

## Rückblicke auf die Biologie der letzten achtzig Jahre.

Vortrag, gehalten beim Jahresfeste am 30. Mai 1897

von

Professor Dr. H. Reichenbach.

---

Ew. Majestät! Hochansehnliche Versammlung!

Es ist ein guter alter Brauch, wenn einzelne bedeutende Männer der Wissenschaft an ihren Jubeltagen Rückschau halten über ihre Mitarbeit an den großen Problemen. Dies gilt vielleicht in noch höherem Maße von wissenschaftlichen Korporationen, wie unsere Gesellschaft, die heute das Fest ihres achtzigjährigen Bestehens feiert. Denn sie hat die Pflicht, ihren Mitbürgern gegenüber Rechenschaft abzulegen über ihre wissenschaftliche Thätigkeit. Dabei verfolgt sie noch ein weiteres Ziel: Während der achtzigjährige Jubilar die Früchte seiner Arbeit in Ruhe und in Ehren genießen darf, handelt es sich bei unserer ewig jungen naturforschenden Gesellschaft darum, aus den Leistungen der Vergangenheit Mut und Kraft zu schöpfen für ferneres rüstiges Vorwärtstreben im Dienste der Wissenschaft.

Die gesamte Naturforschung hat in unserem Jahrhundert Erfolge errungen, die alles andere früher Geleistete weit überreffen. Denken wir nur an die Ergebnisse der Physik und Chemie und an die gewaltige Ausnützung der Naturkräfte im Dienste des Menschen.

Aber auch das theoretische Interesse ist gestiegen. Wir begnügen uns nicht mehr damit, Entdeckungen zu machen und sie etwa praktisch zu verwerten, oder Sammlungen anzulegen, sondern das treibende Moment ist meist das Streben nach tieferer Erkenntnis der Natur und ihrer Gesetze. Besonders die lebende Natur, der Mensch und sein Getriebe sind es, die dem Denkenden immer wieder Probleme vorlegen. Die Geschlechter der Menschen kommen und gehen, leben eine kurze Spanne Zeit und fragen unaufhörlich, was es mit ihnen sei? Woher? Wohin? Warum? Je nach Erziehung und Verstandesentwicklung suchen die meisten eine mehr oder minder befriedigende Antwort hierauf, um in Ruhe ihr Dasein zu vollenden.

Die Philosophen aller Zeiten waren bemüht, die Probleme des Lebens auf spekulativem Wege zu lösen. Wenig allgemein Verbindliches leistete die eigentliche Wissenschaft vom Lebenden, die Biologie im weitesten Sinne des Wortes, bis etwa zum Anfang unseres Jahrhunderts. Von diesem Zeitpunkte an beginnt eine Blütezeit für die Biologie, in der wir uns gegenwärtig noch befinden. Unser Wissen vom Leben hat einen tieferen Gehalt bekommen und unter den zahllosen Einzelthatsachen, die der rastlose Fleiß dem menschlichen Wissen hinzugefügt hat, sind einige große und einfache Wahrheiten aufgedeckt worden, die die ganze Lebewelt betreffen, sie gleichsam als eine Einheit erscheinen lassen, und von so einschneidender Bedeutung für die Erklärung des Lebens auf der Erde geworden sind, daß nicht nur der Philosoph mit ihnen sich auseinandersetzen muß, wenn seine Arbeit auf Gemeinverbindlichkeit Anspruch erheben soll —, sondern auch jeder Gebildete mächtig von diesen Wahrheiten ergriffen wird und das Bedürfnis empfindet, sie tiefer zu erfassen.

Drei von diesen, die ganze lebende Natur umfassenden Wahrheiten, an deren Feststellung und weiterer Erörterung auch unsere Gesellschaft lebhaft interessiert war und ist, sollen hier beleuchtet werden; dies kann allerdings nur in den Hauptgrundzügen geschehen, da die Kraft eines Einzelnen nicht ausreicht, alle Beziehungen zu beherrschen.

Die drei Entdeckungen betreffen den Aufbau der Organismen aus Zellen, die Descendenz in der Lebewelt und das Gesetz von der Erhaltung der Energie.

## I.

Alles Lebendige besteht aus kleinen lebenden Elementarteilen, Zellen genannt. Von den kleinsten Lebewesen an der Grenze der Sichtbarkeit bis zu den Riesen der Pflanzen- und Tierwelt und bis zum Menschen knüpft alles Leben an kleine, mehr oder minder selbständige Wesen an, die entweder ein Einzeldasein führen oder zu einem Zellenstaat verbunden sind und die höheren Organismen zusammensetzen. Bau und Leben dieser Elementarorganismen zeigen eine große Zahl bis ins kleinste übereinstimmender Momente, so daß, wenn wir eine Pflanze oder ein Tier in Bezug auf die Elementarorganismen studieren, uns nicht nur die Einzelthatsache, die wir herausbringen, interessiert — nein! — unser Interesse ist auf das höchste gespannt, denn wir wissen, das Gefundene gilt — entsprechend modifiziert — für alles Lebendige, also auch für den Menschen, der uns ja doch das Haupträtsel ist.

Die ganze lebende Natur stellt also in Bezug auf ihre Bausteine eine Einheit dar. Alle Lebensvorgänge, Bewegung und Empfindung, Ernährung und Ausscheidung, Vermehrung, Krankheit und Tod laufen an diesen Zellen ab; sie sind die Lebensherde.

Da alle die höheren Organismen konstituierenden Elemente von einer Zelle, der sogenannten Eizelle, durch wiederholte Teilungsprozesse ihren Ursprung nehmen, und da diese Eizelle bei der Reife vom mütterlichen Organismus sich löst, so ergeben sich hieraus zwei neue Fundamentalgesetze:

Alle Lebewesen sind in der ersten Zeit ihres individuellen Daseins, wenigstens der Form nach, absolut gleich. Sie haben den Formwert einer Zelle, wie ihn die Einzelligen zeitlebens behalten; und:

Jedes Lebewesen steht durch die Eizelle mit seinen Vorfahren direkt im Zusammenhange.

