmechanismus? Lassen sich die, den Weltbildungsvorgängen gegenüber räumlich und energetisch verschwindend winzigen Lebensvorgänge in den Ablauf jener anderen Vorgänge in vernünftiger Weise, das heisst mit ihnen sinnvoll sich ergänzend, einordnen?

Wissenschaftlich ist diese Frage bisher kaum in Angriff genommen worden, und auch heute sind die dazu notwendigen Grundlagen — einerseits eine genügende Kenntnis der Mechanik des Lebens, andererseits gesicherte, das gesamte Naturgeschehen umfassende, physikalische Grundanschauungen — unzulänglich. Nur tastende Versuche sind zurzeit möglich¹⁾. Wenn trotzdem im folgenden ein Teil dieses Problems zur Erörterung kommt, so ist die Veranlassung dazu der Umstand, dass, seitdem der Entwicklungsgedanke in die Wissenschaft Eingang gefunden und auf allen ihren Gebieten

1) F. Auerbach (Ektropismus oder die physikalische Theorie des Lebens, Leipzig 1910) meint, dass für den Kosmos das Leben den Sinn habe, die allgemeine Entwertung der Energie aufzuhalten und durch Ektropie den Kosmos neu zu organisieren. So sehr wertvoll sonst seine Schrift ist, so verdienstlich es ist, die als Ektropismus bezeichnete Aufspeicherung von Energie durch die Organismen als etwas für letztere Charakteristisches hervorzuheben, so kann ich doch der oben erwähnten These nicht zustimmen.

umgestaltend gewirkt hat, die Stellung des Menschen in der Natur in der Meinung vieler eine mehr und mehr untergeordnete geworden ist. Solcher Meinung aber lässt sich nachdrücklichst entgegenreten. Auch Auerbach hat (a. a. O.) die hohe energetische Bedeutung des Menschen hervorgehoben; dem gleichen Zweck sollen auch die folgenden Bemerkungen dienen.

Wir gehen dabei aus von der Erwägung, dass für den Ablauf der Weltbildungsvorgänge die Entstehung von Lebendigem als etwas Nebensächliches erscheint. Das ganze Werden und Vergehen eines Sternsystems, wie wir heute uns dies vorstellen — also vom Nebelball bezw. kosmischen Staub bis zu dem als geordnetes System vereinigter grosser Massen sich darstellenden Gleichgewicht und weiterhin, durch Zusammenprallen mit Körpern eines anderen Systems, wieder zum Zustand der weit im Raum zerstreuten Massen zurück —, dieser ganze Zyklus ist unabhängig von der Bildung lebender Wesen, letztere erscheinen dabei als ein überflüssiges Nebenprodukt. Und auch wenn sie dabei auftreten, so sind sie räumlich und wohl auch zeitlich den Weltbildungsvorgängen gegenüber verschwindend, und auch die Energiebeiträge, welche durch sie umgesetzt werden, sind verschwindend klein im Vergleich zu den bei jenen Vorgängen beteiligten Energiemengen. Andererseits jedoch haben die Organismen — in ihrer uns allein bekannten, aus hochpotenzierten, bestimmt angeordneten Kohlenstoffverbindungen bestehenden Form —, wenn sie überhaupt entstehen, zu ihrer Bildung ungeheure Mengen von Raum, Zeit und Energie zur Voraussetzung und ausserdem ein besonderes Zusammentreffen von Umständen, wie im Fall unserer Erde das Vorhandensein eines relativ kleinen, genügend abgekühlten Weltkörpers, der während langer Zeiträume eine im ganzen sich gleichbleibende Zufuhr grosser Energiebeiträge erfährt und dessen relativ rasche Rotation eine gleichmässige, der Existenz jener Kohlenstoffverbindungen günstige Temperatur der Oberfläche gewährleistet. Nur dadurch, dass an anderen Stellen unseres Planetensystems gewaltige Energiedifferenzen sich ausgleichen, können die in der Entwicklung der Lebewelt sich darstellenden, im Laufe von Jahrtausenden zunehmenden und dabei im Lebensvorgang fortwährend sich erneuernden Energiedifferenzen auf unserer Erdoberfläche geschaffen werden. Demgemäss ist denn auch in dieser fortwährenden Neuschaffung chemischer

Spannkraft, so unerheblich sie bei oberflächlicher Betrachtung erscheint, bei tieferem Erfassen der Vorgänge eine Energieabsorption von gewaltiger Grösse zu erblicken.

Nur in einer winzig dünnen oberflächlichen Schicht unseres Planeten ist diese Absorption möglich. Von der Atmosphäre werden zwar grosse Mengen der Sonnenstrahlung abgefangen und den tieferen Schichten der Erde vorenthalten, aber chemische Spannkraften werden hier, soviel bekannt, nicht geschaffen. Je dichter mit Annäherung an die flüssige und feste Erdoberfläche die Atmosphäre wird, um so mehr Sonnenstrahlung wird von ihr aufgenommen, am stärksten aber ist, in gleich grossen Räumen, die Absorption in der die feste Rinde bedeckenden Wasserhülle, hier können daher, als ein Ausdruck dieser stärkeren Absorption, endotherme Kohlenstoffverbindungen sich bilden.

