

# Das Leben

Sein Wesen, sein Ursprung und seine Erhaltung

Präsidentialrede, gehalten

zur Eröffnung der „British Association for the  
Advancement of Science“ in Dundee, September 1912

von

**E. A. Schäfer**

LL. D., D. Sc., M.D., F. R. S.

Professor der Physiologie an der Universität Edinburgh

Autorisierte Übersetzung aus dem Englischen

von

**Charlotte Fleischmann**



Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg GmbH

1913

# Das Leben

**Sein Wesen, sein Ursprung und seine Erhaltung**

Präsidentialrede, gehalten

zur Eröffnung der „British Association for the  
Advancement of Science“ in Dundee, September 1912

von

**E. A. Schäfer**

LL.D., D.Sc., M.D., F.R.S.

Professor der Physiologie an der Universität Edinburgh

Autorisierte Übersetzung aus dem Englischen

von

**Charlotte Fleischmann**



**Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH**

**1913**

ISBN 978-3-662-24380-0      ISBN 978-3-662-26499-7 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-26499-7

## Vorwort.

In der folgenden Betrachtung, der Rede des Präsidenten zur Eröffnung der diesjährigen Versammlung der „British Association“ in Dundee, habe ich versucht, die allgemeine Richtung der modernen biochemischen Forschung in bezug auf Natur und Ursprung alles Lebenden zu erklären und die Art, wie das Leben der vielzelligen Organismen, besonders der höheren Tiere und Menschen erhalten wird, darzulegen.

Ich habe auch die Schlußfolgerungen hervorgehoben, die berechtigterweise aus den Ergebnissen solcher Untersuchungen gezogen werden können, ohne dabei jedoch die Bedenken, welche sich gegen diese Schlußfolgerungen erheben, zu verkennen oder zu unterschätzen.

Der Gedanke ist nicht neu, daß zu irgendeiner Zeit alles Lebendige aus totem Stoffe gebildet wurde. Trotz des Satzes „Omne vivum e vivo“ hat es sicherlich eine Periode der Erdgeschichte gegeben, in der unser Planet keinerlei Dasein, das wir Leben nennen, hätte enthalten können. Es kann über diesen Punkt unter wissenschaftlichen Denkern keine Meinungsverschiedenheit aufkommen. Es ist auch nicht das erste Mal, daß auf die Möglichkeit synthetischer Erzeugung von lebender Substanz im Laboratorium hingewie-

sen wird. Doch nur Solche, die den Fortschritt der Biochemie in den letzten Jahren nicht kennen, würden zu behaupten wagen, daß unser Wissen seit Tyndall und Huxley nicht vertieft sei. Aber schon diese Forscher zeigten den richtigen wissenschaftlichen Instinkt, indem sie lehrten, daß ursprünglich Lebewesen aus toter Materie entstanden seien. Also hielten sie eine Lebens-Synthese für möglich, obgleich damals eine solche Behauptung viel unsicherer zu begründen war als heutzutage. Die Untersuchungen von Fischer, Abderhalden, von Hopkins und vielen Anderen — zu zahlreich, um sie zu erwähnen — haben helles Licht über die Konstitution der Stoffe verbreitet, aus denen lebende Substanz sich zusammensetzt. Aufklärung brachten besonders die epochemachenden Untersuchungen von Kossel über die chemische Zusammensetzung der Kernsubstanz, die gewissermaßen als der einfachste Typus lebender Materie angesehen werden kann: sicherlich „fons et origo“ aller wirksamen chemischen Prozesse innerhalb der meisten Zellen. Wie viel weniger kompliziert in ihrer chemischen Zusammensetzung ist diese Substanz als Physiologen noch vor wenigen Jahren anzunehmen gewohnt waren. Aus diesen und anderen Gründen hat kürzlich Professor Minchin ganz selbständig darauf hingewiesen, daß die erste lebende Materie nicht die komplizierte Substanz „Protoplasma“ gewesen sei, sondern Kernsubstanz oder Chromatin; eine keineswegs unwahrscheinliche Vorstellung.

Wenn in den folgenden Betrachtungen solche Namen wie Charles Darwin, Ernst Häckel und August Weismann nicht genannt werden, so liegt dies daran, daß Mangel an Zeit verhinderte, die älteren Phasen der Descendenzlehre zu berühren. Um anderer nicht weniger triftiger Gründe willen sind alle metaphysischen Spekulationen über das Thema vermieden worden. Das Studium des „Natur-Erkennens“, wie die Royal Society in ihrem Titel die Erforschung der Naturphänomene noch immer in eigentümlich altmodischer Weise benennt, wird nie recht gefördert werden, wenn es mit dem „Über-Natürlichen“ vermischt wird, oder wenn die Metaphysik zu Hilfe gerufen wird, wissenschaftliche Probleme zu lösen, die nicht sofort durch erprobte wissenschaftliche Methoden erklärt werden können. Gleich anderen wissenschaftlichen Problemen muß auch die Untersuchung über Natur und Ursprung des Lebens die Annahme übernatürlicher Kräfte ausschließen. Das gebietet nicht „Materialismus“, sondern gesunder Menschenverstand.

Der erste Teil unseres Themas ist sehr ausführlich und in streng wissenschaftlichem Geiste von Le Dantec in seinem Werke „Natur und Ursprung des Lebens“ behandelt worden, ebenso von Dastre in dem auf der nächsten Seite zitierten Buche. Auf Werke dieser Art sei der Leser verwiesen, der die zahlreichen Einzeldaten unseres Themas kennen lernen will.

Universität Edinburgh, Oktober 1912.

Jedermann weiß, oder glaubt zu wissen, was Leben ist; wenigstens sind wir alle mit seinen gewohnten, sichtbaren Äußerungen vertraut. Es mag daher den Anschein haben, als ob es nicht schwer sei, eine genaue Definition zu finden.

Die Lösung der Frage hat nichtsdestoweniger die schärfsten Denker beschäftigt. Herbert Spencer widmet zwei Kapitel seiner „Principles of Biology“ den bis zu seiner Zeit aufgestellten Definitionsversuchen und gab selber eine neue Erklärung. Aber schließlich muß er zugeben, daß keine Formel gefunden worden sei, die alle bekannten Vorgänge des Belebten umfasse und gleichzeitig die der als unbelebt betrachteten Dinge ausschliesse.

Die landläufige Erklärung vom Leben ist „der Zustand des Lebendigseins“. Dastre erklärt es im Anschluß an Claude Bernard als die „Totalität der allen lebenden Wesen gemeinsamen Phänomene“<sup>1)</sup>. Doch sind diese beiden Definitionen von der Art, wie Sidney Smiths Definition eines Erzbischofs als „einer Person,

---

<sup>1)</sup> „La vie et la mort“, englische Übersetzung von W. J. Greenstreet, 1911, S. 54.

die erzbischöfliche Funktionen ausübt“. Ich möchte nicht Ihre Zeit in Anspruch nehmen damit, daß ich mit einer Aufgabe ringe, die sich für geistige Riesen der Philosophie als zu schwer erwiesen hat; ich habe um so weniger Neigung dazu, als neue Fortschritte unseres Wissens auf die Möglichkeit einer minder scharfen Trennung zwischen belebter und unbelebter Materie hingewiesen haben, so daß sich die Schwierigkeiten, eine erschöpfende Definition zu finden, entsprechend vergrößert haben.

Interessant ist bei dem bloßen Worte „Leben“ die Tatsache, daß es einer jener abstrakten Ausdrücke ist, die keinen direkten Gegenbegriff haben, obgleich als solchen wohl die meisten Menschen den „Tod“ betrachten. Eine kleine Überlegung wird zeigen, daß dies nicht richtig ist. „Tod“ setzt „Leben“ voraus. Es gibt physiologische Gründe, die den Tod als ein Lebensphänomen betrachten lassen. Tod ist die Vollendung, der letzte Akt des Lebens. Wenn wir von einem leblosen Objekt sagen, es sei lebendig, so heißt dies, daß es das Leben als eine Eigenschaft besitzt; aber wir können nicht analog von einem unbelebten Objekt sagen, es besitze den Tod als eine Eigenschaft. Das Adjektiv „tot“ wird zwar in der Umgangssprache übertragen auf Objekte angewandt, die niemals Leben besaßen, wie in dem englischen Sprichwort „tot wie ein Türnagel“. Aber genau genommen ist ein solcher Ausdruck nicht gerechtfertigt, da die Worte „tot“ und „lebendig“ entweder für die Vergangenheit oder

für die Gegenwart die anerkannten Eigenschaften lebender Materie voraussetzen. Andererseits sind „lebend“ und „leblos“, „belebt“ und „unbelebt“ zweifellos Ausdrücke, die Gegensätze bezeichnen. Wörtlich genommen drücken die Worte „belebt“ („animate“) und „unbelebt“ („inanimate“) die Gegenwart oder Abwesenheit der „Seele“ aus.

**Leben nicht identisch mit Seele.** Nicht selten werden die Ausdrücke „Leben“ und „Seele“ fälschlich als identisch gebraucht. Doch brauche ich wohl kaum darauf hinzuweisen, daß die Betrachtungen, die ich über das „Leben“ anstelle, sich nicht auf den Begriff, der mit dem Worte „Seele“ verbunden ist, beziehen. Die Tatsache, daß sich solch ein Begriff nur in Verbindung mit dem „Leben“ bilden konnte und daß die Bildung und die Ausarbeitung des Begriffes innerhalb des höchst komplexen Organismus möglich war, hat zweifellos zu der Annahme der Identität von Leben und Seele geführt. Doch wenn der Gebrauch des Ausdruckes „Seele“ nicht bis zu dem Grade ausgedehnt wird, daß seine Sonderbedeutung schwindet, muß man den Unterschied zwischen Leben und Seele streng aufrecht erhalten. Denn die Probleme des Lebens sind im wesentlichen Probleme der Materie: Wir können uns Leben nur an die Materie gebunden vorstellen. Die Lebenserscheinungen können und dürfen nur mit den gleichen Methoden wie alle anderen Vorgänge an der Materie erforscht wer-

den, und die Ergebnisse solcher Forschungen zeigen, daß Lebewesen den gleichen Gesetzen unterworfen sind wie unbelebte Materie. Je mehr wir die Lebensäußerungen verstehen lernen, desto mehr werden wir von der Wahrheit dieser Auffassung überzeugt, und um so weniger sind wir geneigt, die Hilfe einer besonderen und unbekanntenen Form der Energie zur Erklärung dieser Vorgänge anzunehmen.

**Phänomene des Lebens. Bewegung.** Die auffälligste Lebensäußerung ist „spontane“ Bewegung. Wir sehen einen Menschen, einen Hund, einen Vogel sich bewegen, und wir wissen, daß er lebendig ist. Wir bringen einen Tropfen Sumpfwasser unter das Mikroskop und sehen zahllose Teilchen, die sich schnell darin bewegen; wir sagen, daß es von „Leben“ wimmelt. Wir sehen ein Klümpchen klaren Schleimes unter dem Mikroskop und bemerken, daß die Masse ihre Form verändert, Fortsätze ausstreckt und einzieht und dabei von der einen Seite des Gesichtsfeldes zur anderen kriecht. Wir schließen daraus, daß der Schleim lebt und geben ihm einen Namen: *Amoeba limax*, die Schneckenamoeba. Wir beobachten ähnliche Bewegungen an gewissen Zellen unseres Körpers, z. B. an den weißen Blutkörperchen, an Bindegewebszellen, an wachsenden Nervenzellen, überall an jungen Zellen. Wir drücken die Ähnlichkeit dieser Bewegungen mit jenen der Amoeba dadurch aus, daß wir für beide den beschreibenden Ausdruck „amoeboid“ gebrauchen. Wir betrachten

solche Bewegungen als Zeichen des Lebens. Nichts erscheint mehr gerechtfertigt als solch eine Folgerung.

Doch Physiker<sup>1)</sup> zeigen uns Bewegungen von genau derselben Art bei Substanzen, welche selbst ein Phantast nicht als lebend betrachten könnte. Öltropfen, organische und anorganische Mischungen, selbst Quecksilberkugeln können Bewegungen zeigen, welche in ihrer Art von denen der lebenden Organismen, die wir besprochen haben, nicht zu unterscheiden sind. Diese Bewegungen werden, obwohl veranlaßt durch rein chemische und physikalische Vorgänge, welche die Oberflächenspannung verändern, durch das gleiche Wort „amoeboid“ charakterisiert<sup>2)</sup>.

**Ähnlichkeit der Bewegung von lebender und nicht lebender Materie.** Es ist daher sicher, daß solche Bewegungen nicht spezifisch „vital“ sind, daß ihr Vorhandensein nicht unbedingt „Leben“ beweist. Und wenn wir selbst solche lebhafte Bewegungen wie die einer beweglichen Geißel oder einen mit dem Leben

---

<sup>1)</sup> G. Quincke, „Annalen der Physik und Chemie“, 1870 und 1888.

<sup>2)</sup> Veränderung der Oberflächenspannung als Ursache nicht nur von Bewegungen, sondern vieler anderer Lebensäußerungen von lebender Substanz hat A. B. Macallum in einem Artikel in Ashers und Spiros Ergebnissen der Physiologie 1911 geschickt behandelt. Macallum hat eine Anhäufung von Kaliumsalzen auf den activeren Oberflächen des Protoplasmas vieler Zellen beschrieben und bringt diese in Beziehung zur Erzeugung von Zelltätigkeit, die durch solche Anhäufung mittels Veränderung der Oberflächenspannung verursacht wird. Die Literatur hierüber ist in dieser Abhandlung zu finden.

so innig verknüpften Vorgang wie die Kontraktion eines Muskels genau beobachten, werden wir viele Analogieen mit amoeboiden Bewegungen finden. Im Grunde haben sie auch denselben Charakter und entstehen in fast der gleichen Weise<sup>1)</sup>. Auch können wir keinen Augenblick bezweifeln, daß die komplizierten Prozesse in höher differenzierten Organismen im Laufe der Entwicklung aus den einfachen Bewegungen des unentwickelten Protoplasmas entstanden sind; es sind Bewegungen, welche, wie wir gesehen haben, durch nicht lebende Materie vorzüglich nachgeahmt werden können. Die Beweiskette in Bezug auf diese besondere Lebensäußerung — Bewegung — ist geschlossen. Den gleichen Gesetzen der Mechanik, denen die Bewegung lebloser Materie unterworfen ist, folgen die belebten Gebilde: seien es amoeboiden Bewegungen des Proteus-Tierchens oder der weißen Blutkörperchen, seien es die Geißelschwingungen von Infusorien oder die der bewimperten Zelle, sei es die Kontraktion des Muskels unter der Herrschaft des Willens oder der Schlag des menschlichen Herzens, der jeder Erregung des Geistes folgt<sup>2)</sup>.

---

<sup>1)</sup> G. F. Fitzgerald (Brit. Assoc. Reports 1898 und Transact. Royal Dublin Society 1898) kam in bezug auf den Muskel durch rein physikalische Betrachtung zu diesem Schlusse.