Langsam haben sich diese großartigen Anschauungen entwickelt: Nachdem schon im vorigen Jahrhundert die mikroskopischen Bläschen gesehen worden waren, nachdem C. E. v. Baer 1827 die Eizelle der Säugetiere entdeckt hatte, stellten 1838 und 1839 Schleiden und Schwann die Zellentheorie auf. Besonders der von unserer Gesellschaft preisgekrönte Schwann

erfaßte das Problem in seiner ganzen Tiefe; er nannte die Zellen „Elementarorganismen“. Der Zellbegriff hat im Laufe der Zeit gar mancherlei Wandlungen erfahren; aber immer stellen diese eine Vermehrung unseres Wissens dar, und heute können wir wohl als sicher hinstellen: Eine Zelle ist ein Tröpfchen lebende, eiweißhaltige Substanz von zarter, schaumiger oder wabenartiger Struktur — Protoplasma genannt — mit einem festeren Inhaltskörper, dem Kern, und einem winzigen Körnchen — dem Centrankörperchen.

Am überraschendsten sind aber die in der jüngsten Zeit festgestellten, mit der größten Gesetzmäßigkeit verlaufenden Teilungsprozesse der Zellen, und gerade diese minutiöse Übereinstimmung in den feineren Vorgängen ist es, die uns erst die vollkommene Gewißheit von dem einheitlichen Charakter der Lebensprozesse bei Pflanzen und Tieren verschafft hat.

Einige Momente aus diesem Teilungsvorgang sollen erwähnt werden:

Das Centrankörperchen, umgeben von einer Strahlensonne, teilt sich in zwei Hälften, deren jede mit einer Sonne nach den Teilpolen rückt. Mittlerweile haben sich aus dem Kern eigentümliche, je nach der Species, nach Zahl und Form verschiedene Körperchen, Chromosome genannt, gebildet. Die Chromosomen teilen sich der Länge nach in gleiche Teile, und nun rückt von jedem einzelnen Chromosom die eine Hälfte nach dem einen Centrankörperchen, während die andere Hälfte nach der entgegengesetzten Seite geht, um dort den neuen Kern zu bilden.

Geheimnisvoller Vorgang, wenn wir nach den tieferen treibenden Ursachen fragen! Aber ein Ergebnis ist besonders wichtig:

Jeder Tochterkern enthält die gleiche Zahl von Chromosomelementen und von jedem Mutterchromosom genau die Hälfte.

Diese Thatsache gewinnt an Wert und Bedeutung durch die Entwicklung unserer Kenntnisse über die ersten Vorgänge in der Eizelle. An der Schwelle unseres Jahrhunderts lag die Wissenschaft in den autoritativen Fesseln Hallers. Durch Meckels Übersetzung war eben das 50 Jahre lang vergessene Werk von C. F. Wolff „Theoria generationis“ bekannt geworden. Dazu

kamen die Forschungen der großen Embryologen Pander, v. Baer, Remack, Rathke und anderer, und so erhielt die Präformationstheorie, nach welcher der Keim fertig, nur sehr klein, im Ei eingebettet liege und auch noch alle weiteren Nachkommen eingeschachtelt in sich enthalte, den Abschied. Man erkannte, daß die Tiere im Ei durch eine lange Reihe ganz allmählich fortschreitender Veränderungen ihren Ursprung nehmen. Geheimnisvoll und unbegreiflich erschien aber hauptsächlich die Befruchtung, die als treibende Ursache angesehen werden mußte. Zwar wurde durch eine Reihe berühmter Forscher der Nachweis geliefert, daß bei Krebsen und Insekten und einigen anderen Tieren auch unbefruchtete Eier sich entwickeln können. Dies waren aber doch nur Ausnahmen. Man half sich, so gut es eben gehen mochte, mit Theorien der verschiedensten Art.

Da — vor 21 Jahren — gelang es Oskar Hertwig, den Vorgang an den Eiern der Seeigel im wesentlichen aufzudecken. Er sah, wie bei der Befruchtung der Eizelle eine Samenzelle in das Ei dringt, und beobachtete, wie die Kerne beider Zellen zu dem neuen Kern der nun entwicklungsfähigen Eizelle sich vereinigen.

An einer großen Zahl von Tieren wurden alsbald die gleichen Vorgänge studiert. Die Entwicklung der Technik und unsere Kenntnis von der Zellteilung ergaben bald neue wichtige Dinge und heute — 200 Jahre nach der Entdeckung der Samenelemente und 70 Jahre nach der Auffindung des Säugetiereies — wissen wir, daß die beiden zur Vereinigung bestimmten Zellen vorher eine Teilung erfahren, bei der die Zahl der Chromosomen auf die Hälfte reduziert wird; bei der Vereinigung rücken nun die Chromosomen beider Befruchtungszellen zusammen, vervollständigen also die Normalzahl und bilden so wieder eine Zelle mit vollständigem Kernmaterial.

Nummehr beginnt die Eizelle sich zu teilen. Da bei diesen fortgesetzten Teilungsvorgängen die väterliche und mütterliche Chromosomsubstanz gleichmäßig auf die Tochterzellen verteilt wird, so folgt hieraus:

Jede Zelle eines Organismus enthält gleichviel Chromosombestandteile väterlicher und mütterlicher Herkunft, und die so rätselhaften Vererbungserscheinungen sind wenigstens auf Vermischung von zweierlei Chromosomen zurückgeführt.

Wenn wir nun bedenken, daß in den Blüten der höheren Pflanzen und bei den Kryptogamen bei der Befruchtung die gleichen fundamentalen Prozesse nachgewiesen sind, ja daß bei der sogenannten Konjugation der Einzelligen ganz analoge Vorgänge beobachtet wurden, wie bei der Befruchtung, so müssen wir staunen über die umfassende und bis ins kleinste gehende Allgemeingültigkeit aller das Leben der Zellen betreffenden Gesetze.

Die Zelle ist in der That ein Einheitsprinzip der Lebewelt.

