

Biologisches Centralblatt

unter Mitwirkung von

Dr. M. Reess und **Dr. E. Selenka**

Prof. der Botanik

Prof. der Zoologie

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

24 Nummern von je 2 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 16 Mark.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

X. Band.

15. Oktober 1890.

Nr. 17 u. 18.

Inhalt: **Rosenthal**, Antoine Laurent Lavoisier und seine Bedeutung für die Entwicklung unserer Vorstellungen von den Lebensvorgängen. — **v. Lendenfeld**, Neuere Arbeiten über Polypen und Medusen. — **v. Lendenfeld**, Bemerkung zu dem Schlüssel der Spougiennadeln. — **Schulz**, Die Synthese des Traubenzuckers. — **Aus den Verhandlungen gelehrter Gesellschaften:** 62. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Heidelberg (Schluss).

Antoine Laurent Lavoisier und seine Bedeutung für die Entwicklung unserer Vorstellungen von den Lebens- vorgängen.

Vortrag, gehalten in der 2. allgemeinen Sitzung der 63. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Bremen am 17. September 1890.

Der Reisende, welcher in Göschenen die Eisenbahn verlässt, um durch die wildromantischen Schöllenen der Höhe des Gotthardpasses zuzustreben, wird bei dem wiederholten Kreuzen der alten, jetzt längst verödeten Gotthardstraße leicht veranlasst sein, sich in Gedanken in jene Zeiten zurückzusetzen, in denen einsame Wanderer mühsam auf diesen Wegen einherzogen und schwerbeladene Saumtiere den spärlichen Verkehr zwischen deutschem und wälschem Lande vermittelten. Vielleicht kommt ihm auch die schöne Schilderung in den Sinn, welche Schiller seinem Tell in den Mund legt, indem er ihn dem flüchtigen Parricida den Weg weisen lässt. Oder die Gedanken schweifen noch weiter zurück zu Zeiten, in denen gallische Bewohner des oberen Italien und rhätische Ureinwohner des Gebirges auf noch ungebahnten Wegen sich hier begegnet sein mögen.

Aehnliche Gedanken kommen wohl auch denen, welche auf den von unseren Vorgängern gebahnten Wegen zu den Höhen wissenschaftlicher Erkenntnis emporsteigen. Eine solche historische Betrachtung wissenschaftlicher Fragen bietet gewiss des Interessanten vielerlei. Sie zeigt, wie die herrschenden Zeitideen von Einfluss auf den Gedankengang der Forscher sind, wie Entdeckungen in einem Gebiete auf anderen Gebieten Wirkungen ausüben, welche nicht immer gerade nutzbringend sind.

Historische Betrachtungen über Gegenstände der Wissenschaft sind aber auch ihrerseits vielfachen Irrungen ausgesetzt. Die wissenschaftliche Sprache hat im Laufe der Zeiten Wandlungen durchgemacht, so dass es oft schwer ist, den wahren Sinn eines Schriftstellers, selbst wenn er in unserer Muttersprache schreibt, richtig aufzufassen. Je mehr sich seine Anschauungen von den unserigen entfernen, desto leichter geraten wir in die Versuchung, seinen Aussagen einen falschen Sinn unterzulegen. Unbestimmte Andeutungen haben oft als Ausdruck von Entdeckungen gegolten, welche erst in viel späterer Zeit wirklich gemacht worden sind. Aber wir müssen uns auch hüten, den Irrtümern zu große Bedeutung beizulegen, welche durch den Mangel von Kenntnissen veranlasst wurden, die uns ganz geläufig und selbstverständlich erscheinen, deren Fehlen aber dem Gedankengange notwendig eine andere Richtung geben musste.

Niemand kann sich dem Einfluss entziehen, welchen die geistige Bewegung seiner Zeit auch auf scheinbar ganz entlegenen Gebieten des Wissens auf ihn ausübt. Aufsehen erregende Entdeckungen werden sofort auf andere Zweige der Wissenschaft übertragen. Die zur Herrschaft gelangten Anschauungen laufen wie neugeprägte Münzen um und werden, selbst wenn sie noch so minderwertig sind, von den Zeitgenossen gern angenommen und als vollwertig geschätzt, bis weiter fortgeschrittene Erkenntnis ihren Minderwert feststellt.

Alles das gilt selbst von Zeiten, welche der Gegenwart recht nahe liegen. Ist dem so, so kann man daraus schließen, dass auch, was wir heute für gute Münze gelten lassen, von unseren Nachkommen als minderwertig missachtet werden wird. Und mit mancher Meinung wird das auch wohl sicher der Fall sein. Wir dürfen aber auch hoffen, dass in dem Maße, als die Methode der Forschung verbessert wird, der wahre Wert der Errungenschaften zunimmt, so dass die Zukunft immer weniger auszumerzen genötigt sein wird. Und gerade auf die Fortschritte in der Methode der Untersuchung möchte ich deshalb vor allem Ihre Aufmerksamkeit lenken.

Ich will Sie aber nicht in weit entlegene Zeiten zurückführen. Nur einen Zeitraum von etwas mehr als 100 Jahren wollen wir in großen Zügen an unserem Geist vorüberziehen lassen und nur die wesentlichsten Punkte dessen, was die Menschen in dieser Zeit von dem Leben als einer der merkwürdigsten Naturerscheinungen gedacht haben, soll uns beschäftigen. Die große Frage, worin der Unterschied der belebten von der unbelebten Natur liege, hat ja immer eine große Anziehung auf die Denker ausgeübt.

Der Stand der Naturwissenschaften um die Mitte des vorigen Jahrhunderts war durchaus kein niedriger. Bacon von Verulam hatte die Grundsätze induktiver Forschung in mustergiltiger Weise festgestellt und hervorragende Forscher, wie Galilei, Kepler und Newton hatten die wichtigsten Grundgesetze der Physik durch Be-

obachtungen und Versuche ermittelt. In der Wissenschaft vom Menschen war durch die von Vesal angebahnten Fortschritte der Anatomie, ganz besonders aber durch die Entdeckung des Blutkreislaufs durch William Harvey und durch die Arbeiten Haller's ein fester Grund gelegt worden. Einer besonderen Blüte erfreute sich auch die Chemie, auf deren damaligen Zustand wir etwas näher eingehen müssen, weil an sie die Wirksamkeit Lavoisier's zunächst anknüpft.

An der Spitze der damaligen Wissenschaft stand Georg Ernst Stahl, einer der hervorragendsten Geister seiner Zeit, dessen Gedanken nicht nur die Chemie, sondern auch die gesamte Medizin lange Zeit hindurch beherrschten. Stahl's Bedeutung beruht darauf, dass er es verstand, die gesamten naturwissenschaftlichen Kenntnisse seiner Zeit unter gemeinsamen Gesichtspunkten zusammenzufassen. Wir mögen heutzutage seine sogenannte Phlogistonlehre und den von ihm begründeten Animismus als Irrtümer verwerfen, aber wir dürfen doch darüber nicht vergessen, dass beide Lehren für ihre Zeit einen großen Wert hatten, eben weil sie die Gesamtheit der damals vorhandenen Kenntnisse unter einheitlichen Gesichtspunkten zusammenfassten und damit das leisteten, was wir von einer jeden Theorie verlangen.

Als Lavoisier seine Laufbahn begann, war die Phlogistontheorie allgemein anerkannt und auch er stand voll und ganz auf ihrem Boden. Wenn man seine Arbeiten in der Reihenfolge ihres Entstehens durchgeht, so kann man Schritt für Schritt verfolgen, wie er erst zögernd, dann mit immer größerer Bestimmtheit an ihr zu zweifeln beginnt, dann mit der Leidenschaft des von einer neuen Wahrheit Durchdrungenen an ihr Kritik übt, um sie schließlich in ihrer Unhaltbarkeit darzulegen und zu bekämpfen. Diesen Fortschritt hat Lavoisier nicht ausschließlich durch eigne Arbeiten herbeigeführt, sondern auch durch die geschickte Benützung der Entdeckungen seiner Zeitgenossen. Was ihm aber wesentlich angehört, das ist die konsequent durchgeführte Anwendung der Wage bei der Verfolgung chemischer Prozesse. Gerade dadurch ist Lavoisier der eigentliche Begründer der neueren Chemie geworden.

Es ist nicht meine Absicht, Ihnen alle Arbeiten dieses großen Mannes im Zusammenhange vorzuführen. Seine Verdienste um die eigentliche Chemie sind oft genug dargestellt worden; ich muss mich bescheiden, zumal bei der Kürze der mir zu Gebote stehenden Zeit, auf die vortrefflichen Darstellungen von Kopp, Ladenburg, E. v. Meyer, Würtz u. a. zu verweisen. Aber einen Punkt muss ich hervorheben: das ist der schon angedeutete Nachweis, dass bei den chemischen Prozessen die Menge des vorhandenen Stoffs weder vermehrt noch vermindert wird. Dieser Nachweis, von ihm zuerst für eine Anzahl solcher Prozesse geführt, ist seitdem als ein allgemein giltiges Grundgesetz, als das Gesetz von der Unveränderlichkeit des vorhandenen Vorrats an Materie erkannt worden. Und dieses Gesetz

gilt nicht nur für die Vorgänge der unbelebten, sondern auch für alle Vorgänge in den lebenden Wesen und für alle Wechselwirkungen zwischen diesen und der Außenwelt. So selbstverständlich uns dies heute erscheint, so wurden doch noch um die Mitte dieses Jahrhunderts angebliche Thatsachen in den Lehrbüchern mitgeteilt, welche ihm widersprachen. Nach Vauquelin sollte nämlich im Tierkörper Kalk neu entstehen können, weil er gefunden zu haben glaubte, dass Hühner von diesem Stoffe mehr ausscheiden, als sie mit der Nahrung aufnehmen.

