

ÜBER DIE
ERSCHEINUNGSFORMEN DES LEBENS
UND DEN
BEHARRLICHEN ZEUGEN IHRES ZUSAMMENHANGES.



V O R T R A G

GEHALTEN IN DER FEIERLICHEN SITZUNG DER KAISERLICHEN AKADEMIE
DER WISSENSCHAFTEN

AM XV. JUNI MDCCLXXII

PROF. DR. ALEXANDER ROLLETT,
WIRKLICHEM MITGLIEDE DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

Die Stufenfolge, der Reichthum, die Fortentwicklung in der organisirten Welt offenbaren sich dem Auge jedes denkenden Menschen, er steht gefesselt vor ihren Reizen oder beobachtet sie mit fragenden Blicken.

Die Naturwissenschaften aber suchen sie ihm zu erklären aus der thatsächlichen Verkettung alles Lebendigen auf der Erde, aus dem genetischen Zusammenhange von der Wurzel alles lebendigen Seins bis hinauf zum gewaltigen Menschen, der „das Wort und den luftigen Flug des Gedankens erfand“.

„Alle Glieder bilden sich aus nach ewigen Gesetzen,“

„Und die seltenste Form bewahrt im Geheimen das Urbild.“

Zum ersten Male mit der ehrenvollen Aufgabe betraut, an diesem Orte zu sprechen, habe ich den ununterbrochenen Zusammenhang alles Lebendigen in der Natur zum Gegenstande gewählt, weil auch die jüngste Zeit noch immer neues Licht darüber verbreitet hat.

Ich werde mich in der Behandlung dieses weiten und unerschöpflichen Stoffes nur auf einige besondere Ausblicke beschränken, die sich mir eröffnen, weil sie auf Gebiete führen, auf welchen meine speciellen Studien sich bewegen.

Das dort Erschaute soll aber mit dem angezeigten Gegenstande, für welchen es eine wichtige Bedeutung besitzt, in leicht zu überblickenden Zusammenhang gebracht werden.

Man weiß seit der Entdeckung des zelligen Baues der Thiere und Pflanzen, daß das ganze Eingreifen alles Lebendigen in die Naturvorgänge in letzter Linie von den Zellen besorgt wird.

In diesen kleinen Werkstätten werden die partiellen Leistungen hervorgebracht, aus welchen sich die Leistungen aller einzelnen Organe eines Organismus und somit auch die Leistungen des gesammten Organismus als Resultirende zusammensetzen, ebenso wie der ganze Aufbau desselben nur die Summe der formativen Leistungen seiner Zellen ist.

In der microscopischen Erforschung der Zellen liegt ein mächtiger Hebel alles fortschreitenden Verständnisses der organisirten Welt, und ein schweres Stück Arbeit für die Erkenntniß des Lebens ist noch immer dem Instrumente überantwortet, welches Vielen oft auch heute noch nur als der Erschließer wunderbarer Einzelheiten gilt und staunenerregender Feinbildungen, die dem bloßen Auge sich geheimnißvoll verhüllen.

Die Erkenntniß der Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen, des gemeinsamen Entwicklungsprincipes ihrer lebendigen Bausteine, der Zellenbildung, muß als ein erstes Fundament für die einheitliche Auffassung der ganzen organisirten Welt betrachtet werden.

Nachdem es von Schwann gelegt war, haben wir von da aus, Dank dem Fleiße, der Ausdauer und der Vielseitigkeit der Beobachtung, Position um Position neu gewonnen und bald konnte man sich festsetzen in einer zweiten großen Stellung dort aber, wie wir sehen werden, mit freudigem Willkommen und tief-ernster Befriedigung die Hand reichen wackeren Streitern, die von anderer Seite auf anderen Wegen vordrangen zum einheitlichen Verständniß aller organisirten Wesen.

Die Resultate der microscopischen Forschungen, obwohl von den Begründern der Lehre von der genealogischen Descendenz der Organismen unter ihren Beweismitteln wenig, fast gar nicht benützt, müssen wir heute doch als eine der mächtigsten Säulen derselben betrachten. Davon wollen wir uns hier zunächst überzeugen.

Es fand sich, und das ist das zweite große Ergebnis microscopischer Forschung, daß auch das Substrat, aus welchem die jugendliche Zelle besteht, allüberall in den organisirten Reichen die größte Übereinstimmung zeigt; Thier und Pflanze und was zwischen beiden liegt, alles wird davon umschlossen.

Das ist eine bedeutungsvolle und der Auffindung anderer großer Naturgesetze gleichgewichtige Thatsache.

Wir kennzeichnen heute diese Übereinstimmung dadurch, daß wir den gemeinsamen Namen Protoplasma für jenen einfachsten Lebenszustand der Materie gebrauchen.

Wie tritt nun das Protoplasma in die Erscheinung? warum spielt es eine so universelle Rolle in der Natur?

Wir finden es bei den niedersten Organismen als individualisirten Klumpen, als einfachstes Lebewesen, als naturhistorische Art vor und das ist sehr bemerkenswerth.

Solche einfache Lebewesen sind die Moneren, die Häckel an den Anfang des natürlichen Systemes aller Organismen gestellt hat. Um einen merkwürdigen Fall einer solchen Species hier anzuführen, vielleicht den merkwürdigsten, will ich auf jenen verweisen, welchen man zufällig kennen lernte bei den technischen Vorarbeiten zu einer der größten Unternehmungen unserer Zeit.

