

wicklungsfähigkeit ergänzt. So verschieden die männlichen und weiblichen Keimzellen sind, in einem sind sie doch gleich, in ihrer Kernsubstanz. In diesen väterlichen und mütterlichen Kernelementen müssen wohl die dirigierenden Kräfte liegen, welche dem neuen Organismus neben den Merkmalen der Species die individuellen Eigenschaften der beiden Eltern kombiniert aufprägen. Und diese Kombination der Kernsubstanzen als der Qualitätenträger wäre also das Ziel aller Paarung vom Infusionstierchen bis zum Menschen.

Nach Boveri ist die Beantwortung der Frage: Was soll die Mischung? so gut wie ausgeschlossen, da er nicht glaubt, dass sie je gelingen wird. Die exakte Lösung wäre nur auf experimentellem Wege möglich. Alles, was wir von den organischen Wesen wissen, führt zu der Ueberzeugung, dass die höheren aus niederen durch allmähliche Umbildung entstanden sind, und die ganze organische Welt erscheint uns durch langsame Fortschritte aus primitivstem Urzustand zu höchster Komplikation aufgestiegen. Ungelöst ist nur die Frage, welche Kräfte dies bewirken konnten. Einer dieser Faktoren beim Fortschritt des Organischen scheint, darin stimmt Boveri mit Weismann überein, in den Folgen der Individuenmischung gegeben zu sein. Und wenn dies richtig ist, so wäre hier eine Wirkung erkannt, die wohl im Verhältnis steht zu der unermesslichen Rolle, welche die Zellenpaarung in der Welt spielt. — Der Aufsatz giebt im wesentlichen den Inhalt eines Vortrages wieder, den der Verfasser am 23. September des vorigen Jahres in der ersten allgemeinen Sitzung der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Hamburg gehalten hat. Boveri giebt dadurch eine dankenswerte klare Zusammenstellung der wissenschaftlichen Ergebnisse über das Problem der Befruchtung, welche die Forschung bis dahin gesammelt hat.

Da dieser Gegenstand von anderen Seiten wiederholt von verschiedenen Gesichtspunkten aus behandelt wurde, ist es von um so größerem Interesse, wenn ein erfahrener Zoologe sich mit der bezeichneten Aufgabe beschäftigt. Boveri fügt seiner Abhandlung noch einen Auhang bei, welcher sich die Klarstellung der Bedeutung der Loeb'schen Ergebnisse für das Befruchtungproblem zum Ziel gesetzt hat. [37]

Dr. Alexander Sokolowsky (Charlottenburg).

Das Energieprinzip und die energetische Betrachtungsweise in der Physiologie.

Von Dr. **F. Mares**,

Professor der Physiologie an der böhmischen Universität zu Prag.

1. Robert Mayer ging bei der Begründung des energetischen Erhaltungsprinzips von physiologischen Betrachtungen aus, beschränkte sich jedoch in seiner ersten Abhandlung auf den Nachweis dieses Prinzips in der unbelebten Natur. Das Anorganische ist ihm zur Hauptsache geworden, er suchte vom Terrain der physikalischen Wissenschaft aus im Gebiete der Physiologie festen Fuß zu fassen. Denn wäre die Sache, sagt er, von physikalischer Seite nicht haltbar, so wären die plausibelsten physiologischen Ideen, die man darauf

gründen wollte, nur Seifenblasen (Die Mechanik der Wärme; herausgeg. v. Weyrauch, 1893, S. 35, 42).

Mayer's Begründung des Prinzips beruht in der ersten Abhandlung auf den Begriffen der Substanz und der Kausalität (e nihilo nil fit, causa aequat effectum). Auch in der zweiten Abhandlung steht die logische Begründung im Vordergrund; Mayer beruft sich auf das Gesetz des logischen Grundes, welches den Naturforscher nötigt, die Leistung mit dem Aufwande in Kausalzusammenhang zu bringen. Hier aber sucht er das logisch entwickelte Prinzip auch empirisch nachzuweisen; er beruft sich auf die Denkgesetze und auf die Erfahrung. Dieser Nachweis ist ihm im Gebiete der Physik durch die Berechnung des mechanischen Wärmeäquivalents auf Grund der Experimente von Gay-Lussac vollkommen geglückt. Und da er auf diese Weise in der Physik festen Fuß gefasst hat, so wagte er den Schritt in das Gebiet der Physiologie.