Was aber Lavoisier seine hervorragende Stellung in der Geschichte der Physiologie anweist, das ist eine Reihe von Arbeiten über physiologische Fragen im engeren Sinne, die in ihren Folgen dem die Physiologie seiner Zeit beherrschenden Animismus Stahl's ebenso ein Ende gemacht haben wie seine chemischen Arbeiten der Lehre vom Phlogiston.

Die Erscheinung des Feuers und der Wärme hatte von jeher die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich gezogen. Stahl erklärte diese Erscheinung, indem er annahm, die „Feuermaterie“ stecke in den brennbaren Körpern und komme aus denselben bei der Verbrennung zum Vorschein. Diese Feuermaterie nannte er Phlogiston. Lavoisier aber wies nach, dass die Verbrennung auf einer Verbindung der brennbaren Körper, z. B. der Kohle, mit dem kurz vorher von Priestley und gleichzeitig auch von Scheele entdeckten Sauerstoff der Luft beruhe, dass die Atmung der Tiere ein Verbrennungsprozess sei, bei welchem sich eben dieser Sauerstoff mit Bestandteilen des tierischen Körpers verbinde, und dass durch diese Verbindung mit dem Sauerstoff die schon früher von Black in der Ausatmungsluft nachgewiesene Kohlensäure und Wasser entstehen. Seinem Grundsatz treu, sich bei der Verfolgung chemischer Prozesse nicht bei dem allgemeinen Nachweis des Vorgangs genügen zu lassen, unternahm er dann in Gemeinschaft mit Seguin eine Untersuchung über die Mengen der von Menschen und Tieren ausgeatmeten Gase, welche, seitdem noch oft mit im Wesentlichen gleichen Methoden wiederholt, zu der Erweiterung unserer Kenntnis von den Lebensvorgängen sehr viel beigetragen hat.

Rechnet man hinzu, dass Lavoisier der Begründer der in ihren wesentlichen Zügen noch heute gebräuchlichen Methode der organischen Elementaranalyse ist, und dass er mit Hilfe derselben die Zusammensetzung der organischen Substanzen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und dem nicht immer vorhandenen Stickstoff nachwies, so sieht man, dass aus seiner Hand die Grundlagen der physiologischen Chemie in einer Vollendung hervorgegangen sind, an welcher seine Nachfolger zwar noch für lange Zeit weiter zu bauen, an denen sie aber wesentliche Aenderungen nicht vorzunehmen vermochten. Aber damit haben wir Lavoisier's Bedeutung für die Physiologie

noch nicht erschöpft. Noch eine große Leistung haben wir zu erwähnen: seine Erklärung der Wärmebildung der Tiere.

Die auffallende Erscheinung, dass ein Teil der Tiere, alle Säugetiere und Vögel, während des Lebens eine Temperatur besitzen, welche die der Umgebung meistens beträchtlich übersteigt und dass sie diese Temperatur fast unverändert unter den verschiedensten Umständen bewahren, war von den Physiologen aller Zeiten hingenommen worden, ohne dass sie auch nur den Versuch einer Erklärung unternommen hätten. Denn einen solchen kann man in der Annahme, die Wärme sei den Tieren eingeboren, ebensowenig sehen als in der Annahme der Animisten, dieselbe sei ein Erzeugnis der Seele oder des Lebensgeistes, von dem sie alle rätselhaften Erscheinungen des Lebens ableiteten. Eine Ausnahme hiervon machten nur die sogenannten Iatro-mathematiker, welche die Wärme von der Reibung des Blutes in den Gefäßen ableiteten, oder auch mit der bei der Fäulnis oder der Gärung auftretenden Wärme verglichen, eine Annahme, die der Wahrheit nahe genug kommt, ohne jedoch zu weiteren Aufschlüssen führen zu können, da man eben von der Ursache der Wärmebildung bei jenen Vorgängen auch nichts wusste. Nachdem jedoch Lavoisier den Verbrennungsvorgang richtig gedeutet und die Uebereinstimmung des Atmungsprozesses mit einer Verbrennung erkannt hatte, wurde er ganz naturgemäß dazu geführt, auch die Wärmebildung der Tiere als Folge dieser Verbrennung anzusehen.

Für die Phlogistiker war das Feuer oder die Wärme ein Stoff oder ein Element, wie ihre anderen Elemente: Erde, Wasser, Luft. Bei der Verbrennung sowie bei der sogenannten Verkalkung der Metalle sollte sich das Phlogiston und mit ihm die Wärme aus den brennenden Körpern loslösen. Als später das brennbare Wasserstoffgas entleckt wurde, hielten Viele dasselbe für das eigentliche Phlogiston oder für sehr phlogistonreiche Luft, während umgekehrt Sauerstoff als dephlogistisierte Luft angesehen wurde. Diese Annahmen wurzelten so tief in den Anschauungen der damaligen Chemiker, dass selbst die längst bekannte Thatsache der Gewichtszunahme bei der Verkalkung, für welche Lavoisier durch den Nachweis, dass sie durch Aufnahme von Sauerstoff zu stande komme, eine ausreichende Erklärung gab, jene nicht von ihren Vorstellungen abwendig machen konnte; eher halfen sie sich mit der neuen Annahme, das Phlogiston möge wohl eine negative Schwere haben.

Als aber Lavoisier zur Ueberwindung des phlogistischen Standpunkts durchgedrungen war, konnte er nicht umhin, die bei allen Verbrennungen auftretende Wärme als eine wichtige Begleiterscheinung gleichfalls in den Kreis seiner Untersuchungen zu ziehen. Zwar blieb auch für ihn, wie für viele Naturforscher nach ihm, die Wärme noch ein Stoff, freilich ein unwägbarer, ein sogenanntes Imponderabile, wie der Magnetismus, die Elektrizität u. dgl. mehr. Aber wenn auch

diese Vorstellung verlassen ist, die Art der Wärmemessung, welche Laplace ersonnen und welche Lavoisier mit ihm zur Messung der von Tieren produzierten Wärme benutzt hat, bleibt noch heute mustergiltig. Und als sie die produzierte Wärme mit der in gleicher Zeit ausgeatmeten Kohlensäure verglichen, glaubten sie aus ihren Versuchen den Schluss ziehen zu dürfen, dass die tierische Wärme die Folge der im Körper vor sich gehenden Verbrennung sei.

Hierdurch wurde zum ersten Mal eine feste Grundlage für das Verständnis der Grundercheinung des tierischen Lebens geschaffen. Der Tierkörper setzt sich im Wesentlichen aus Stoffen zusammen, welche aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehen. Diese Stoffe können aber noch eine größere Menge von Sauerstoff aufnehmen, als sie schon enthalten; sie verbinden sich deshalb mit dem durch die Atmung zugeführten Sauerstoff, wobei Kohlensäure, Wasser und gewisse stickstoffhaltige Körper entstehen, welche ausgeführt werden. Durch diese Verbrennung wird Wärme gebildet. Indem mit den Ausscheidungen stets ein Teil der Leibessubstanz fortgeht, verliert das Tier an Gewicht. Der Verlust wird gedeckt durch Zufuhr von Nahrungsstoffen, welche aus denselben Elementen zusammengesetzt sind, wie der Tierkörper selbst, so dass dieser, bei passender Zufuhr, längere Zeit fortbestehen kann. Der Lebensvorgang gleicht also in vielen Stücken dem Verbrennungsvorgang in einer Lampe, und in der That sind die Brennstoffe, mit welchen wir die letztere speisen, im Wesentlichen von gleicher Zusammensetzung wie die Nahrungsstoffe.

Das ist in ihren wesentlichen Zügen die Lehre, welche Lavoisier als Ergebnis seiner physiologischen Untersuchungen aufstellte. Sie ist von überraschender Einfachheit und durch seine Versuche so ausreichend gestützt, dass man glauben sollte, die Physiologen seiner Zeit hätten sie mit Begierde ergreifen müssen, um aus den Schwierigkeiten herauszukommen, welche ihnen das Verständnis der Lebenserscheinungen bereitete. Aber das ist keineswegs der Fall gewesen. Ich will versuchen, die Gründe dafür aufzuweisen, soweit sie sich aus dem Studium der damaligen Schriften erkennen lassen.

Während die Herrschaft des Phlogistons unter den Streichen, die ihm die chemischen Entdeckungen Lavoisier's versetzten, schnell erlag, während alle namhaften Chemiker zu der antiphlogistischen Theorie, wie man sie im Bewusstsein des Gegensatzes nannte, übertraten, konnten sich weder die Physiologen von Fach noch die Philosophen und am wenigsten die Chemiker, wenn sie über die Lebenserscheinungen nachdachten, des Eindrucks erwehren, dass diese Erscheinungen von einer ganz besonderen Art seien, die mit denen der unbelebten Natur zwar in Einzelheiten zusammentreffen könnten, die aber von einer besonderen Kraft oder Ursache eigener Art hervorgerufen werden. Ob man diese hypothetische Ursache mit Para-

celsus als *Archaeus* oder mit Stahl als Seele oder, wie es bald nachher Gebrauch wurde, als Lebenskraft bezeichnete, Lavoisier's chemische Theorie der Atmung und Wärmebildung schien auf die schwierige Frage, was eigentlich das Leben sei, keine genügende Antwort zu geben. Man ließ sich, wenn man es genau betrachtet, damals von Anschauungen leiten, wie sie den Bestrebungen der Alchymisten zu Grunde gelegen hatten. Wie diese nach einer Materie suchten, der *quinta essentia*, welche alle Metalle in Gold verwandeln, den Besitzer weise und unsterblich machen sollte, so suchten die Forscher jetzt nach einem Wort, nach einer Formel, durch welche alle Rätsel gelöst, alle Geheimnisse erschlossen werden könnten. Und da man dieses Wort, diese Formel nicht fand, so schuf man wenigstens solche Worte für enger begrenzte Gebiete von Erscheinungen. Für die Lebenserscheinungen insbesondere suchten die einen es in der Lebenskraft, die andern in dem *nisus formativus* (Blumenbach), die dritten in der Irritabilität Haller's. Am meisten Anklang aber fand die Formel Stahl's, welcher als das Wesen des Lebens die Fähigkeit des Widerstandes gegen die Fäulnis ansah¹⁾.