An allen diesen glücklichen Ergebnissen hat nun unsere Gesellschaft regen Anteil genommen. Einige der wichtigsten Arbeiten über Zellen und Befruchtung sind in ihren Abhandlungen veröffentlicht, und mit den von ihr zu vergebenden Preisen wurden unter andern die diesbezüglichen Werke von Schwann, Sachs, Bütschli und Flemming gekrönt.

## II.

Wie alles Leben an die Zelle gebunden ist, der Lebensstoff gleichsam eine Einheit darstellt, so ist auch, — nach dem zweiten Grundgedanken der neueren Biologie, — die ganze lebendige Welt eine einzige große Einheit, — gleichsam eine Familie.

Dieser Gedanke, den wir bereits in den altindischen Religionen, im Buddhismus und Brahmanismus deutlich ausgesprochen finden, der den Philosophen des Altertums vorschwebte, der Goethe zu den tiefsten Gedanken anregte, — ist durch den großen Engländer Charles Darwin zum bleibenden Eigentum der Wissenschaft geworden. Seine gewaltige Lehre von dem genetischen Zusammenhang aller Lebewesen, von der Entwicklung der organischen Welt von den einfachsten Urwesen bis zu den höchststehenden Organismen durch allmählich stattfindende Veränderungen, die auf die Nachkommen vererbt und durch Ansmerzung des nicht Lebensfähigen vervollkommen werden, hat der modernen Biologie eine Bedeutung gegeben, die man früher nicht ahnen konnte. Heute, beinahe 40 Jahre nach dem ersten Auftreten Darwins, haben sich die Beweise für die Richtigkeit der Abstammungslehre so gehäuft, daß es gar keinen Biologen mehr giebt, der ihr widerspricht. Die

gesamte Biologie nicht nur, sondern auch Kulturgeschichte, Soziologie und Philosophie sind durch die Descendenztheorie beeinflußt worden, und überall sind Umwälzungen in wichtigen Grundanschauungen zu beobachten, gerade wie zur Zeit, als die Kopernikanische Lehre vom Universum die Geister überwältigte.

Am Ende des vorigen Jahrhunderts stand die Biologie wesentlich unter dem Einfluß des Schweden Carl Linné. Er hatte mit titanenhafter Kraft Ordnung in das Chaos der Lebewesen gebracht durch Anwendung des Artbegriffs auf die ganze Lebewelt. Man war der Meinung, daß alle Tiere und Pflanzen von jeher so gewesen seien, wie sie heute vor uns stehen. Zwar zeigten die in der Erde Schoß liegenden fremdartigen Wesen, daß die Erdbevölkerung früher eine ganz andere war. Aber diese Schwierigkeit wurde umgangen, indem man mit Cuvier gewaltige Weltkatastrophen annahm, die alles Lebende von Zeit zu Zeit vernichteten. Andere Geschöpfe entstanden neu, plötzlich und unvermittelt und lebten, bis auch sie einem jähen Untergang verfielen.

Unsere Eltern und Großeltern freuten sich an der Pracht und dem Reichtum der lebenden Natur. Wunderbar erschien ihnen die überall erkennbare Zweckmäßigkeit in der Lebewelt. Man lernte, der Löwe ist sandfarben, der Tiger gestreift, der Leopard gefleckt. Nach der Ursache zu fragen, das fiel wohl niemandem ein. Man sagte vielleicht noch, diese Tiere haben die betreffende Farbe, damit sie im Sande der Wüste, im Dschungelndickicht, in dem mit Sonnenbildchen besäten Urwald nicht gesehen werden. Doch dies wäre der Zweck und nicht die Ursache. Kurz: Das Buch der Natur war reich illustriert, aber in einer unbekanntn Sprache geschrieben.

Diese Sprache ist durch Darwin erschlossen worden.

Wie alle großen Ideen, so hat auch die Abstammungslehre ihre Vorläufer. Sehen wir ab von rein philosophischen Anklängen im Altertum, so kann man den Ursprung der neuen Idee am Ende des vorigen Jahrhunderts deutlich wahrnehmen. Buffon († 1780) erblickte in dem künstlichen System einen dem Geiste auferlegten Zwang und der umfassende Geist Goethe's ahnte die neue Wahrheit, die er an vielen Stellen seiner Schriften wie ein Prophet mit den schönsten Worten verkündigte. Er erkannte eine „unaufhaltsam fortschreitende Umbildung“,

er suchte nach der der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen zu Grunde liegenden Einheit; er wurde der Entdecker der Metamorphose der Pflanzen und meinte die „Urpflanze“ finden zu können. Aber er stand unter der Herrschaft der Meinung von der Konstanz der Species. Die thatsächliche Umwandlungsfähigkeit der Art blieb seinem Geiste verborgen.

Da — an der Schwelle des neuen Jahrhunderts (1802 und 1809) — trat der bedeutendste Vorläufer der Abstammungslehre Jean Lamarck mit seiner Philosophie zoologique hervor, sprach die Grundwahrheit der Descendenz klar und bündig aus und bekämpfte den starren Artbegriff, vor allem die Unabänderlichkeit der Art.

Ohne es zu wollen, hatte der große Gegner der Abstammungslehre, Cuvier, der das bedeutende Werk Lamarcks in seinen wissenschaftlichen Berichten noch nicht einmal erwähnte, gerade dieser Lehre einen festen Boden gegeben. Mit weitschauendem Blick und umfassendem empirischen Wissen stellte er über die anatomischen Funde vergleichende Betrachtungen an und gelangte zu einigen allgemeinen Sätzen, die der neuen Lehre mächtigen Vorschub leisten mußten. Er erkannte vor allem die strenge Abhängigkeit der einzelnen Organsysteme voneinander (Correlation); er erörterte die notwendigen Existenzbedingungen für das Tier; er stellte nicht nur fest, daß die Tiere nach großen, gemeinsamen Bauplänen organisiert sind, sondern entdeckte auch die Gleichartigkeit im Bauplan einzelner Organe eines und desselben Tieres, wenn diese auch je nach der Funktion durch ungleiche Entwicklung und mehr oder weniger vollständige Unterdrückung einzelner Teile die mannigfaltigsten Verschiedenheiten im Einzelnen aufweisen. Er gelangte so zum Begriff der Gleichwertigkeit (Homologie). Während aber Cuvier über die Aufstellung der Tiertypen nicht hinausgelangte und die schwierigsten Hypothesen wagen mußte, entriß Lamarck mit kühnem Griff dem Chaos der Erscheinungen den Schlüssel zu dem verborgenen, bisher nicht angetasteten Rätsel.