Als die Einrichtung geplant wurde, die uns heute ermöglicht, uns in einen im Fluge die halbe Erde umkreisenden Gedankenaustausch mit Amerika zu setzen, da holte man, als ob große Vorsätze immer reicher gelohnt werden sollten als man anfänglich erwartet, aus dem Meere, dessen lebendige Schätze den Naturforschern schon lange reichlichen Nutzen gespendet, auch vom dunklen Grunde der See einen werthvollen Fund hervor.

Überall auf dem durchschnittlich 12,000' tiefen Telegraphenplateau zwischen Irland und Neufundland fand sich ein

zäher klebriger Schlamm, der, ein Zeuge des Lebens der Tiefen, welches, in gewaltigster Ausdehnung über den Grund des Meeres hingebreitet, uns an ein mächtiges Lager eines der einfachsten lebenden Wesen geführt hat.

Jener Schlamm besteht nach den Untersuchungen von Huxley, Carpenter, Thomson und Häckel zu einem beträchtlichen Theile aus lebendigem Protoplasma, und Huxley nannte dieses einfache Lebewesen *Bathybius Haeckelii*.

Man kann, wie Häckel sagt, „diese Thatsache, daß der Meeresgrund mit ungeheuren Massen lebenden Protoplasma's bedeckt ist, nicht ohne das tiefste Staunen in nähere Erwägung ziehen und muß dabei unwillkürlich an den „Urschleim“ Ocken's denken. Dieser universale Urschleim der älteren Naturphilosophie, der im Meere entstanden sein, der Urquell alles Lebens, das productive Materiale aller Organismen sein sollte, dieser berühmte und berichtigte Urschleim, dessen umfassende Bedeutung eigentlich schon implicite durch Max Schultze's Protoplasmatheorie begründet war — er scheint durch Huxley's Entdeckung des *Bathybius* zur vollen Wahrheit geworden zu sein.“

Der *Bathybius* ist wohl das verbreitetste Moner. Im adriatischen Meere traf ihn O. Schmidt in allen Tiefen von 50 Faden an, und wie mit Merkzeichen ist das *Bathybius*-Protoplasma versehen durch eigenthümliche, verschieden gestaltete, geschichtete verkalkte Körperchen, welche es stets begleiten, die sogenannten *Coccolythen* und *Rhabdolythen*. An diese sich haltend hat Gumbel nicht nur die ungemaine Verbreitung des *Bathybius* in allen Tiefen aller Meere der Jetztwelt, sondern auch in den verschiedensten Kalk- und Mergelablagerungen und in den Sedimenten der Gegenwart nachgewiesen.

Der *Bathybius* sollte uns aber hier nur ein Beispiel zur Orientirung über das Vorkommen des Protoplasma's als natur-

historische Art sein. Es gibt noch viele andere Monerenformen.

Eine einfachere Form selbständigen lebendigen Seins als sie uns aber im freien Protoplasma der Moneren entgegentritt, ist für uns in der Erfahrung nirgends gegeben. Es ist aber im höchsten Grade wichtig und auf das Schärfste zu betonen, daß mit dem Stadium eines so einfachen Lebewesens in gewissem Sinne jede naturhistorische Art bei ihrer individuellen Entwicklung, ja jede Zelle, die am Aufbau eines höheren Organismus sich betheiligt, beginnt. Die Keime aller Organismen und alle jungen Zellen bestehen ihrem Wesen nach nur aus Protoplasma mit denselben elementaren Lebenseigenschaften, die wir an dem der frei als Arten lebenden Moneren wahrnehmen.

Es wird dadurch eine tiefe, innere mechanische Verwandtschaft aller Organismen begründet, und wie von selbst drängt sich uns die Anschauung auf, daß das Protoplasma, welches mit der relativen Constanz naturhistorischer Arten in den Moneren vorliegt, aber überall wiederkehrt, bei den höher entwickelten Organismen der gemeinsame Ursprungs- und Ausgangspunkt, das im Geheimen bewahrte Urbild alles Lebendigen sei, und wir fänden uns damit auf einen von der Descendenzlehre geforderten Boden wirklich gestellt.

Die Frage, ob die einfachsten, in unserer Erfahrung gegebenen Lebensformen, die Moneren überhaupt die ersten Lebensformen auf der Erde waren, und die Frage, wie wohl das Protoplasma im Anfange entstanden ist, harren noch ihrer Lösung, allein sie können, wie wünschenswerth ihre Lösung auch wäre, doch für das, was ich weiter vorzubringen gedenke, unberücksichtigt bleiben.

Innerhalb der Grenzen unserer Erfahrung bleibend, wollen wir vielmehr fragen, wie das vielgestaltige Leben aus der ge-

meinsamen Grundlage sprießt, die ihm das Protoplasma, wie wir gesehen haben, thatsächlich gewährt?

Da finden wir denn das eine Mal das Protoplasma mit zäher Ausdauer beharren in der Form der einfachsten Lebewesen, welche unter wesentlich unveränderten, äußeren Bedingungen ihrer Existenz als feste Typen in das System der Organismen aufgenommen sind.

Das andere Mal zeigt es uns eine überaus große Veränderlichkeit, eine erstaunliche Leichtigkeit des Variirens, ein äußerst gesteigertes Anpassungsvermögen an bestimmt gegebene äußere Bedingungen.

Das alles ist im höchsten Grade der Fall unter den Umständen, unter welche es bei den höher organisirten Wesen gelangt.