Die Entscheidung der Frage, ob auch an der ersten Entstehung des Lebens auf unserem Planeten — die Kosmozoöhypothese bleibe unberücksichtigt — die Sonnenstrahlung als notwendiges Agens beteiligt war, dürfte mit der Definition des Lebensbegriffes in engem Zusammenhang stehen. Wenn wir nur auf die uns bekannten, durch einen Stoffwechsel der Eiweisskörper und ausgesprochene Selbstregulation ausgezeichneten Lebensformen reflektieren, so lautet vielleicht die Antwort anders, als wenn wir die viel allgemeinere Vorstellung des Mitwirkens der eigenen Energie beim Gewinn neuer Energie an Substraten, die sich unter Stoffwechsel erhalten und vermehren können, als das Kriterium des Lebens zu Grunde legen. Im letzteren Falle ist nach unseren derzeitigen Kenntnissen nicht einzusehen, warum nichts bereits in den chaotischen chemischen Umsetzungen, von denen die Abkühlung der glutflüssigen Erdoberfläche begleitet war, Vorgänge sich abgespielt haben sollten, die wir als Lebensvorgänge ansprechen müssen, und die wir uns vorzustellen hätten als die, auf Kosten der Energie der Umgebung geschehende Bildung endothermer Kohlenstoffverbindungen, die, ähnlich den Krystallen oder durch Polymerisierung, wuchsen und sich vermehrten, anderen Orts massenhaft wieder der Vernichtung anheimfielen, und bei denen — und das ist das Wesentliche — der Verbrauch des eigenen Energiegehalts in irgend einer Weise bei der Bildung neuer ähnlicher Atomverbände mitwirkend war. Aber dies Alles sind bloss Annahmen. Jedenfalls ist es wahrscheinlich, dass, damit auch nur die allereinfachsten

Lebensformen vom Typus der heute existierenden entstehen konnten, in einer oberflächlich gelegenen Kugelschale unseres Planeten bereits eine lange, von Substraten, die wir bereits als lebend bezeichnen müssen, vollzogene Vorarbeit voraufgegangen sein musste. Alle weiteren Geschehnisse an diesen Substraten — ihre immer schärfere Trennung vom Leblosen, die Entstehung des an Eiweisskörper gebundenen Lebens, der ganze weitere, nur durch die Allmählichkeit seiner Bildung unserem Begreifen näher gerückte, in zunehmender Faltenbildung bestehende Ausbau dieser Formen — dies alles ist nur die Fortsetzung jener Vorarbeit, das immer mehr gesteigerte Mitwirken aller beteiligten Energien zur Gewinnung neuer Energie und damit zunehmende Energieabsorption, zunehmendes Gleichgewicht mit der Umgebung. Die gleichzeitig damit fortschreitende Komplikation im Bau der gasförmig-flüssig-festen Zone des Leblosen nach ihrer energetischen Bedeutung zu würdigen, bleibt eine besondere Aufgabe.

Für das Verständnis des Zustandekommens der Organisationszunahme, wie sie in der Epigenese der Gesamtlebewelt in verschiedensten Graden und nach den verschiedensten Richtungen hin sich vollzieht, sei auf einen Hauptumstand, der für ihr Eintreten notwendig ist und dessen Wichtigkeit schon aus dem früher Mitgetheilten hervorgeht, hingewiesen. Es ist dies eine gewisse Ungunst, ein Mangel der Lebensbedingungen. Dieser Mangel kann relativ oder absolut sein: relativ, indem durch die Vermehrung der lebenden Aggregate die auf jedes einzelne entfallende Nahrungsmenge sich verringert; absolut, indem die Umgebung unabhängig von den lebenden Aggregaten sich ungünstiger für letztere gestaltet. Relativer, durch die Konkurrenz erzeugter Mangel als organisierender Faktor tritt uns z. B. auf allen Stufen der Kulturentwicklung entgegen. Aber auch die absolut gesteigerte Ungunst der Umgebung steht, wie es scheint, diesem Faktor an Wirksamkeit nicht nach, und wir sehen sie in grossem Stile wirksam in der Tatsache, dass im Gegensatz zu den Meeresorganismen die Landlebewelt so viel höher entwickelt ist; auch die menschliche Kultur ist unter dem wohlthätigen Zwang der Not vielfach grade in den rauheren gemässigten Zonen besonders kräftig aufgeblüht. Die Erwägung, dass die Eiweisskörper überhaupt erst bei gemässigten Temperaturen bestandfähig sind, lässt daher vermuten, dass auch bei der ersten Entstehung des an Eiweisskörper gebundenen Lebens

solche als ungünstig zu bezeichnenden Verhältnisse, speziell also die Abnahme der Temperatur des Mediums, von wesentlicher Bedeutung gewesen sind. Es kann hier nicht näher auf diese Fragen eingegangen werden, nur das sei bemerkt: Es dürfte nicht schwierig sein, sich eine allgemeine Vorstellung von der Mechanik der Organisationszunahme zu machen, es ist aber zur Zeit nicht zugänglich, besondere Einzelheiten derselben der Wirklichkeit entsprechend anzugeben.