Nicht wenig trug zur Befestigung und Verbreitung dieser Anschauungen ein Mann bei, dessen Verdienste auf einem andern Gebiete unsere vollste Anerkennung verdienen, Xav. Bichat. Bichat ist der Schöpfer der allgemeinen Anatomie, aus der sich unsere heutige Gewebelehre oder Histologie entwickelt hat, und zugleich einer der Mitbegründer der pathologischen Anatomie. Als treuer Anhänger der vitalistischen Schule, welche hauptsächlich auf der Universität von Montpellier gepflegt wurde, hat er dieser Lehre in seinen Werken eine große Verbreitung und auf lange Zeit unumschränkte Geltung verschafft. Seine Definition des Lebens: „la vie est l'ensemble des fonctions qui résistent à la mort“ ist im Grunde nur eine Umschreibung der Lehre Stahl's. Dass Bichat so großen Einfluss gewann, namentlich in seinem Vaterlande, ist weniger dem inneren Gehalt seiner Lehren als vielmehr seiner schönen und schwungreichen Vortragsweise zuzuschreiben.

Nach Bichat müssen wir in der Natur zwei Arten von Körpern unterscheiden, unbelebte und lebende, und zwei Reihen von Erscheinungen, physikalische und physiologische. Erstere werden durch die physikalischen Ursachen hervorgerufen: Schwere, Elastizität u. s. w., die anderen durch die physiologischen Ursachen: Extensibilität, Kontraktilität und Irritabilität. Die ersteren wirken nach unveränderlichen Gesetzen, die letzteren aber nicht. Es sei daher auch unmöglich, die physiologischen Erscheinungen mit den Methoden physikalischer Forschung zu untersuchen; er spricht mit einer Art von Verachtung von

1) „Vita nihil aliud est formaliter, quam conservatio corporis in mixtione quadam corruptibili, sed sine omni corruptionis actualis eventu“.

solchen Bestrebungen unter deutlicher Anspielung auf Lavoisier, freilich ohne ihn zu nennen.

Dem inneren Drange nach Erkenntnis, dem Suchen nach einem obersten Prinzip kamen aber besonders zwei Zeiterscheinungen zu Hilfe, welche wiederum unter einander im innigsten Zusammenhang stehen: die Naturphilosophie und der Galvanismus. Die Naturphilosophie hat in der Form, welche ihr von Schelling gegeben wurde¹⁾, den größten Einfluss auf die Entwicklung der Naturwissenschaften, besonders in Deutschland, ausgeübt. Dieser Einfluss ist oft behandelt worden, und es hat nicht an den herbsten Verurteilungen gefehlt, welche die spätern Auswüchse dieser Richtung auch redlich verdienen. Ich kann mich auf eine vollständige Würdigung der Naturphilosophie hier nicht einlassen. Nur ihre Wirkung auf die Auffassung der Lebensvorgänge will ich versuchen anzudeuten. Schelling stellt als höchstes Gesetz der Natur die Dreifaltigkeit auf; alles entstehe durch entgegengesetzte Thätigkeiten, welche durch eine dritte mit einander verbunden sind, die expandierende und die retardierende Thätigkeit und die Schwere, welche als gleichbedeutend mit der Materie anzusehen ist, während letztere zugleich das Produkt der drei Thätigkeiten darstellt. Die Natur als Produkt der eignen Thätigkeit stellt sich dar als unorganische, organische und kosmische. In der ersten ist die Thätigkeit der Natur gehemmt, in der zweiten dauert ihre Produktivität fort, in der kosmischen wird das Zusammenbestehen der beiden ersteren bewirkt. In der unorganischen Natur stellt sich die Dreifaltigkeit dar als Magnetismus, Elektrizität und Chemismus, in der organischen als Sensibilität, Irritabilität und Reproduktion, in der kosmischen als Licht, Schwere und als accelerierende und retardierende Kraft. Alle Organisation geht vom Licht aus, welches der Weltseele entspricht und deshalb auf Erzeugung der Intelligenz hinzielt. Erreicht wird dies aber erst im Menschen, dem Mikrokosmos, der alles umfasst, was im Makrokosmos enthalten ist. Deshalb kann er auch alles in Form von Gedanken wieder erzeugen. Die Naturgesetze müssen sich daher mit den Gesetzen des Bewusstseins decken, und die einen können aus den andern abgeleitet werden.

In diesem System, von welchem freilich die obigen Sätze keine ausreichende Vorstellung verschaffen können, spielen Analogien eine große Rolle. Sie müssen nicht selten die Stelle von Beweisen vertreten. Unverkennbar ist offenbar die Einwirkung des Galvanismus mit seinen Polaritäten. Aber gerade dieser Umstand trug am meisten dazu bei, die Physiologen jener Zeit für das System einzunehmen. Die Entdeckung Galvani's von den wunderbaren Wirkungen an Muskeln und Nerven hatte einen mächtigen Eindruck gemacht. Man suchte und fand in dem Galvanismus den Schlüssel, zunächst zu den

1) Schelling hat in Wirklichkeit zwei naturphilosophische Systeme aufgestellt. Ich spreche hier von dem ersten, welches 1797 zuerst ans Licht kam.

Erscheinungen der Nerven- und Muskelthätigkeit, bald aber auch für alle Lebenserscheinungen. So schreibt, um nur ein Beispiel anzuführen, der Wiener Physiologe Prochaska in der Vorrede zur neuen Bearbeitung seines Lehrbuchs vom Jahre 1820 sich mit vielem Selbstbewusstsein das Verdienst zu, erwiesen zu haben, dass „der Lebensprozess und der Galvanismus auf gleichen Gründen beruhen“, und rühmt als einen Vorzug der neuen Ausgabe, dass sie von diesem Standpunkte aus bearbeitet sei, wie denn auch ein 47 Seiten langer Abschnitt die Aufschrift trägt: „Das Leben überhaupt aus den Gesetzen des elektrischen Prozesses abgeleitet“. Die Zahl der Abhandlungen über Galvanismus, welche damals erschien, ist zu groß, um sie alle anzuführen. Ich nenne nur, weil es wegen seines Verfassers interessiert, Alex. v. Humboldt's zweibändiges Werk über die gereizte Muskel- und Nervenfaser.

Sieht man die Lehrbücher jener Zeit durch, so findet man überall die Spuren dieser Einflüsse. Ich will nur auf eines etwas eingehen, weil es typisch ist, und außerdem aus einem rein persönlichen Grunde, weil es von einem meiner Vorgänger auf dem Erlanger Lehrstuhl der Physiologie herrührt. Georg Friedrich Hildebrandt, Professor der Arzneikunde und Chemie, später Professor der Physik und Chemie in Erlangen, ist zwar hauptsächlich durch sein 1789—1792 erschienenes Lehrbuch der Anatomie bekannt, welches noch 1830—1832 von E. H. Weber neu bearbeitet wurde. Er hat aber auch Lehrbücher der Chemie und der Naturlehre geschrieben, und sein Lehrbuch der Physiologie, welches 1796 zuerst erschien, wurde noch nach seinem Tode auf Grund eines hinterlassenen Manuskripts von seinem Schwiegersohne Hohnbaum in 6. Auflage neu herausgegeben. Hildebrandt war ein nüchterner, fleißiger Arbeiter von erstaunlich ausgebreitetem Wissen. Er betont fortwährend die Wichtigkeit der Erfahrung gegenüber der Konstruktion aus allgemeinen, unbewiesenen Hypothesen. Trotzdem spielen, namentlich in den spätern Auflagen, die „Polarstoffe“ und die „Grundkräfte“ bei ihm eine große Rolle. Aller Materie liege die Vereinigung dieser beiden (Dehnkraft und anziehende Kraft) zu Grunde. Dieselben könnten sich auch entzweien, dann wirke der Ueberschuss der einen auch auf entfernte Körper. Dadurch entstehen Magnetismus, Elektrizität, chemischer Prozess und, als eine höhere Stufe, das Leben. Daher wirkten auch beide Kräfte im Leben, die Dehnkraft aber mehr, welche im freien Zustande als Licht erscheint, im lebenden Körper aber als *Lebensturgor*, vermöge dessen die Körper strotzen, sich entwickeln und wachsen. Doch fehlt auch die anziehende Kraft nicht, und aus ihr folgen dann die chemischen und mechanischen Prozesse.

Alles das wird mit dem Bewusstsein vorgetragen, wirklichen Aufschluss zu gewähren, während es uns den Eindruck des Spielens mit Worten macht. Zuweilen überkommt wohl auch den Verfasser ein

ähnliches Gefühl, indem er unmittelbar nach den mitgeteilten Auseinandersetzungen fortfährt: „Allein wir dürfen nicht wäñnen, mit dieser Erklärung den Schleier gehoben zu haben, der uns das Geheimnis des Lebens, wie das der ganzen Schöpfung, verhüllt. Es ist alles Hypothese, was die Physiologen unserer Zeit zur Erklärung des Lebens sagen können, wie alles, was die Physiologen der Vorzeit über dasselbe gesagt haben, wenn gleich die neueren Forschungen tiefer in die Natur eingedrungen sind, als den älteren gestattet war“.

Dieses „tiefere Eindringen“ soll sich auf die Schelling'sche Naturphilosophie beziehen, wie sie sich in Hildebrandt's Kopfe spiegelte. Im Grunde genommen war dieser aber gar nicht spekulativ veranlagt; er würde vielmehr, wenn er um die Mitte unseres Jahrhunderts aufgetreten wäre, wahrscheinlich als ein krasser Materialist verketzert worden sein.