Hier versucht er es zuerst, die Gültigkeit und Bedeutung des energetischen Erhaltungsprinzips im großen und ganzen nachzuweisen. Die Sonne ist die Quelle eines Stromes von Energie, welcher sich über unsere Erde ergießt. Die Pflanzenwelt bildet ein Reservoir, in welchem die flüchtigen Sonnenstrahlen fixiert und zur Nutznießung niedergelegt werden. So wie die Pflanzen Materie nicht erzeugen, sondern nur umwandeln, so vermögen sie auch eine Kraft nur zu umwandeln, nicht aber zu erschaffen. Diese Wahrheit ist mehr a priori einleuchtend, als durch Versuche, welche überall keine Einrede zulassen würden, in den einzelnen Fällen zu erweisen. Mayer unterlegt also seinen folgenden Untersuchungen als axiomatische Wahrheit den Satz: dass während des Lebensprozesses nur eine Umwandlung, so wie der Materie, so der Kraft, niemals aber eine Erschaffung der einen oder anderen vor sich gehe.

Die folgenden Untersuchungen Mayer's, durch welche er die Gültigkeit des Energieprinzips in den einzelnen Fällen zu erweisen suchte, sind nun in der That unzulänglich. Sie gründen sich auf Lavoisier's Verbrennungstheorie, von welcher ja Mayer überhaupt ausgegangen ist. Im tierischen Organismus, sagt Mayer, wird fortwährend eine Summe von chemischen Kräften aufgewendet. Ternäre und quaternäre Verbindungen werden als verbrannte Stoffe ausgeschieden. Die Wärmemenge, welche durch diese Prozesse geliefert werden kann, ist auf experimentellem Wege keineswegs genügend eruiert; es kann jedoch hier, wo es sich hauptsächlich um Feststellung eines Prinzips handelt, genügen, die Verbrennungswärme des reinen Kohlenstoffs den Rechnungen zu unterlegen. Sammelt man die in einer gewissen Zeit von einem Tiere gelieferten Kraftäußerungen, so wird man genau die Wärmemenge erhalten, welche dem stattgehabten chemischen Prozesse an und für sich entspricht. Auf der einen oder anderen Seite ein

Plus oder Minus anzunehmen, verbietet das Gesetz des logischen Grundes. *E nihilo nil fit, nil fit ad nihilum.* Die einzige Ursache der tierischen Wärme ist ein chemischer Prozess, in specie ein Oxydationsprozess.

Mayer versucht es zu zeigen, dass die höchst wertvollen Versuche von Dulong und Despretz, weit entfernt, eine Widerlegung des Grundsatzes: *e nihilo nil fit* zu enthalten, vielmehr die angefochtene Wahrheit auf dem Erfahrungswege bestätigen. Diese Wahrheit wurde nämlich damals von den Vitalisten verkannt, welche eine Lebenskraft als unerschöpfliche und erbliche Quelle der tierischen Wärme und Arbeit angenommen haben. Es ist zweifelsohne, dass Mayer diese Vorstellung einer Lebenskraft durch sein Energieprinzip vollständig und für immer überwunden hat, aber nicht durch den Nachweis seiner Gültigkeit in den einzelnen Fällen, wie es die Versuche von Dulong und Despretz wären, sondern durch die allgemeine Fassung jenes Prinzips als axiomatischer Wahrheit. Große wissenschaftliche Vorsicht führte Mayer dazu, sich zuerst in der Physik eine bombenfeste Citadelle zu schaffen; denn durch den empirischen Nachweis des Energieerhaltungsprinzips in der Physik war auch das Gebiet der Physiologie dafür erobert.

Dieses Prinzip ist denn auch bis heute in der Biologie eine axiomatische Wahrheit geblieben, sein empirischer Nachweis in den einzelnen Fällen ist trotz mühsamer und scheinbar gelungener Versuche bis jetzt nicht erbracht worden. Denn ein solcher Nachweis ist hier, namentlich auf dem von Lavoisier angezeigten Wege, gar nicht zu erbringen.

2. Seit Lavoisier bemüht man sich, die Gleichung zwischen der vom Tiere in einer gewissen Zeit abgegebenen Wärme und der zu gleicher Zeit in seinem Körper durch exothermale Stoffumwandlungen freigewordenen experimentell festzustellen. Diese Stoffumwandlungen bezeichnet man als Oxydation, in Hinsicht auf den Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäurebildung im Tierkörper. In der ersten Periode dieser Versuche stellte man sich auf den von der Chemie entwickelten Elementestandpunkt und nahm die Verbrennung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs im Tierkörper als Quelle der entwickelten Wärme an. Die Menge des verbrannten Kohlenstoffs entnahm man direkt aus der ausgeschiedenen Kohlensäure, die des Wasserstoffs berechnete man aus dem verbrauchten Sauerstoff, nach Abzug der zur Kohlensäurebildung verwendeten Menge desselben. In dieser Weise sind die Bilanzen von Dulong und Despretz angestellt worden.