Es wäre ganz und gar ungerechtfertigt, die mannigfachen specifischen Lebensthätigkeiten der zusammengesetzten Organismen und der denselben dienenden Organe etwa nur auf bloße Verschiedenheiten in der Gruppierung und Aneinanderlagerung individualisirter Protoplasamassen, einfacher Zellen zurückführen zu wollen.

Das ist in der Wirklichkeit, wie die gewöhnlichsten microscopischen Beobachtungen lehren, durchaus nicht der Fall.

Unseren Erfahrungen gemäß können wir dem Protoplasma auch nur gewisse elementare Lebenseigenschaften zuschreiben, die Fähigkeit, eigenthümliche Bewegungen auszuführen, sich zu nähren und sich durch Theilung fortzupflanzen. Und, was sehr wohl zu beachten ist, das Protoplasma allein trägt diese elementaren Lebensphänomene in die ganze Reihe der Organismen hinein und behält sie, wo es als solches vorhanden bleibt, auch in der ganzen Reihe der Organismen bei.

Allein sowie die Organismen sich höher entwickeln, so erwerben sie und zwar mit zunehmender Steigerung auch noch

specifische Lebensthätigkeiten. Diese fordern aber mehr als das bloße Protoplasma für ihre Erklärung. Sie fordern die mit den Organen zugleich ausgebildeten bestimmten Gewebe, aus welchen die Organe zusammengesetzt werden. Die Gewebe, deren microscopische Elementartheile, obwohl sie alle aus einfachen Zellen sich entwickelt haben, doch von diesen ganz wesentlich und charakteristisch verschiedene Gebilde sind. Zu diesen besonderen Formen, zu den specifischen microscopischen Elementartheilen der einzelnen Gewebe bildet sich das Protoplasma der anfänglichen Anlage erst allmählig fort.

Die Gewebe oder bestimmter gesagt ihre besonderen und eigenthümlichen lebendigen Werkstücke entstehen durch divergentes Variiren der ursprünglich gleichartigen Zellen.

Die Abänderungsfähigkeit dieser letzteren und die bestimmt gegebenen Bedingungen, welche in der Anlage für den Gesamtorganismus wirksam sind für die Herbeiführung einer ganz bestimmten Abänderung, bringen die verschiedenen Arten differenter Gewebe hervor, welche wir am ausgebildeten zusammengesetzten Organismus von einander unterscheiden können.

So wird das Protoplasma zum Generator aller der mannigfach organisirten lebendigen Elementartheile der verschiedenartigen Gewebe des Körpers, gerade so wie es in letzter Instanz nach der Descendenzlehre auch alle die unendlichen Generationen der verschiedensten Organismen hervorbrachte.

Bei der Gewebebildung kann das Protoplasma seine Lebereigenschaften ganz oder theilweise aufopfern. Nach der Schaffung der neuen specifischen Form schließt es seine Thätigkeit ganz ab, oder die neu entstandene Form hat noch die Fähigkeit sich zu nähren, ist aber unbeweglich und auch nicht fortpflanzungsfähig, oder aber das specifische Gewebe-Element besitzt

auch noch die Fähigkeit Bewegungen auszuführen und sich fortzupflanzen.

Die Muskelfasern, die Nervenfasern, die Horngebilde, die Ganglienzellen, die Drüsenzellen und wie sie alle heißen, die specifischen Zellen und Elementartheile der verschiedenen thierischen und pflanzlichen Gewebe, auf die wir uns zurückgeführt sehen, wenn wir nach den Componenten der Leistungen eines bestimmten Gewebes fragen, sie sind alle hervorgegangen aus Protoplasma, welches sich bestimmt gegebenen Bedingungen nützlich anpaßte.

Um einen Kampf ums Dasein handelt es sich bei der normalen und regelmäßigen Fortbildung des Protoplasma zu den differenten Gewebearten freilich nicht, allein das rührt davon her, daß die Bildungszellen gruppenweise und in einer Art von Isolirung immer unter ganz gleichartige Bedingungen des Variirens gesetzt werden, und daß sich in diesen Gruppen alle zugleich, entsprechend den gleichen auf sie wirkenden Bedingungen, immer in gleicher Weise verändern, wie es den Gesetzen der Entwicklung des ganzen complicirten Organismus entspricht.

Aber die Fähigkeit des Anfangs gleichartigen Protoplasma's, bei der Gewebebildung die verschiedenartigsten individuellen Eigenschaften zu erwerben und sich so den Bedingungen, unter welche es gelangt, anzupassen, können wir völlig unter Darwin's Begriffe der Variabilität und des Anpassungsvermögens bringen.

Wir müssen, was damit bezeichnet werden soll, wenn wir die Grundsätze, die Darwin für die Fortbildung der Arten aufstellt, consequent wie es nothwendig ist bis zum individualisirten Protoplasma der niedersten einzelligen Organismen herab verfolgen, auch im Zusammenhange mit bestimmten äußeren Bedingungen als den ersten Anstoß für die Entstehung der den

niedersten Organismen in der genealogischen Kette sich anschließenden nächststehenden Organismen annehmen.

Das erscheint uns aber wieder ebenso als ein Schlüssel für die Bedeutung des Protoplasma's in der Natur, wie auch als ein aus unseren microscopischen Erfahrungen fließender Hinweis auf die Stammverwandtschaft aller Organismen.