<sup>2)</sup> „Vitale Automatie, die so bereitwillig von Leuten, die von Biologie nichts verstehen, angenommen wird, wird durch die ganze Geschichte der Wissenschaft widerlegt. Jede Lebensäußerung ist die Antwort auf einen Reiz, ist eine bedingte Erscheinung. Es ist unnötig, zu erwähnen, daß das gleiche für leblose Körper gilt, denn gerade darauf beruht das eherne

**Assimilation und Dissimilation.** Man wird vielleicht behaupten, daß die Bewegungen der belebten und der unbelebten Materie sich nur äußerlich gleichen und, daß die Schlüsse, die wir bezüglich der Identität beider ziehen, durch ein tieferes Verständnis der Lebensprozesse zunichte werden. Können wir nicht etwa zugleich mit der Bewegung andere Vorgänge erkennen, welche ebenso charakteristisch für das Leben sind, der unbelebten Masse aber fehlen? An erster Stelle stehen unter den für das Leben charakteristischen Erscheinungen die Vorgänge der Assimilation und Dissimilation, der Aufnahme der Nahrung und ihrer Verarbeitung<sup>1)</sup>. Man sollte denken, daß diese Vorgänge der unbelebten Materie sicherlich nicht zukommen. Aber auch dieses Argument ist nicht stichhaltig, denn ähnliche Vorgänge kommen gerade da vor, wo niemand sie in Verbindung mit wirklichem Leben bringen würde. Einen treffenden Beweis dafür geben die osmotischen Erscheinungen bei Lösungen, die durch eine halbdurchlässige Membran oder Haut

---

Prinzip von der Trägheit der Masse. Das gilt selbstverständlich ebensogut für lebende, wie für unbelebte Materie.“ Dastre, op. cit. pag. 280.

<sup>1)</sup> Die Worte „Assimilation“ und „Dissimilation“ bezeichnen die physikalischen und chemischen Veränderungen im Protoplasma, die der Aufnahme von Nährmaterial aus dem umgebenden Medium folgen; sie bezeichnen dessen Ausnützung und schließliche Umformung in Abfallstoffe, die wieder in jenes Medium ausgeschieden werden. Der ganze Kreis dieser Veränderungen wird unter dem Namen „Stoffwechsel“ zusammengefaßt.

von einander geschieden sind<sup>1)</sup>, Verhältnisse, wie sie in genau gleicher Weise in der belebten Natur häufig vorkommen.

Es ist noch nicht so lange her, daß die Chemie der organischen Substanzen als gänzlich verschieden von der der anorganischen angesehen wurde. Doch ist die Grenzlinie, die beinahe bis zur Mitte des vergangenen Jahrhunderts anorganische und organische Chemie scharf trennte, heute ganz geschwunden. Die Chemie der lebenden Organismen wurde früher von Biologen behandelt, heute ist sie ein anerkannter Zweig der organischen Chemie.

**Der kolloidale Zustand lebender Materie. Identität der physikalischen und chemischen Prozesse der belebten und unbelebten Materie.** Vor etwas mehr als einem halben Jahrhundert veröffentlichte Thomas Graham seine epochemachenden Beobachtungen über die Eigenschaften der Materie in kolloidalem Zustand: Beobachtungen, die sich für unser Verständnis der Eigenschaften der lebenden Substanz von allergrößter Wichtigkeit erwiesen haben. Denn es wird täglich mehr

---

<sup>1)</sup> Leduc („Le mécanisme de la vie“, englische Übersetzung von W. Deane Butcher, 1911) hat diese Darstellung mit vielen Beispielen belegt. In den Sitzungsberichten der British Association Versammlung in Dundee 1867 bespricht Dr. J. T. Heaton (Über die Simulierung vegetabilischen Wachstums durch Mineralien) die gleiche Art von Erscheinungen. S. auch J. Hall-Edwards (Rede im Birmingham- und Midland-Institute, November 1911). Die Vorgänge der Osmose in Zellen hat besonders Hamburger untersucht (Osmotischer Druck und Ionenlehre, Wiesbaden 1902—1904).

offenbar, daß die Chemie und Physik des lebenden Organismus hauptsächlich die Chemie und Physik der stickstoffhaltigen Kolloide ist. Lebende Substanz oder Protoplasma existiert tatsächlich stets nur als kolloidale Lösung. In dieser Lösung sind die Kolloide mit Kristalloiden (Elektrolyten) verbunden, die entweder frei in Lösung sind oder den Molekülen der Kolloide anhängen. Die lebende Substanz, die sich aus kolloider und kristalloider Materie zusammensetzt, ist von einer Membran umgeben, welche wahrscheinlich auch aus Kolloiden gebildet ist. An dieser Membranbildung können Lipoide beteiligt sein (Overton). Sie dient als osmotische Membran, die durch Diffusion den Austausch zwischen der kolloidalen Lösung, aus der das Protoplasma besteht, und dem rings umgebenden Medium gestattet. Andere ähnliche Häute oder Membranen befinden sich im Innern des Protoplasmas. Diese Häute sind häufig von ganz besonderer Art in physikalischer und chemischer Beziehung; sie können den Übertritt besonderer Stoffe in und aus dem Protoplasma und von einem Teile des Protoplasmas zum anderen begünstigen. Durch solche Vorgänge, zusammen mit Veränderungen, welche durch im Protoplasma gebildete chemische Agentien — die sogenannten Enzyme — hervorgerufen werden, wird Assimilation und Dissimilation bewirkt. Ganz ähnliche Vorgänge können außerhalb des Körpers (in vitro) durch die Anwendung von Methoden rein physikalischer und chemischer Natur erzeugt werden. Es ist richtig, daß wir noch nicht

alle Zwischenstufen kennen, welche von den Stoffen, die ein lebender Körper aufnimmt, zu jenen, die er abgibt, führen. Da aber die Anfangsprozesse und die Endprodukte die gleichen sind, die man auf Grund rein physikalischer und chemischer Vorgänge erwarten würde, so dürfen wir billigerweise daraus schließen, daß alle Veränderungen der lebenden Substanz durch gewöhnliche chemische und physikalische Kräfte erzeugt werden.

**Ähnlichkeit der Vorgänge des Wachstums und der Zeugung bei lebender und unbelebter Materie. Die Frage der vitalen Kraft.** Könnte man vielleicht behaupten, daß Wachstum und Fortpflanzung als charakteristische Kennzeichen von Lebewesen anzusehen seien und ein Unterscheidungsmerkmal zwischen belebter und unbelebter Materie darstelle? Das wäre ein grober Irrtum. Auch anorganische Kristalle wachsen, vermehren sich und erzeugen ihresgleichen, wenn ihnen die erforderliche Nahrung zugeführt wird.

In den meisten Fällen gibt es, wie bei lebenden Organismen, für jede Kristallart eine Grenze des Wachstums, die nicht überschritten wird; und weitere Zunahme der Kristallmasse erfolgt nicht durch Wachstum der Kristalle, sondern durch ihre Vervielfältigung. Leduc hat gezeigt, daß Wachstum und Teilung künstlicher Kolloide anorganischer Natur, wenn sie in das geeignete Medium gebracht werden, merkwürdige Ähnlichkeiten mit den Erscheinungen von Wachstum und Teilung lebender Organismen zeigen. Selbst ein so

komplizierter Vorgang wie die Teilung eines Zellkernes durch Karyokinese als Vorläufer der Teilung der Zelle, ein Phänomen, das auf den ersten Blick als ausgesprochene Kundgebung des Zellebens erscheint, und gewöhnlich auch als solche betrachtet wurde, kann mit einer Lösung eines einfachen anorganischen Salzes wie Kochsalz, die Kohlenpartikel suspendiert enthält, nachgeahmt werden. Diese Kohlenpartikel ordnen und richten sich in ihrer Abhängigkeit von Bewegungen der Elektrolyten genau so wie Chromatinpartikel in einem sich teilenden Zellkerne. Und beim Vorgang der geschlechtlichen Zeugung haben die Forschungen von J. Loeb und anderen über die Seeigeleier bewiesen, daß wir einen anscheinend so vitalen Vorgang wie die Befruchtung des Eies nicht mehr als Ergebnis der durch Spermatozoen befruchteten lebenden Materie ansehen können, seitdem es möglich geworden ist, den Teilungsvorgang des Eies und die daraus erfolgende Bildung der Zellen und schließlich aller Gewebe und Organe — kurz die Bildung des ganzen Körpers auch dann hervorzurufen, wenn ein einfaches chemisches Reagens das männliche Element im Befruchtungsvorgange ersetzt. In der Tat mag sogar ein mechanischer oder elektrischer Reiz genügen, um die Entwicklung auszulösen. „Kurz und gut“, wie die Deutschen sagen, der Vitalismus als Arbeitshypothese ist nicht nur in seinen Grundpfeilern erschüttert worden, auch der größte Teil seines Oberbaues ist niedergestürzt. Und wenn noch

irgendwelche Schwierigkeiten für eine genaue Erklärung bestehen, so sind wir berechtigt, unsere unvollkommene Kenntnis von der Beschaffenheit und der Wirkungsart der lebenden Materie dafür verantwortlich zu machen. Bestenfalls erklärt der Ausdruck „Vitalismus“ nichts, und der Ausdruck „vitale Kraft“ zeugt von Unwissenheit und bringt uns auf dem Pfade der Erkenntnis nicht vorwärts. Ebenso wenig löst man das Rätsel, wenn man an Stelle von „Vitalismus“ „Neovitalismus“ und statt „vitale Kraft“ „Bioenergie“ setzt<sup>1)</sup>.

**Die Möglichkeit der Synthese von lebender Materie.** Ferner brauchen wir die lebende Substanz nicht länger als eine unendlich kompliziert zusammengesetzte Materie zu betrachten, eine Anschauung, die gang und gäbe war, als Chemiker zuerst die Eiweißstoffe des Körpers in ihre einfachen Bausteine zu zerlegen begannen. Die Forschungen von Miescher, die Kossel und seine Schüler fortgesetzt und ausgearbeitet haben, lehrten uns die Tatsache kennen, daß ein Gebilde wie der Kern, der für die Ernährung und Fortpflanzung der Zelle so wichtig

---

<sup>1)</sup> B. Moore in *Recent Advances in Physiology* 1906; Moore u. Roaf ebenda; und *Further Advances in Physiology* 1909. Moore legt besonderen Nachdruck auf die Umbildung der Energie, die im Protoplasma vor sich geht. Über die Frage des Vitalismus s. Gley (*Revue Scientifique* 1911) und D'Arcy Thompson (Antrittsrede als Vorsitzender der Sektion Biologie, *British Association, Versammlung in Portsmouth* 1911).

ist, daß man ihn als die Quintessenz des Zellebens betrachten kann, chemisch relativ einfach gebaut ist. Wir dürfen sogar hoffen, eines Tages seine chemischen Bestandteile synthetisch herzustellen. Und wenn wir bedenken, daß der Kern nicht nur selbst aus lebender Substanz gebildet ist, sondern auch fähig ist, den Aufbau anderer lebender Substanzen zu bewirken, daß er in der Tat das leitende, wirkende Agens ist für alle wichtigen chemischen Umsetzungen, die in der lebenden Zelle vor sich gehen, so muß zugegeben werden, daß wir in unserer Kenntnis der chemischen Grundlage des Lebens einen großen Schritt vorwärts getan haben. Es ist nicht anzunehmen, daß die Form der Zellmaterie wichtiger sei als ihre chemische Zusammensetzung. Die Zellen sind, wie jeder Mikroskopierende weiß, unendlich verschieden geformt: es gibt zahlreiche lebende Organismen, in denen die Kernmasse formlos ist und nur als Körnchen im Protoplasma verteilt erscheint. Form und Formveränderungen des Zellkerns sind zwar gewiß bedeutungsvoll, aber auch in amorphem Zustande ist das Kernmaterial fähig, Funktionen auszuüben, die in vielen Beziehungen denen des Kerns der differenzierteren Organismen gleichen.

Auch die Eiweißstoffe der Zellsubstanzen werden einmal — so dürfen wir zuversichtlich erwarten — synthetisch dargestellt werden können. Emil Fischer hat in dieser Richtung bahnbrechende Untersuchungen gemacht. Es gelang ihm in jahrelanger Arbeit, die

stickstoffhaltigen Verbindungen darzustellen, welche die Bausteine des komplizierten Eiweißmoleküls bilden. Es ist erfreulich, daß der hohe Wert jener Arbeiten, die wir Fischer und Kossel verdanken, durch Verleihung des Nobel-Preises anerkannt worden ist.

**Die chemische Zusammensetzung der lebenden Substanz.** Wenige Elemente sind es, aus denen die lebende Substanz gebildet wird. Immer sind vorhanden: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Daneben ist in der Kernsubstanz, aber in geringerem Maße auch in der mehr gestaltlosen lebenden Materie, die wir als Protoplasma bezeichnen, immer Phosphor zu finden. „Ohne Phosphor kein Gedanke“ ist ein bekannter Ausspruch; „Ohne Phosphor kein Leben“ ist ebenso wahr. Außerdem scheint ein erheblicher Prozentsatz Wasser (selten weniger als 70<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) erforderlich zu sein für jede Lebensfunktion, jedoch nicht für die Erhaltung des Lebens, denn es bleiben in manchen Fällen getrocknete Zellen belebungsfähig. Ebenso wenig entbehrlich wie Wasser sind gewisse anorganische Salze wie Chlornatrium, und Calcium-, Magnesium-, Kalium- und Eisensalze. Die Verbindung dieser Elemente zu einer kolloidalen Substanz bildet die chemische Grundlage des Lebens; und wenn es dem Chemiker gelingen wird, diesen Komplex aufzubauen, so wird er ohne Zweifel Eigenschaften besitzen, die wir mit dem Begriff „Leben“ zu verbinden gewohnt sind<sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Die neueste Zusammenfassung über die Chemie des Protoplasmas ist die von Botazzi (Das Cytoplasma und die

**Ursprung des Lebens. Die Möglichkeit spontaner Zeugung.** Die bisherigen Betrachtungen weisen darauf hin, daß die Möglichkeit, Leben — d. h. lebende Materie — hervorzubringen, nicht so unausführbar ist, wie bisher allgemein angenommen wurde. Seit den Versuchen von Pasteur haben wenige Gelehrte gewagt, den Glauben an Urzeugung von Bakterien, Monaden und anderen Mikroorganismen aufrecht zu erhalten, eine Anschauung, die vor jenen Versuchen allgemeine Geltung hatte. Mein verehrter Freund, Dr. Charlton Bastian, ist, soviel ich weiß, der einzige namhafte Gelehrte, der noch der alten Auffassung anhängt. Trotz zahlreicher Versuche und der Veröffentlichung vieler Bücher und Abhandlungen hat es Dr. Bastian bis jetzt nicht erreicht, sich viele Anhänger zu verschaffen. Ich selber bin so vollkommen von der Richtung der Pasteurschen Ergebnisse überzeugt, — bilden sie nicht die tägliche und stündliche Erfahrung eines jeden, der sich mit der Sterilisierung von organischen Lösungen beschäftigt? — daß ich ohne Zögern an eine Täuschung beim Vorbereiten oder Ausführen der Versuche glaube, wenn mir „Torulae“ oder Myzelien in Gläsern gezeigt werden, die vorher längere Zeit gekocht worden waren und dann hermetisch verschlossen wurden. Das Erscheinen der Organismen in diesen Gläsern liefert, meiner Ansicht nach, nicht den Beweis spon-

---

Körpersäfte) in Wintersteins Handbuch der vergl. Physiologie, Bd. I 1912. Die Literatur ist in diesem Artikel zusammengestellt.

taner Zeugung. Selbst wenn man keinen Fehler in der Versuchsanordnung und keine Täuschung bei der Beobachtung annimmt, so erscheint es mir doch einfacher, anzunehmen, daß die Keime solcher Organismen den Wirkungen des andauernden Kochens widerstanden haben, als daß sie spontan erzeugt worden wären. Ist spontane Zeugung möglich, so ist nicht zu erwarten, daß sie die Gestalt von Lebewesen annimmt, die in Bau und Funktionen solch hohen Grad der Differenzierung zeigen, wie die Organismen in den Versuchsgläsern<sup>1)</sup>. Wir können auch Urzeugung irgendeiner lebenden Substanz nicht in einer Flüssigkeit erwarten, deren organische Verbindungen durch Hitze so verändert worden sind, daß sie keinerlei chemische Ähnlichkeit mit den organischen Verbindungen der lebenden Materie behalten konnten. Wenn die Bildung des Lebens — der lebenden Substanz — heutigen Tages möglich ist — und ich für meinen Teil sehe keinen Grund, daran zu zweifeln — so ist eine gekochte Infusion von organischer oder gar anorganischer Materie der Ort, wo sie am wenigsten zu suchen wären. Unser Mißtrauen gegen die Beweise, die bis jetzt vorgebracht worden sind, braucht uns jedoch nicht daran zu hindern, die Möglichkeit der Bildung belebter aus unbelebter Substanz zuzugeben<sup>2)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Hier sei jedoch erwähnt, daß Bastian die Bildung ultramikroskopischer lebender Partikel annimmt, die dem Erscheinen der mikroskopischen Organismen, die er beschreibt, vorangehen. *The Origin of Life* 1911, pag. 65.