Erörtern wir an einem Beispiel den Lamarckschen Grundgedanken:

Der Einsiedlerkrebs, der in einem leeren Schneckenhaus wohnt und zu den zehnfüßigen Krebsen gehört, zeigt in Form

und Teilen die merkwürdigsten Abweichungen von seinen Verwandten. Sein Körper ist, den Spiralwindungen des Schneckenhauses folgend, unsymmetrisch und gedreht. Der im Gehäuse steckende Abschnitt des Körpers, der bei seinen Verwandten vom härtesten Panzer bedeckt ist, ist pergamentartig, weich; das eine Auge ist länger gestielt, die eine Scheere und einige Füße der gleichen Seite sind kräftiger entwickelt, die Lauffüße zum Teil, die Abdominalfüße fast ganz geschwunden, und die Schwanzflosse ist zum Haken umgestaltet, der zum Festhalten an der Schneckenhausspindel dient.

Cuvier sagt: So ist das Tier von Anfang an gewesen. Es ist nach bestimmtem Plan zweckmäßig für seine Existenzbedingungen gebaut.

Lamarck dagegen faßt dies interessante Geschöpf als das Resultat allmählicher Veränderungen auf, die viele Jahrtausende gewirkt und die Organisation zum Teil umgestaltet haben. In einer längst vergangenen Zeit fingen die Vorfahren der Einsiedler an, sich vor ihren Feinden in leeren Schneckengehäusen zu bergen. Dies war der erste Schritt zur Umwandlung. Durch den Gebrauch werden einzelne Organe gekräftigt und vervollkommenet, während andere durch Nichtgebrauch langsam verkümmern. Also die Ursachen der Veränderungen sind die äußeren Existenzbedingungen. Wir verstehen nun, warum sich beim Einsiedler die Ruder zu Haken umgestaltet haben, warum die Abdominalfüße verkümmerten, warum die eine Seite stärker entwickelte Extremitäten trägt u. s. w. Das Gemeinsame im Bauplan ist kein Mysterium mehr; die Veränderungen sind durch äußere Ursachen herbeigeführt worden — und hier liegt der Schwerpunkt des Lamarck'schen Gedankens.

Aber die Wissenschaft war für ihn nicht reif. Man hatte damals andere Rätsel zu lösen. Zeit und Kraft wurden vergeudet zu resultatlosen naturphilosophischen Spekulationen, und es gelang dem Einflusse Cuviers leicht, den Descendenzgedanken zu unterdrücken; und während man gegen die Mitte unseres Jahrhunderts das Gespenst der Naturphilosophie verscheuchte und tapfer gegen die mystische Lebenskraft kämpfte, glimmte das Feuer der Wahrheit unter der Asche weiter, und wunderbar ist es, wie hier und da die Funken in den Werken von Meckel, Baer, Rathke, Leuckart und vielen anderen zum Vorschein kamen.

Die wissenschaftlichen Bestrebungen auf dem Gebiet der Zoologie brachten unterdessen reiche Ergebnisse zu Tage. Die Zahl der bekannten Tiere wurde immer größer, die Museen füllten sich, die Physiologie feierte im Einzelnen große Triumphe. Man denke nur an Joh. Müller, Helmholtz, Ehrenberg, Bischoff, Virchow, Ludwig, Flourens, Leuckart und so viele andere.

Auch für allgemeine Ideen ergab sich mancherlei: Die Keimblätterlehre, die Erscheinungen des Parasitismus und des Polymorphismus, der Generationswechsel, die Parthenogenese und vieles andere gehören hierher.

Diese Zeit spiegelt sich sehr deutlich auch in der Thätigkeit unserer Gesellschaft wider. Preisgekrönt wurden z. B. Ehrenberg, Bischoff, Kölliker, Joh. Müller, Helmholtz, Ludwig, de Bary, Siebold, Voit.

Aber an eine tiefere Erklärung der Lebewelt getraute man sich nicht. Man hatte zu schlimme Erfahrungen mit der spekulativen Naturphilosophie gemacht, und nur die rein empirische Forschung konnte auf wissenschaftliche Beachtung rechnen.

Da trat im Jahre 1859 der bis dahin noch wenig bekannte Engländer Charles Darwin mit seinem epochemachenden Werke — „Die Entstehung der Arten“ — auf. Dieses Buch, die Frucht jahrzehntelangen Nachdenkens und Forschens, schlicht, aber packend geschrieben, bezeichnet den Anfangspunkt einer neuen Zeit in der Biologie. Zwar hatte schon etwas vorher die Lehre von den Weltkatastrophen und Schöpfungscentren Cuviers einen harten Stoß erlitten durch die Arbeiten des englischen Geologen Lyell, der die Veränderungen auf unserer Erdoberfläche auf die ununterbrochen und allmählich wirkenden Kräfte des Wassers, des Eises, der Atmosphärien u. a. zurückführte. Die meisten einflußreichen Geologen schlossen sich ihm an, und der Schluß auf die allmählich erfolgte Umwandlung der Organismenwelt blieb nicht aus.

Darwin brachte aber einen ganz neuen fundamentalen Faktor von kolossaler Tragweite in die Betrachtung der lebenden Natur, der das wichtigste Glied in der Kette der Gedanken bildete, nämlich die Antwort auf die Frage: Wie ist die erstaunliche und bis ins kleinste gehende Zweckmäßigkeit in der Organismenwelt zu stande gekommen?

