

die erforderlich ist, um neben und innerhalb der Bewegung Gang, Haltung u. s. w. zu sichern. Das Kleinhirn der Fische muss also ebenso wie das der Säuger als das Organ des Statotonus betrachtet werden, im Gegensatz zu Franz³⁾, der in ihm den Sitz des Gedächtnisses der Fische vermutet.

Über den Zusammenhang der Energien in der belebten Natur.

Von Ferdinand Röder (Wien).

Die letzte zusammenfassende Rede über das Leben wurde von Professor Schäfer zur Eröffnung der „British Association for the Advancement of Science“ gehalten. Sie beginnt mit dem Bekenntnis, dass wir bis heute keine Definition des Lebens besitzen. Er selbst habe um so weniger Neigung mit dieser Aufgabe zu ringen, 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.

Ich kann dem Verzicht des englischen Physiologen um so weniger zustimmen, als ich gerade in dem genannten Umstande eine Erleichterung erblicken muss. Denn je größer das Gebiet der Ähnlichkeiten wird, um so mehr engt sich das Gebiet der Verschiedenheit ein und damit die Zahl der Instanzen, die das Lebendige von dem Leblosen unterscheiden. Je kleiner aber die Zahl dieser Instanzen ist, desto erschöpfender wird die Definition sein können.

Wenn es also der neueren Forschung gelungen ist, einzelne Lebenserscheinungen nachzuahmen, wenn die Bewegung der Amöbe der Form nach dadurch wiedergegeben werden kann, dass man einen Tropfen Olivenöl, das eine Spur freier Fettsäure enthält, auf eine $\frac{1}{2}$ —2%ige Lösung von Na_2CO_3 bringt, wenn die Niederschlagsmembran aus Ferrocyan Kupfer hinsichtlich Permeabilität und Erzeugung eines starken osmotischen Drucks gleiche Eigenschaften aufweist wie die Hautschicht des Protoplasmas, wenn Wachstum und Teilung künstlicher Kolloide in geeignetem Medium merkwürdige Ähnlichkeit mit den Erscheinungen von Wachstum und Teilung lebender Organismen zeigt, wenn sogar die Karyokinese mit einer Lösung von Kochsalz, die Kohlenpartikel suspendiert enthält, nachgeahmt werden kann, indem sich diese in ihrer Abhängig-

3) Franz, Das Kleinhirn der Knochenfische. Zoologische Jahrbücher, Abt. f. Anat. u. Ontog., 1912.

keit vom Elektrolyten wie die Chromatinpartikel in einem sich teilenden Zellkern verhalten, so bedeutet dies doch nur, dass dieselben Beziehungen zwischen chemischer Energie und einer anderen Energieart, die in der belebten Natur bestehen, bei geeigneter Wahl der chemischen Substanzen auch in der unbelebten Natur in gleicher Weise zum Ausdruck gelangen können. Der Unterschied ist dann eben der, dass die lebendige Substanz alle die genannten und noch andere Energiebeziehungen in sich vereinigt, während die angeführten Substanzen ebenso wie die leblosen Maschinen immer nur eine der bezüglichen Energieumwandlungen zum Ausdruck bringen. Man könnte diese Eigenschaft der lebendigen Substanz nach einem der Chemie entlehnten Bilde als die Mehrwertigkeit der chemischen Energie der belebten Materie bezeichnen. Würde man uns etwa eine Materie zeigen, die außer anöboider Bewegung eine semipermeable Membran, Wachstum und Kernteilungsfigur aufwiese, so würde es uns sicher wesentlich schwerer fallen sie als unbelebt anzusehen.