So einfach nun auch im Prinzip diese Mechanik zu sein scheint, so ist sie doch im Vergleich zu den übrigen Naturvorgängen etwas ganz Neues, und ihr Ergebnis, die trotz der Ungunst der Lebensbedingungen gesteigerte Energieabsorption, steht unter den uns bekannten kosmischen Vorgängen einzig da. Nicht also die absolute Menge der im Lebenden enthaltenen Spannkraft ist das Wesentliche; selbst in höchstorganisierten Gebilden ist sie wohl geringer, als wir sie an anderen Orten des Weltalls annehmen dürfen, als sie etwa, nach unseren heutigen Vorstellungen, in gleich grossen Räumen des Erdkerns vorhanden ist; an letzterer Stelle aber ruht diese Kraft, wie in einem gegen äussere Einwirkungen geschützten Explosivstoff, in den Organismen jedoch wird sie fortwährend aufs Neue erzeugt. Auch nicht die, die lebenden Körper in der Zeiteinheit passierenden Energiemengen sind massgebend; sie sind äusserst gering im Vergleich zu denjenigen, welche etwa an der Oberfläche der Sonne gleichgrosse Räume durchströmen, erfahren dafür aber eine Erhöhung des Potentials, es findet aus der Umgebung eine Energieabsorption statt, wie wir sie nirgends sonst im Weltall vorfinden. Das Wesentliche ist die im Verhältnis zum Umfang der assoziierten Massen aus der Umgebung aufgenommene Energie. Schon bei den ersten Organismen, die auf unserem Erdball sich bildeten, ist, entsprechend dem auf das Mitwirken der eigenen Energie gegründeten Begriff des Lebensvorgangs, diese Menge grösser als bei allem Unorganisierten, und mit jeder Zunahme der Organisation wird sie, auch wenn der Energiewechsel pro Volumeinheit sich verringert, doch im Verhältnis zur verfügbaren Energie der Umwelt weiter gesteigert. Nicht die Bakterien und die Pflanzen, deren Leistung uns im Wachstum in so erstaunlicher Weise entgegentritt, sind die wirksamsten Kraftabsorptionsmaschinen, sondern die höher organisierten Gebilde, bei denen an die

Stelle des Wachstums die grössere Erhaltungsfähigkeit getreten ist. Der Mensch an ihrer Spitze ist also nicht bloss wegen seines wunderbaren Baues, sondern ebenso wegen der Grösse seiner mechanischen Leistung das grösste Kunstwerk der Natur, und es wird begreiflich, dass zu seiner Herstellung ungeheure Kraftmengen aufgewendet werden mussten.

Wir gelangen somit, wie ich meine unausweichlich, zu folgendem Resultat: die von den lebenden Menschenhirnen, speziell die von den nervösen Elementen derselben erfüllten Räume zeichnen sich vor allen anderen uns bekannten Räumen dadurch aus, dass sie, wenn auch absolut sehr wenig, doch im Verhältnis zu den, durch die Dichtigkeit des Gefüges hier vorhandenen Widerständen, im Verhältnis also zur relativen Energiearmut der Umgebung, ein Maximum von Energie absorbieren. Hier sind die Stätten höchsten Gleichgewichts. Dies also wäre, auf einen einfachen Ausdruck gebracht, das physiologische Korrelat zu dem unentwirrbar komplizierten Bau des Gehirns, mit dem verglichen der Bau des Sternenhimmels nur ein sehr einfacher ist. Und hierdurch nimmt der Mensch eine zentrale Stellung im Weltall ein.

Druck von L. Schumacher in Berlin N. 24.

Verlag von **August Hirschwald** in Berlin NW. 7.
(Durch alle Buchhandlungen zu beziehen.)

Das Wesen
des
menschlichen Seelen- und Geisteslebens
als Grundriss einer Philosophie des Denkens

von
Prof. Dr. **Berthold Kern**, Generalarzt.

Zweite völlig neubearbeitete Auflage.
1907. 8. 7 M. Gebd. 8 M.

Das Problem des Lebens
in kritischer Bearbeitung

von
Prof. Dr. **Berthold Kern**, Generalarzt.

1909. 8. 14 M.

Das Erkenntnisproblem
und seine kritische Lösung

von
Prof. Dr. **Berthold Kern**, Generalarzt.

1910. gr. 8. 5 M.

Die psychische Krankenbehandlung
in ihren wissenschaftlichen Grundlagen

von
Prof. Dr. **Berthold Kern**, Generalarzt.

1910. 8. 1,20 M.

Druck von I. Schmalzer in Berlin N. 24.

DR. MED.
PETER G. HESSE
— JENA —

Überreicht
vom Verfasser

Gedanken

zur

allgemeinen Energetik
der Organismen.

Von

Carl Lüderitz.

Berlin 1910.

Verlag von August Hirschwald.
NW., Unter den Linden 68.