Wir wollen aber jetzt sehen, wie bei der embryonalen Entwicklung höherer Organismen, bei solchen, welche schon eine durch fortgesetzte individuelle Anpassung und Vererbung der erworbenen Eigenthümlichkeiten entstandene complicirtere Organisation besitzen, die Abänderungsfähigkeit des Protoplasma's in bestimmter Weise beschränkt und die Gewebebildung in bestimmte Bahnen geleitet wird.

Die sich entwickelnden Keimzellen solcher Organismen sind bestimmten Gesetzen des Wachsthums unterworfen, und auf diesem und auf der großen, durch fortlaufende Vererbung gesteigerten Variabilität des Protoplasma's der Keime der Organismen beruht eben die Möglichkeit der embryonalen Entwicklung und des dabei stattfindenden Differencirungsprocesses der Gewebe und Organe.

Durch die Wachstumsgesetze ist die Vergrößerung und die erste Gliederung des Keimes bestimmt. Es zerfällt die Keimzelle in eine Vielheit von Zellen, wie es beim Furchungsproceß oder der Sprossenbildung der Eizelle geschieht. Die so entstandenen aggregirten neuen Zellen sind in bestimmter Weise geordnet, dann erfolgen Trennungen des Zusammenhanges innerhalb der Masse der Zellen, die Bildung von Höhlen. Es erfolgt die Bildung von ganz bestimmten Falten, Wülsten, Höckern und Rinnen an ganz bestimmten Orten der Oberfläche.

Solche Bildungen treten uns mit der größten Regelmäßigkeit und auf das strengste in Bezug auf Form und Lage festgehalten successive in den Stadien der Entwicklung des Embryo ent-

gegen, und alle diese Bildungen stehen in ganz besonderen morphologischen Beziehungen zu bestimmten späteren Organen.

Die Feststellung namentlich aber die theoretische Begründung des Wachsthumsgesetzes der Keime muß als eine der wichtigsten Aufgaben der Entwicklungsgeschichte bezeichnet werden. Die Botaniker haben für den Embryo der Phanerogamen und anderer Pflanzen mit der Lösung auch schon angefangen und auch bei den Thieren ist der erste Anlauf genommen. Sie wird uns auch erst einem Verständniß der nunmehr nur als Thatsache feststehenden Vererbung der älterlichen Eigenthümlichkeiten auf die Nachkommen näher bringen.

Es wird sich dabei um eine fest bestimmte Kette von wohl zu begründenden Auslösungsvorgängen handeln, deren fortwährend sich ändernde Glieder unter den gegebenen äußeren Bedingungen sich in nothwendiger Folge aneinanderreihen und so die ganze Reihe von Folgezuständen der embryonalen Formen bis zur definitiven morphologischen und geweblichen Gliederung des entwickelten Organismus in sich schließen. Nur so ist das Wort von Baer's, daß nicht das Körperliche vorhergebildet ist, wohl aber das Unsichtbare, der Gang der Entwicklung, zu verstehen.

An den außerordentlich constanten Durchgangsformen der embryonalen Entwicklung halten die divergirenden Typen der Thiere mit großer Zähigkeit fest, und das spricht dafür, daß dieselben sehr alt vererbte Eigenthümlichkeiten sind. Solche Charaktere werden erfahrungsgemäß immer am zähesten conservirt. Die Durchgangsformen haben aber einstens eine im Verlaufe der großen genealogischen Entwicklung erworbene, directe physiologische Bedeutung besessen.

Bei den Pflanzen treten Eigenthümlichkeiten rein morphologischer Natur, bestimmte Gestaltungen und Formen, ohne daß dieselben auch eine ganz bestimmte unentbehrliche Verrichtung

für das tägliche Leben der Pflanze hätten, dauernd und bleibend in ausgeprägterer und deutlicherer Weise zu Tage.

Das zeichnet die Pflanzen vor den meisten entwickelten Thieren besonders aus.

Die Symmetrie und Proportionalität gerade dieser sogenannten rein morphologischen Eigenthümlichkeiten der Pflanzen, die wie die Elemente besonderen Stiles und eigener Ornamentik sich ausnehmen und in der That als genetische Momente in der Entwicklung ästhetischer Anschauungen eine bedeutende Rolle spielen, machen vorzugsweise die Pflanzenwelt heute für den Gebildeten zum bewunderten Schmucke der Landschaft.

Auch diese Formen werden mit zäher Ausdauer festgehalten.

„Bei einer Pflanze, die gegenüberstehende Blätter und vierzählige Blüthenkreise hat, wird es eher gelingen,“ sagt Nägeli, „alle möglichen, die Function betreffenden Abänderungen an den Blättern als eine spiralförmige Anordnung derselben hervorzubringen“, und er leitet daraus einen Einwurf gegen das reine Nützlichkeitsprincip von Darwin her.

Es sind aber diese Eigenthümlichkeiten darum so fest, weil sie sehr alt vererbte sind, und es wird nachzusehen sein, ob es nicht aufzudecken gelingt, welchen physiologischen Nutzen sie einstens besaßen.

So wie uns das auch für die scheinbar einem rein morphologischen Plane entsprechenden Keimblätter der Thiere gelungen ist.

Für die Wirbelthiere weiß man seit längerer Zeit, daß zu allererst eine blattförmige Anlage des Embryo entsteht. An dieser aber kann man bald eine äußere und innere Schichte unterscheiden.

Es sind das zwei der berühmten Pander-Baer'schen Keimblätter. Das äußere ist die Anlage für das Gehirn, das

Rückenmark und die Sinnesorgane, das innere ist die Anlage für den Darm und seine Adnexen.