Die Grundlage zur Lösung dieser Frage lieferten für Darwin die Erfahrungen der englischen Tierzüchter, die mit großer Intelligenz die Rassen der Haustiere zu ihren praktischen Zwecken zu verändern wußten. Sie wählten die mit bestimmten und gewollten Eigenschaften versehenen Tiere zur Nachzucht aus und erreichten großartige Erfolge. Darwin entdeckte nun in der dieser „künstlichen Auswahl“ nicht unterworfenen lebenden Natur den Faktor, der die Stelle der Intelligenz des Züchters vertritt, und dieser Faktor ist die Not.

Jede Tier- und Pflanzenart hat die Tendenz, sich ins Unbegrenzte zu vermehren, so daß die Existenzmittel auf unserm Planeten auch nur für die Nachkommen einer einzigen Art, wenn sie alle zur Entwicklung kämen und eine bestimmte Zeit am Leben blieben, nicht ausreichen würden. Die Folge ist ein allgemeiner Kampf aller gegen alle in dem Wettbewerb um die Existenzmittel. Dieser „Kampf ums Dasein“ ist der Natur der Umstände nach ein äußerst erbitterter, und nur das Vollkommene, das Passende überlebt, während das Schwache, mit Fehlern Behaftete dem Untergang geweiht ist. In diesem Prinzip liegt die Lösung der Frage nach der Ursache der Zweckmäßigkeit und nach der Ursache der fortschreitenden Entwicklung vom Einfacheren zum Vollkommeneren. Dem Fortschrittsprinzip der Anpassung an die Existenzbedingungen steht das konservative Prinzip der Vererbung zur Seite, während der gewaltige, mit äußerster Präzision arbeitende Regulator, der Kampf ums Dasein, unter seinen Rädern alles zermalmt, was unzweckmäßig ist. An die Stelle der früher mystisch gedachten Kräfte treten also hier notwendig wirkende Ursachen, ein Causalverhältnis zwischen Organisation und äußeren Existenzbedingungen ist erkennbar. Die Biologie ist auf eine höhere Stufe erhoben worden.

Die Wirkung der Darwinschen Eingriffe war eine außerordentliche; es vergingen Jahre bis sich die Biologen von ihrem Erstaunen erholt hatten. Anfangs wurde die neue Lehre verlacht und bekämpft, bald aber zeigte sich die Fruchtbarkeit der neuen Idee. Man schritt zu der schon von Darwin angebahnten Beweisführung. Ein Experimentalbeweis für die Umwandlung der Art ist bis jetzt unmöglich aus zwei Gründen:

1. die erforderlichen Zeiträume sind zu groß und 2. die Wechselwirkungen in der Natur sind zu mannigfaltig, als daß der Mensch sie durch das Experiment beherrschen könnte.

Aber die Biologie trat alsbald einen Indizienbeweis für die neue Wahrheit an, der in seiner Ergiebigkeit beispiellos in der Geschichte der Wissenschaften dasteht und auf alle Zweige der Lehre vom Leben befruchtend eingewirkt hat.

War die vergleichende Anatomie der vordarwinianischen Zeit darauf gerichtet, die verschiedenen sogenannten Typen des Tierreichs aufzustellen, so ist heute ihre Aufgabe, den Stammbaum der Organismenwelt zu erforschen und die Verwandtschaftsbeziehungen festzustellen, und nur der wird die geradezu zwingende Wahrheit des Descendenzgedankens begreifen, der das Heer der Einzelthatsachen in der vergleichenden Anatomie im Lichte der neuen Theorie einigermaßen zu überschauen vermag.

Wie einfach lassen sich die früher als mystische „Naturspiele“ sich darstellenden Erscheinungen des Polymorphismus, der rückschreitenden Metamorphose infolge parasitischer Lebensweise, die so überraschenden Nachahmungen lebender und lebloser Körper, um sich zu verbergen oder dem Verfolger Ekel, Schrecken und Furcht einzujagen, dem Hauptgedanken unterordnen! Wieviel Einzellheiten müssen uns dabei verborgen bleiben! Man denke nur an die geradezu wunderbaren Beziehungen zwischen Blüten und Insekten, wo die beiderseitigen Anpassungen bis ins Kleinste gehen und das Eine die Ursache des Andern ist in ewiger Wechselwirkung.

Besonders ergiebig erwies sich die erklärende und zusammenfassende Kraft der neuen Lehre auf dem Gebiet der Entwicklungsgeschichte.

Schon 1821 hatte Meckel die Aufmerksamkeit der Forscher auf die überraschende Ähnlichkeit der Embryonen ganz verschiedener Tiere in mehr oder weniger frühen Stadien gelenkt. Diese nach alter Naturanschauung absolut unerklärbare Tatsache bezeichnet Meckel ahnungsvoll als „eine Gleichung zwischen der Entwicklung des Embryo und derjenigen der ganzen Tierreihe“.

Wenige Jahre nach Darwins Auftreten (1864) erschien mitten im Kampf der Meinungen ein höchst interessantes kleines Büchlein mit dem Titel „Für Darwin“ von Fritz Müller,

welches obigen Gedanken, der auch von Baer, Goethe und anderen angedeutet wurde, mit einem Schlage als zutreffend, ja als ein Naturgesetz kennzeichnete. Es wird da der Nachweis geführt, daß die Embryonen und Larven der höheren Krebsse vom Ei an bis zum fertigen Tier eigentlich alle Formenwandlungen, die der ganze Stamm im Laufe der Jahrtausende durchgemacht hat, — wie in einem Spiegel reflektiert — wiederholen. Die niederen Krebsformen bleiben auf Stufen stehen, die die höheren nur vorübergehend durchlaufen. Fritz Müller stellte das durch Haeckel später zur Geltung gebrachte „biogenetische Grundgesetz“ auf:

„Die Entwicklungsgeschichte des Individuums ist eine kurze Wiederholung der Entwicklungsgeschichte der Art.“

Hier ist uns also ein Mittel an die Hand gegeben, auf den Gang der Stammesentwicklung zu schließen. Freilich ist diese Urkunde der Stammesentwicklung verstümmelt und oft schwer zu entziffern. Aber es ist uns verständlicher, warum bei der Entstehung eines Tieres aus dem Ei so merkwürdige Umwege eingeschlagen werden. Welcher Bildhauer würde wohl aus einem Thon, den er zu einer Statue formen will, erst drei Platten walzen, aus denen er hernach seine Formen darstellt? Und doch ist dies so bei allen mehrzelligen Tieren, indem im Ei zuerst sich drei Zellschichten — die Keimblätter — anlegen. Wir Älteren erinnern uns noch des Erstamms, als in einer epochemachenden Schrift von dem großen Kowalevsky (1871) der Nachweis geführt wurde, daß auch bei den niederen Tieren die von Caspar Friedr. Wolff schon im vorigen Jahrhundert gefundenen drei Keimblätter auftreten, die im Lichte des biogenetischen Grundgesetzes nunmehr als uraltes, von den Vorfahren überkommenes Erbstück erscheinen.