Denn für ihn gibt es in der Natur nichts als Stoff, grobe und feine Stoffe, wie er sagt; unter den letzteren versteht er das, was man kurz darauf und bis in unsere Zeit hinein, als Imponderabilien zu bezeichnen pflegte. Nur durch die verschiedene Mischung dieser Stoffe allein seien alle Erscheinungen, auch die des Lebens, bedingt, nicht, wie Reil gemeint habe, durch die Mischung und Form, denn die letztere sei schon in der ersteren begriffen, weil durch sie bedingt.

Dieser Reil spielt für den Vitalismus in Deutschland eine ähnliche Rolle, wie Bichat in Frankreich. Er gründete ein Archiv für Physiologie, dessen ersten, 1796 erschienenen Band er mit einer umfanglichen Abhandlung „über die Lebenskraft“ eröffnete. Nach Reil gibt es zwei Reihen von Erscheinungen, Materie und Vorstellungen. Auch die Erscheinungen der lebenden Körper, soweit sie nicht Vorstellungen sind oder mit solchen zusammenhängen, haben deshalb ihren Grund in der tierischen Materie, ihrer Mischung (d. h. chemischen Zusammensetzung) und Form. „Kraft“ nennt er das Verhältnis der Erscheinungen zu den Eigenschaften der Materie, durch welche sie erzeugt werden. Danach ist auch die „Lebenskraft“ Folge der materiellen Zustände, doch entziehen sich dieselben wegen des unvollkommenen Zustandes der Chemie und der Unbekanntheit mit den Imponderabilien der sinnlichen Wahrnehmung. Daher besitzt auch jedes Organ, ja jedes Gewebe, vermöge seiner Mischung und Form seine eigne Lebenskraft. In dem Bestreben, diese Eigenschaften näher zu begründen, greift dann auch Reil zu der Bezeichnung des Lebensvorganges als eines „potenzierten galvanischen Prozesses“.

Die Unfruchtbarkeit aller dieser Spekulationen, namentlich aber die Auswüthe, welche die Naturphilosophie trieb, indem sie die That-sachen nicht auf dem freilich mühsamen Wege der Einzelforschung finden, sondern aus dem „obersten Prinzip“ durch Deduktion oder Intuition ableiten wollte, bewirkte nach und nach eine völlige Ab-

wendung der besseren Köpfe unter den Naturforschern von ihr. Doch muss man, der Gerechtigkeit wegen, anerkennen, dass die philosophischen Ideen auch anregend auf manche Zweige unserer Wissenschaft gewirkt haben. Besonders die Entwicklungsgeschichte und die vergleichende Anatomie, wurden gerade damals erheblich gefördert. Dagegen blieb die Grunderscheinung des tierischen Lebens, die von Lavoisier entdeckte fortwährende Oxydation seiner Bestandteile und der damit zusammenhängende Stoffwechsel ganz unerörtert. Selbst ein so kenntnisreicher Mann wie der Mediziner und Philosoph Hermann Lotze konnte nicht zum Verständnis desselben gelangen und gibt noch im Jahre 1851 in seiner „allgemeinen Physiologie“ einen missglückten Versuch, denselben teleologisch zu erklären durch die Annahme, dass der Körper durch den steten Wechsel seiner Bestandteile geschickter werde, äußeren Störungen zu widerstehen. Ebenso wenig gelang es dem großen Johannes Müller in seinem Handbuche, in welchem er das ganze physiologische Wissen seiner Zeit in mustergiltiger Weise zusammenfasste, den richtigen Standpunkt in Bezug auf diese Grundfrage zu gewinnen.

Lotze ist einer der ersten, welcher den Vitalismus wissenschaftlich bekämpfte, ohne jedoch einen nachhaltigen Eindruck zu machen. Dagegen sucht er den teleologischen Standpunkt philosophisch zu rechtfertigen. Aus den Voraussetzungen der Naturphilosophie lässt sich derselbe auch als logische Konsequenz unmittelbar ableiten. Bei Lotze dagegen scheint mir die Beweisführung mangelhaft zu sein. Thatsächlich ist ja die Zweckmäßigkeit in den Einrichtungen der organischen Natur unzweifelhaft vorhanden; nur kommt sie nicht dieser allein, sondern in gleichem Maße der gesamten Natur zu. Zum Verständnis der Einzelheiten ist es deshalb oft sehr förderlich, die Frage zu stellen, welchen Zweck wohl dieser oder jener Teil in der ganzen Organisation erfüllen könnte. Nur dürfen wir dabei nicht vergessen, dass wir damit einen Begriff einführen, welcher einen Sinn nur hat vom Standpunkt eines mit bewussten Absichten handelnden Individuums, während die Naturobjekte unserer Untersuchung als etwas Gegebenes entgegnetreten. Wie die darwinistische Lehre die überwiegende Zweckmäßigkeit der Lebewesen verständlich zu machen sucht, brauche ich hier nicht weiter auszuführen.

Wiederum war es ein Chemiker, von welchem der Anstoß zu einer Erneuerung der Physiologie ausging, Justus Liebig. Nachdem er die von Lavoisier geschaffene organische Elementaranalyse wesentlich verbessert hatte, wandte er sein reiches chemisches Wissen dem Studium der Ernährungsbedingungen der Tiere und Pflanzen zu. Was er in dieser Beziehung gelehrt hat, ist zum Teil weniger die Frucht experimenteller Untersuchung als vielmehr durch deduktive Schlussfolgerung aus chemischen Grundsätzen abgeleitet. Vieles davon hat sich als irrtümlich erwiesen. Nichtsdestoweniger geführt ihm

das Verdienst, die wissenschaftliche Untersuchung des Stoffwechsels neu angeregt und die Grundlehren Lavoisier's in ihrer wichtigen Bedeutung den Physiologen wieder zum Bewusstsein gebracht zu haben.

Ich muss hier, ehe ich den Gegenstand weiter verfolge, wieder auf das Ende des vorigen Jahrhunderts zurückgreifen und etwas über den Lebensvorgang in den Pflanzen, besonders über ihre Ernährung beibringen. Schon 1779 hatte Priestley gefunden, dass Pflanzen im stande sind, die Luft abgesperrter Räume, in welchen Tiere zu Grunde gegangen sind, so zu verändern, dass sie wieder atembar wird. Noch in demselben Jahre wies Ingen-Housz nach, dass nur den grünen Pflanzenteilen diese Fähigkeit zukomme, und zwar nur im Licht; dass sie Kohlensäure aufnehmen und Sauerstoff aushauchen; dass dagegen im Dunkeln alle Pflanzen, die nichtgrünen Pflanzen immer, Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure aushauchen wie die Tiere. Im weiteren Verfolg seiner Untersuchungen stellte er dann die Lehre von der Ernährung der Pflanzen in ihren wesentlichsten Teilen fest; er zeigte, dass der Kohlenstoff, welchen die Pflanze bei ihrem Wachstum aufspeichert, nicht aus dem Boden stammen könne, sondern aus der atmosphärischen Kohlensäure, deren Sauerstoff ausgeschieden wird, während der Kohlenstoff sich in der Pflanze mit den Elementen des durch die Wurzeln aufgenommenen Wassers (und zum Teil mit Stickstoff) verbindet. Seine Entdeckungen wurden im wesentlichen bestätigt durch Senebier, welcher jedoch irrthümlicher Weise glaubte, dass die Kohlensäure durch die Wurzeln aufgenommen werden könne. Noch genauer erforscht wurden diese Vorgänge durch Th. de Saussure, welcher nachwies, dass größere Mengen von Kohlensäure (die atmosphärische Luft enthält von derselben bekanntlich nur sehr geringe Mengen — in 10000 Raumteilen nur 3—4) nur dann günstig auf die Pflanze wirken, wenn dieselbe sehr stark beleuchtet wird; dass die Gewichtszunahme der Pflanze größer ist als die aufgenommene Kohlenstoffmenge, weil sie noch Wasser und Salze, letztere freilich in sehr geringer Menge, aus dem Boden aufnimmt; dass neben der Kohlensäurezersetzung auch im Licht immer noch die Atmung, d. h. die Aufnahme von Sauerstoff und Bildung von Kohlensäure einhergeht, dass diese auch schon bei Keimpflanzen vorhanden sei; dass die Pflanze keinen Stickstoff aus der Atmosphäre aufnehme, sondern dass aller Stickstoff vermutlich aus dem Boden stamme, was dann später von Boussingault durch genaue Versuche endgiltig festgestellt wurde. Fügen wir noch hinzu, dass Marceet 1834 den Nachweis führte, dass die Pilze, denen der grüne Farbstoff fehlt, Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure ausatmen, so haben wir die Summe dessen, was Liebig bei seinem Eingreifen in die Lehre von der Pflanzenernährung vorfand, zusammengestellt.

Trotz dieser Errungenschaften hielten die praktischen Landwirte ebenso wie die Theoretiker immer noch an der Lehre fest, dass der

sogenannte Humus für die Entwicklung der Pflanzen nötig sei und dass aus ihm die Pflanze ihre ganze Nahrung, auch den Kohlenstoff, beziehe. Diese Humustheorie hat Liebig gründlich beseitigt und dadurch der Landwirtschaft die Grundlage zu einer rationellen Düngerlehre gegeben. Für unsere Betrachtung ist aber von größerer Bedeutung die endgiltige Feststellung des sogenannten Kreislaufes des Stoffes in der organischen Natur. Die Pflanze nimmt Kohlensäure aus der Luft, Stickstoff und Wasser aus dem Boden auf und bildet aus diesen Stoffen die organischen Körper, welche neben geringen Mengen von Salzen die große Masse der Pflanzen ausmachen. Die Pflanzen dienen den Tieren zur Nahrung, unmittelbar (bei Pflanzenfressern) oder mittelbar (bei Fleischfressern, welche sich ihrerseits von Pflanzenfressern nähren). In diesen wird teilweise der Kohlenstoff wieder zu Kohlensäure, der Wasserstoff zu Wasser verbrannt, während ein anderer Teil dieser Stoffe in Verbindung mit Stickstoff in einer Form ausgeschieden wird, welche leicht in Ammoniakverbindungen übergeht und als solche wieder der Pflanze zugänglich wird. Auch durch die Verwesung und Fäulnis entstehen aus dem Pflanzen- und Tierleib im wesentlichen dieselben Produkte. So ist also der Grundsatz der Erhaltung des Stoffes, welchen Lavoisier's Arbeiten für die chemischen Prozesse im kleinen Maßstab begründet hatten, auch für das große Getriebe der Stoffwanderung auf der ganzen Erde festgestellt und erwiesen.