Zwischen beiden entsteht später noch das mittlere Keimblatt, die Anlage für die Muskeln und andere Gewebe.

Schon ältere Beobachtungen ergaben aber, daß ähnliche primitive Keimblätter auch bei anderen Thieren vorkommen, und neuere Untersuchungen haben das für alle Thiere bestätigt. So behandelt sie in neuerer Zeit Kowalewsky bei den Ascidien, die noch überdies nach desselben Forschers schönen Untersuchungen durch zahlreiche Homologien eine nahe Stammverwandtschaft mit den Wirbelthieren zeigen. Und bei seinen embryologischen Studien über den Regenwurm und andere Würmer, über den pechschwarzen Schwimmkäfer, die Biene und einige Schmetterlinge traf derselbe bei den Würmern mit durchaus sicherer Homologie beider Blätter, bei den Arthropoden vorläufig wenigstens des äußeren, dieselben primitiven Keimblätter wieder. Ähnliche Beobachtungen wurden auch von Andern schon bei den Mollusken und Echinodermen gemacht.

Für die Coelenteraten wies Huxley auf die Übereinstimmung der zwei Schichten des ganzen Thieres mit den primitiven Keimblättern der Embryonen höherer Thiere hin, und in seiner Monographie der Hydra hat Kleinenberg die wesentliche Übereinstimmung der primitiven Keimblätter sowohl, als auch eines mittleren Keimblattes und der aus jedem derselben sich entwickelnden Gewebe mit jenen der Wirbelthiere nachgewiesen.

Er bestimmt darnach den Typus der Coelenteraten dahin, daß in demselben die fundamentalen räumlichen Beziehungen der Keimblätter und ihrer differenten Schichten zu einander und zur Außenwelt erhalten bleiben.

Durch diese Einfachheit und Gleichförmigkeit des Baues sind die in der Thierreihe am niedrigsten stehenden Coelenteraten von allen andern Thierstämmen verschieden. Aber in der

Entwicklungsgeschichte aller Thierstämme wird man schließlich auf den einfachen Typus der Coelenteraten zurückgeführt, der von allen als individueller Entwicklungszustand durchlaufen wird. In dem ausgebildeten Leibe der höher entwickelten Thiere aber sind die Umrissse der Keimblätter, obwohl sie als morphologische Grundlage für den ganzen Bau und die gewebliche Gliederung noch in der Anlage stecken, wegen der mannigfachen Verschiebungen und Ineinanderlagerungen ihrer Theile nur schwer mehr zu verfolgen.

Wer sollte in diesen Studien über die Keimblätter nicht die schönste Bestätigung der Transmutationslehre erblicken?

Ihren von Darwin begründeten Standpunkt festhaltend, stellen wir uns also die üppige Fülle der zahllosen Gestaltungen der lebenden Wesen unseres Erdballes entwickelt vor allein durch nützliche Anpassung und Vererbung aus den niedersten individualisirten Protoplasamassen, und das Protoplasma bleibt von den niedersten bis zu den höchsten hinauf der Träger jener Factoren, die, im Verein mit bestimmt gegebenen äußeren Bedingungen, wirksam sind bei der Fortbildung der Arten, der beharrliche Zeuge ihres ununterbrochenen Zusammenhanges.

Es konnte trotz des ungeheuer weiten Blickes Darwin's diesem nicht gelingen, alle einzelnen Einfüsse, die sich bei der Fortentwicklung der Arten geltend gemacht haben mögen, aufzudecken, und das wird auch dem forschenden Geiste seiner Nachfolger erst durch unermüdliche rüstige Arbeit im Verlaufe der Zeiten immer mehr und mehr gelingen.

Wenn wir aber der fruchtbaren Hypothese Darwin's nachrühmen, daß sie uns das natürliche System der Organismen als deren Stammbaum verstehen gelehrt hat, daß sie dort zum Begründen und Widerlegen herausgefordert hat, wo man sich früher mit der bloßen Aufzeichnung des Beobachteten begnügte, dann müssen wir unseren früheren Bemerkungen entsprechend hinzu-

fügen, daß sie uns auch einen tieferen Einblick in die Bedeutung der microscopischen Gliederung der lebenden Wesen, in die Uebereinstimmung aller Organismen in Bezug auf das einfachste Lebenssubstrat eröffnet hat, so wie andererseits jene Lehre selbst damit eine der wesentlichsten Stützen gewinnt.

Daß uns in der Natur eine solche Fülle von lebendigen Gestalten und an denselben eine solche Mannigfaltigkeit ihres stillen Seins, ihres Wechsels, Wandels und Treibens, daß uns eine so reiche Folge von Gebilden entgegentritt, die für bestimmte Verrichtungen gegliedert und wieder zum harmonischen Ganzen verbunden sind, das Alles wird uns als die nothwendige zeitliche Consequenz einer fundamentalen morphologischen Thatsache begreiflich, auf welche uns zahlreiche Beobachtungen hingeführt haben.

Durch die in letzter Instanz rein mechanischen Principien, auf welche nun die ganze Lehre von der Entwicklung und Ausbildung, von dem Werden der differenten entwickelten organisirten Formenwelt im Großen und Kleinen zurückweist, ist aber eine feste Brücke geschlagen zu dem Standpunkte, auf welchen die Lehre von den Verrichtungen der entwickelten Organismen schon vor viel längerer Zeit sich geführt sah, von dem aus sie in immer breiterer Entfaltung und in gutem Gedeihen emporwuchs.