Einen zweiten Unterschied entnehmen wir der Entwicklungsmechanik. Sie zeigt uns den Einfluss der Schwere, der Bewegungsenergie und der Oberflächenenergie auf lebende chemische Systeme. Hatten wir vorher die Abhängigkeit der Raumergien von der chemischen Energie, so haben wir jetzt die Abhängigkeit der chemischen Energie von Energien des Raumes vor uns. Die Bedeutung dieser Tatsache scheint nicht in vollem Umfange gewürdigt zu werden. Physik und Chemie weisen keine analogen Erscheinungen auf. Dies wird uns um so weniger befremden und um so mehr verständlich, als wir gerade das Vorhandensein von Analoga für gewisse Lebenserscheinungen an das Vorhandensein geeigneter chemischer Substanzen gebunden fanden. Das Fehlen von Analoga für gewisse andere Lebenserscheinungen muss daher auf das Fehlen derartiger Substanzen bezogen werden, die geeignet wären, die entsprechenden Energieumwandlungen zum Ausdruck zu bringen, sei es, dass diese Substanzen bis heute nicht aufgefunden wurden, oder dass solche in der unbelebten Natur überhaupt nicht existieren. Denn so wenig befriedigend die Ansicht der einen ist, die die Lücke, welche die physikalisch-chemische Erklärung übrig lässt, durch ein unfruchtbares X oder U auszufüllen suchen, so wenig berechtigt ist die Neigung der andern, die Mannigfaltigkeit der Lebenserscheinungen in den Rahmen des Bildes zu pressen, das das geläufige Tatsachematerial der anorganischen Wissenschaften vorgezeichnet hat. Der Rahmen, der Belebtes wie Unbelebtes umfassen soll, muss durch Gesetze größter Allgemeinheit, d. s. die Beziehungen der Energien zueinander, dargestellt werden, nicht aber durch die besondere Form, in welcher diese in einem Teil des Weltganzen erscheinen. Mit der Beziehung ist das Maß ihres

Ausdruckes noch nicht gegeben. Und wie ein gerechter Richter an Verschiedenes nicht den gleichen Maßstab anlegt, so hat auch die Natur Ungleiches nicht mit gleichem Maße bemessen. Das Beispiel der Schwere wird dies erläutern.

Bereits im Anfang des vorigen Jahrhunderts ist die Frage nach dem Einfluss der Schwere auf chemische Systeme aufgeworfen worden. Gay Lussac stellte dann Versuche darüber an, ob eine Salzlösung unter dem Einfluss der Schwerkraft in einer vertikalen 2 m langen Säule am unteren Ende eine andere Konzentration annehme als am oberen Ende. Er erhielt ein negatives Resultat. Gouy und Chaperon haben dieses Ergebnis später aufgeklärt, indem sie thermodynamisch den Einfluss der Gravitation auf die Konzentration aus der Änderung der Dichte mit der Konzentration berechneten und denselben so klein fanden, dass seine experimentelle Feststellung nicht ausführbar ist. In der unbelebten Natur kommt also diese Beziehung nicht zum Ausdruck. Anders in der belebten Natur. Hier sehen wir, dass bereits minimalste Potentialdifferenzen der Schwere ihre Wirkung äußern können. So vermögen sie in dem undifferenzierten, sich furchenden Froschei die chemische Differenzierung, die Lage der Spindel zu bestimmen. Durch Kompensation der Schwere durch Bewegungsenergie wird diese Einwirkung aufgehoben und dadurch die Teilungsebene verlagert (vgl. die Arbeiten von Pflüger und Roux). Wir finden also, dass in der belebten Natur schon die geringsten Potentialunterschiede dieser Energie des Raumes in-stande sind, sinnfällige Änderungen der chemischen Energie zu erzeugen, während in der unbelebten Natur diese Beziehung nicht entwickelt ist.

Verallgemeinernd könnten wir sagen, dass die räumlich zusammenhängenden, zur Materie vereinigten Energien, die im Anorganischen zum größten Teil unabhängig voneinander erscheinen, ein Phänomen, das unter dem Namen der Superposition der Energien bekannt ist, in der belebten Materie in innige, gleichmäßige Beziehung zueinander treten. Den Ausdruck dieses allseitigen, ebenmäßigen Zusammenhanges könnten wir demnach als Leben bezeichnen. Diese Definition kann uns einesteils als Führer dienen, um den einzelnen in Betracht kommenden Beziehungen nachzugehen, anderesteils wird sie bei Nachweis einer solchen Beziehung selbst eine wesentliche Stütze erhalten.

Aus der Physiologie der Pflanzen wissen wir, dass bei ihnen Wachstum nur erfolgt, wenn die Zellen einen gewissen Turgor besitzen, d. h. unter einem nicht zu niedrigen hydrostatischen Druck stehen. Veränderungen des Zellenturgors durch Veränderungen der Wasserbewegung infolge geänderter Transpiration rufen nicht nur Veränderungen der Pflanzenform und des inneren Baues, sondern auch der chemischen Zusammensetzung hervor (vgl. Schlösing,

Comptes rendus 1869, S. 353). Wird bei wachsenden Pflanzen, deren Zellen also unter einem bestimmten hydrostatischen Druck stehen, z. B. bei Bohnenwurzeln, der Druck durch Eingipsen gesteigert, so findet eine beschleunigte Ausbildung der inneren Gewebe statt.