<sup>2)</sup> Die herrschenden Anschauungen über den Gegenstand

**Leben, ein Produkt der Entwicklung.** Wir müssen die Vorstellung von übernatürlicher Einwirkung bei der ersten Erzeugung des Lebens, als jeder wissenschaftlichen Grundlage entbehrend, zurückweisen. Aber wir sind nicht nur berechtigt, sondern sogar gezwungen zu glauben, daß die lebende Materie ihren Ursprung Ursachen verdankt, welche denen gleichen, die bei der Bildung von allen anderen Arten von Materie im

---

hat in Kürze Dr. Chalmers Mitchell in seinem Artikel über „Abiogenesis“ in der Encyclopædia Britannica zusammengefaßt. Dr. Mitchell fügt hinzu: „Es mag sein, daß durch das Fortschreiten der Wissenschaft es doch möglich werden wird, aus lebloser Materie lebendes Protoplasma herzustellen. Die Widerlegung der Abiogenesis sagt in Bezug auf diese Frage weiter nichts aus, als daß die Darstellung von Protoplasma im Laboratorium nur über eine lange Stufenreihe von Zwischenkörpern geschehen kann, von denen die uns bis jetzt noch unbekanntes Anfangsglieder nicht protoplasmatischer Natur sind. Solche intermediären Gebilde mögen in Urzeiten existiert haben“. Huxley bekennt in seiner Präsidialrede zu Liverpool 1870 „daß er vollkommen überzeugt sei von der Unmöglichkeit der Abiogenesis, wie man sie nachgewiesen zu haben glaube durch das Erscheinen von Lebewesen in hermetisch verschlossenen und sterilisierten Flaschen. Er verwahrt sich aber ausdrücklich gegen die Annahme, er halte es für unmöglich, daß solche Vorgänge wie die Abiogenesis jemals in der Vergangenheit stattgefunden haben oder je in der Zukunft stattfinden könnten. Bei dem Stande der organischen Chemie, der molekularen Physik und Physiologie, die sich noch in den ersten Anfängen befänden und jeden Tag wunderbare Fortschritte machten, wäre es höchste Anmaßung, zu behaupten, daß die Bedingungen, unter denen die Materie die Eigenschaft, die wir als „vital“ bezeichnen, annimmt, nicht einstmals künstlich hergestellt werden könnten.“

Weltall wirksam waren: einem allmählichen Entwicklungsprozeß<sup>1)</sup>. Doch ist es in letzter Zeit bei den Biologen üblich geworden, das Problem über den Ursprung des Lebens durch Entwicklung aus lebloser Materie derart zu umgehen, daß sie diesen Vorgang einer uralten Periode der Erdgeschichte zuweisen, in welcher besondere Umstände für den Übergang von lebloser zu belebter Materie zufällig günstig gewesen seien. Es wird auch angenommen, daß solche Umstände sich seitdem nicht wieder geboten haben und sich wahrscheinlich auch nie wieder bieten werden<sup>2)</sup>.

Bedeutende Gelehrte haben sogar angenommen, daß das Leben seinen Ursprung nicht auf unserer Erdkugel genommen habe, sondern von einem anderen Planeten oder Sternensystem auf die Erde gekommen sei. Manche

---

<sup>1)</sup> Die Gründe, die für diese Annahme sprechen, sind von Meldola in seiner „Herbert Spencer-Lecture 1910“ angegeben worden, S. 16—24. Meldola läßt die Frage offen, ob solch eine Entwicklung nur in vergangenen Zeiten stattgefunden habe, oder ob sie auch jetzt vorkomme. Er kommt zu dem Schlusse, daß gewisse Kohlenstoffverbindungen kraft ihrer außerordentlichen Beständigkeit sich erhalten haben, während andere — die Vorläufer der lebenden Materie — durch ihre außerordentliche Veränderungs- und Anpassungsfähigkeit an den wechselnden Zustand der Umgebung nicht zugrunde gegangen sind. Eine ähnliche Annahme machte Lockyer schon früher „Inorganic Evolution“ 1900, S. 169, 170.

<sup>2)</sup> T. H. Huxley, Präsidialrede 1870; A. B. Macallum, On the Origin of Life on the Globe i. d. Trans. Canadian Institute, VIII.

meiner Zuhörer werden sich vielleicht des Streites erinnern, der entbrannte, als Sir William Thomson, der Präsident der Naturforscherversammlung in Edinburgh 1871, den Ursprung des Lebens auf der Erde durch Übertragung von Keimen mittelst Meteoriten zu erklären suchte. Gegen diese Meteoritentheorie<sup>1)</sup> wurde der ersichtlich vernichtende Einwand erhoben, daß ein Meteorit ungefähr 60000 Jahre brauchen würde, um von dem nächsten Sternensystem auf unsere Erde zu gelangen. Unbegreiflich wäre es, wie irgend eine Art Leben sich während eines solchen Zeitraumes würde erhalten können. Sogar von dem nächsten Planeten würde der Transport 150 Jahre dauern. Selbst wenn sich das Leben auf der Fahrt durch den Äther erhielte, so würde die Reibung in unserer Atmosphäre solch Meteor in Glut versetzen, so daß jegliche organische Verbindung zerstört würde. Eine verwandte Theorie, die der „kosmischen Panspermia“, setzt voraus, daß im kosmischen Staube zwischen den Sternen Leben formlos vorhanden wäre (Richter 1865, Cohn 1872), seit undenklichen Zeiten bestände und mit dem Staube langsam auf die Erde fiel, ohne erhitzt zu werden wie ein Meteorit. Arrhenius<sup>2)</sup>, der diese Theorie akzeptiert hat, erklärt, daß lebende Keime, die durch

---

<sup>1)</sup> Zuerst, nach Dastre, von Salles-Guyon vorgeschlagen (Dastre op. cit. S. 252). Die Theorie wurde von Helmholtz gestützt.

<sup>2)</sup> „Worlds in the making“, Werdende Welten, übersetzt von H. Borns, Kap. VIII, S. 221, 1908.

leuchtende und andere Strahlen durch den Äther getragen würden, für ihre Überführung von unserer Erdkugel bis zum nächsten Sternensystem nur 9000 Jahre und bis zum Mars nur 20 Tage brauchen würden!

Solche Theorien der Entstehung des Lebens auf Erden helfen uns nicht, Wege zu finden, auf denen wir unserem Ziele uns nähern könnten, sondern verlegen die Untersuchung dieser Frage in eine unerreichbare Ecke des Weltalls, was viel bequemer ist. Wir bleiben in der unbefriedigten Lage von in Unwissenheit Resignierten, ohne Hoffnung auf bessere Erkenntnis<sup>1)</sup>. Ich denke, unser Wissen und unsere Anschauungen bezüglich der Rolle, welche die Evolution in der Entwicklung irdischer Materie spielt, berechtigen uns (ohne daß wir die Möglichkeit einer Lebensexistenz in anderen Teilen des Weltalls bestreiten<sup>2)</sup>), diese kosmischen Theorien als an sich unwahrscheinlich abzulehnen, unwahrscheinlich wenigstens im Vergleich mit der Erklärung, welche die Descendenztheorie (Evolutionstheorie) bietet<sup>3)</sup>.

---

<sup>1)</sup> „Die Geschichte der Wissenschaft lehrt, wie gefährlich es ist, Geheimnisse, d. h. ungelöste Probleme, durch Nichtbeachtung abzutun, und den Grenzpfahl mit der Aufschrift ‚Durchgang verboten‘ aufzurichten.“ R. Meldola, Herbert Spencer Lecture 1910.

<sup>2)</sup> Autoritäten wie Errera behaupten mit großer Wahrscheinlichkeit, daß im Raum zwischen den Sternen ein Leben in unserem Sinne unmöglich ist.

<sup>3)</sup> Wie Verworn zeigt, können solche Theorien auch auf den Ursprung irgend welcher anderen chemischen Verbindung,

**Die Descendenztheorie und der Ursprung des Lebens.** Ich nehme an, daß der größte Teil meiner Zuhörer wenigstens einen allgemeinen Begriff vom Endzwecke dieser Theorie hat, deren allgemeine Verbreitung in den letzten 60 Jahren das Aussehen der Biologie nicht nur, sondern auch eines jeden anderen Zweiges der Naturwissenschaften, auch der Astronomie, Geologie, Physik und Chemie, von Grund aus geändert hat<sup>1)</sup>.

Denjenigen, die diese Kenntnis nicht besitzen, möchte ich ein kleines Buch von Professor Judd, „The Coming of Evolution“, das kürzlich in der Serie

---

die auf unserer Erdkugel vorkommt, ob anorganisch oder organisch, angewandt werden, so daß sie direkt zu absurden Schlüssen führen. Allgemeine Physiologie 1911.

<sup>1)</sup> Wie Meldola hervorhebt, war diese allgemeine Annahme der Theorie vor allem den Schriften Herbert Spencers zu verdanken: „Wir sind jetzt für die Evolution auf jedem Gebiete vorbereitet, . . . Wie bei den meisten großen Verallgemeinerungen hatte sich seit vielen Jahren der Gedankengang in dieser Richtung bewegt. . . . Lamarck und Buffon hatten auf einen bestimmten Mechanismus der organischen Entwicklung hingewiesen, Kant und Laplace das Prinzip einer himmlischen Entwicklung aufgestellt, während Lyell die Geologie auf eine Evolutionsbasis stellte. Das Prinzip der Kontinuität fing an, bei der physikalischen Wissenschaft anerkannt zu werden. . . . Es war Spencer, der diese unabhängigen Gedankenreihen zusammenfaßte und als Erster einen systematischen Versuch machte, das Gesetz der Entwicklung zu erklären, wie es sich in seiner weitesten und abstraktesten Form im ganzen Weltall, bei allen kosmischen, anorganischen, organischen und superorganischen Prozessen erfüllt.“ Op. cit. S. 14.

der Cambridge-Handbücher erschienen ist, empfehlen. Ich kenne kein anderes Buch, in dem der Gegenstand so klar und gedrängt behandelt wird. Obwohl der Verfasser nirgends die Ansicht ausspricht, daß der Ursprung des Lebens auf Erden auf die Entwicklung aus lebloser Materie zurückzuführen ist, so zwingt eine solche Darstellung, in welcher die wesentliche Einheitlichkeit des Entwicklungsprozesses betont wird, zum Schlusse, daß der Ursprung des Lebens dem gleichen Vorgang zu verdanken sei. Dieser Vorgang verläuft ohne Ausnahme kontinuierlich und nicht sprunghaft. Wenn man daher auf die Evolution der lebenden Materie überträgt, was wir von dem Studium der Evolution der Materie im allgemeinen gelernt haben, so müssen wir schließen, daß die lebende Materie aus lebloser nicht plötzlich umgewandelt worden ist, durch natürliche oder übernatürliche Kräfte, sondern daß sich die leblose Materie allmählich zu einer Materie entwickelt hat, welche alle Eigenschaften besitzt, mit der wir den Ausdruck „Leben“ verbinden und bei diesem Vorgang Stufen durchlaufen hat, welche auf der Grenze stehen zwischen belebtem und unbelebtem Stoff. Anstatt einen sprunghaften Übergang aus unorganischem oder auch nur unorganisiertem zu organischem und organisiertem Zustand, aus einer ganz unbelebten Substanz zu einem vollständig belebten Dasein anzunehmen, sollten wir nicht eher einen allmählichen Übergangsprozeß aus anorganischer zu organischer Materie über Stadien allmählich zunehmender

Kompliziertheit vermuten, bis die Materie, welche als lebend angesehen werden kann, entstanden ist? Und anstatt auf vollständig ausgebildete Organismen in hermetisch verschlossenen Kolben zu fahnden, sollten wir nicht lieber die vorhandenen Gebilde unter natürlichen Bedingungen genau studieren, um die Existenz von Übergangsformen zwischen lebender und nicht lebender Materie zu suchen?

Wir verkennen nicht die Schwierigkeit, nein Unmöglichkeit, aus der Urgeschichte der Erde Beweise für diese Entwicklung zu gewinnen. Die hypothetische Übergangsmaterie und auch die lebende Materie, die sich ursprünglich aus ihr entwickelte, mag, wie Macallum angedeutet hat, die Form von zerstreuten ultramikroskopischen Partikeln lebender Substanz<sup>1)</sup> angenommen haben. Und auch zusammenhängende Massen könnten beispielsweise nur aus kolloidal-wässrigem Schleim bestanden haben, der keinen Eindruck auf irgend eine geologische Formation hervorrufen konnte. Myriaden von Jahren mögen vergangen sein, ehe sich eine Art Gerippe in der Form kalk- oder kieselhaltiger kleiner Spangen zu entwickeln begann; erst dann konnte das „Leben“, das schon lange vorher existiert haben mußte, ein geologisches Beweismittel seines Daseins hinterlassen. Daraus folgt, daß der Versuch,

---

<sup>1)</sup> Es existieren in der Tat noch lebende Gebilde, die kein Mikroskop sichtbar macht (E. A. Minchin, Präsidentenrede, Quekett Club 1911) und Keime, die durch die Poren eines Chamberland-Filters gehen.

in der Erdgeschichte die Entwicklung der lebenden Materie bis zu ihren ersten Anfängen zu verfolgen, notwendigerweise erfolglos bleiben muß.