Trotz der Hervorhebung des chemischen Standpunktes in der Betrachtung der Lebenserscheinungen hält Liebig an der Anschauung fest, dass diese noch von einer besondern Lebenskraft abhängen, welche die chemischen Wirkungen zwar nicht aufhebt, aber gleichsam leitet und in Schranken hält. Diese allgemein geteilte, bei allen Schriftstellern jener Zeit wiederkehrende Annahme lässt sich im wesentlichen auf die vermeintliche Schwierigkeit zurückführen, zu verstehen, warum der lebende Körper sich in seinem Bestand erhält, während er doch unmittelbar nach dem Tode der Auflösung durch Verwesung und Fäulnis anheimfällt. Diese Schwierigkeit besteht in Wirklichkeit gar nicht, da ja auch der lebende Körper fortwährend angegriffen und teilweise aufgezehrt wird; nur dass in ihm gleichzeitig auch Ersatz des verbrauchten Stoffes stattfindet.

Waren es bisher ausschließlich chemische Gesichtspunkte gewesen, um welche sich die Erörterungen drehten, so trat um die Mitte unseres Jahrhunderts eine mehr physikalische Betrachtung in den Vordergrund. Angeregt wurde sie durch Helmholtz' epochemachende Schrift: Ueber die Erhaltung der Kraft. Von dem neugewonnenen Standpunkt aus beleuchtete du Bois-Reymond in der berühmt gewordenen Vorrede zu seinen „Untersuchungen über tierische Elektrizität“ die Unhaltbarkeit der Lehre von der Lebenskraft und betonte nachdrücklich, dass die Lebenserscheinungen von

den Erscheinungen der unbelebten Natur nicht getrennt werden können, sondern dass es Aufgabe der Wissenschaft sein müsse, beide Reihen von Erscheinungen aus denselben Grundannahmen begreiflich zu machen, soweit dies überhaupt naturwissenschaftlich möglich sei.

Wir haben oben gesehen, in welcher Weise Laplace und Lavoisier den Nachweis zu führen versuchten, dass die tierische Wärme einzig und allein durch die im Körper stattfindende langsame Verbrennung erzeugt werde. Aber ihre Versuche sowohl wie ihre Berechnungen waren nicht genau genug, um eine so wichtige Frage endgiltig zu entscheiden. Veranlasst durch eine im Jahre 1822 von der Pariser Akademie gestellte Preisaufgabe, suchten Dulong und Despretz dieselbe durch neue Versuche zu prüfen. Sie kamen zu sehr wenig befriedigenden Erfolgen, denn nach Dulong's Versuchen sollten nur rund 75 Proz., nach denen von Despretz nur rund 80 Proz. der von Tieren erzeugten Wärme aus den Verbrennungen im Tierkörper stammen. Wie der Rest von 20 bis 25 Proz. entstehen könne, blieb vollkommen rätselhaft. So kann es nicht wundernehmen, dass in zahlreichen physiologischen Schriften immer noch die Vorstellung auftauchte, die tierische Wärme sei etwas ganz Besonderes, sie werde vom Nervensystem oder durch die Lebenskraft erzeugt und deshalb brauche auch gar kein konstantes Verhältnis zwischen der produzierten Wärme und den verbrannten Stoffen zu bestehen.

Ich habe jedoch nachgewiesen, dass weder die Versuche von Dulong und von Despretz, noch die Art der Berechnung derselben einen bindenden Schluss dieser Art gestatten. Es ist mir später auch gelungen zu zeigen, dass man hinreichend übereinstimmende Werte durch den Versuch und durch die Berechnung aus der Verbrennungswärme der verzehrten Nahrung erhält, wenn man die Versuche über längere Perioden ausdehnt und dafür sorgt, dass die Tiere sich im Ernährungsgleichgewicht befinden, d. h. in einem Zustande, in welchem eine der aufgenommenen Nahrung äquivalente Menge von Stoffen wirklich in ihnen verbrennt. Diese Frage hängt aber, wie wir gleich sehen werden, mit dem Gesetz von der Erhaltung der Kraft oder, wie ich es lieber bezeichnen möchte, von der Unveränderlichkeit des Energievorrates innig zusammen. Unter Energie verstehe ich die Fähigkeit, Arbeit zu leisten. Alltägliche Erfahrungen lehren uns, dass die materiellen Teilchen diese Fähigkeit erlangen, wenn sie in Bewegung sind. Eine Bleikugel, welche ich in der Hand halte, ist das unschuldigste Ding; wenn ich derselben aber eine große Geschwindigkeit erteile, z. B. dadurch, dass ich sie aus einem Gewehr durch den Druck der bei der Pulverexplosion entstehenden Gase herausschleudere, so kann sie Knochen zerschmettern. Die Mechanik lehrt uns, dass die so erlangte Energie gemessen werden kann durch die von ihr geleistete Arbeit und dass sie ausgedrückt werden kann

durch das halbe Produkt der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit. Was von der Bleikugel gilt, gilt für jede andere Masse; der Stein in David's Schleuder konnte, nachdem ihm durch die Armmuskeln des Knaben eine gewisse Geschwindigkeit erteilt war, des Riesen Goliath Schädel zerschmettern. Nun denken Sie sich aber zwei Steine von gleicher Masse, den einen am Boden liegend, den andern auf dem Dache eines Hauses, und stellen Sie sich vor, der letztere werde durch irgend einen Umstand über den Rand des Daches fortgeschoben. Er fällt jetzt und erlangt im Fallen eine mit der Fallzeit nach dem bekannten Galilei'schen Gesetz zunehmende Geschwindigkeit. Am Boden angelangt kann er deshalb eine Wirkung ausüben, Arbeit leisten, was der dort liegende Stein nicht vermag. Wir sehen also, dass es außer der Energie der Bewegung noch eine zweite Art von Energie gibt, welche wir zum Unterschied Energie der Lage nennen wollen. Letztere ist von ersterer wesentlich dadurch verschieden, dass sie erst dann wirkungsfähig wird, d. h. Arbeit leisten kann, wenn sie in Energie der Bewegung übergeht. Man hat sie deshalb auch als latente oder potentielle Energie oder Spannkraft, erstere dagegen als lebendige Energie oder lebendige Kraft bezeichnet.

Vielfache Versuche haben bewiesen, dass man die Energie der Lage in Energie der Bewegung und umgekehrt verwandeln kann, ohne dass dabei die Energiemenge verändert wird. Dies gilt nicht nur von den Energieformen der Massen im Ganzen, sondern auch von denen der kleinsten Teilchen oder Moleküle, aus denen nach den Anschauungen der Physiker die Massen bestehen. Denken Sie sich einen Mückenschwarm, der an einem warmen Sommerabend über einer Wasserfläche schwebt. Er bildet eine feststehende Säule, aber die nähere Betrachtung zeigt, dass die einzelnen Tiere in unaufhörlicher Hin- und Herbewegung begriffen sind. So bewegen sich die Moleküle eines äußerlich ruhenden Körpers hin und her, und die Energie dieser innern Bewegung ist es, was wir wegen des Eindruckes, welchen sie auf unsere Nerven ausübt, als Wärme bezeichnen. Nun kann diese Form der Energie in die der sichtbaren Bewegung von Massen übergeführt werden und umgekehrt, und auch hierfür gilt der Satz, dass dabei der Energievorrat weder vermehrt, noch vermindert wird. Und endlich gilt dieser Satz auch für alle andern Formen von Energie, welche uns bekannt sind, elektrische Erscheinungen, Licht, chemische Wirkungen u. s. w.

Einzelne Teile dieses wichtigen Naturgesetzes waren den Physikern seit längerer Zeit geläufig; in seiner allgemeinen Bedeutung hat es zuerst der Heilbronner Arzt J. R. Mayer erkannt und, freilich etwas unklar, ausgesprochen. Unabhängig von ihm fand es Helmholtz und gab ihm, wenn auch zunächst mit weiser Vorsicht nur als Hypothese, einen bestimmten mathematischen Ausdruck unter An-

führung aller bis dahin bekannten thatsächlichen Beweise. Diese sind seitdem vielfach vermehrt worden, während es keine einzige Erfahrung gibt, welche dem Gesetze widerspräche. Wir sind daher vollberechtigt, in ihm ein oberstes Naturgesetz zu sehen, welches das früher erwähnte Gesetz von der Unveränderlichkeit der Materie wesentlich ergänzt.

Um die Wichtigkeit dieses Gesetzes für unsere Auffassung der Lebenserscheinungen zu beleuchten, muss ich noch ein Wort über den Zusammenhang zwischen Wärme und chemischen Prozessen anfügen. Wenn in einem Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff die Moleküle dieser beiden Gase, je nach ihrer Temperatur, mit größerer oder geringerer Geschwindigkeit sich hin- und herbewegen, so bleibt doch der mittlere Abstand der Moleküle von einander ungeändert. Nähern wir aber dem Gemenge eine Flamme oder lassen wir einen elektrischen Funken durchschlagen, so ändert sich ihre gegenseitige Lage. Wasserstoff und Sauerstoff verschwinden; statt ihrer haben wir jetzt Wasser, in welchem sich Wasserstoff und Sauerstoff zu neuen, zusammengesetzten Molekülen vereinigt finden. Wir nennen das eine chemische Verbindung. Wir können diesen Vorgang vergleichen mit dem Fallen eines Steines. Wie bei diesem die gegenseitige Lage von Stein und Erde, so hat sich in unserem Falle die gegenseitige Lage der Wasserstoff- und Sauerstoffteilchen verändert. Nun finden wir aber, dass bei dieser Verbindung Wärme entsteht, welche, wenn wir den Vorgang innerhalb eines Kalorimeters vorgehen lassen, auf dieses übertragen und gemessen werden kann. Die Energie der Lage der Wasserstoff- und Sauerstoffteilchen ist also in Energie der Bewegung und zwar in der Form der Molekularbewegung, welche wir Wärme nennen, übergeführt worden.