Der Elementestandpunkt wurde von Liebig als verfehlt erkannt und in der Weise korrigiert, dass im Tierkörper nicht Kohlenstoff und Wasserstoff, sondern Nahrungsstoffe, Kohlenhydrate und Fette, verbrannt werden; demgemäß wurden nun in den energetischen Bilanzen die Verbrennungswärmen der Nahrungsstoffe verrechnet. Nichts-

destoweniger, der Elementestandpunkt wurde dadurch nicht vollständig beseitigt.

Der Elementestandpunkt wird noch immer in Betreff des verbrauchten Sauerstoffs eingenommen; man nimmt an, dass sich der Sauerstoff mit den Nahrungsstoffen direkt zu Kohlensäure und Wasser verbindet. Es hat schon R. Mayer selbst den Versuchen von Dulong und Despretz gegenüber hervorgehoben, dass der Elementestandpunkt auch in Betreff des Sauerstoffs irreführend sein kann. Dulong und Despretz, sagt er, bestimmten bei ihren Versuchen den verzehrten atmosphärischen Sauerstoff und die Menge der gebildeten Kohlensäure, und berechneten hiernach die zur Wasserbildung verbrauchte Sauerstoffmenge; sie gingen also von der Voraussetzung aus, dass der aktiv verbrennende Sauerstoff einzig von der Atmosphäre herrühre. Da nun aber der Stoffwechsel der Tiere nicht in einem Umsatze von Kohlenstoff und Wasserstoff in unorganischer Form, sondern in einer Zersetzung ternärer und quaternärer Sauerstoffverbindungen besteht, so liegt hierin eine mögliche Quelle von Fehlern. Organische Stoffe können ohne Sauerstoffaufnahme durch chemische Veränderungen Wärme entbinden; dies beweist der Prozess der geistigen Gärung (l. c. S. 82).

Der Stoffwechsel der Tiere besteht danach nicht in einem Umsatze von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in unorganischer, d. i. elementarer Form, sondern in der Umwandlung sehr komplizierter organischer Stoffe. Der Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäurebildung hängen nicht direkt zusammen. Es wäre möglich, dass der eingeatmete Sauerstoff zunächst zur Bildung dieser komplizierten „Sauerstoffverbindungen“ verwendet wird, welche dann unabhängig von der gleichzeitigen Sauerstoffaufnahme unter Kohlensäurebildung zerfallen würden. Diese Möglichkeit wird durch viele Thatsachen wahrscheinlich gemacht. Die Sauerstoffaufnahme und die Kohlensäurebildung sind als Endglieder einer ganzen Kette von Prozessen zu betrachten, so dass sie nicht direkt zusammenhängen und in weiten Grenzen voneinander unabhängig sind. Es kann vermehrte Sauerstoffaufnahme ohne gleichzeitige Vermehrung der Kohlensäurebildung, oder umgekehrt, stattfinden. Diese Verschiebungen werden im respiratorischen Quotienten ihren Ausdruck finden.

Es kommen Zustände vor, wo der respiratorische Quotient ungewein niedrig gefunden wird; bei keimenden Pflanzensamen, bei winter-schlafenden Säugetieren; auch im Schlafe und nach größeren Muskelanstrengungen wird der Quotient niedriger. In den in meinem Laboratorium ausgeführten respirometrisch-kalorimetrischen Versuchen an neugeborenen Kindern sind, namentlich im Winter, auffallend niedrige Quotienten in einer großen Zahl von Beobachtungen regelmäßig gefunden worden.

Athanasii (Pflüger's Arch. 79, 400) hat bei Fröschen im Sommer niedrigere, im Winter höhere respiratorische Quotienten beobachtet; dieser Unterschied ist von der Temperatur und von der Ernährungsweise unabhängig; denn die Frösche verbrauchen im Sommer mehr Kohlenhydrate, im Winter mehr Fette, was auf den Quotienten einen gerade umgekehrten Einfluss haben müsste, bei der Annahme, dass der Sauerstoff direkt zur Verbrennung der Nahrungsstoffe dient. Athanasii nimmt also an, dass die Frösche im Sommer mehr Sauerstoff aufnehmen, als sie dessen bedürftig sind, so dass sich Sauerstoffreserven in ihren Geweben bilden, von welchen sie im Winter zehren.