Die endgültige Lösung des Problems könnte hoffnungslos erscheinen, wenn wir starr an der Vorstellung festhalten, daß die Entwicklung zum Leben nur einmal in der Vergangenheit vor sich gegangen sei. Ist denn aber unsere Annahme gerechtfertigt, daß nur zu einer bestimmten Zeit, durch eine glückliche und zufällige Verbindung von Substanzen und Umständen sich lebende Materie aus nicht lebender entwickelt habe und „Leben“ geschaffen wurde? Gibt es irgendeinen triftigen Grund für die Vorstellung, daß unsere Erde in einer früheren Periode günstigere Bedingungen zur Entstehung von „Leben“ geboten habe als heute?') Ich habe vergeblich nach einem solchen Grunde geforscht. Sollte keiner gefunden werden, so sind wir zu dem Schlusse gezwungen, daß die Entwicklung von lebender aus lebloser Substanz mehr als einmal erfolgt sein müßte, und wir können nicht einmal sicher sein, daß sie nicht noch heute vor sich gehen könnte, ohne daß wir es bemerken.

---

') Chalmers Mitchell (Art. „Leben“ Encycl. Brit. XI. Aufl.) schreibt wie folgt: „Von Zeit zu Zeit ist behauptet worden, daß Zustände, die den jetzt existierenden sehr unähnlich sein müßten, für das erste Erscheinen des Lebens nötig wären und sich wiederholen müßten, um den künstlichen Aufbau lebender Materie zu ermöglichen. Doch kann die Untersuchung der bestehenden Lebensbedingungen diese Anschauung nicht stützen.“ S. auch bei J. Hall-Edwards op. cit.

Es ist richtig, daß bis auf den heutigen Tag kein solcher Vorgang beobachtet worden ist. Doch ist es anderseits nicht ebenso richtig, daß man bisher nicht die Art von Forschung angewandt hat, die einzig und allein imstande wäre, diese Frage mit Sicherheit zu beantworten? Wir können sicher sein, daß das Leben, welches aus lebloser Substanz erstehen würde, von viel einfacherer Art als irgendeine bis jetzt beobachtete Lebensform wäre. Jenes Leben wäre an eine Materie gebunden, von der wir ungewiß wären, ob sie als belebt oder unbelebt zu bezeichnen wäre, wenn wir sie überhaupt wahrzunehmen befähigt wären. Vielleicht könnten wir sie nicht einmal sehen, selbst wenn wir von ihrem Vorhandensein überzeugt wären.<sup>1)</sup> Doch können wir mit dem geistigen Auge schauen und mit der Vorstellungskraft die Umwandlung verfolgen, die die leblose Materie erfahren haben mag und vielleicht noch erfährt, um lebende Substanz erzeugen zu können. Von allen Grundsätzen der Evolutionstheorie ist keiner besser begründet als der, welchen Sir Charles Lyell aufgestellt hat. Er, den Huxley mit Recht „den größten Geologen seiner Zeit“ nennt, sagt,

---

<sup>1)</sup> „Spontane Lebenszeugung könnte sinnfällig demonstriert werden nur durch Ergänzen der langen Zeiten zwischen den komplizierten Formen anorganischer und den einfachsten Formen organischer Substanz. Aber auch dann könnten wir möglicherweise nicht angeben (besonders wenn man die Unbestimmtheit unserer Definitionen des Lebens bedenkt), wo Leben beginnt oder endet.“ K. Pearson, Grammar of Science, II. Aufl. 1900, S. 350.

wir sollen die frühere Geschichte unserer Erdkugel durch die heutige deuten; wir sollen eine Erklärung für die Vorgänge der Vergangenheit in dem Geschehen der Gegenwart suchen. Wir sollen bedenken, daß, was einmal geschehen ist, unter gleichen Umständen wahrscheinlich wieder sich ereignen wird. Der Entwicklungsprozeß geht allenthalben vor sich. Die anorganische Materie der Erdkugel ist unaufhörlich einer Umbildung unterworfen. Neue chemische Verbindungen bilden sich beständig und alte lösen sich; neue Elemente erscheinen und alte verschwinden<sup>1)</sup>. Wir dürfen uns wohl fragen, warum gerade die Erzeugung lebender Materie anderen Gesetzen unterworfen sein soll, als die, welche für die Entstehung lebloser Materie Geltung haben? Warum soll das, was sich einst ereignet hat, sich nicht wieder ereignen können? Wenn lebende Materie in vergangenen Zeiten aus lebloser sich entwickelt hat, so sind wir zu dem Schluß berechtigt, daß eine solche Entwicklung auch in Gegenwart und Zukunft möglich ist. Wir sind zu dieser Schlußfolgerung nicht nur berechtigt, sondern gezwungen. Wann und wo solche Umbildung von lebloser zu lebender Materie zuerst erfolgt sein mag, wann oder wo dieser Vorgang sich wiederholt habe, wann

---

<sup>1)</sup> Über Erzeugung von Elementen siehe W. Crookes. Vortrag vor Sektion B. Brit. Assoc., 1886; T. Preston, „Nature“ Bd. IX, S. 180; J. J. Thomson, Phil. Mag., 1897. S. 311; Norman Lockyer, op. cit., 1900; G. Darwin, Präsidialrede Brit. Assoc. 1905.

oder wo er vielleicht noch heutigen Tages stattfindet, das sind Probleme, deren Lösung ebenso schwer wie interessant ist; anzunehmen, daß sie unlösbar sind, dazu liegt kein Grund vor.

Da die lebende Materie als reichlichsten Bestandteil Wasser enthält und, da die ersten lebenden Organismen, die als solche in den Schichten der ältesten geologischen Formationen kenntlich sind, im Wasser lebten, so wird im allgemeinen angenommen, daß das Leben in den Tiefen des Weltmeeres seinen Ursprung gehabt habe<sup>1)</sup>. Ist es gewiß, daß diese Annahme richtig ist? Kann die Landoberfläche unseres Erdballes nicht ebensogut wie das Wasser, das ihn umgibt, die Brutstätte der umgestaltenden Entwicklung aus lebloser zu lebender Materie gewesen sein? Im Erdboden können fast alle chemischen Umbildungen erfolgen; er unterliegt viel mehr als die im Seewasser aufgelöste Materie Feuchtigkeitsschwankungen, Temperatureinflüssen, elektrischen Einwirkungen und dem Lichte, allen jenen Einflüssen, welche chemische Veränderungen bewirken. Doch ob das Leben in Gestalt eines einfachen schleimigen Körpers in den Tiefen des Meeres oder auf der Oberfläche des Landes seinen Ursprung hätte, es ist für den Geologen gleich unmöglich, seine Anfänge zu bestimmen; und selbst wenn das Leben heute noch immer in derselben Weise entstehen würde, so ge-

---

<sup>1)</sup> Die Argumente für die Annahme, daß das erste Auftreten des Lebens im Meere erfolgte, gibt A. B. Macallum, „The Palæochemistry of the Ocean“. Trans-Canad. Instit. 1903—4.

länge es mit dem Mikroskop ebensowenig, seiner Entwicklung zu folgen. Daher werden wir wohl in der Natur keinen direkten Beweis solch einer Umbildung aus lebloser zu lebender Materie erbringen können, selbst wenn sie unter unseren Augen erfolgen sollte.

Ein berechtigter Einwand gegen die Annahme einer mehr als einmal erfolgten Entstehung lebender Materie aus lebloser ist der: Wäre es der Fall gewesen, so wiese die geologische Geschichte mehr als eine einzige paläontologische Reihe auf. Dieser Einwurf setzt voraus, daß die Entwicklung jedesmal genau den gleichen Weg nehmen und demselben Ziel zustreben würde, eine Annahme, die, um nicht mehr zu sagen, unwahrscheinlich ist. Wenn, wie sehr wohl der Fall sein kann, in irgendeiner anderen paläontologischen Folge als derjenigen, die wir kennen, der Entwicklungsprozeß der Lebewesen nicht über die Protisten hinausging, so wäre kein augenfälliger geologischer Beweis dafür zu geben. Dieser könnte sich nur ergeben aus Untersuchungen, bei welchen gerade diese Möglichkeit besonders ins Auge gefaßt würde<sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Lankester (Art. „Protozoa“, *Encycl. Brit.* X. Aufl.) meint, daß das erste Protoplasma sich von der vorhergehenden Stufe seines eigenen Stammes nährte. F. J. Allen (*Brit. Assoc. Reports* 1896) kommt zu dem Schlusse, daß lebende Substanz wahrscheinlich dauernd erzeugt wird, doch ohne daß die Erzeugnisse sichtbar werden, da die Substanz durch andere Organismen erfaßt und assimiliert wird. Er glaubt, daß, „um den ersten Ursprung des Lebens auf dieser Erde zu erklären, es nicht notwendig sei, der Annahme von Pflüger,

Ich möchte keineswegs die Schwierigkeiten unterschätzen, welche die Auffassung birgt, daß die Entwicklung des Lebens mehr als einmal erfolgt sei oder noch immer vor sich gehen könnte. Doch darf auch nicht verkannt werden, daß die Bedenken gegen die Hypothese von der einmaligen Entstehung des Lebens gleich schwerwiegende sind. Ja, hätte die Idee von der Möglichkeit einer vielfältigen Entstehung der lebenden Substanz zuerst Fuß gefaßt, so zweifle ich, ob die herrschende Anschauung von einer einzigen zufälligen Erzeugung des Lebens auf unserer Erdkugel sich bei den Biologen eingebürgert hätte — so sehr neigen wir dazu, durch die Eindrücke, die wir in der wissenschaftlichen Kindheit erhalten, beeinflusst zu werden.

**Weitere Entwicklung des Lebens.** Nimmt man an, daß die Entwicklung der lebenden Materie — ob nur einmal oder öfters, kommt momentan nicht in Betracht — in der angegebenen Form stattgefunden habe: nämlich als eine Masse kolloidalen Schleimes, der die Eigenschaft der Assimilation und daher des Wachstums besaß, so würde die Fortpflanzung eine selbstverständliche Folge sein. Denn alle Materie

---

daß der Planet in einer früheren Zeit eine Feuerkugel gewesen sei, beizupflichten“. Er zieht die Annahme vor, daß die Umstände, die das Leben erhalten, auch seinen Ursprung begünstigen. Und an einer anderen Stelle: „Das Leben ist kein außergewöhnliches Phänomen, nicht einmal aus einer anderen Sphäre übernommen, sondern eher aus den Verhältnissen unserer Erde tatsächlich hervorgegangen“.

dieser Art — von flüssiger oder halbflüssiger Beschaffenheit — hat die Neigung, sobald eine gewisse Größe erreicht ist, sich zu teilen. Die Teilung kann in gleiche oder annähernd gleiche Teile erfolgen, oder die Form der Knospung annehmen. In allen Fällen wird jeder Teil dem ursprünglichen in chemischer und physikalischer Beziehung gleichen und wird ebenfalls die Eigenschaft besitzen, geeignete Stoffe aus seiner flüssigen Umgebung aufzunehmen und zu assimilieren, zu wachsen und seinesgleichen durch Teilung zu erzeugen. *Omne vivum e vivo*. Ist einmal lebende Materie entstanden, so würde sich auf diese Weise eine primitive Form des Lebens ausbreiten und allmählich die Erdkugel bevölkern. Und ist einmal das Leben begründet, so folgen alle weiteren Daseinsformen kraft unvermeidlicher Entwicklungsgesetze. *Ce n'est que le premier pas qui coûte!*

Wir können uns im Geiste vorstellen, wie eine Absonderung eines mehr phosphorhaltigen Teiles der primitiven lebenden Materie vor sich geht, die hierdurch dem Protoplasma uns bekannter Organismen ähnlich wird. Dieser phosphorreichere Teil braucht während Myriaden von Generationen nicht die Gestalt eines definitiven Kerns anzunehmen, doch wird er seiner Zusammensetzung und seinen Eigenschaften nach dem Zellkern ähnlich gebaut sein. Unter diesen Eigenschaften ist insbesondere die der Katalyse bemerkenswert: die Fähigkeit, tiefgreifende chemische Veränderungen bei anderen Substanzen hervorrufen zu können, ohne selbst einer

dauernden Veränderung zu unterliegen. Diese katalytische Funktion kann direkt von der lebenden Substanz ausgeübt worden sein, oder kann durch Vermittlung der schon erwähnten Enzyme verursacht werden, die gleichfalls kolloidaler Natur sind, doch von einfacher Beschaffenheit als die lebende Substanz; sie unterscheiden sich von den katalytischen Agentien, die der Chemiker gebraucht, dadurch, daß sie schon bei verhältnismäßig niedriger Temperatur wirksam sind. Im Laufe der Entwicklung entstanden infolge von Anpassungsvorgängen an besondere Lebensbedingungen besondere Enzyme. Mit deren Erscheinen und anderen Veränderungen setzte allmählich ein Differenzierungsprozeß ein, der von der primitiven lebenden Materie zu Einzelwesen mit bestimmten, spezifischen Eigenschaften führte. So können wir den Übergang von ursprünglich undifferenzierter lebender Substanz zu einfach organisierten Organismen, etwa von der Art der niedrigsten Protisten, verstehen. Doch wie lange es gedauert haben mag, um diese Stufe zu erreichen, vermögen wir nicht zu bestimmen. Dem Zeitraum nach zu urteilen, der für die Entwicklung höherer Organismen nötig war, scheint eine ungeheure Dauer nötig zu sein, um selbst diesen Grad der Organisation zu erreichen.

**Bildung des Zellkerns.** Die nächste wichtige Phase im Entwicklungsprozesse wäre die Abtrennung und Umbildung der fein verteilten oder zu unregelmäßigen Klümpchen vereinigten Kernmasse zu einem fest

begrenzten Zellkerne, der künftig das Zentrum aller chemischen Vorgänge des Organismus bilden wird.

Ob diese Veränderung durch einen langsamen und allmählichen Abtrennungsprozeß oder sprunghaft, wie es die Natur gelegentlich macht, erfolgt, stets würde der lebende Organismus zum Zustande der vollkommenen, kernhaltigen Zelle fortschreiten: eine Vervollkommnung nicht nur in der Organisation, sondern — was wichtiger ist — in der Fähigkeit zu künftiger Entwicklung. Leben ist jetzt in der Zelle verkörpert, und jedes Lebewesen, das sich daraus entwickelt, wird entweder wieder eine Zelle oder ein Zellhaufe sein. *Omnis cellula e cellula.*

**Entstehung der geschlechtlichen Differenzierung.** Nach dem Erscheinen des Zellkerns — wie lange danach, ist unmöglich zu schätzen — tritt ein anderes Phänomen auf: der gelegentliche Austausch von Kernsubstanz zwischen den Zellen: der Prozeß der geschlechtlichen Zeugung setzt ein. Solch ein Austausch kann bei einzelligen Organismen zwischen irgendwelchen Zellen der gleichen Art erfolgen; bei den Vielzelligen lokalisierte er sich, wie andere Funktionen, auf besondere Zellen. Das Resultat des Austausches ist Verjüngung; Hand in Hand damit geht die gesteigerte Neigung, sich wieder zu teilen und neue Einzelwesen zu erzeugen. Dies ist dem Eindringen eines reizenden oder katalytischen chemischen Faktors in die Zelle, die ver-

jüngt werden soll, zuzuschreiben, wie es die früher erwähnten Versuche von Loeb beweisen. Es ist richtig, daß zugleich mit den Vorgängen chemischer Natur, die sich beim Eindringen der Samenzelle in die Eizelle beim Befruchtungsvorgang abspielen, auch morphologische Prozesse vor sich gehen: das Eindringen gewisser Elemente, die sich mit ebensolchen schon in der Keimzelle enthaltenen Elementen vermischen. Es wird angenommen, daß die Übertragung solcher Formelemente aus den elterlichen Kernen die Übertragung elterlicher Eigenschaften zur Folge hat. Doch wir müssen die Möglichkeit nicht außer acht lassen, daß solche übertragenen Eigenschaften auf einer spezifischen chemischen Eigenheit der übertragenen Elemente beruhen können, mit anderen Worten, daß auch die Erbllichkeit eines jener Rätsel ist, deren Lösung wir dem Chemiker überlassen müssen.