Cuvier mußte die Versteinerungen lebender Wesen, die wir aus der Erde Schoß hervorholen, als die Reste ungeheurer Weltkatastrophen betrachten; im Lichte der neuen Lehre erscheinen sie uns als die notwendigen Voraussetzungen für die Kontinuität des Lebendigen. Freilich können wir nicht erwarten, alle Lücken im Stammbaum durch paläontologische Funde ausfüllen zu können, denn die Bedingungen für Versteinerungs-

prozesse treten relativ sehr selten ein. Um so größer ist dann aber auch die Freude über einen Fund wie der des „Greif von Solnhofen“, *Archaeopteryx*, der den Übergang zwischen Kriechtier und Vogel darstellt.

Die neue Lehre übte ihren Einfluß auf allen Gebieten; sie mußte auch für die Frage nach der Stellung des Menschen in der Natur von einschneidender Bedeutung werden, und bedenklich waren hier besonders die Folgerungen, die die Laien auf dem schwierigen Gebiet der Biologie zu ziehen suchten; denn sie bedachten nicht, daß bei dem Kulturmenschen das psychische Moment eine große Rolle spielt, und daß hier ganz andere Faktoren vorliegen, wie in der wilden Pflanzen- und Tierwelt. Es scheinen aber auch hier die Meinungen sich abzuklären. Der gesunde Gedanke, daß die ganze Lebewelt eine Einheit darstellt, gewährt für Verstand und Gemüt in gleicher Weise Befriedigung. Bekämpft wird die Abstammungslehre von bedeutenden Biologen nicht mehr. Freilich sind durch die neue Lehre auch neue Fragestellungen notwendig geworden — dies ist ja das Schicksal menschlicher Erkenntnis überhaupt —, und über viele der neu aufgetauchten Probleme sind immer noch große Meinungsverschiedenheiten zu beseitigen. Aber heute an diesem Festtage wollen wir wahrlich keine Streitfragen erörtern. Wir wollen vielmehr der Freude über das Errungene Ausdruck geben.

Mögen die Lösungen der Einzelfragen ausfallen, wie sie wollen, — der Grundgedanke der Lehre von dem genetischen Zusammenhang der Lebewelt wird ein unverlierbares Eigentum der Wissenschaft bleiben.

### III.

Die höchste Aufgabe, die der Biologie gestellt werden kann, ist die physikalisch-chemische Erklärung der Lebenserscheinungen. Nun finden wir ja schon bei oberflächlicher Betrachtung im Organismus eine ganze Reihe von Vorgängen bekannten physikalischen und chemischen Gesetzen unterworfen. Die physikalischen Gesetze des Hebels, des Luftdrucks, der Hydromechanik und Diffusion finden ebenso wie zahlreiche chemische Grundgesetze bei dem Lebensprozeß Anwendung. Ja im Auge und im Ohr treffen wir physikalische Apparate von höchster Vollendung.

Aber die tiefere Frage lautet: Sind denn die Lebensvorgänge selbst physikalisch-chemisch zu begreifen? Treffen wir hier nicht auf etwas Besonderes, von allem Leblosen im Wesen Verschiedenes?

Nun hat sich die exakte Naturwissenschaft in unserm Jahrhundert zu einer großen Einheitsidee durchgerungen, die alle Naturerscheinungen umfaßt, und dieser die ganze moderne Physik und Chemie beherrschende Grundgedanke ist merkwürdigerweise zuerst von einem Biologen, dem Arzte Robert Mayer (1842) erfaßt und in seiner ganzen Bedeutung erkannt worden. Und ein Biologe war es, der allerdings auch zu den größten Physikern zählt, Helmholtz, der den Mayer'schen Satz auffaßte und mit genialer Meisterschaft zur Geltung brachte.

Rob. Mayer kam durch Erwägungen verschiedener physiologischer Vorgänge auf den Gedanken, daß die Wärme sich in andere Kräfte umsetzen könne und erkannte bald, daß dies auch von den übrigen Naturkräften gilt, und heute sind wir der Überzeugung, daß chemische und mechanische Vorgänge, Schall, Wärme, Licht und Elektrizität nichts anderes sind als bestimmte Bewegungsvorgänge materieller Teilchen.

Jedes bewegte Teilchen hat die Fähigkeit, ein anderes ruhendes in Bewegung zu versetzen, es kann Arbeit leisten — und wir sagen von ihm, es hat lebendige Kraft oder kinetische Energie.

Oder auch: Die Teilchen eines Körpers können unter gewissen Umständen, unter bestimmten Bedingungen eine Bewegung hervorbringen, wie ein auf eine gewisse Höhe gehobener Stein, wenn er losgelassen wird, oder wie die Sprengkraft des Pulvers, wenn es auf eine bestimmte Temperatur gebracht wird —, und wir nennen dies dann Spannkraft, oder potentielle Energie.