Bei den niederen Tieren ist die Bedeutung des Druckes für das Wachstum durch Versuche von Loeb und Child festgestellt worden (vgl. J. Loeb, Vorlesungen über die Dynamik der Lebenserscheinungen. Leipzig 1906). Schneidet man nämlich bei Aktinien (*Cerianthus membranaceus*) die Mundscheibe der Tiere ab, so beginnen neue Tentakel an der Schnittstelle zu wachsen. Macht man nun, nachdem die neuen Tentakel angefangen haben zu sprossen, einen seitlichen Einschnitt in den Körper des Tieres, so hört das Wachstum der über der Schnittstelle gelegenen Tentakel auf, während die übrigen Tentakel fortfahren zu wachsen. Die Mechanik dieser Erscheinung ist durch Child klargestellt worden. Jeder Tentakel ist ein Hohlzylinder, der mit der Körperhöhle kommuniziert, aus der die Flüssigkeit in den Tentakel gepresst wird. Macht man also durch die Wand von *Cerianthus* einen partiellen Querschnitt nahe der Mundscheibe, so kollabieren diejenigen Tentakel, welche über der Durchschnittsstelle stehen, da keine Flüssigkeit mehr in die Tentakel gepresst werden kann. Ebenso können durch Regeneration bereits gebildete Tentakel durch Aufhören des Drucks infolge Einschnittes in den Fuß und Verhinderung der Wundränder am Zusammenheilen zum Degenerieren gebracht werden.

Die Unabhängigkeit des Wachstums vom Nährmaterial beweist die Regeneration der Tentakel an Stücken, die aus der Wand eines *Cerianthus* geschnitten waren, ferner bei herausgeschnittenen Stücken von *Tubularia*, wo sogar die Bildung des Stammstückes wegen Baumaterialmangel unterbleibt. Bemerkenswert ist hierbei, dass in Stämmen ohne Zirkulation keine Regeneration stattfindet. — Änderung des Druckes der Umgebung führt bei Wasserorganismen, vielen Algen und Pilzen, zu chemischen Vorgängen, die eine dem Außendruck entsprechende Erhöhung oder Erniedrigung des Eigendruckes bewirken.

Die präzise Ausdrucksweise der Energetik befähigt uns, die Ergebnisse aller dieser Versuche unter ein Gesetz zusammenzufassen. Da den Lebensvorgängen chemische Prozesse zugrundeliegen, der Druck aber in der Sprache der Energetik nichts anderes ist als der Intensitätsfaktor der Volumenergie, so beweist das Tatsächliche dieser Versuche die Abhängigkeit der chemischen Energie der Zellen von ihrer Volumenergie.

Der zuerst beobachtete Zusammenhang zwischen Pflanzenwachstum und Turgor konnte in dieser Fassung nur durch eine mittel-

bare Abhängigkeit erklärt werden. „Man stellt sich vor, dass der innere Druck die Membran der Pflanzenzelle dehnt und damit Hohlräume schafft, in welche neues Material deponiert werden könne¹⁾.“ Hierzu ist zu bemerken, dass einerseits die Herstellung von Hohlräumen durch einen allseitig wirkenden Druck nicht ohne weiteres verständlich ist, andererseits das Vorhandensein einer reichlichen Menge von Baumaterial wohl eine notwendige Vorbedingung, aber nicht zureichenden Grund für den Aufbau bildet. Weiters aber besteht, wie die übrigen Beispiele zeigen, Proportionalität nur zwischen Druck und Zelltätigkeit, nicht aber zwischen der Größe des Nährmaterials und dieser. Ein richtiges Abhängigkeitsverhältnis kann daher nur zwischen den beiden ersten Größen gedacht werden. Dieser unmittelbare Zusammenhang ist ohne weiteres verständlich, wenn man beachtet, dass von der Volumenergie des Systems die Konzentration der innerhalb des Systems wirksamen Stoffe abhängt, die den Verlauf der chemischen Vorgänge bestimmt. Wir haben es also nur mit einem allgemein anerkannten Energieprinzip zu tun, das bloß durch die Eigenart der lebenden Substanz zu besonderer Bedeutung gelangt. Zu der chemischen Eigenart, die das Beispiel der Schwere illustriert hat, kommt eben bei dieser Beziehung noch der eigentümliche physikalische Charakter. Es mag daran erinnert werden, dass schon Robert Mayer das lebendige Gewebe (zum Zweck der Erklärung der Irritabilität) mit den expansibeln Materien, den Dämpfen verglichen hat. Die moderne Anschauung von der Schaumstruktur des Protoplasmas, die auf eine Emulsion von Gasen in wässriger Flüssigkeit hinweist, bringt vielleicht die Tatsache der nicht auf Osmose beruhenden Volumsänderungen der Zellen dem Verständnis näher. Wie dem immer sei, sicher ist, dass zwischen der Volumenergie der Umgebung der Zellen, ihrer eigenen Volumenergie und der Intensität der in ihnen ablaufenden chemischen Prozesse ein Abhängigkeitsverhältnis besteht.