**Leben im Zellverbände.** Bisher haben wir das Leben hauptsächlich betrachtet, wie es in den einfachsten Formen lebender Substanz zu finden ist, in den Organismen, die zum größten Teil mikroskopisch klein, weder ausgesprochen tierischer noch pflanzlicher Natur sind und manchmal zu einem besonderen Reiche der Natur gezählt worden sind, dem der Protisten. Doch verbinden Leute, die mit dem Mikroskop nicht vertraut sind, die Bezeichnung „Leben“ nicht mit mikroskopischen Organismen, mögen diese schon zu Zellen geformt sein oder diesen Grad der Entwicklung noch nicht erreicht haben, und noch winzige

Teilchen lebender Substanz geblieben sein. Die meisten von uns sprechen und denken vom Leben, wie es uns und den Tieren, die wir kennen, eigen ist, und wie wir es bei den Pflanzen in unserer Umgebung finden. Wir erkennen das Leben an gewissen Eigenschaften: Bewegung, Ernährung, Wachstum und Fortpflanzung. Durch unmittelbare Anschauung und ohne Mikroskop können wir garnicht gewahr werden, daß wir und alle höheren Lebewesen, ob tierisch oder pflanzlich, ganz aus kernhaltigen Zellen bestehen, von denen jede mikroskopisch klein ist und ihr eigenes Leben besitzt. Ebensowenig können wir durch unmittelbare Erkenntnis wahrnehmen, daß das, was wir als unser Leben bezeichnen, nicht ein einheitlicher, unteilbarer Besitz ist, der wie das Licht einer Kerze mit einem Hauche verweht werden könnte, sondern daß das, was wir „das Leben“ nennen, die Gesamtheit der Lebenserscheinungen in den vielen Millionen lebender Zellen, aus denen der Körper sich zusammensetzt, darstellt. Es ist noch nicht lange her, seitdem diese Entdeckung vom Aufbau des Organismus aus Zellen entdeckt worden ist; es geschah zu unseren Lebzeiten, und manche unter uns werden sich noch selbst an Schleiden und Schwann, die Entdecker der Zellen in Pflanzen und Tieren, erinnern können. Welch wunderbar weiten Weg haben wir seitdem auf dem Pfade zum Verständnis lebender Organismen zurückgelegt! Das neunzehnte Jahrhundert wird gewöhnlich als das Zeitalter der größten Fortschritte in den Wissenschaften der Mechanik angesehen. Aber sie

können sich nicht messen mit den Entdeckungen, welche auf dem Gebiete der Biologie gemacht worden sind, und ihre Bedeutung ist viel geringer als die der Tatsachen, welche das Studium der Lebenserscheinungen während des gleichen Zeitalters zu Tage gefördert hat. Eine der bemerkenswertesten Entdeckungen auf diesem Gebiet ist die Erkenntnis von der Zellstruktur der Tiere und Pflanzen.

**Entwicklung des Zellverbandes.** Betrachten wir, wie Zellverbände aus einzelligen Organismen sich entwickelt haben. Zwei Arten sind möglich, nämlich: 1. die Adhäsion einer Anzahl ursprünglich getrennter Einzelwesen; 2. die Teilung eines Einzelwesens, ohne daß die Teile sich voneinander loslösen. Ohne Zweifel bildeten sich Zellverbände ursprünglich auf die letztgenannte Art, denn sie entstehen auf diese Weise noch jetzt, und wir wissen, daß die Lebensgeschichte des Einzelwesens ein Abriß der Geschichte der ganzen Art ist. Solche Zellverbände waren anfangs solid, die Zellen zusammenhängend, ohne Zwischenraum; dann bildete sich ein Spalt oder eine Höhlung im Innern des Haufens, der sich so zu einer Hohlkugel umbildete. Alle Zellen des Haufens waren anfänglich vollkommen gleich in Bau und Funktion. Es gab keine Arbeitsteilung. Alle nahmen an der Fortbewegung teil, alle reagierten auf äußere Reize, alle nahmen Nährstoffe auf, verdauten sie und gaben sie an die Höhlung im Innern der Kugel als einen gemeinsamen Nahrungsvorrat ab. Solche Organismen findet man noch jetzt

als niedrigste Metazoenarten. Später bildete sich in einem Teile der Hohlkugel eine becherförmige Vertiefung; die Höhlung der Kugel veränderte dementsprechend ihre Gestalt. Mit dieser Veränderung der Form trat eine Teilung der Funktion zwischen den Zellen, welche die Außenseite bedeckten und jenen, welche die Innenseite des Bechers bekleideten, ein. Die äußeren dienten zur Bewegung und empfingen physikalische oder chemische Reize, die sie von Zelle zu Zelle übertrugen; die inneren Zellen, frei von solchen Funktionen, neigten dazu, ausschließlich Aufnahme und Verdauung von Nährmaterial zu übernehmen, das aus den Zellen in die Höhlung der eingestülpten Kugel überging und als Nahrung für alle Zellen des Organismus diente. Im weiteren Verlaufe der Entwicklung veränderte sich die Form der Körperhöhle, die ursprünglich durch einfache Einstülpung entstanden war, in mannigfacher und komplizierter Weise. Einige Zellverbände begannen ein seßhaftes Leben zu führen und wurden im Aussehen und bis zu einem gewissen Grade auch in ihrer Lebensweise den Pflanzen ähnlich. Solche Organismen, deren Form kompliziert, deren Bau aber einfach ist, sind die Schwämme. Ihre verschiedenen Teile stehen nicht, wie bei den höheren Metazoen, in naher Beziehung untereinander; die Vernichtung irgendeines Teiles, so ausgedehnt er auch sein mag, bedingt weder sofort noch später den Tod des Restes. Alle Teile funktionieren getrennt, obwohl sie sich zweifellos durch ihre Verbindung gegenseitig nützen, wenn auch nur

durch eine langsame Diffusion gelöster Nahrung durch das ganze Gebilde. Eine gewisse Differenzierung findet sich schon bei diesen Organismen, doch der Mangel eines Nervensystems verhindert ein allgemeines Zusammenwirken. Die Einzelzellen sind in hohem Maße voneinander unabhängig.

Unser eigenes Leben wie das aller höheren Tiere ist ein Leben im Zellverbände: das Leben des Ganzen besteht im Leben der einzelnen Zellen. Wird dem Leben einiger dieser Zellen ein Ende gesetzt, so kann der Rest weiter leben. Das ereignet sich tatsächlich in jedem Augenblick unseres Lebens. Die Zellen, welche die Oberfläche unseres Körpers bedecken, welche die Oberhaut, die Haare und Nägel bilden, sterben unauflöflich ab; und diese toten Zellen werden abgerieben oder abgeschnitten, und ihren Platz nehmen andere ein, die sich aus den unteren lebenden Schichten ergänzen. Doch wird die Lebensfähigkeit des Körpers als Ganzes durch den Tod dieser Zellen nicht beeinflufit. Sie dienen nur als Schutz oder als schmückende Hlle und sind im übrigen für unsere Existenz nicht notwendig. Werden dagegen gewisse Zellen z. B. die wenigen Nervenzellen, unter deren Einfluß die Atmung vor sich geht, zerstört oder geschädigt, so kommt innerhalb einer oder zwei Minuten der ganze lebende Mechanismus zum Stillstand, so daß für den Laien der Patient tot ist und selbst der Arzt das Leben als erloschen erklären würde. Doch diese Erklärung ist nur in einem gewissem Sinne richtig. Was ist erfolgt? Ohne

Atmung wird der in den Geweben verbrauchte Sauerstoff nicht ersetzt. Und da die Lebensäußerungen ohne diesen Ersatz aufhören, so scheint das Tier oder der Patient tot zu sein. Wenn jedoch innerhalb einer kurzen Zeit der fehlende Sauerstoff zugeführt wird, so kehrt alles Leben wieder zurück.

Nur einige Zellen verlieren im Augenblick des sogenannten „allgemeinen Todes“ ihre Lebensfähigkeit. Viele Zellen des Körpers bewahren unter geeigneten Umständen ihr individuelles Leben lange nachdem der übrige Körper tot ist, insbesondere die Muskelzellen. Mac William hat gezeigt, daß die Muskelzellen der Blutgefäße mehrere Tage nach dem Tode des Tieres noch Symptome des Lebens aufweisen. Bei Säugetieren sind die Muskelzellen des Herzens viele Stunden nach dem scheinbaren Tode wiederbelebt worden und haben regelmäßig und stark zu schlagen angefangen. Aus menschlichen Leichen genommene schlaglose Herzen hat Professor Kuliabko in Tomsk sogar 18 Stunden nach dem Tode durch Durchblutung wieder zum Pulsieren bringen können, bei Tieren sogar einige Tage nach dem Tode. Waller hat gezeigt, daß sich Leben in verschiedenen Geweben viele Stunden und selbst Tage nach dem allgemeinen Tode äußern kann. Sherrington beobachtete die Tätigkeit weißer Blutkörperchen, wie sie sich in einer geeigneten Nährflüssigkeit Wochen, nachdem sie aus den Blutgefäßen entfernt worden waren, lebend erhielten. Ein französischer Histologe, Jolly, hat gefunden, daß die

weißen Blutkörperchen des Frosches, am kühlen Orte und unter geeigneten Bedingungen aufbewahrt, noch nach einem Jahre all die gewöhnlichen Lebenserscheinungen aufweisen. Carrell und Burrows haben beschrieben, wie sich Funktion und Wachstum bei isolierten Zellen gewisser Gewebe und Organe, die in einem geeigneten Medium gehalten werden müssen, lange Zeit hindurch erhalten haben. Carrell ist es gelungen, einem toten Tiere ganze Organe herauszunehmen und dieselben einem anderen Tier der gleichen Spezies einzusetzen; er hat dadurch der chirurgischen Behandlung ein Feld der Tätigkeit eröffnet, dessen Grenzen sich noch nicht bestimmen lassen. Es ist eine wohlbegründete Tatsache, daß jeder Teil des Körpers abgetrennt von dem übrigen während vieler Stunden lebend erhalten werden kann, wenn er mit Serum (Kronecker am Froschherzen) oder sauerstoffhaltigen Salzlösungen geeigneter Konzentration durchströmt wird (Ringer). Solche Wiederbelebung und Verlängerung des Lebens abgetrennter Organe ist ein in physiologischen Laboratorien oft geübtes Verfahren. Wie all die anderen angeführten Beispiele beruht die Möglichkeit der Wiederbelebung isolierter Organe auf der Tatsache, daß die Einzelzellen eines Organs ihr eigenes unabhängiges Leben haben, so daß sie unter geeigneten Bedingungen ihr Leben fortsetzen können, wenn auch der übrige Teil des Körpers, dem sie angehörten, tot sein mag.

Doch sind einige Zellen und die aus diesen auf-

gebauten Organe notwendiger als andere für das Leben des Ganzen, wegen der Art der spezifischen Funktionen, die in ihnen lokalisiert sind. Das gilt für die Nervenzellen des Atemzentrums; denn von diesem aus werden die Bewegungen reguliert, welche nötig sind, um das Blut mit Sauerstoff zu versorgen. Es gilt ebenso für die Zellen des Herzens, da deren Pumpfähigkeit allen anderen Zellen des Körpers sauerstoffhaltiges Blut zuführt. Ohne diese Blutzufuhr hören die meisten Zellen bald auf zu leben. Darum untersuchen wir Lungen und Herz, um zu entscheiden, ob Leben vorhanden ist; wenn Atmung oder Herzschlag nicht mehr nachzuweisen sind, so wissen wir, daß das Leben nicht erhalten werden kann. Herz und Lungen sind zwar nicht die einzigen zur Erhaltung des Körpers notwendigen Organe, aber der Verlust anderer kann länger ertragen werden, da deren Funktion, wenn sie auch nützlich oder selbst wesentlich für den Organismus ist, eine Zeitlang entbehrt werden kann. Das Leben gewisser Zellen ist daher mehr, das anderer weniger wichtig für das Leben des Ganzen. Es gibt sogar gewisse Organe, die ihre frühere Bedeutung im Laufe der Entwicklung eingebüßt haben und deren Vorhandensein sogar Schaden bringen kann. Wiedersheim hat mehr als hundert solcher Organe im menschlichen Körper gezählt. Zweifellos ist die Natur bestrebt, sie verkümmern zu lassen, und unseren Nachkommen wird eines Tages der Wurmfortsatz oder die Rachenmandel fehlen. Bis dahin müssen wir zur Ent-

fernung jener Organe die schnellere Chirurgie zu Hilfe nehmen.

**Die Erhaltung des Lebens im Zellverbande der höheren Tiere. Regelnde Vorgänge.** Wir haben gesehen, daß bei den einfachsten vielzelligen Organismen, bei denen die einzelnen Zellen sich nur wenig voneinander unterscheiden, die Bedingungen für die Erhaltung des Lebens des ganzen Organismus fast ebenso einfach sind wie für die einzelnen Zellen. Doch wird das Leben eines Zellkomplexes, wie ihn die Körper der höheren Tiere darstellen, nicht nur durch günstige Lebensbedingungen der Einzelzelle erhalten, sondern auch durch das geregelte Zusammenwirken der verschiedenen Zellfunktionen. Während bei den niedersten Metazoen alle Zellen des Haufens sich in Bau und Funktion gleichen sowie alle Funktionen einheitlich ausführen, haben bei den höheren Tieren (und auch bei den höheren Pflanzen) die Zellen spezielle Leistungen übernommen, so daß sich jede Zelle nur für eine ganz bestimmte Tätigkeit eignet. So sind die Zellen der Magendrüsen nur auf die Absonderung des Magensaftes eingerichtet, die Zellen der Zotten nur zum Aufsaugen der verdauten Stoffe aus dem Darm geeignet, die Zellen der Nieren zum Fortschaffen der Schlacken und des überflüssigen Wassers aus dem Blute bestimmt, die Zellen des Herzens mit der Fähigkeit begabt, Blut durch die Gefäße zu treiben. Jede dieser Zellen führt ihr Eigenleben, verrichtet ihre besonderen Funktionen. Doch wenn

nicht eine Art Zusammenwirken und eine Unterordnung unter die Bedürfnisse des Körpers im Ganzen sich einstellte, so würde wohl manchmal zu wenig, manchmal zu viel Magensaft abgesondert, manchmal geschähe die Resorption des Darminhaltes zu langsam, manchmal zu schnell, manchmal würde das Blut zu schnell, manchmal zu langsam durch die Arterien getrieben und dergleichen mehr. Dann würde bei einem solch mangelnden Zusammenwirken des Ganzen das Leben aufhören normal zu sein und würde schließlich nicht mehr erhalten werden können.