Zahlreiche Versuche haben bewiesen, dass bei dieser Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff für jeden Gewichtsteil Wasserstoff stets ein und dieselbe Energiemenge in Form von Wärme auftritt. Ein Kilogramm Wasserstoff produziert, wenn es zu Wasser verbrennt, so viel Wärme, dass dadurch rund 34000 Kilogramm Wasser von 0° auf 1° C. erwärmt werden können. Wir nennen diese Zahl die Verbrennungswärme des Wasserstoffs. Ebenso können wir die Verbrennungswärme des Kohlenstoffs oder die bei irgend einer andern chemischen Verbindung frei werdende Wärme bestimmen.

Genau genommen ist aber jene Zahl nicht der wahre Ausdruck der Verbindungswärme zwischen Wasserstoff und Sauerstoff. Gewichtige Gründe zwingen uns zu der Annahme, dass im Wasserstoffgas die kleinsten Teilchen des Wasserstoffs, die sogenannten Atome, nicht frei vorhanden sind, sondern zu je zweien zu einem Molekül verbunden, und dasselbe gilt von den Atomen und Molekülen des Sauerstoffs. Ehe also die Vereinigung von Wasserstoff- und

Sauerstoffatomen zu Wassermolekülen stattfinden konnte, mussten erst die Wasserstoffmoleküle und die Sauerstoffmoleküle zerlegt werden. Da dies eine gewisse Arbeitsleistung erfordert, so ist das Endergebnis der Verbrennung ein etwas geringerer Wärmebetrag. Die Verbrennungswärme ist gleich der Verbindungswärme minus der sogenannten molekularen Haftwärme.

Dieser Umstand muss noch mehr beachtet werden, wenn es sich nicht um die Verbrennung einfacher, sondern schon zusammengesetzter Körper handelt. Fette z. B. sind Verbindungen von Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Sauerstoffatomen. Die Fette können aber noch mehr Sauerstoff aufnehmen — sie können zu Kohlensäure und Wasser verbrennen. Lavoisier sowohl wie Dulong und Despretz nahmen an, dass dabei ebensoviel Wärme gebildet werde, als wenn die gleichen Mengen freien Kohlenstoffes und Wasserstoffes verbrennen würden. In Wirklichkeit ist aber der Betrag geringer und zwar um den Wert der molekularen Haftwärme der Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Sauerstoffatome im Fettmolekül.

Ebenso wie bei der chemischen Verbindung Wärme frei wird, können wir durch Aufwendung von Wärme chemische Verbindungen zerlegen. Das rote Quecksilberoxyd z. B. wird durch Erhitzen in Quecksilber und Sauerstoff zerlegt. Die bei solchen Trennungen aufgewendete Energie ist, soweit dies untersucht werden konnte, stets gleich gefunden worden der bei derselben Verbindung entstehenden Wärme. Das Gesetz von der Erhaltung oder Unveränderlichkeit der Energie gilt auch hier durchweg.

Und nun lassen Sie uns, nach dieser langen Abschweifung, zur Betrachtung der lebenden Wesen zurückkehren. In allen Tieren findet fortwährend Verbrennung statt. Kohlenstoff- und wasserstoffhaltige Substanzen treten in sie ein, freier Sauerstoff wird mit der Atmung aufgenommen, und beide treten verbunden als Kohlensäure und Wasser aus. Darum wird auch in allen Tieren Wärme gebildet, auch in den sogenannten kaltblütigen, welche nur darum meistens nicht viel wärmer sind als ihre Umgebung, weil sie die von ihnen gebildete Wärme leichter nach außen abgeben. Auch die Pflanzen bilden, soweit in ihnen Sauerstoff zur Verbindung mit Kohlenstoff und Wasserstoff gelangt, Wärme. In manchen Blüten, z. B. der Aroideen, in keimenden Samen und in andern ähnlichen Fällen kann die Wärmebildung soweit über die Verluste steigen, dass eine erhebliche Erwärmung eintritt.

Aber die Tiere produzieren nicht bloß Wärme, sie leisten auch mechanische Arbeit. In größerem Maße geschieht dies hauptsächlich durch Vermittlung der Muskeln. Auch diese Leistung findet durch die Energie chemischer Verbindungen statt. Es ist nachgewiesen worden, dass in den arbeitenden Muskeln die Verbrennungsvorgänge lebhaft gesteigert werden. Arbeitende Menschen scheiden viel größere

Mengen von Kohlensäure aus als ruhende. Die tierische Maschine, welche wir Muskel nennen, verhält sich in dieser Beziehung ganz wie eine Dampfmaschine, ein Teil der in ihr frei werdenden Energie tritt in Form freier Wärme auf. Nur arbeitet der Muskel unter günstigeren Bedingungen als selbst unsere besten Dampfmaschinen. Während in diesen nur etwa 10 Proz. der chemischen Energie als Arbeit nutzbar gemacht werden können, steigt dieser Anteil bei den Muskeln unter Umständen bis auf 25 Proz. Schon Graf Rumford fand, dass ein Pfund Heu, wenn man es einem Pferde zu fressen gibt, einen höheren Nutzeffekt liefert, als wenn man es in der Feuerung einer Dampfmaschine verbrennen würde.

Die bei den Verbrennungen erzeugte mechanische Arbeit wird, wenn das Tier keine Arbeit nach außen leistet, immer wieder in Wärme zurückverwandelt; sie kommt daher bei kalorimetrischen Untersuchungen, bei denen das Tier in dem Kalorimeter eingeschlossen ist, nicht weiter in Betracht. Ordnet man aber den Versuch so an, dass irgend ein Betrag von nutzbarer Arbeit geleistet wird, so sollte nach der Theorie ein entsprechend geringerer Anteil an Wärme frei werden. Der Physiker Hirn hat versucht, dies experimentell zu beweisen, und daraus das Verhältnis von Wärme und Arbeit, das sogenannte mechanische Wärmeäquivalent, zu berechnen. Doch sind seine Versuche nicht genau genug, um gegenüber den auf anderen Wegen gefundenen Werten des Äquivalentes Geltung zu beanspruchen.

Die Tiere beziehen die kohlenstoffhaltige Nahrung aus dem Pflanzenreich und geben dieselbe, mit Sauerstoff verbunden, als Kohlensäure wieder aus. Die Pflanzen nehmen diese Kohlensäure auf und spalten aus derselben den Sauerstoff wieder ab. Während bei der Bildung der Kohlensäure Energie frei wird, muss zur Trennung der Verbindung Energie aufgewandt werden. Diese Energie stammt offenbar von der Sonne, da nur im Licht die Zerlegung der Kohlensäure stattfinden kann. Dass die Sonne sehr heiß ist, kann nicht bezweifelt werden; sie stellt also einen großen Energievorrat dar. Ein Teil dieser Energie gelangt durch Strahlung auf die Erde und wird, soweit er grüne Pflanzen trifft, in der bezeichneten Weise gleichsam aufgespeichert. Derselbe genügt nicht nur zur Erhaltung des tierischen Lebens, sondern muss auch, wenn Pflanzenteile in Öfen oder andern Feuerungen verbrannt werden, diesen Zwecken dienen. Insofern als Steinkohle und ähnliche Abkömmlinge der Pflanzenwelt zur Heizung verwandt werden, handelt es sich bekanntlich nur um Anteile der Sonnenenergie, die zum Teil vor vielen Tausenden von Jahren auf die Erde gelangt sind.

Alles Leben, tierisches wie pflanzliches, stammt also von der Sonne. Aber während wir für die Stoffe in der organischen Welt der Erde berechtigt sind, einen vollkommen in sich geschlossenen Kreislauf anzunehmen, können wir das für die Wanderungen der Energie

durchaus nicht. Die von den Tieren in Form von Wärme ausgegebene Energie strahlt ebenso wie die gesamte von der Sonne auf die Erde gelangte Energie, welche zur Erwärmung der Erdoberfläche gedient hat, in den Weltraum aus und gelangt jedenfalls nur zum allerkleinsten Teil zur Sonne zurück. Wenn also nicht besondere Quellen vorhanden sind, aus denen die von der Sonne ausgegebene Energie immer wieder ersetzt wird, worüber wir nichts wissen, so müsste dereinst ein Tag kommen, an welchem keine Energie mehr von ihr zur Erde gelangen kann. Dann müsste alles Leben auf der Erde erlöschen.

Wir sind am Ziele unserer Wanderung. War der Weg auch steil und beschwerlich, so hat er uns doch auf eine Höhe geführt, von der wir einen weiten Umblick auf ein großes und reiches Gebiet zu thun vermochten. Und dieser Weg, der uns zur Höhe leitet, er ist zum größten Teil von Lavoisier gebahnt und angelegt worden, so dass es nur noch der einen, freilich kühnsten Arbeit, der Aufstellung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie, bedurfte, um den Gipfel zugänglich zu machen.