Ihre Endresultate erhalten aber, bestrahlt von der Leuchte, die uns über die auf Generationen vertheilte Heranbildung und Entwicklung der Formen aufgegangen ist, einen tiefsinnigen Abschluß.

Die mechanische Auffassung lebendigen Geschehens an den entwickelten und ausgebildeten Organismen gehört nicht der neuesten Zeit an. Es ist nicht ohne Interesse, einer merkwürdigen älteren Periode derselben zu gedenken.

Sie liegt in fernen Jahrhunderten und fällt mit der glänzenden Anfangsperiode der neueren Mechanik selbst nahe zusammen.

Alphons Borelli behandelte zuerst die thierischen Bewegungen nach streng mathematisch-physicalischer Methode. Er war ein Zeitgenosse des Cartesius, und wie dieser früher, so er später im Verkehre mit der abenteuerlichen Königin Christine von Schweden.

Borelli sah Hebel in den Knochen des Skelettes, die in den Gelenken drehbar, von den Muskeln wie von Stricken bewegt werden.

So unterzog er die Bewegung einzelner Gliedmaßen und zusammengesetzte Bewegungen seiner Betrachtung. Sein Werk „*de motu animalium*“, welches er zu Königin Christinens Belehrung ausgearbeitet hat, ist ein unvergängliches Blatt mehr in dem Kranze seltenen Ruhmes, welchen die Männer der *Accademia del cimento* in Florenz über ihren Häuptern sammelten.

Borelli sprach die Erwartung aus, daß durch seine und seiner Nachfolger Bemühungen die Lehre von den thierischen Bewegungen eine solche Ausbildung erlangen werde, daß sie eine ebenbürtige Schwester der Astronomie und der mathematischen Physik bilden werde.

Seine Erwartung war zu kühn um sich rasch zu erfüllen.

Aber der Eifer für mechanische Studien über thierische Verrichtungen, die Borelli mit seinen Arbeiten über den Kreislauf und das Fieber auch begonnen hatte, wurde bald so mächtig, daß bis zum Ausgange des 18. Jahrhunderts eine weit verbreitete ärztliche Schule bestand, welche den Namen der iatromechanischen führt.

Die Werke derselben sind merkwürdig genug, obwohl sie wenig enthalten, was heute nicht durch Besseres ersetzt, noch einen directen Werth besäße.

Alles suchte man auf mathematische Formeln zu bringen, durch Speculationen, die, wie das auf anderen naturwissenschaftlichen Gebieten oft wiederkehrt, zu hastig vordrangen, zu weit

voraneilten und darum litt man vielfachen Schiffbruch. Die Sonde der Erfahrung hatte das Terrain noch nicht genügend bestrichen, die Sorgfalt, der Fleiß, die Mühewaltung vielen Sehens und oftmaligen Prüfens fehlte noch, und so überwucherten bald die Schnurren und haltlosen Einfälle voreiliger Vergleichungssucht, die jedem Organe den Namen eines geläufigen Geräthes zutheilte, im Verein mit der Liebhaberei zu meist von groben Annahmen ausgehenden Zifferrechnungen das spärlich vorhandene Materiale der Erfahrung.

Es erschöpfte sich so eine Methode, deren Anfang und Kern völlig gesund war; sie wird uns heute meist nur als besonderliches Specimen in der Reihe speculativer Systeme in der Medicin überliefert, nur bei J. R. Mayer, dem berühmten Mitbegründer der mechanischen Wärmelehre und des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft wird es wie eine tiefer erfaßte Reminiscenz laut, wenn er eine seiner Abhandlungen als iatromechanischen Versuch bezeichnet.

Mit Maß benützt, hätte der glänzende Anfang mechanischer Auffassung thierischer Verrichtungen die schönste Fortbildung, den engsten Anschluß an diejenige gestattet, welche wir heute bei der Erforschung der Lebenserscheinungen festhalten.

Bezeichnend für die Methode sind die Worte eines jener alten Iatro-Mechaniker selbst:

„Wenn die Natur nichts Anderes ist, als das mathematische Werk des Schöpfers, und wenn die Thätigkeiten der Naturkräfte nichts anderes sind, als die Ausführung der Gesetze, welche der Schöpfer der Materie beigelegt hat, so muß der Arzt vor allen Dingen die Naturwirkungen aus Erfahrungen zu erkennen, und dann die Gesetze, nach welchen sie erfolgen, durch die Mathematik zu bestimmen suchen. Wer aber mit Nutzen physicalische Versuche anstellen will, der muß durch Mathematik gebildet

sein, und so läßt sich diese dann auf Physiologie, wie auf die ganze Naturlehre anwenden.⁴

Es bedurfte noch der Pflege und Ausbildung der neueren Experimentalphysiologie, wie sich dieselbe von Deutschland ihren Ausgang nehmend, von der Schwelle unseres Jahrhunderts bis auf die heutige Zeit in immer größerem Maße entwickelte, um uns wieder in die Geleise einer rein mechanischen Auffassung der Lebensvorgänge zu bringen. Die Lebenserscheinungen zu betrachten als Naturerscheinungen, die dem Wesen nach, wenn auch oft unter unsäglichen, durch die eigenthümliche Complication der ineinandergreifenden Bedingungen gesetzten Schwierigkeiten zu beobachten und zu messen, zu untersuchen und zu beurtheilen sind, wie jedwede andere Naturerscheinung.