Dass dem Druck an sich eine Bedeutung zukommen muss, lehrt auch die teleologische Betrachtungsweise, deren Anwendung schon oft dankenswerte Aufschlüsse erteilt hat. Im Warmblüterorganismus wäre der enorme Energieaufwand des Herzens eine zwecklose Verschwendung, wenn es sich nur um den Transport des Nährmaterials handelte, da die zur Erteilung einer Geschwindigkeit nötige Arbeit um ein bedeutendes geringer sein könnte als sie tatsächlich ist. Das Bestreben des Organismus, den mittleren Blutdruck annähernd auf gleicher Höhe zu erhalten und die darüber hinausgehende, von Bayliss nachgewiesene Konstanz des Kapillardrucks weisen auf die Wichtigkeit des normalen Drucks für den normalen Ablauf der Lebensvorgänge hin. Man kann einem Hunde

1) Loeb: Vorlesungen über die Dynamik der Lebenserscheinungen S. 291.

die doppelte Blutmenge einspritzen, ohne dass sich der Blutdruck bedeutend erhöht. Andererseits lehren Experiment und Beobachtung, dass der arterielle Blutdruck nach Blutverlusten, sofern sie einen gewissen Grad nicht übersteigen, annähernd wieder die alte Höhe erreicht. Bei großen Blutverlusten ist, wie die Praxis gezeigt hat, die Wiederherstellung normaler Druckverhältnisse durch Kochsalzinfusion und nicht der Ersatz des Nährmaterials, den die Theorie verlangte, das wesentliche Moment zur Erhaltung des Lebens.

Es würde den Rahmen unserer Aufgabe überschreiten, Beweise aus dem ungeheuren Gebiet der Physiologie und Pathologie zu sammeln. Nur kurz sei an das Auftreten lokaler Blutdrucksteigerung in funktionierenden Organen²⁾, an die histomechanischen Prinzipien Thoma's³⁾, die Bau und Wachstum der Gefäße vom Druck abhängig machen, an die Umbildung von in Arterien transplantierten Venenstücken, an die Ansicht Skoda's über die Ursache der Herzhypertrophie erinnert: „Man hat die Hypertrophie bei Klappenfehlern als ein Heilbestreben der Natur angesehen, doch würde sich hierdurch die Natur wenig auszeichnen — alles ist mechanische Notwendigkeit.“

Der Einfluss der Drucksenkung lässt sich am rein mechanischen Trauma beobachten, bei dem ausschließlich als Folge der Zirkulationsstörung Änderung der Durchlässigkeit der Kapillaren eintritt⁴⁾. Es sei auf die Erscheinung hingewiesen, dass die verschiedensten chemischen und physikalischen Agentien ähnliche pathologische Wirkungen (Degenerationen) erzeugen, wofern sie nur den Blutdruck in gleicher Weise herabsetzen, auf die Divergenz der Anschauungen, die über die Bedeutung von Druck und Zelltätigkeit in der Physiologie und Pathologie der Harnabsonderung herrschen und welche durch die zwischen Druck und Zelltätigkeit aufgestellte Beziehung eine Einigung erfahren würden.

Es möge vorläufig die Feststellung genügen, dass eine Prüfung der vorliegenden Tatsachen nirgends einen Widerspruch mit dem angenommenen Zusammenhang ergeben hat. Seine Anerkennung als allgemeines Prinzip würde dem therapeutischen Handeln neue Richtlinien geben. Im Verein mit den andern in der belebten Materie entwickelten Beziehungen bestätigt er die früher aufgestellte Definition des Lebens, deren Inhalt die Möglichkeit einer vollständigen Beherrschung der Lebensvorgänge gewährleistet.

2) Röder: Blutdrucksteigerung bei lokaler Gefäßerweiterung Zentralbl. f. Physiologie, Bd. XIX, Nr. 24.

3) Thoma: Patholog. Anatomic S. 321 ff.

4) Thoma, ebenda S. 32 ff.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [35](#)

Autor(en)/Author(s): Röder Ferdinand

Artikel/Article: [Über den Zusammenhang der Energien in der belebten Natur. 475-480](#)