J. Gaule (Pflüger's. Arch. 87, 536) bemängelt die Versuche Athanasii's, deren Resultat er etwas ungenau wiedergibt, mit den Worten: Leider hat er bei seinen Versuchen keine Bestimmungen des ausgeschiedenen Wassers gemacht; der O dient ja nicht bloß, um den C, sondern auch um den H zu oxydieren; und vielleicht kann in dem Maße, wie die Oxydation des C sich vermindert, die des H sich steigern.

Der Elementestandpunkt von Dulong und Despretz tritt hier in seiner ganzen Ursprünglichkeit hervor. Diese Forscher setzten voraus, dass der überschüssig verbrauchte Sauerstoff zur Verbrennung des Wasserstoffs dient und berechneten hieraus das im Tierkörper gebildete Wasser. Jetzt handelt es sich aber um die Richtigkeit jener Voraussetzung; dazu müsste das im Tierkörper durch Verbrennung des Wasserstoffs entstandene Wasser direkt bestimmt werden. Und das verlangt Gaule offenbar, wenn er die Bestimmung des ausgeschiedenen Wassers fordert.

Auffallend niedrige respiratorische Quotienten findet man im Winterschlaf der Säugetiere. Pembrey (The Journal of Physiology, vol. 27, p. 66) erwartet von der Bestimmung des respiratorischen Quotienten und des ausgeschiedenen Wassers eine Beleuchtung des Metabolismus der Kohlenhydrate und Fette in diesem Zustande. Indem er auch meine respirometrischen Versuche am winterschlafenden Ziesel anführt, bemerkt er, dass hier leider die Bestimmung des ausgeschiedenen Wassers unterlassen wurde. Pembrey bestimmte also in seinen Versuchen an winterschlafenden Murmeltieren das ausgeschiedene Wasser. Leider konnte er diese Größe zur Beleuchtung des Metabolismus nicht verwenden. Im Zustande des Erwachens zeigte sich die Sauerstoffaufnahme und die Kohlensäureabgabe vermehrt, nicht aber die Wasserausscheidung. Pembrey bemerkt dazu, dass man es vom teleologischen Gesichtspunkte aus so erklären kann, dass das Murmeltier, welches im Verlaufe des Schlafes kein Wasser eingenommen und doch fortwährend ausgeschieden hatte, das beim Erwachen durch gesteigerte Verbrennung gebildete Wasser in seinem Körper zurückbehält.

Die Forderung, das im Tierkörper durch Verbrennung gebildete Wasser direkt aus dem ausgeschiedenen Wasser zu bestimmen, wird sehr häufig mit der Miene wissenschaftlicher Exaktheit ausgesprochen; und doch zeigt eine einfache Ueberlegung, dass diese Forderung vollkommen illusorisch ist. Die Gründe sind so handgreiflich, dass ich es unterlasse, dieselben auseinander zu setzen. Es hat schon Cl. Bernard (*Leçons sur les phén. de la vie etc.*, p. 169) hervorgehoben, dass man niemals die Wasserbildung bei den angeblichen Verbrennungen im Tierkörper hat direkt konstatieren können, ja er leugnete sogar aus guten Gründen jede Wasserbildung im Tierkörper!

Die Bestimmung des ausgeschiedenen Wassers zum Zwecke der Beleuchtung des tierischen Metabolismus ist völlig unnütz. Würde an Stelle des Wassers in der Tierkörperökonomie Sodawasser treten, so würde auch die ausgeschiedene Kohlensäure allen Wert für die Beleuchtung des tierischen Metabolismus verlieren, der schon auch so gering ist, weil sich im Tierkörper unkontrollierbare Kohlensäuremengen vorfinden, so dass die ausgeschiedene Kohlensäure ein sehr unsicheres Maß der gleichzeitig gebildeten ist.