So konnte die Lehre von den organischen Leistungen der Thiere und Pflanzen theilhaben an dem freien und mächtigen Aufschwung, in welchen sich die Physik und Chemie zu immer umfassenderen Standpunkten emporhoben. Die Grenzpfähle vitalistischer Dogmen, welche die belebte Natur abmarken sollten von dem machtvollen Ganzen begreiflichen Geschehens in der Natur, wurden muthig umgehauen durch die wuchtigsten Schläge von innen und außen.

Weit entfernt, daß wir uns in spitzfindige Erörterungen über den Unterschied von Mechanismus und Organismus einlassen könnten, suchen wir vielmehr die Thätigkeiten der lebenden Organismen und ihrer einzelnen Organe mechanisch zu bestimmen durch Beobachtung und Messung. Je prägnanter die mechanischen Definitionen sind, welche wir dafür gewinnen können, desto tiefer sind wir eingedrungen in die Erkenntniß derselben. Und bis auf die subtilsten molecularen Vorgänge muß diese ernste und mühevollte Arbeit vollbracht werden, denn diese letzteren Vorgänge, wie mannigfaltig ihre Erscheinungsweise in den lebenden Organismen auch sein mag, sie fallen, wie es unseren Fort-

schritten in der Erkenntniß der Materie entspricht, unter allgemeine Grundsätze, die, je umfassender sie sind, desto ähnlicher den Grundprincipien der Mechanik werden. Auf das Maß von Arbeitsvermögen und lebendiger Kraft, welches die letztere aufstellt, lassen sie sich alle reduciren.

Wenn wir nun also bei thierischen und pflanzlichen Organismen empirisch und analytisch eindringen in den nothwendigen Zusammenhang ihrer verschiedenartigen Leistungen mit den elementaren Bedingungen, so tritt uns häufig eine merkwürdige und beim ersten Eindrücke unser Nachdenken ungewöhnlich anregende Thatsache entgegen.

Was der erfinderische Geist des Menschen, indem er sich während der fortschreitenden Entwicklung und der Vervollkommnung der technischen Mechanik die Kräfte der Natur dienstbar machte, an bewundernswerthen Maschinen, Apparaten und Instrumenten hervorbrachte, davon findet sich vieles dem Principe nach nur mittelst anderer Substrate auch realisirt unter den organischen Einrichtungen der Natur vor. Und Alles in Allem finden wir daselbst zwar nicht Alles auf das einfachste, zweckmäßigste und beste eingerichtet, aber meist besitzen die lebendigen Werkzeuge der Organismen in Bezug auf Feinheit, Präcision, Ausdauer und Tüchtigkeit ihrer Leistungen eine ganz erstaunliche und unvergleichliche Überlegenheit. Es ist das ebenso der Fall bei Einrichtungen, die der Laie als selbstverständlich wenig beachtet, wie bei den beziehungsreichen Organen unserer Sinne, die sich eingebürgert haben als Objecte erhabenen Staunens und als Motive dichterischen Schwunges.

Hier lassen Sie uns aber die Fülle der Thatsachen nicht rasch übergleiten; es wird zweckmäßig sein, einige Beispiele in nähere Erwägung zu ziehen.

Beim aufrechten Stehen des Menschen sind die Gelenke so festgestellt, daß alle höher liegenden Gliederungen mit möglichst

geringem Aufwand von Muskelkraft sich im stabilen Gleichgewichte über den darunter liegenden befinden. Auf diese Weise ist der Körper in eine feste Säule verwandelt, deren Schwerpunktsloth in die von den Sohlen bedeckte Basis fällt, und so ist das Stehen mit möglichster Vermeidung von Muskelanstrengung ermöglicht. Beim Gehen wird der Schwerpunkt des Rumpfes durch das stemmende Bein über das vorgesetzte gebracht, während das Spielbein als Pendel nach vorne schwingt, um dann seinerseits den Schwerpunkt wieder als Standbein zu übernehmen, und so kommt auch das Gehen mit möglichst geringem Aufwand von Muskelkraft zu Stande. Bei der Untersuchung des Laufes und des Sprunges, der Gangarten der Thiere, jener, die klettern auf den Bäumen des Waldes oder den Boden grabend durchwühlen, beim Hinkriechen im langsamen Schleppen oder in raschen Schlangenlinien, für das Schwimmen im Wasser und den beneideten Flug durch die Lüfte — überall werden wir darauf geführt, daß dort ähnliche merkwürdige Probleme der Mechanik gelöst vorliegen. Wenn wir das Herz eine Druck- und Saugpumpe nennen, wenn wir von Schlauch- und Taschenventilen, welche die Richtung des durchgehenden Stromes bestimmen, an den Ein- und Ausflußöffnungen derselben sprechen, wenn wir mittelst Manometer, hydrometischem Pendel und Aichungsapparaten Spannung, Geschwindigkeit und Volumina des strömenden Blutes bestimmen, und die Arbeit des Herzens in Fußpfunden oder Kilogrammmetern ausdrücken, so bewegen wir uns nicht mehr auf dem Gebiete hinkender mechanischer Analogien, wie es bei den Iatromechnikern häufig der Fall war, sondern auf dem wirklicher Definitionen. Ebenso wie das der Fall ist, wenn wir nicht bloß im Hinblick auf die mit so viel Gold und Ehren reich gelohnte Verwendung des Gesanges in der Musik, sondern auf Grund unserer Versuche den Kehlkopf ein musikalisches Instrument, eine Zungenpfeife mit membranösen Zungen nennen. Im Auge