Von einem solchen Gipfel aus ist es freilich nicht möglich, Einzelheiten genauer zu betrachten. Wollten wir hinuntersteigen und die Gebiete der biologischen Wissenschaften aufmerksam durchmustern, wir würden die Früchte der Arbeit zahlreicher Forscher erkennen, welche zu erwähnen auf unserer kurzen Wanderung sich keine Gelegenheit darbot. Wir würden überall noch zahlreiche Arbeiter sehen, emsig beschäftigt, neue Früchte einzusammeln, Samen auszustreuen für künftige Ernten, oder bisher brachgelegene Fluren vorzubereiten für neue Saat. Wir würden erkennen, dass alle Hilfsmittel der Chemie und Physik wie die erstaunlichen Fortschritte der mikroskopischen Technik nutzbar gemacht werden, um neue Aufschlüsse über Lebensvorgänge zu gewinnen. Vor allen Dingen würde aber eines unsere Aufmerksamkeit fesseln, wovon Lavoisier und seine Zeitgenossen keine Ahnung haben konnten: die Erkenntnis des Aufbaues lebender Wesen aus Elementarorganismen oder Zellen. Von Schwann 1839 begonnen, hat diese Erkenntnis grade in den letzten Jahren neue Fortschritte gemacht. Und Hand in Hand mit der Mikroskopie beginnt jetzt auch die experimentelle Physiologie, ihre Untersuchungen den Zellen, als den Werkstätten der feineren Lebensvorgänge zuzuwenden. Einem Redner, der 100 Jahre nach mir an dieser Stelle stehen wird, mag es vielleicht als eine lohnende Aufgabe erscheinen, seine Zuhörer durch dieses jetzt beginnende neue Zeitalter der Physiologie zu geleiten.

Wir aber wollen uns des gesicherten Besitzes erfreuen, von dem aus diese neuen Entdeckungszüge unternommen werden können. Zu diesem Besitz hat uns Lavoisier's Arbeit nicht zum wenigsten verholfen. Die Chemiker sind längst darin einig, Lavoisier den

Begründer der neuen Chemie zu nennen. Sie werden aber aus dem Vorgetragenen die Ueberzeugung gewonnen haben, dass auch die Physiologie in ihm einen Pfadfinder zu sehen hat, dem sie den Zugang zu den wertvollsten Teilen ihres Besitzes verdankt. Auch Lavoisier hatte Vorgänger, welche die Richtung angaben, in der vorzuschreiten war. Schon 1681 hatte John Mayow erkannt, dass nur ein Teil der atmosphärischen Luft das Atmen und die Verbrennung zu unterhalten vermag und dass dieser Anteil auch im Salpeter enthalten sein müsse, weshalb er ihn als „Spiritus nitro-aëreus“ bezeichnete; 1757 wies Blaeck die „fixe Luft“ (unsere Kohlensäure) in der Ausatemungsluft nach. Ja, wenn wir noch weiter zurückgehen, so finden wir, dass es schon Lionardo da Vinci, jenem umfassenden Geist, der mit dem Genie des Künstlers das Talent eines großen Gelehrten vereinte, bekannt war, dass das Feuer Luft verzehre und dass Tiere nicht in Luft leben können, welche die Flamme nicht zu unterhalten vermag. Auch das müssen wir betonen, dass vor Lavoisier schon Priestley (1771) den Sauerstoff rein dargestellt und gezeigt hat, dass derselbe vom Blute aufgenommen und dass dunkles Blut durch diese Aufnahme hellrot gefärbt werde, dass diese Aufnahme auch durch Membranen hindurch erfolgen könne, was für das Verständnis der Lungenatmung von Wichtigkeit ist. Man hat Lavoisier zum Vorwurf gemacht, dass er nicht immer gerecht in der Anerkennung der Verdienste seiner Vorarbeiter gewesen sei. Mag sein. Aber das müssen wir doch feststellen: erst aus seiner Hand ist die Lehre von der Atmung und von der Wärmebildung der Tiere in einer solchen Form hervorgegangen, dass alle seine Nachfolger zwar viele Einzelheiten hinzuzufügen, an den Grundlagen aber nichts zu ändern vermochten.

Lavoisier war entschieden ein wissenschaftlicher Geist ersten Ranges. Hatte er eine wissenschaftliche Frage in Angriff genommen, so verfolgte er sie mit allen ihm zu Gebote stehenden Hilfsmitteln so weit, als es ihm möglich war. Und seine Hilfsmittel waren nicht gering, dank seiner vortrefflichen Vorbildung, seiner hervorragenden Begabung und seiner glänzenden äußeren Lage. Es hat ihm nicht an Anerkennung gefehlt. In der Akademie der Wissenschaften, in welche er schon 1768 im Alter von 25 Jahren eintrat, gehörte er zu den angesehensten Mitgliedern; er nahm teil an allen wichtigen Kommissionsberatungen und wurde nicht selten mit der Berichterstattung betraut. Sein Sinn war stets auf das Große, auf den Fortschritt der ganzen Menschheit gerichtet. Als er durch Versuche gefunden hatte, dass durch Arbeit die Kohlensäureausscheidung vermehrt wird, schloss er daraus, dass der schwer arbeitende Mensch auch mehr Nahrung zum Ersatz des verbrauchten Kohlenstoffs bedürfe, und forderte deshalb, dass man sich bestrebe, das Loos der arbeitenden Klassen nach Möglichkeit zu verbessern. Nicht der

Beamte allein, sagt er am Schluss der Abhandlung über die Atmung vom Jahre 1789, macht sich um sein Vaterland verdient. Auch der Naturforscher kann patriotische Pflichten erfüllen, wenn er durch seine Arbeiten das Maß des Uebels zu verringern lehrt. Und wenn er auch nur die Mittel gefunden hat, die mittlere Lebensdauer der Menschen um einige Jahre, selbst nur um einige Tage zu verlängern, so kann er auf den Ruhmestitel eines Wohltäters der Menschheit Anspruch machen.

Man spürt in dieser Arbeit, der einzigen, in welcher Lavoisier über den Rahmen streng wissenschaftlicher Erörterungen hinausgeht, den Hauch der gewaltigen Bewegung, die damals Frankreich erschütterte. Aber die Republik, welche aus dieser Bewegung hervorging, hat seine Verdienste schlecht gelohnt. Angeklagt, als Generalpächter Erpressungen verübt zu haben, wurde er, ohne dass der Beweis einer Schuld erbracht worden, verurteilt und am 8. Mai 1794 im noch nicht vollendeten 51. Lebensjahre hingerichtet. „Nous n'avons plus besoin des savants“, soll der Vorsitzende des Gerichtshofs geäußert haben, als ein Freund des Angeklagten auf dessen wissenschaftliche Verdienste hinwies. Nein, der Schrecken bedurfte nicht der Männer der Wissenschaft — er konnte sie nicht gebrauchen, denn die echte Wissenschaft lehrt Duldung.

A n h a n g.

Litteraturnachweisungen nebst Auszügen aus Lavoisier's Schriften.

- Autenrieth Joh. Heinr. Ferd., Handbuch der empirischen menschlichen Physiologie, 3 Bände, Tübingen 1801—1802.
- Bartels Ernst, Physiologie der menschlichen Lebensthätigkeit, Freyberg 1809.
- Derselbe, Die Respiration als vom Gehirn abhängige Bewegung und als chemischer Prozess, nebst ihren physiologischen und pathologischen Abweichungen, Breslau 1813.
- Béclard J., Traité élémentaire de physiologie humaine, comprenant les principales notions de la physiologie comparée, Paris 1855.
- Bérard P., Cours de physiologie, fait à la faculté de médecine de Paris, 3 Bände, Paris 1848—1852.
- Béraud J. B., Manuel de physiologie de l'homme et des principaux vertébrés. Revu par M. Ch. Robin, Paris 1853.
- Bichat Xavier, Recherches physiologiques sur la vie et la mort, Paris 1800. Cinquième édition, revue et augmentée de notes pour la deuxième fois par F. Magendie, Paris 1829.
- Derselbe, Anatomie générale, appliquée à la physiologie et à la médecine, 4 Teile in 2 Bänden, Paris An X (1801).
- Blumenbach Joh. Friedr., Institutiones physiologicae, Göttingen 1797. — 2. Aufl. 1798.
- du Bois-Reymond Emil, Untersuchungen über tierische Elektrizität, 1. Bd. Berlin 1848, Vorrede S. XXXIV—L. Neu abgedruckt in: Reden von Emil du Bois-Reymond, 2. Folge, Leipzig 1887, S. 1—28.

- du Bois-Reymond Emil, Ueber die Grenzen des Naturerkennens. In der 2. allgemeinen Sitzung der 45. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte gehaltener Vortrag, Leipzig 1872. Neu abgedruckt in: Reden, 1. Folge, S. 105—140.
- Derselbe, Die 7 Welträtsel. In der Leibniz-Sitzung der Akademie der Wissenschaften am 8. Juli 1880 gehaltene Rede. Monatsber. d. k. pr. Akad. d. Wiss., 1880, S. 1045 fg. — Deutsche Rundschau, 1881, XXVIII, S. 352 fg. — Leipzig 1881 u. 1884 (zusammen mit der 5. u. 6. Aufl. d. vor. Rede). — Reden, 1. Folge, S. 381—417, Leipzig 1886.
- Derselbe, Gedächtnisrede auf Johannes Müller. Gehalten in der Leibniz-Sitzung der Akademie der Wissenschaften am 8. Juli 1858. Abhandlungen d. k. preuß. Akad. der Wissensch., Jahrgang 1859, Berlin 1860, S. 25—190. — Neu abgedruckt in: Reden, 2. Folge, S. 143—334.
- Burdach Karl Friedrich, Der Mensch nach den verschiedenen Seiten seiner Natur. Stuttgart 1837.
- Derselbe, Die Physiologie als Erfahrungswissenschaft, 6. Bde., Leipzig 1826 bis 1840. Mit Beiträgen von K. E. v. Baer, E. Burdach, J. F. Dieffenbach, H. F. Meyer, Joh. Müller, H. Rathke, Rud. Wagner.
- Carus Carl Gustav, System der Physiologie umfassend die allgemeine Physiologie, die physiologische Geschichte der Menschheit, die des Menschen und die der einzelnen Systeme im Menschen, 3 Teile, Dresden und Leipzig 1838—1840.
- Crawford D. Adair, Versuche und Bemerkungen über die Wärme der Tiere und die Entzündung der verbrennlichen Körper. Ein Versuch, alle diese Erscheinungen auf ein allgemeines Naturgesetz zurückzubringen, 2 Ausg. Aus dem Englischen übersetzt von Dr. Lorenz Crell (eigentlich von W. Borges). Leipzig 1789. Die erste englische Ausgabe erschien 1779 die zweite 1788.
- Eble Burkard, Versuch einer pragmatischen Geschichte der Anatomie und Physiologie vom Jahre 1800—1825. Wien 1836.
- Edwards W. F., De l'influence des agens physiques sur la vie. Paris 1824.
- Gavarret J., De la chaleur produite par les êtres vivants. Paris 1855.
- Günther August Friedrich, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 3 Bände. (Der 3. bearbeitet von Otto Funke.) Leipzig 1845—1853.
- Haeser Heinrich, Lehrbuch der Geschichte der Medizin und der epidemischen Krankheiten. 1. Aufl. in 1 Bd. Jena 1845. 3. Bearbeitung in 3 Bdn. 1875—1879.
- Harms Friedrich, Die Philosophie seit Kant (Bibliothek für Wissenschaft und Litteratur, Bd. 8). Berlin 1876.
- Derselbe, Philosophische Einleitung in die Encyclopädie der Physik. Allgemeine Encyclopädie der Physik. Herausgegeben von Gustav Karsten. Bd. 1, S. 54—413. Leipzig 1869.
- Helmholtz Hermann, Ueber die Erhaltung der Kraft, eine physikalische Abhandlung, vorgetragen in der Sitzung der physikalischen Gesellschaft zu Berlin am 23. Juli 1847. Berlin 1847. — Wieder abgedruckt (mit Anmerkungen) in Wissenschaftliche Abhandlungen von H. Helmholtz Leipzig 1882, Bd. 1, S. 12—75 und in: Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 1. Leipzig 1889.
- Helmholtz Hermann, Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte und die darauf bezüglichen neuesten Ermittlungen der Physik. Ein populärwissenschaftlicher Vortrag, gehalten am 7. Februar 1854 in Königsberg