Wenn alle Naturvorgänge Bewegungsprozesse sind, so sind natürlich auch deren Ursachen Bewegungsvorgänge; es kann demgemäß auch keine Energie von selbst entstehen, es kann auch keine verschwinden, sie kann nur in eine andere umgewandelt werden. So wird die chemische Energie im Ofen der Dampfmaschine in Wärmeenergie umgewandelt; diese erzeugt die potentielle Energie des Dampfes, der die mechanische Bewegung verursacht; und diese kann wieder in elektrische

Energie umgewandelt werden: Überall gilt das schon von Mayer erkannte große Gesetz, daß bei der Umwandlung niemals Energie verloren oder gewonnen wird, daß die Energiemenge der Ursache gleich derjenigen der hervorgebrachten Wirkung ist, und diese Wahrheit ist das die ganze leblose Natur beherrschende Prinzip der Erhaltung der Energie. Die Physik kann überall zahlenmäßig und mathematisch genau mit Hilfe des der Wärmelehre entnommenen Einheitsmaßstabes der Kalorie den Nachweis für die Richtigkeit dieses Prinzips antreten, und so hat man die großartige Idee von der Konstanz der Summe aller Energie in der ganzen Welt erfaßt.

Es erhob sich natürlich die Frage: Gilt dies oberste Gesetz von der Erhaltung der Energie auch in der lebenden Welt?

Es war schon vorher hinsichtlich der lebenden Substanz erwiesen worden, daß ein prinzipieller Unterschied von der leblosen Substanz nicht besteht. Der große Chemiker Wöhler hatte bereits 1828 durch die Synthese des Harnstoffs die vermeintliche Kluft zwischen lebender und lebloser Substanz endgiltig beseitigt und der mystisch wirkenden Lebenskraft eine Stütze entzogen. Es galt aber jetzt die ganze Fülle der Lebenserscheinungen diesem großen Prinzip unterzuordnen und den Nachweis für dessen Giltigkeit auch in der Lebewelt zu führen.

Mayer war es wiederum, der zuerst diesen Weg betreten hat, und heute können wir, allerdings nur in großen Zügen, das Prinzip der Erhaltung der Energie auch in der Lebewelt erkennen:

So sehen wir in der Sonne die Quelle alles Lebens auf unserm Planeten. Unter dem Einfluß der Energie ihrer Lichtstrahlen bilden sich in der Pflanzenzelle unter Mitwirkung des Chlorophylls (Blattgrüns) aus den mit geringen chemischen Energien begabten Molekülen der Kohlensäure und des Wassers hoch komplizierte, mit großer Spannkraft versehene Moleküle des Zuckers und der Stärke, die als Grundlage der Eiweißsynthese aufgefaßt werden können. Die Eiweißmoleküle haben einen hohen potentiellen Energiewert; bei ihrer leichten Zersetzbarkeit vermögen sie eine große Menge Arbeit zu leisten. Da nun diese Eiweißstoffe hohe potentielle Energie haben, so begreift

man, wie durch Aufnahme solcher Eiweißstoffe das Tier imstande ist, die großen zu seinem Leben notwendigen Energiemengen zu erzeugen. Und bei diesem tierischen Lebensprozeß entstehen wieder die Ausgangsprodukte: Kohlensäure und Wasser, die in der Pflanzenzelle durch die Energie des Sonnenlichtes in Moleküle von hoher Spannkraft umgesetzt werden. Wir erkennen hier den engen Zusammenhang zwischen Tier- und Pflanzenwelt und den zwischen ihnen stattfindenden Energiekreislauf.

Die neuere Zeit hat unter dem Namen der Symbiose eine Reihe von merkwürdigen Erscheinungen zusammengefaßt, bei denen mikroskopisch kleine pflanzliche Wesen im tierischen Gewebe sich finden. Sie beziehen ihren Lebensunterhalt aus den auszuschleissenden Produkten des tierischen Stoffwechsels in der Form von Kohlensäure, wofür sie den Wirt durch Produktion von Stärke und Sauerstoff schadlos zu halten suchen.

Von besonderem Interesse waren von jeher die Bewegungsvorgänge, insbesondere die durch die Muskeln bewirkten. Erstaunlich ist die Leistungsfähigkeit dieser Kraftquellen. Wir wissen z. B. aus der Höhe des Flugtones mancher Insekten, daß die Zahl der Kontraktionen in der Sekunde 400 betragen kann. Der kleine Wadenmuskel des Frosches vermag einem Gewicht von mehr als einem Kilogramm das Gleichgewicht zu halten und der Herzmuskel eines Mannes verrichtet in einem Tage eine Arbeit von 20000 Meterkilogramm.

Wo liegt nach dem Prinzip der Erhaltung der Energie die Quelle der Kraft?

Chemische Energiepotentiale kommen in Betracht. Wir beobachten direkt bei lebhafterer Bewegung eine Beschleunigung des Stoffwechsels, eine erhöhte Ausscheidung von Kohlensäure u. a., ein größeres Atembedürfnis und eine Erhöhung der Körpertemperatur tritt ein, und durch die neueren Arbeiten Pflügers ist die alte Anschauung Liebig's zu ihrem Rechte gelangt, nach welcher es Zersetzungen des Eiweißmoleküls sind, die die Urquelle der Kraft darstellen. Die Kohlehydrate und Fette spielen die Rolle wichtiger Ersatznahrung.

Wir stehen hinsichtlich der Anwendung des Prinzips der Erhaltung der Energie im Anfangsstadium unserer Kenntnis, indem wir nur die Anfangs- und die Endglieder des Energie-

umsatzes bis jetzt erforschen konnten. Aber in großen Zügen erblicken wir bereits die Giltigkeit des Satzes. Drei Energiefaktoren werden dem Lebewesen zugeführt: Chemische Energie, Licht und Wärme. Aber die beiden letzten werden im Körper benutzt, um den vorhandenen materiellen Substanzen neue chemische Energie zu schaffen. Es bleibt demgemäß als wichtigste, ja als einzige direkte Lebensquelle die chemische Energie.

Stößt nun auch die exakte mathematische Durchführung des Prinzips der Erhaltung der Kraft im Lebensprozeß auf große Schwierigkeiten, so ist es um so wichtiger, daß in einem Falle der große Satz in der Lebewelt seine volle Bestätigung gefunden hat.