Wir haben schon die Bedingungen erörtert, die zur Erhaltung des Lebens der Einzelzelle, wo sie auch gelegen sein mag, günstig sind. Die erste Bedingung ist, daß die Zelle von einer Nährflüssigkeit von geeigneter, konstanter Zusammensetzung umspült sei. Bei höheren Tieren ist diese Flüssigkeit die Lymphe; sie umspült die Gewebselemente und wird selbst beständig durch das Blut mit frischer Nahrung und Sauerstoff versorgt. Einige Gewebszellen werden direkt durch Blut umspült, und bei wirbellosen Tieren, die kein besonderes Lymphsystem besitzen, werden alle Gewebe in dieser Weise ernährt. Doch nehmen und geben dem Blute nicht alle Zellen die gleichen Stoffe nicht in gleichen Mengen. Die aufsaugenden Zellen der Zotten z. B. geben fast ausschließlich; andere, wie die Zellen der Nierenkanälchen, nehmen fast ausschließlich. Der Sinn des Gebens und Nehmens im ganzen Körper ist nur der, die Zusammensetzung des

Blutes unter allen Umständen unverändert zu erhalten. Auf diese Weise erfüllt sich die erste Bedingung zum Leben des Ganzen: die Erhaltung der Einzelzellen, aus denen das Ganze sich zusammensetzt.

Die zweite wesentliche Bedingung, um das Leben des Zellhaufens zu erhalten, liegt in dem Zusammenwirken seiner einzelnen Teile und der geeigneten Regelung ihrer Tätigkeit, damit sie zum Nutzen des Ganzen zusammen arbeiten. Im tierischen Organismus ist dieses Ziel auf zwei Wegen erreicht: erstens durch das Nervensystem, und zweitens durch die Wirkung spezifischer chemischer Substanzen, die sich in gewissen Organen bilden und mit dem Blute in andere Teile des Körpers gelangen, wo sie die Zellen zur Tätigkeit anregen. Diese Substanzen haben die allgemeine Bezeichnung „Hormone“ (*ὄρμῶν*, anregen) erhalten, eine Bezeichnung, die Professor Starling eingeführt hat. Ihre Wirkung, überhaupt ihr Vorhandensein ist erst in den letzten Jahren erkannt worden, obwohl die Rolle, die sie in der Tierphysiologie spielen, an Wichtigkeit nur der des Nervensystems selbst nachsteht. Das Fehlen gewisser dieser Hormone kann sogar die Erhaltung des Lebens unmöglich machen.

Bevor wir auf die Art und Weise eingehen, wie das Nervensystem das Leben des Zellverbandes zu regulieren im Stande ist, wollen wir seine Entwicklung verfolgen.

**Die Rolle des Nervensystems für die Erhaltung des Lebens im Zellverbände. Entwicklung eines Nervensystems.** Der erste Schritt in der Entwicklung vollzog sich, als gewisse Zellen der äußeren Schichten für Reize von außen, entweder mechanischer Natur (Tast- und Hörreize), oder für Eindrücke von Licht und Dunkelheit (Sehreize), oder für chemische Eindrücke besonders empfindlich wurden. Die Wirkung solcher Eindrücke teilte sich wahrscheinlich zuerst nur den angrenzenden Zellen mit und breitete sich dann von Zelle zu Zelle durch das Ganze aus. Ein Fortschritt war es, als die eindrucksfähigeren Zellen verzweigende Fühler zu den anderen Zellen des Organismus ausstreckten. Solche Fühler leiteten die Wirkung der Reize mit größerer Schnelligkeit und ohne Umweg zu entfernten Teilen. Sie mögen zuerst einziehbar gewesen sein und darin den langen Pseudopodien gewisser Rhizopoden geähnelt haben. Als sie unbeweglich wurden, bildeten sie eine Art Nervenfasern, den Anfang eines Nervensystems. Auch jetzt noch beginnt (wie Roß Harrison gezeigt hat) die Entwicklung jeder Nervenfasern damit, daß ein amöboider Zellfortsatz, der zuerst retraktile ist, entsteht; allmählich wächst der Fortsatz gegen die Stelle zu, die er später einnehmen soll, und verliert dann seine Beweglichkeit.

Im weiteren Verlauf der Entwicklung versanken eine gewisse Zahl dieser spezifischen Zellen der äußeren Schicht unter die Oberfläche, vielleicht, um geschützt zu sein, vielleicht auch, um besser ernährt zu werden: sie wurden

zu Nervenzellen. Jedoch blieben sie mit der Oberfläche verbunden durch eine Verlängerung, aus der sich eine zuleitende oder Empfindungsnervenfasern bildete; da diese Fasern zwischen den Zellen der gemeinsamen Oberfläche endeten, waren sie weiterhin der Wirkung äußerer Einflüsse ausgesetzt. Andererseits vermochten sie durch ihre ableitenden Fortsätze diese Eindrücke auf andere, entferntere Zellen zu übertragen. Im weiteren Verlauf der Entwicklung differenzierte sich das Nervensystem deutlich in zuleitende, ableitende und verbindende Teile. Hatte sich einmal solch ein Nervensystem entwickelt, so mußte es, so einfach es auch war, den Organismus beherrschen, da mit einem solchen Mechanismus die Einzelzellen viel wirksamer zum Wohle des Ganzen zusammenarbeiten konnten.

Die Bildung des Nervensystems, obwohl nicht in allen Tierklassen in gleicher Weise verlaufend, ist der wesentlichste Merkstein in der Entwicklung der Metazoen. Alle Eindrücke, die den Organismus von der Oberfläche her treffen, werden nunmehr in Muskelzuckung oder in eine andere Art der Zelltätigkeit umgesetzt. Die Bildung des Nervensystems hat zu der fundamentalen Verschiedenheit zwischen der Tierwelt und der Pflanzenwelt, bei der keine Spur eines Nervensystems zu finden ist, geführt. Pflanzen reagieren zwar auf äußere Einflüsse, und diese Einflüsse rufen tiefgehendste Veränderungen und selbst verhältnismäßig schnelle und energische Bewegungen an von der gereizten Stelle entfernten Teilen hervor: man denke an das bekannte

**Beispiel der sensitiven Pflanze.** Doch werden die Eindrücke in allen Fällen unmittelbar von Zelle zu Zelle mitgeteilt und nicht durch die Vermittlung von Nervenfasern. Da den Pflanzen jedes Gefüge, das im mindesten an ein Nervensystem erinnert, fehlt, kann man unmöglich annehmen, daß irgendeine Pflanze jemals auch nur den kleinsten Schimmer von Verstand besitzen wird. Bei Tieren dagegen kam es, mit einer ursprünglich unbedeutenden Veränderung gewisser Zellen beginnend, im Laufe der Entwicklung zu dem kunstvollen Bau des Nervensystems mit all seinen mannigfaltigen, komplizierten Funktionen, die ihren Höhepunkt in dem Wirken menschlichen Geistes erreichen. „Welch ein Meisterwerk ist der Mensch! Wie edel durch Vernunft, wie unbegrenzt an Fähigkeiten! In Gestalt und Bewegung wie ausdrucksvoll und bewundernswert! Im Handeln wie ähnlich einem Engel! Im Begreifen wie ähnlich einem Gotte!“ Doch sollten ihn seine geistigen Fähigkeiten stolz machen, so möge er sich erinnern, daß er sie einem entfernten Vorfahren verdankt, in welchem einige Zellen etwas leichter auf äußere Reize reagierten. Während diese Zellen so in nähere Beziehung zur Außenwelt traten, gewannen sie andererseits eine herrschende Stellung über die übrigen Zellen allmählich dadurch, daß sie sich über das umschriebene Gebiet hinaus, auf welches ihre Nachbarzellen beschränkt blieben, ausdehnten. Diese herrschenden Zellen wurden Nervenzellen: sie boten jetzt nicht nur die Möglichkeit, Eindrücke von einem Teile des Organismus zum andern

zu übermitteln, sondern sie wurden auch im Laufe der Zeit zum Sitze der Wahrnehmung und bewußten Empfindung, zum Sitze der Bildung von Ideen und deren Assoziation, zum Sitze des Gedächtnisses, der Willenskraft und aller Kundgebungen des Geistes.

**Regullerung der Bewegungen durch das Nervensystem. Willkürliche Bewegungen.** Den augenfälligsten Anteil an den Lebenserscheinungen übt das Nervensystem dadurch aus, daß es die Körperbewegungen vermittels der sogenannten willkürlichen Muskeln hervorruft und regelt. Diese Bewegungen sind in Wirklichkeit das Ergebnis von Eindrücken, die sich den sensorischen oder afferenten Nerven an der Peripherie, d. h. in der Haut oder in verschiedenen Organen spezifischer Sinne mitteilen. Die Wirkung dieser Eindrücke braucht nicht sofort zu erfolgen, sondern kann für unbestimmte Zeit in gewissen Zellen des Nervensystems aufgespeichert werden. Die Regulierung dieser Bewegungen ist ein verwickelter Vorgang. Ob die Bewegungen sofort nach Empfang der an der Peripherie erhaltenen Eindrücke erfolgen oder erst nach einer gewissen Zeit, ob sie von bewußter Empfindung begleitet oder rein reflektorischer und unbewußter Art sind, der Vorgang der Koordination ist stets komplizierter Natur und schließt nicht nur die Veranlassung der Kontraktion gewisser Muskeln, sondern auch die Verhütung der Kontraktion anderer in sich. Unsere heutige Kenntnis dieser Zustände verdanken wir zum größten Teil den Untersuchungen von Professor Sherrington.

**Unwillkürliche Bewegungen.** Eine nicht so offensichtliche, aber darum nicht weniger wichtige Funktion des Nervensystems ist die Regulierung der Bewegung unwillkürlicher Muskeln. Unter normalen Bedingungen ist diese immer von dem Bewußtsein unabhängig, doch geschieht ihre Regulierung in ähnlicher Weise wie bei den willkürlichen Muskeln, nämlich als das Ergebnis von Eindrücken, die an der Peripherie aufgenommen werden. Diese Eindrücke werden durch afferente Fasern dem Zentralnervensystem übermittelt, und von letzterem werden in anderen Bahnen Erregungen ausgesandt, meist durch die Nerven des sympathischen oder autonomen Nervensystems, welche Kontraktionen unwillkürlicher Muskeln entweder auslösen oder verhüten. Viele unwillkürliche Muskeln haben eine natürliche Neigung zu ununterbrochener oder rhythmischer Kontraktion, die ganz unabhängig vom zentralen Nervensystem ist. In diesem Falle wirken die vom zentralen Nervensystem ausgehenden Reize lediglich im Sinne einer Vermehrung oder Abschwächung solcher Kontraktionen.

Ein Beispiel einer solchen Doppelwirkung wird am Herzen beobachtet. Obwohl es sich noch regelmäßig und rhythmisch kontrahiert, wenn es vom zentralen Nervensysteme abgetrennt ist, ja sogar wenn es aus dem Körper entfernt ist, wird es doch normalerweise von dem sympathischen Nervensysteme zu vermehrter Tätigkeit angeregt, dagegen vom zehnten Gehirnnerven — vom Nervus Vagus — in seiner Tätigkeit gehemmt.

**Wirkung von Gemütsbewegungen.** Aus der Leichtigkeit, mit welcher die Herztätigkeit durch Erregung dieser Nerven beeinflußt wird, erklärt es sich, daß bei den Nervenstürmen, welche wir „Gemütsbewegungen“ nennen und welche zu einer ausgedehnten Auslösung von Erregungsvorgängen im Nervensystem führen, gerade das Herz so stark in Mitleidenschaft gezogen wird. Daher kommt es, daß in der Dichtersprache und selbst im alltäglichen Leben das Wort „Herz“ mit den Gemütsbewegungen selbst gleichbedeutend gebraucht wird.

Ganz ähnlich verhält es sich mit den unwillkürlichen Muskeln der Arterien. Verstärkt sich ihre Kontraktion, so verringert sich die Weite der Gefäße und sie liefern weniger Blut; die Teile, die sie versorgen, erblassen dementsprechend. Läßt andererseits die Kontraktion nach, so erweitern sich die Gefäße und liefern mehr Blut; die Teile, die sie versorgen, werden nunmehr rot. Wie auf das Herz wirken Gemütsbewegungen auch auf die Gefäße. So ist das „Erröten“ ein rein physiologischer Vorgang, der auf verminderter Tätigkeit der Arterienmuskeln beruht; die Blässe durch Furcht wird durch eine vermehrte Kontraktion der Gefäßmuskeln verursacht. Neben diesen augenfälligen Wirkungen laufen noch unaufhörlich zwar weniger deutliche, aber nicht weniger wichtige Vorgänge ab, welche einen Gleichgewichtszustand zwischen der Tätigkeit der beiden Gruppen von Nervenfasern, die zu Herz und Blutgefäßen ziehen, herstellen. Diese Organe

werden nach der einen oder anderen Richtung durch jede Empfindung beeinflußt, die auf uns wirkt, selbst durch unbewußte Eindrücke, wie jene, die während des Schlafes oder der Narkose vorkommen, oder durch Erregungen, die von sonst unempfindlichen inneren Organen ausgehen.

**Nervöse Regulation der Drüsensekretion.** Ein weiteres Beispiel nervöser Regulierung ist die Einwirkung auf die Drüsensekretion. Nicht alle Drüsen werden vom Nervensystem direkt beeinflußt; doch wo diese Beeinflussung statt hat, sind die Wirkungen frappierend. Diese nervöse Regulierung vollzieht sich in prinzipiell derselben Weise, wie bei den unwillkürlichen Muskeln. Sie beeinflußt die chemische Tätigkeit der Drüsenzellen und die Menge der Absonderung. Durch diese Regulierung kann eine Sekretion erzeugt oder aufgehoben, gesteigert oder vermindert werden. Wie bei den Muskeln wird auf diese Weise die richtige Tätigkeit erhalten und die Leistung der Drüsen den Bedürfnissen des Organismus angepaßt. Die Tätigkeit der meisten Verdauungsdrüsen wird in dieser Weise geregelt, ebenso die der Schweißdrüsen. Und durch die Wirkung des Nervensystems auf die Schweißdrüsen zusammen mit der ihm eigenen Fähigkeit, die Blutzufuhr zur Haut zu vergrößern oder zu vermindern, wird die Temperatur des Blutes reguliert und auf derjenigen Höhe erhalten, die sich am besten zur Erhaltung des Lebens und zur Tätigkeit der Gewebe eignet.

**Einwirkung von Gemütsbewegungen auf die Sekretion.**

Wie beim Herzen und bei den Blutgefäßen zeigt sich die Einwirkung des Nervensystems auf die Drüsenabsonderung am deutlichsten durch den Einfluß psychischer Erregungen. So kann beim Erblicken ersehnter Speise die Speichelabsonderung ausgelöst werden, „das Wasser läuft im Munde zusammen“; während Erregungen anderer Art, wie Furcht oder Angst, die Absonderung aufhalten können, die „Zunge am Gaumen kleben“ und „die Sprache stocken“ lassen. Auch das Schlucken von trockener Nahrung wird durch solche Hemmung der Speichelabsonderung erschwert. Bei der „Reisprobe“, die im Orient zur Erkennung von Verbrechern Sitte war, wird diese Erscheinung benutzt.