sind die auf ein System centrirter brechender Kugelflächen reducirbaren optischen Medien mit der Blendung und dem bildauffangenden Schirm zu einer Camera zusammengefügt, die, aufgehängt um einen nahezu fixen, ideellen Mittelpunkt, die sämmtlichen, einer Kugel möglichen Drehungen um unendlich viele Axen ausführen kann. Und so herrscht es mit Leichtigkeit nach allen Richtungen des Raumes. Sein Nervenapparat sondert uns die Wellenlängen des Lichtes gruppenweise so weit, als genügend ist, um uns in der Bewegung des umgebenden Lichtes zu orientiren. Das Ohr verzeichnet durch seine bewundernswerth eingerichteten und angeordneten mitschwingenden Theile möglichst treu die einfachen pendelartigen Schwingungen, in welche die Bewegungen der Luft zerlegt werden können, und so werden wir genau unterrichtet über die Bewegungen der uns umgebenden Luft.

Es geht bei den einzelnen physiologischen Einrichtungen die Nützlichkeit für den Haushalt des Organismus aus allen unseren Betrachtungen hervor. Wir können uns auch der von uns erkannten organischen Einrichtungen oft sehr zweckmäßig als Vorbilder künstlicher Constructionen bedienen, von welchen wir die Lösung ganz bestimmter Aufgaben, wie diese unsern augenblicklichen Entwürfen und Plänen entspricht, verlangen. Das haben die Physiologen, wenn ihnen das Verständniß solcher organischen Einrichtungen geläufig geworden, auch schon öfter gethan. Und wenn man auch weit entfernt ist von der Sucht, organische Verrichtungen durch Automaten in kleinlichen Äußerlichkeiten nachzuahmen, worauf man sich in vergangener Zeit einmal mit dem größten Aufwand von Talent und Geschicklichkeit verlegte, so sieht man doch oft der Nachbildung organischer Einrichtungen, die als physiologisches Modell von unläugbar großem Nutzen für den Unterricht ist, oder aber auch für die Realisirung noch unerreichter technischer Zwecke sich empfehlen

würde, nur zu bald eine unerwünschte und unüberschreitbare Grenze gesetzt, in der auf künstlichem Wege nicht zu verwirklichenden eigenthümlichen chemischen und microscopischen Gliederung der organischen Substrate.

An diesen tiefsten und innersten Wurzeln haben wir die Lebenserscheinungen früher angefasst. Die genealogische Descendenz der Organismen, die auf Generationen und Generationen über unermeßliche Zeitperioden im Kampfe ums Dasein hin sich erstreckende nützliche Anpassung und Vererbung des Erworbenen¹ auf die sich fort entwickelnden Organismen allein kann uns das Verständniß der Anpassung der complicirten Organismen an die allgemeinen Einrichtungen der Natur, der Einfügung in den ganzen, großen Bau der Welt eröffnen. Dann ist aber auch die oft auffallende Übereinstimmung der natürlich durch das Walten unabänderlicher Gesetze allmählig immer vollkommener gebildeten Werkzeuge der Organismen mit künstlichen Apparaten, durch welche der Mensch die Naturkräfte sich dienstbar macht, im Kreise der mechanischen Naturauffassung zu rechtfertigen. Die der letzteren entgegenstehende teleologische Naturauffassung setzt die Nützlichkeit und Zweckmäßigkeit auf Rechnung der vorbedachten Plane und temporären Acte einer höheren Intelligenz und weist damit die Lösung einer Reihe von Aufgaben von sich, die im Bereiche der ersteren gestellt werden können, und — die Geschichte der Wissenschaft versagt uns diese Hoffnung in keiner Weise — auch völlig zu lösen sein werden.

Auch das Nervensystem der thierischen Organismen findet sich anfangs als sehr einfaches Beziehungsorgan zwischen den im Verlaufe fortgesetzter Arbeitstheilung entstandenen Organen angelegt und hat sich durch auf lange Generationen vertheilten Erwerb zu der Feinheit, Complication und der die Welt anschauen-

den und ihren Inhalt der geistigen Verarbeitung überliefernden Leistungsfähigkeit des menschlichen Gehirnes entwickelt.

Mehr als Alles werden die über diese Thatsache gesammelten Erfahrungen dazu zwingen, daß man dem von Lotze bei einer anderen Gelegenheit gemachten Vorwurfe auch hier sich entzieht und ablasse von der „üblen Gewohnheit, Räthsel, welche alle Welt und alle Zeiten bewegt haben, als nur vorhanden und fortgepflanzt in der Überlieferung philosophischer Schulen zu betrachten“. Ein großer Theil jenes noch dornenvollen Gebietes wird aber den glücklich begonnenen Culturversuchen der Naturwissenschaften nun mit Recht überlassen bleiben.

Erinnern wir uns noch einmal des Standpunktes, auf den alle unsere Betrachtungen hinweisen, daß das Ganze des vielverschlungenen Lebens im innigen und unzertrennlichen Zusammenhange mit der ganzen Natur die bedeutungsvollste Leistung der ihr innewohnenden Kräfte verwirklicht, daß es unserem Erkenntnißvermögen allein sich erschließt aus der einmal gegebenen und als solche allen übernatürlichen Mächten und geheimnißvollen Trieben dauernd entrückten, allgemeinen Einrichtung der Natur, die auch im Lebendigen stetig wirkt nach den ewigen Gesetzen der ununterbrochenen Weltordnung, deren unverrückbares Walten

„Das, was heut und ewig die Geister“,

„Tiefer und tiefer gefühlt, immer nur einiger macht“.