Rubner (1894) stellte den chemischen Energiewert der für ein bestimmtes Tier zu verwendenden Nahrung in Wärmeinheiten fest und zeigte, daß das Tier, welches sich nicht bewegt, also die chemische Energie der aufgenommenen Nahrung nur in Wärme umsetzt, annähernd die gleiche Zahl von Wärmeinheiten liefert, die dem im Voraus berechneten Verbrennungswert der Nahrung entspricht.

So sehen wir also die Lebenserscheinungen von einem großen allgemeingiltigen Naturgesetz, dem Prinzip der Erhaltung der Energie, ebenso beherrscht, wie alle Vorgänge im Universum. Pflanze, Tier und Mensch stellen auch in chemisch-physikalischer Hinsicht eine Einheit dar, in mathematisch bestimmbarer Abhängigkeit von den Vorgängen der leblosen Natur, ja gewissermaßen eins mit ihnen.

Es hat diese moderne Auffassung der lebenden Natur etwas Packendes und Gewaltiges. Der Mensch findet sich als integrierenden Bestandteil der ganzen großen Natur; er steht ihr nicht mehr gegenüber als ein Fremdling; er findet sich mitten im Kreislauf der Naturprozesse, als einen Teil derselben, aus gleicher Substanz bestehend, von denselben Gesetzen beherrscht —, eine Welle im wogenden Meere des Universums.

Aber auch hier macht der nach dem Unendlichen strebende Geist des Menschen nicht Halt. Er sucht nach Erklärung der psychischen Vorgänge, der Empfindung, des Denkens und des Bewußtseins, und auch auf diesem Gebiete hat die Biologie

große Triumphe gefeiert. Es würde die Kraft eines Einzelnen weit übersteigen, die modernen Errungenschaften auf dem Gebiet der Lehre vom Gehirn, den Sinnesorganen und dem Nervensystem überhaupt auch nur in den Hauptzügen zu kennzeichnen. Nur auf die Geltung unserer drei Einheitsprinzipien auch für die Organe der psychischen Funktionen sei hingewiesen.

Das Seelenorgan, das zentrale Nervensystem mit seinen Außenwerken, den Sinnesorganen, besteht aus Zellelementen allerdings von höchst verwickeltem Bau.

Die allmähliche Entwicklung des Nervensystems aus einfachen Anfängen zu immer höherer Komplikation läßt sich für die einzelnen Tierstämme, insbesondere für den Wirbeltierstamm nach den Postulaten der Abstammungslehre glänzend darthun. Insbesondere findet das biogenetische Grundgesetz seine volle Gültigkeit hinsichtlich der Entwicklung des Gehirns und der Sinnesorgane.

Endlich wissen wir, daß die Sinnesorgane die Außenwerke des Seelenorgans sind, die mit wunderbaren optischen, akustischen, chemischen und mechanischen Hilfsmitteln ausgerüstet, die Bewegungen der Außenwelt, Licht, Schall, Wärme, chemische und mechanische Bewegung, aufnehmen und — wie wir annehmen dürfen — nach dem Prinzip der Erhaltung der Energie — in Nervenbewegung umsetzen. Wir können uns auch vorstellen, daß diese Bewegung nach dem gleichen Gesetz dem Gehirn, dem Sitz der höheren Funktionen der Empfindung und des Bewußtseins u. a. übertragen werden.

Aber wollen wir hier weiter denken, so geraten wir an die sogenannte Grenze unseres Naturerkennens, die schon von Kant und seinen Vorläufern vollauf gewürdigt und durch Dubois-Reymond sozusagen populär geworden ist, nämlich an die Unmöglichkeit, psychische Prozesse aus chemischen oder physikalischen Bewegungsvorgängen materieller Teilchen abzuleiten. Dubois-Reymond rief der Biologie sein berühmtes „Wir wissen es nicht“ und „Wir werden es auch nie wissen“ zu und hat vielen Anklang gefunden.

Nun hat es immer seine Bedenken, wenn große Naturforscher durch ihre Machtsprüche dem Fortschritt der Wissenschaft sich entgegenstellen, und gerade die Geschichte der

Biologie lehrt, daß solche Machtsprüche sich nicht halten lassen.

Wir müssen ja zugeben: Aus der Existenz der Dubois-Reymondschen Grenze folgt die Unzulänglichkeit der materialistischen Weltanschauung zur Erklärung der tieferen Probleme der Lebensprozesse. Aber kann man dem Dubois-Reymondschen Diktum nicht entgegenhalten, daß ja das Gehirnatom mit seinen Eigenschaften und Bewegungen ein Produkt unserer Vorstellung ist, also daß an die Stelle materieller bewegter Teilchen ein psychischer Prozess tritt?

Schon Zöllner machte den schwerwiegenden Einwand: Das Phänomen der Empfindung ist eine viel fundamentalere Thatsache der Beobachtung als die Beweglichkeit der Materie.

Hier berührt sich also die Biologie mit der Philosophie im engeren Sinne, welche die tiefsten Probleme, die die Menschenbrust bewegen, zu lösen versucht und den Bedürfnissen des dem Menschen immanenten Idealismus gerecht zu werden bestrebt ist.

Ein Gegensatz — ein Widerspruch zwischen beiden Forschungsgebieten ist nicht nachzuweisen. Wie die Philosophie, so ist auch die Biologie von den edelsten Motiven getragen und von idealistischem Streben beherrscht.

Mag auch die moderne Biologie umgestaltend auf manche uns liebgewordene Anschauung mit unaufhaltsamer Gewalt einwirken —, mit dem dem Menschen immanenten Idealismus steht sie in keinerlei Beziehung im Widerspruch. Ihr Streben nach Erkenntnis der Wahrheit wirkt veredelnd und erhebend.

Die Senckenbergische naturforschende Gesellschaft wird auch weiterhin — dessen sind wir sicher — dem Dienste der Wissenschaft vom Leben treu bleiben zur Ehre unserer Vaterstadt und ihrer Bürger, denen sie, wie so manches andere wissenschaftliche Institut ihre Existenz verdankt.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bericht über die Senckenbergische naturforschende Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: [1897](#)

Autor(en)/Author(s): Reichenbach H.

Artikel/Article: [Rückblicke auf die Biologie der letzten achtzig Jahre. 97-116](#)