**Regulierung durch chemische Agentien: Hormone. Innere Sekretion.** Die Funktionen unserer Körperzellen werden, wie schon erwähnt, auch noch in anderer Weise als durch das Nervensystem beeinflusst, nämlich durch chemische Agentien (Hormone), die im Blute zirkulieren. Viele von diesen werden durch besondere drüsige Organe, die als Drüsen mit innerer Sekretion bekannt sind, erzeugt. Die gewöhnlichen Drüsen ergießen ihren Saft auf die Oberfläche der Haut oder der Schleimhäute. Die Drüsen mit innerer Sekretion lassen die Stoffe, die sie bereiten, direkt in das Blut übergehen. Dadurch werden die Hormone zu entfernten Organen gebracht, für deren richtige Funktion jene Hormone von wesentlicher Bedeutung

sind, oder auf die sie nur fördernd wirken. Im ersten Falle kann die Entfernung der Drüse mit innerer Sekretion oder ihre Zerstörung durch Krankheit für den Organismus verhängnisvoll werden.

**Nebennieren.** So steht es mit den Nebennieren, jenen kleinen Drüsen, die neben den Nieren liegen, aber keine physiologische Verbindung mit diesen Organen haben. Ein Arzt am Guy's Hospital in London, Dr. Addison, hat in der Mitte des letzten Jahrhunderts gezeigt, daß ein mit seinem Namen bezeichnetes, fast immer tödliches Leiden mit der Erkrankung der Nebennieren verbunden ist. Kurze Zeit nach dieser Beobachtung hat ein französischer Physiologe, Brown-Séquard, gefunden, daß Tiere, denen die Nebennieren entfernt worden sind, selten mehr als einige Tage die Operation überleben. Im letzten Jahrzehnte des vergangenen Jahrhunderts lebte das Interesse an diesen Organen wieder auf durch die Entdeckung, daß sie dem Blute beständig ein chemisches Agens (Hormon) zuführen, welches die Kontraktion des Herzens und der Arterien anregt und zur Förderung einer jeden Tätigkeit dient, die unter der Abhängigkeit vom sympathischen Nervensystem steht (Langley). Damit erklärt sich die Wichtigkeit der normalen Funktion dieser Organe, doch haben wir in Bezug auf ihre Funktionen noch viel zu lernen.

**Schilddrüse.** Ein anderes Beispiel einer Drüse mit innerer Sekretion, die für das Leben oder wenigstens zu seiner Erhaltung im normalen Zustand wesentlich

ist, ist die Schilddrüse. Der Zusammenhang von unvollkommener Entwicklung oder Erkrankung der Schilddrüse mit Störungen der Ernährung und verminderter Erregbarkeit des Nervensystems ist gesichert. Die als Kretinismus bekannte Form des Idiotismus und die Myxödem genannte Erkrankung sind beide durch mangelhafte Sekretion der Schilddrüse verursacht. Einigermäßen ähnliche Zustände werden durch die chirurgische Entfernung der Drüse geschaffen. Die Symptome dieser Erkrankungen werden durch Verabreichung ihres Saftes gemildert oder geheilt. Andererseits erzeugt die von Sekretionsvermehrung begleitete Vergrößerung der Schilddrüse Symptome nervöser Erregung. Ähnliche Symptome werden durch übermäßiges Verzehren von Schilddrüsensubstanz, die etwa zu therapeutischen Zwecken gereicht war, hervorgerufen. Diese Beobachtungen zeigen, daß der Saft Hormone enthält, die zur Regulierung der Ernährung des Körpers beitragen und zur Anregung des Nervensystems, für dessen höhere Funktionen sie nötig zu sein scheinen, dienen. Gley, dem wir für unsere Kenntnisse der Funktionen dieses Organs viel verdanken, sagt: „La genèse et l'exercice des plus hautes facultés de l'homme sont conditionnés par l'action purement chimique d'un produit de sécrétion. Que les psychologues méditent ces faits!“

**Nebenschilddrüsen oder Epithelkörperchen.** Noch bemerkenswerter sind die Nebenschilddrüsen. Diese Organe wurden 1880 von Sandström entdeckt. Es sind

vier winzige Körperchen, die in der Schilddrüse eingebettet liegen, jedes nicht größer als ein Stecknadelkopf. So klein sie auch sind, ihr inneres Sekret besitzt doch Hormone, die einen mächtigen Einfluß auf das Nervensystem ausüben. Werden sie vollkommen entfernt, so kann ein Symptomkomplex entstehen, der als „Tetanie“ bekannt ist, ein Zustand, der immer ernst ist und verhängnisvoll werden kann. Wie die Hormone der Schilddrüse, so üben auch diejenigen der Epithelkörperchen eine erregende Wirkung auf das Nervensystem, zu dem sie durch das Blut gebracht werden, aus; die Wirkungen sind jedoch von anderer Art.

**Glandula pituitaria oder Hypophyse.** Eine andere Drüse mit innerer Sekretion, die während der letzten Jahre ein erhebliches Interesse erweckt hat, ist die Glandula pituitaria oder die Hypophyse. Sie ist ein kleines Gebilde, nicht größer als eine Haselnuß und sitzt an der Gehirnbasis. Sie besteht hauptsächlich aus Drüsenzellen. Die meisten Beobachter fanden, daß die Tiere, denen sie fortgenommen ist, nach 2 bis 3 Tagen sterben. Wenn diese Drüse beim noch wachsenden Menschen abnorm groß wird, so entwickelt sich das Knochensystem in außergewöhnlicher Weise, derart, daß gigantische Gestalten entstehen. Erfolgt die Hypertrophie nach dem Abschluß des Wachstums, so werden hauptsächlich die Extremitäten, die Hände und Füße, und die Gesichtsknochen davon betroffen. Daher wird der Zustand Akromegalie (Vergrößerung der Extremitäten) genannt. Ein bedeuten-

der französische Arzt, Pierre Marie, hat im Jahre 1885 den Zusammenhang der Akromegalie mit Erkrankung der Hypophyse erkannt. Bei „Riesen“ und bei „Akromegalen“ wird fast immer eine vergrößerte Hypophyse gefunden. Die Vergrößerung beschränkt sich im allgemeinen auf einen Teil der Drüse — den vorderen Lappen, und wir schließen daraus, daß dieser Hormone erzeugt, die das Wachstum des Körpers im Ganzen und des Knochenbaues im Besonderen anregen. Der Rest der Hypophyse ist im Bau von dem vorderen Lappen verschieden und hat eine andere Funktion. Aus der Hypophyse können Hormone extrahiert werden, die ähnlich denen der Nebennieren — aber nicht mit ihnen identisch — die Kontraktion des Herzens und der Arterien beeinflussen. Auch diese Hormone vermögen die Sekretion gewisser Drüsen zu beeinflussen. In das Blut gespritzt, mehren sie die Wasserabgabe aus den Nieren und die Milchsekretion aus den Brustdrüsen, obgleich keines dieser Organe (ungleich den meisten anderen Drüsen) von dem Nervensystem direkt beeinflußt wird. Zweifellos wird unter natürlichen Bedingungen die Tätigkeit dieser Organe durch Hormone angeregt, die in der Hypophyse erzeugt werden und aus derselben in das Blut übergehen.

Die genannten Drüsen mit innerer Sekretion (Schilddrüse, Nebenschilddrüse, Nebenniere, Hypophyse) haben, soweit bekannt, keine andere Funktion, als chemische Substanzen zu erzeugen, welche andere Organe, denen sie durch das Blut zugeführt werden, beeinflussen. Es

ist interessant zu beobachten, daß alle diese Drüsen sehr klein sind, keine größer als eine Walnuß und einige, die Epithelkörperchen, fast mikroskopisch. Trotzdem sind sie zur Erhaltung des normalen Lebensablaufs von größter Wichtigkeit, und die vollkommene Entfernung irgendeiner von ihnen durch Krankheit oder Operation würde in den meisten Fällen schnell tödlich sein.

**Bauchspeicheldrüse oder Pankreas.** Es gibt aber außerdem im Körper Organe mit innerer Sekretion, die nicht nur dem Blut Hormone zuführen, sondern auch zugleich andere Funktionen ausüben. Solche Doppelfunktion ist im Pankreas ausgeprägt vorhanden, dessen Sekret die wichtigsten Verdauungssäfte enthält. Das äußere Sekret der Drüse ergießt sich in den Darmkanal, und seine Einwirkung auf die aus dem Magen tretende Nahrung ist schon lange bekannt. Von Mering und Minkowski haben jedoch 1889 entdeckt, daß das Pankreas auch ein inneres Sekret liefert, das in das Blut übergeht, die Leber passiert und dann mit dem Blutstrom in alle Teile des Körpers geschwemmt wird. Dieses Hormon ist für die richtige Verwertung von Kohlehydraten im Organismus wichtig. Es ist wohlbekannt, daß die Kohlehydrate der Nahrung in Traubenzucker verwandelt werden und in dieser Form im Blute zirkulieren, das immer eine gewisse Menge davon enthält. Das Blut führt den Traubenzucker allen Zellen des Körpers zu, die ihn als Brennmaterial benutzen. Wenn durch Erkrankung des Pankreas oder

infolge seiner operativen Entfernung das innere Sekret nicht nutzbar ist, dann wird der Zucker nicht mehr richtig durch die Körperzellen verwertet und sammelt sich im Blute an. Aus dem Blute wird der Überschuß durch die Nieren entfernt: die Zuckerkrankheit ist vorhanden.

**Duodenum.** Ein anderes Beispiel eines inneren Sekretes eines Organs, das größtenteils für andere Funktionen bestimmt ist, ist das Prosekretin. Es wird in den Zellen, welche das Duodenum auskleiden, gefunden. Der saure Magensaft verwandelt, in Berührung mit diesen Zellen, ihr Prosekretin in Sekretin. Dieses ist ein Hormon, das wiederum in das Blut übergeht. Es hat eine besondere Wirkung auf die nach außen sezernierenden Zellen des Pankreas und beschleunigt den Erguß des Pankreassaftes in den Darm. Diese Wirkung, welche von Bayliss und Starling entdeckt wurde, ist derjenigen der Hormone der Hypophyse auf die Zellen der Nieren und Brustdrüsen analog.

**Die inneren Sekrete der Fortpflanzungsorgane.** Die Geschlechtsdrüsen liefern in vieler Beziehung das interessanteste Beispiel von Organen, die neben ihren gewöhnlichen Produkten — den Keim- und Samenzellen (Eiern und Samenfäden) — Hormone bilden, die im Blute zirkulieren und Veränderungen in Zellen entfernter Körperteile hervorrufen. Durch diese Hormone werden die sekundären Geschlechtsmerkmale ausgebildet, so der Kamm und Schweif des Hahnes, die Mähne

des Löwen, das Geweih des Hirsches, der Bart und größere Kehlkopf des Mannes und die vielen Verschiedenheiten in Gestalt und Körperbau, die für die Geschlechter charakteristisch sind.

Seit undenklichen Zeiten ist bekannt, daß die sog. sekundären Geschlechtsmerkmale durch den Entwicklungszustand der Sexualorgane bedingt sind. Doch wurde ihre Entstehung gewöhnlich auf nervöse Einflüsse zurückgeführt. Erst in den letzten Jahren wurde nachgewiesen, daß jene Veränderungen durch Vermittlung innerer Sekrete und Hormone verursacht werden, die aus den Geschlechtsdrüsen in das zirkulierende Blut übergehen<sup>1)</sup>.

**Chemische Natur der Hormone.** Es ist nur bei ein oder zwei Drüsen gelungen, ihre Hormone in für die Analyse genügender Reinheit zu gewinnen. Doch weiß man von den Hormonen so viel, um angeben zu können, daß sie organische Körper von verhältnismäßig einfachem Bau sind, viel einfacher zusammengesetzt als die Eiweißstoffe und selbst die Enzyme.

Die bisher untersuchten Hormone sind alle dialysabel, leicht löslich in Wasser, unlöslich in Alkohol. Sie werden durch Kochen nicht zerstört. Ein Hormon, dasjenige des Nebennierenmarks, ist synthetisch dargestellt worden. Wenn erst der chemische Bau der anderen besser bekannt sein wird, dürfte es nicht schwer sein, auch sie synthetisch zu gewinnen.

---

<sup>1)</sup> Die Beweise hierfür finden sich bei F. H. A. Marshall. *The Physiology of Reproduction* 1911.

Aus den geschilderten Verhältnissen geht hervor, daß zur normalen Erhaltung des Lebens nicht allein eine Koordination durch das Nervensystem notwendig ist, sondern auch eine auf chemischen Vorgängen beruhende Koordination nicht weniger wichtig ist. Die chemische und die nervöse Beeinflussung können voneinander unabhängig vor sich gehen, doch können sie sich auch gegenseitig beeinflussen. Es kann gezeigt werden, daß einige Hormone unter dem Einfluß des Nervensystems gebildet werden (Biedl, Asher, Elliot), während andererseits, wie wir gesehen haben, gewisse Funktionen des Nervensystems von Hormonen abhängen.

**Schützende chemische Vorgänge. Toxine und Antitoxine.** Ich kann nur ganz kurz auf die Schutzvorrichtungen eingehen, die der Zellverband zu seiner Verteidigung gegen Krankheiten ausgebildet hat, besonders gegen die durch parasitäre Mikroorganismen erzeugten Affektionen. Diese Mikroorganismen sind mit wenigen Ausnahmen einzellige Lebewesen und ohne Zweifel die furchtbarsten Feinde, gegen die die vielzelligen Metazoen — zu denen alle höheren tierischen Organismen gehören — zu kämpfen haben. Solche Mikroorganismen verursachen unter anderen alle epidemischen Krankheiten, wie Milzbrand und Rinderpest bei Rindern, die Staupe bei Hunden und Katzen, Windpocken, Scharlach, Masern und Schlafkrankheit beim Menschen. Die Fortschritte der modernen Medizin haben gezeigt, daß die Symptome dieser Krankheiten — die Störungen in

der Ernährung, abnorme Temperatur, Mattigkeit, Erregtheit und andere nervöse Störungen — in vielen Fällen die Wirkungen chemischer Gifte (Toxine) sind, die durch Mikroorganismen erzeugt werden und verderblich auf die Körpergewebe wirken. Die Gewebe sind ihrerseits befähigt, dem entgegenzuwirken, indem sie chemische Substanzen erzeugen, die schädlich oder vernichtend auf die Mikroorganismen einwirken. Solche Substanzen heißen Antikörper. Manchmal nimmt der Schutz die Form einer subtilen Veränderung der Zelleigenschaften an, durch welche die Zellen für lange Zeit oder sogar für immer den Giften gegenüber unempfindlich (immun) werden. Manchmal fressen gewisse Körperzellen, wie die weißen Blutzellen, die eindringenden Mikroorganismen und verdauen sie mit Hilfe innerhalb ihres Protoplasma befindlicher chemischer Stoffe. Der Ausgang einer Krankheit hängt daher von dem Ausgang des Kampfes zwischen den feindlichen Kräften — den Mikroben einerseits und den Zellen des Körpers andererseits — ab. Beide kämpfen mit chemischen Waffen. Gelingt es den Körperzellen nicht, die eindringenden Organismen zu zerstören, so vernichten die Eindringlinge schließlich die Körpergewebe, denn in diesem Kampfe wird kein Pardon gegeben. Glücklicherweise ist es uns mit Hilfe des Tierexperiments gelungen, Kenntnis davon zu erwerben, wie wir durch die Mikroorganismen angegriffen werden und wie die Zellen unseres Körpers den Angriff zurückzuschlagen vermögen. Diese Erfahrungen

werden jetzt in wirksamer Weise dazu benutzt, unsere Verteidigung zu unterstützen. Zu diesem Zwecke werden schützende Sera oder Antitoxine, die sich im Blute anderer Tiere gebildet haben, benutzt, um die Wirkung unserer eigenen Schutzkörper zu unterstützen.