Will man also die Erniedrigung des respiratorischen Quotienten darauf zurückführen, dass in solchen Fällen die Wasserbildung, d. h. die Verbrennung des H vermehrt ist, so macht man eine unbeweisbare Hypothese, welche überhaupt undiskutierbar ist. Der Elementarstandpunkt wird freilich in so unverhüllter Weise nicht mehr vertreten; man sagt, dass in solchen Fällen wasserstoffreichere Nahrungstoffe, z. B. Fette verbrannt werden. Auf diese Weise wollte man auch die in unseren Versuchen beobachteten niedrigen Quotienten bei neugeborenen Kindern erklärt haben. Quotienten bis zu 0.7 betrachtete man einfach für ein Zeichen, dass hauptsächlich Fett und in geringerem Grade Eiweiß oxydiert werden; für die abnorm niedrigen Quotienten von 0.6 und darunter ein Verständnis zu gewinnen, sagte man, dürfte außerordentlich schwer sein; vielleicht werden hier Kohlenhydrate aus Eiweiß und Fett gebildet (*Centralblatt f. Physiol.* 1897, S. 191; *Arch. f. Physiol. Suppl.* 1899, S. 357). Auch Pembrey nimmt zur Erklärung der ungemein niedrigen respiratorischen Quotienten im Winterschlaf an, dass hier Kohlenhydrat aus Fett gebildet wird, und stellt diese Stoffumwandlung durch eine glatte chemische Formelgleichung dar, bei welcher ein Verhältnis der gebildeten Kohlensäure zum verbrauchten Sauerstoff von 0.281 sich ergibt (*l. c.* p. 71).

Die Art und Weise der Verwendung des Sauerstoffs und der Nahrungstoffe im Organismus ist so gut wie unbekannt. Nimmt man nur auf die Anfangs- und Endstoffe Rücksicht, so könnte man die Hypothese aufstellen, dass sich der Sauerstoff mit den Nahrungstoffen direkt verbindet, wobei Kohlensäure und Wasser entstehen. Diese Hypothese über die Art und Weise der Stoffumwandlung aus dem An-

fangs- in den Endzustand, die Hypothese der direkten Oxydation, ist sehr einfach, und sie wird deshalb als der Wahrheit entsprechend ziemlich allgemein angenommen; ja man begegnet Behauptungen, welche sie als Thatsache hinstellen. Solche Behauptungen zeugen von vielem chemischen, aber sehr wenig physiologischem Sinne. Nebstdem wird dabei vergessen, dass durch die Anfangs- und Endstoffe der Verlauf und die Art und Weise der Stoffumwandlung gar nicht charakterisiert ist. Man sollte doch nicht mehr behaupten, als man überhaupt wissen kann. Durch die Betrachtung der Anfangs- und Endzustände gewinnt man keine Einsicht in den Verlauf und die Art und Weise der Stoffumwandlung. Will man diese dennoch kennzeichnen, so wäre es nur durch ein Bild oder ein Gleichnis möglich, welches man nicht als Ausdruck des Thatsächlichen nehmen darf, namentlich dann nicht, wenn dieses Gleichnis durch chemische Formelgleichungen dargestellt wird, welche keinen bekannten chemischen Stoffumwandlungen entnommen sind.

Die Thatsache des ungewöhnlich niedrigen respiratorischen Quotienten in manchen Zuständen des Organismus ist durch die Hypothese der direkten Oxydation der Nahrungsstoffe sehr schwer zu erklären, auch wenn man zu der Hilfshypothese einer direkten Bildung von Kohlenhydrat aus Fett Zuflucht nimmt; denn diese bedeutet eigentlich nicht mehr, als dass im Organismus sauerstoffreichere Verbindungen gebildet werden können, welche im Körper zurückgehalten werden. Das Thatsächliche kann ohne jede Hypothese so ausgedrückt werden, dass in solchen Zuständen, wo der Sauerstoffverbrauch die Kohlen säureausscheidung bedeutend überwiegt, Sauerstoffaufspeicherung im Tierkörper in irgend einer Form stattfindet, da die Annahme der Verwendung des überschüssig verbrauchten Sauerstoffs zur Wasserbildung problematisch und unkontrollierbar ist.

Man kann von einer Verbrennung der Nahrungsstoffe im Organismus und ebenso von einer Bildung von Kohlenhydrat aus Fett, oder umgekehrt, sprechen, wenn man nur den Anfangs- und den Endzustand der beteiligten Stoffsysteme im Auge hat, von der Art und Weise und dem Verlaufe der Stoffumwandlung aber vollständig absieht. Diese Betrachtungsweise ist auch bei den energetischen Stoffwechselbilanzen zulässig, weil der energetische Wert einer Stoffumwandlung auch nur durch den Anfangs- und Endzustand bestimmt ist, unabhängig von der Art und Weise ihres Verlaufes. Wollte man aber durch jene Ausdrucksweise gerade diesen Verlauf und die chemische Art der Stoffumwandlung kennzeichnen, wie es durch die üblichen Verbrennungsformelgleichungen geschieht, so würde man leicht zu Missverständnissen Anlass geben. (Fortsetzung folgt.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: [22](#)

Autor(en)/Author(s): Marées Friedrich v.

Artikel/Article: [Das Energieprinzip und die energetische Betrachtungsweise in der Physiologie. 282-288](#)