**Die parasitäre Natur der Krankheiten.** Gerade die Entdeckung des parasitären Ursprungs so mancher Krankheiten und die Kenntnis der chemischen Stoffe, die einerseits ihre Symptome bewirken, andererseits sie bekämpfen, hat die Medizin von einer bloßen Kunst, die empirisch ausgeübt wurde, zu einer wirklichen, auf Experimente begründeten Wissenschaft umgewandelt. Diese Wandlung hat einen unbegrenzten Ausblick auf Wege eröffnet, die nicht nur zur Heilung, sondern, was wichtiger ist, zur Verhütung führen können. Wir alle haben diese Fortschritte erlebt oder aus jüngster Vergangenheit erfahren. Erst im Februar 1912 betrauerte die Welt den Tod eines seiner größten Wohltäter, einen früheren Präsidenten dieser Gesellschaft<sup>1)</sup>, der diese Kenntnis auf die praktische Chirurgie übertrug und es dadurch ermöglichte, daß zu seinen Lebzeiten allein mehr Menschenleben gerettet wurden, als in all den blutigen Kriegen des 19. Jahrhunderts vernichtet worden sind!

**Alter und Tod.** Man hat die Frage gestellt, ob, wenn alle zufälligen Arten der Vernichtung des Lebens ausge-

---

<sup>1)</sup> Lord Lister war 1896 Präsident der British Association in Liverpool.

geschlossen würden, das Leben der Zellindividuen und auch der Zellverbände ins Unendliche verlängert werden könnte. Sind die Erscheinungen des Alterns und des Todes eine natürliche und notwendige Folge des Lebens? Den meisten wird die Erörterung dieses Gegenstandes indiskutabel erscheinen. Doch behaupten einige Physiologen (z. B. Metchnikoff), daß das Altern selbst anormal sei; daß es eine Art Krankheit sei oder durch Krankheit erzeugt würde, und daß wenigstens theoretisch die Möglichkeit bestehe, es zu beseitigen. Wir haben schon gesehen, daß das Leben der Einzelzelle, wie beispielsweise das der weißen Blutkörperchen und der Zellen mancher anderer Gewebe, unter geeigneten Bedingungen tage-, wochen- oder monatelang nach dem allgemeinen Tode erhalten bleiben kann. Bei einzelligen Organismen, die unter passenden Ernährungsbedingungen gehalten wurden, hat man beobachtet, daß sie lange Zeit hindurch ihre Funktionen normal erfüllten und von Degenerationserscheinungen, welche auf ein Altern hinweisen würden, frei blieben. Durch Teilung entstanden neue Individuen der gleichen Art, die unter günstigen Bedingungen ihr Leben allem Anschein nach unendlich lange fortsetzen. Doch, wenn auch diese Beispiele andeuten, daß in den einfachsten organisierten Formen das Leben ohne Zeichen des Verfalls sich lange ausdehnen kann, so liefern sie doch keinen endgültigen Beweis der unbegrenzten Dauer des Lebens. Die meisten Zellen, aus denen der Körper sich zusammensetzt, unter-

liegen nach einer Zeit des Wachstums und der Tätigkeit früher oder später endlich der Entartung, so daß sie nicht mehr die ihnen zugeteilten Funktionen ausüben können. Und wenn wir den Körper in seiner Gesamtheit betrachten, so finden wir, daß in jedem Falle das Leben des Ganzen einen bestimmten Kreislauf durchmacht: vom Wachstum zur Reife, von da zum Altersverfalle, endlich zum Tode. Die einzige Ausnahme bilden die Geschlechtszellen, bei denen die Vorgänge der Reifung und Befruchtung zur Verjüngung führen, so daß statt des Abstiegs gegen das Greisenalter zu das befruchtete Ei ein neues Leben erwirbt, welches auf den neugebildeten Organismus übertragen wird. Dieser bildet wiederum Geschlechtszellen, und so lebt die Art fort. Nur in diesem Sinne der Fortpflanzung von Generation zu Generation kann von einer unbegrenzten Dauer des Lebens die Rede sein. Nur durch unsere Nachkommen können wir unsterblich sein.

**Durchschnittsdauer des Lebens und Möglichkeit, es zu verlängern.** Die Wesen jeder Tierart scheinen eine bestimmte mittlere Lebensdauer zu haben<sup>1)</sup>. Man kennt Arten, deren Einzelwesen nur einige Stunden leben, während die Individuen anderer Tierarten

---

<sup>1)</sup> Diese wurde von Buffon als von der Dauer der Wachstumsperiode abhängig angesehen, doch ist das Verhältnis sicherlich kein konstantes. Das Thema wird von Ray Lankester in einem frühen Werke: „On comparative longevity in Man and Animals 1870“ erörtert.

ein Jahrhundert überdauern<sup>1)</sup>). Beim Menschen würde die durchschnittliche Lebensdauer wahrscheinlich größer und ihm mehr als die siebenzig Jahre des Psalmisten beschieden sein, könnten wir Krankheiten und Unfälle vermeiden. Infolge dieser Lebenswidrigkeiten bleibt die mittlere Dauer des menschlichen Daseins weit unter jener Grenze. Wären die Angaben über die Lebensdauer, welche wir im rein mythologischen Teil des Alten Testaments finden, glaubwürdig, so hätte der Mensch in den frühen Epochen seiner Geschichte einen erstaunlichen Widerstand gegen Alter und Krankheit besessen. Doch obwohl viele der hier Anwesenden zum wörtlichen Glauben daran erzogen worden sind, so werden selbst von den streng orthodoxen Theologen diese Angaben nicht mehr anerkannt, und die 900 und mehr Jahre, die Adam und seinen Nachkommen zugemessen wurden und die in den 969 Jahren des Methusalem ihren Höhepunkt erreichen, sind zusammen mit dem Bericht über Schöpfung und Sintflut auf den ihnen gebührenden Platz in der Literatur verwiesen worden. Wenn wir dann zu den hebräischen Erzvätern kommen, so finden wir eine beträchtliche Minderung der zu „erwartenden Lebensdauer“, wie es die Lebensversicherungsgesellschaften bezeichnen. Abraham soll nur 175 Jahre, Joseph und Josua 110 und Moses 120 Jahre gelebt

---

<sup>1)</sup> Die annähernd bestimmte Lebensdauer, welche den verschiedenen Tierarten eigen ist, spricht sehr gegen die Theorie, daß der Altersverfall eine zufällige, mit Krankheit vergleichbare Erscheinung ist.

haben; selbst in diesem Alter „waren Mose Augen nicht trübe und seine Kraft hatte nicht nachgelassen“. Wir wollen nicht behaupten, daß dieses hohe Alter unter idealen Bedingungen nicht erreicht werden könnte; in der Tat hält Metchnikoff eine solche Lebensdauer nicht für so unwahrscheinlich. Gelegentlich wird auch heute noch von hohem Menschenalter berichtet, doch ist es zweifelhaft, ob je ein so hohes Alter erreicht wird, wie bei diesen Beispielen des alten Testaments. Daß in biblischer Zeit die Lebensdauer größer war als gegenwärtig, könnte man aus der Art und Weise schließen, in der Jakob auf Pharaos Frage nach seinem Alter antwortet: „Die Zeit meiner Wallfahrt ist 130 Jahre; kurz und böse ist die Zeit meines Lebens und langet nicht an die Zeit meiner Väter in ihrer Wallfahrt.“ Von David, dem wir vor Beginn der Statistik die Anschauung verdanken, daß die Zeit von siebzig Jahren als die normale Lebensdauer<sup>1)</sup> zu betrachten sei, wird nur berichtet, daß er „in einem schönen Alter“ gestorben sei. Das Alter der Könige zeigt einen beträchtlichen Abfall gegen dasjenige der Erzväter, doch wurden nicht wenige durch gewaltsamen Tod hinweggerafft, und viele lebten ein keineswegs ideales Leben. Unter den bedeutenden Römern und Griechen wird von wenigen Langlebigen berichtet, und dasselbe gilt für historische Persönlichkeiten des Mittelalters und der Neuzeit. Es gilt ein Leben als lang, wenn es viel über achtzig Jahre

---

<sup>1)</sup> Die zu erwartende Lebensdauer eines Fünzigers wird auch jetzt noch auf zwanzig Jahre berechnet.

dauert. Die Menschheit ist in dieser Beziehung mehr begünstigt als die meisten Säugetiere, obwohl einige von ihnen die Lebenszeit des Menschen überdauern<sup>1)</sup>. Es ist merkwürdig, daß die Kürze des menschlichen Lebens ein beliebtes Thema der Prediger und Dichter bildet, wenn doch die wirkliche Dauer seiner „irrenden Pilgerfahrt“ größer ist als die der meisten seiner Mitgeschöpfe!

**Das Ende des Lebens.** Die Anwendung der modernen verhütenden Medizin und Hygiene wirken zweifellos auf Verlängerung der durchschnittlichen Lebensdauer hin. Doch selbst, wenn die Verwüstungen durch Krankheiten ganz ausgeschlossen werden könnten, so würden doch sicherlich die Zellen unseres Körpers schließlich alt werden und endlich aufhören zu funktionieren. Tritt dieses Ereignis bei Zellen ein, die lebenswichtig sind, so muß der Tod des ganzen Organismus erfolgen. Das wird immer allgemeines Gesetz bleiben, von dem es kein Entrinnen gibt. „Alles, was Leben hat, muß sterben, und geht durch die Erdenwelt zur Ewigkeit ein!“

Der Tod infolge von Krankheit ist ebenso unnatürlich wie der gewaltsame. Der natürliche Tod aber sollte zur stillen, schmerzlosen Erscheinung werden, ohne gewaltsame Veränderung. „Das Bedürfnis des Todes sollte“, wie Dastre es ausdrückt, „am Ende

---

<sup>1)</sup> „Hominis ævum cæterorum animalium omnium superat præter admodum paucorum.“ — Francis Bacon, *Historia vitæ et mortis*, 1637.

des Lebens erscheinen, wie das Bedürfnis des Schlafes am Ende des Tages.“ Die Veränderung sollte allmählich vor sich gehen durch eine regelmäßige Folge von Übergängen, und der Tod selbst die letzte Lebensäußerung sein. Wären wir alle eines ruhigen Überganges sicher, wären wir sicher, ohne brandende Klippen in die See auszulaufen, so könnten wir nach gesegnetem Alter dem Nahen des Todes ohne Furcht entgegensehen. Und sollte der Tag kommen, da der Mensch diesen Wechsel als einfachen physiologischen Vorgang betrachten wird, so natürlich wie das Nahen des Schlafes, so werden wir das Nahen der Parze, die unseren Lebensfaden durchschneiden soll, willkommen heißen, statt uns davor zu grausen. Noch dämmert kaum jener Tag furchtloser Ruhe. Hoffen wir, daß wie auf Dürers bekannter Radierung, der Sonnenschein, der von der Naturwissenschaft ausstrahlt, die Melancholie verjage, welche fledermausgleich unser Lebensende umflattert und welche selbst die Hoffnung auf eine selige Existenz im Jenseits bisher nicht vertreiben konnte.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

---

## **Synthese der Zellbausteine in Pflanze und Tier.**

**Lösung des Problems der künstlichen Darstellung der  
Nahrungstoffe.**

Von Prof. Dr. **Emil Abderhalden**,  
Direktor des Physiologischen Institutes der Universität zu Halle a. S.  
1912. Preis M. 3,60; in Leinwand gebunden M. 4,40.

---

## **Schutzfermente des tierischen Organismus.** Ein Beitrag zur Kenntnis der Abwehrmaßregeln des tierischen Organismus gegen körper-, blut- und zellfremde Stoffe.

Von Prof. Dr. **Emil Abderhalden**,  
Direktor des Physiologischen Institutes der Universität zu Halle a. S.  
Mit 8 Textfiguren.  
1912. Preis M. 3,20; in Leinwand gebunden M. 3,80.

---

## **Neuere Anschauungen über den Bau und den Stoffwechsel der Zelle.**

Von Prof. Dr. **Emil Abderhalden**,  
Direktor des Physiologischen Institutes der Universität zu Halle a. S.  
Vortrag gehalten auf der 94. Jahresversammlung der Schweizerischen  
Naturforschenden Gesellschaft in Solothurn, 2. August 1911.  
1911. Preis M. 1,—.

---

## **Physiologisches Praktikum.**

Chemische und physikalische Methoden.

Von Prof. Dr. **Emil Abderhalden**,  
Direktor des Physiologischen Institutes der Universität zu Halle a. S.  
Mit 271 Figuren im Text.  
1912. Preis M. 10,—; in Leinwand gebunden M. 10,80.

---

## **Umwelt und Innenwelt der Tiere.**

Von **J. von Uexküll**,  
Dr. med. hon. c.  
1909. Preis M. 7,—; in Leinwand gebunden M. 8,—.

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

---

## **Organische Synthese und Biologie.**

Von **Emil Fischer.**

Zweite, unveränderte Auflage.

1912. Preis M. 1,—.

---

## **Die chemische Entwicklungserregung des tierischen Eies.**

(Künstliche Parthenogenese.)

Von **Jacques Loeb,**

Professor der Physiologie an der University of California in Berkeley.

Mit 56 Textfiguren. 1909. Preis M. 9,—; in Leinwand geb. M. 10,—.

---

## **Über das Wesen der formativen Reizung.**

Von **Jacques Loeb,**

Professor der Physiologie an der University of California in Berkeley.

Vortrag gehalten auf dem XVI. Internat. Medizin. Kongreß  
in Budapest 1909.

1909. Preis M. 1,—.

---

## **Biologie des Menschen.**

Aus den wissenschaftlichen Ergebnissen der Medizin  
für weitere Kreise dargestellt.

Bearbeitet von Dr. Leo Hess, Prof. Dr. Heinrich Joseph,  
Dr. Albert Müller, Dr. Karl Rudinger, Dr. Paul Saxl,  
Dr. Max Schacherl.

Herausgegeben von Dr. **Paul Saxl** und Dr. **Karl Rudinger.**

Mit 62 Textfiguren. 1910. Preis M. 8,—; gebunden M. 9,40.

---

## **Die Naturwissenschaften.**

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft,  
der Medizin und der Technik

(gleichzeitig Fortsetzung der von W. Sklarek begründeten  
Naturwissenschaftlichen Rundschau).

Herausgegeben von Dr. **Arnold Berliner** und Dr. **Curt Thesing.**

Jährlich 52 Nummern im Umfang von je ca. 48 Spalten.

Preis vierteljährlich M. 6,—. Erscheint seit Januar 1913.

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.