- in Preußen. Königsberg 1854. Neu abgedruckt in: Populäre wissenschaftliche Vorträge, Heft 2, 1872 und in: Vorträge und Reden, Bd. 1, S. 25—77.
- Helmholtz Hermann, „Artikel Wärme“ im Encyclopädischen Wörterbuch der med. Wissenschaften, XXXV, S. 523 fg. Berlin 1846.
- Henle Julius, Handbuch der rationellen Pathologie, 3 Bde. Braunschweig 1846—1853.
- Derselbe, Allgemeine Anatomie. Lehre von den Mischungs- und Formbestandteilen des menschlichen Körpers. Leipzig 1841.
- Hildebrandt Friedrich, Lehrbuch der Physiologie, 1. Aufl. Erlangen 1796. 6. Aufl. 1828.
- Derselbe, Handbuch der Anatomie; s. unter Weber.
- Hirn G. A., Exposition analytique et experimentale de la théorie mécanique de la chaleur. 3^{me} édition, entièrement refondue. Tome premier. Paris 1875.
- Hoppe-Seyler Felix, Physiologische Chemie. In 4 Teilen. Berlin 1881.
- v. Humboldt Alexander, Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser nebst Vermutungen über den chemischen Prozess des Lebens in der Tier- und Pflanzenwelt, 2 Bde. Posen und Berlin 1797.
- Huxley T. H., Advance of science in the last half century. In „The reign of Queen Victoria: A survey of fifty years of progress. Edited by Thomas Humphry Ward“. London 1887. Vol. II, p. 322—387. Abgedruckt in Smithsonian Institution Report, 1887, I, p. 57—98.
- Ingen-Housz Johann, Versuche mit Pflanzen, hauptsächlich über die Eigenschaft, welche sie in einem hohen Grade besitzen. die Luft im Sonnenlichte zu reinigen und in der Nacht und im Schatten zu verderben; nebst einer neuen Methode, den Grad der Reinheit und Heilsamkeit der atmosphärischen Luft zu prüfen. Uebersetzt und herausgegeben von Johann Andreas Scherer, 3 Bde. Wien 1786—1790.
- Derselbe, Vermischte Schriften physisch-medizinischen Inhalts. Uebersetzt und herausgegeben von Nik. Carl Molitor, 2. Aufl., 2 Bde., Wien 1784.
- Kohlrausch O., Physiologie und Chemie in ihrer gegenseitigen Stellung beleuchtet durch eine Kritik von Liebig's Tierchemie. Göttingen 1844.
- Kopp Hermann, Geschichte der Chemie, 4 Bde. Braunschweig 1843—1847.
- Ladenburg A., Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie in den letzten 100 Jahren, 2. Aufl. Braunschweig 1887.
- Lavoisier Antoine Laurent, Oeuvres de Lavoisier publiées par les soins de son excellence le ministre de l'instruction publique et des cultes. 4 Bde. in 4^o. Paris 1864—1868.

Die Ausgabe ist von Dumas besorgt. Der 1. Bd. enthält den „Traité élémentaire de chimie“ und die „opuscules physiques et chimiques“. Ersterer erschien 1789, letztere 1774. Der 2. Bd. enthält die wichtigsten Abhandlungen, welche Lavoisier in den Jahren 1770—1792 der Académie des sciences vorlegte. Der 3. und 4. Bd. enthalten Abhandlungen aus den verschiedensten Gebieten der Technik, Kommissionsberichte über Gegenstände aller Art, welche der Akademie vorgelegt wurden, einzelne Briefe u. dgl.

Die für unsere Frage hauptsächlich in Betracht kommenden Abhandlungen sind folgende¹⁾:

1) Die bei den folgenden Auszügen hinter den Titeln der Abhandlungen in Klammern beigetzten Jahreszahlen geben das Jahr an, für welches der betreffende Band der „Mémoires de l'académie“ ausgegeben wurde. Es muss

1) Mémoire sur la nature du principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination et qui en augmente le poids (1775). Oeuvres II. 122.

Quecksilberoxyd, mit Kohle geglüht, gibt fixe Luft²⁾, für sich allein geglüht aber entwickelt es eine Luftart, welche keine der Eigenschaften der fixen Luft hat, in welcher Atmung und Verbrennung noch besser vor sich gehen als in der gewöhnlichen Luft. Daraus folgert L., dass das, was sich bei der Kalzination der Metalle mit diesen verbindet, nichts anderes sein kann als der „reinere Anteil“ der uns umgebenden Luft, welcher auch zum Atmen dient, und dass die „fixe Luft“ eine Verbindung jener „reinen Luft“ mit Kohle sei. Auch ein großer Teil der bei der Explosion des Pulvers entstehenden Gase sei fixe Luft, im Salpeter müsse also der „atembare“ Anteil der atmosphärischen Luft vorhanden sein und dieser müsse sich mit der Kohle zu „fixer Luft“ verbinden.

2) Expériences sur la respiration des animaux, et sur les changements qui arrivent à l'air en passant par leur poumon (1777). Oeuvres II. 174—183.

„Von allen Erscheinungen des tierischen Lebens sind keine auffallender noch der Aufmerksamkeits der Physiker und der Physiologen würdiger als diejenigen, welche die Atmung begleiten“. Erhitztes Quecksilber entnimmt aus der atmosphärischen Luft ungefähr $\frac{1}{6}$ ihres Volums, indem es sich kalzinert; die zurückbleibende Luft kann Atmung und Verbrennung nicht mehr unterhalten. Durch Erhitzen des Quecksilberpräzipitats erhält man ein Gas, welches, jenem Rest der atmosphärischen Luft zugemischt, dieselbe wieder der gewöhnlichen atmosphärischen Luft ähnlich macht. — Ein Sperling stirbt in einer abgesperrten Luftmasse von 31 Kubikzoll nach 55 Minuten; das Luftvolum ist nur sehr wenig, etwa um $\frac{1}{60}$, verringert. Der Rückstand kann nicht mehr zur Atmung und Verbrennung dienen, trübt Kalkwasser. Kaustisches Kali vermindert das Volum um $\frac{1}{6}$; das Kali verliert seine Alkaleszenz, braust mit Säuren, kristallisiert — kurz es hat sich mit „fixer Luft“ verbunden. Was nach dieser Absorption übrig bleibt, verhält sich ganz wie die Luft, in welcher sich Quecksilber kalzinert hat; fügt man den „respirablen Teil“ der gewöhnlichen Luft hinzu, so erhält man wieder gewöhnliche Luft. Also sind nur zwei Dinge möglich: Entweder die Atmung verwandelt die „respirable Luft“ in „fixe Luft“ (welche L. fortan, weil sie aus der Kreide durch Säuren entwickelt werden kann, acide crayeux nennen will), oder es findet ein Austausch statt. Er neigt zu letzterer Ansicht, weil die „respirable Luft“ das Blut rot macht wie die Metalle (Quecksilber, Blei, Eisen) beim Kalzinieren, glaubt aber, dass beides statffinde.

3) Mémoire sur la combustion des chandelles dans l'air atmosphérique et dans l'air éminemment respirable (1777). Oeuvres II. 184—193.

Die atmosphärische Luft ist kein Element, sondern ein Gemenge, von

jedoch bemerkt werden, dass Druck und Herausgabe der Bände stets etwa 3—4 Jahre später erfolgt sind und dass die Abhandlungen innerhalb dieses Zwischenraums nicht selten größere Abänderungen oder vollständige Umarbeitung erfahren. Für das Abwägen der Gründe für und wieder gewisse Ansprüche auf das Urheberrecht an Entdeckungen erwachsen aus diesem Umstand große Schwierigkeiten. Doch trifft das am wenigsten die eigentlich physiologischen Arbeiten Lavoisier's, für welche höchstens Crawford, und auch dieser kaum ernstlich, in Betracht kommt.

2) d. h. Kohlensäure.

welchem die „respirable Luft“ etwa $\frac{1}{4}$ ausmacht¹⁾. In einer durch Quecksilber abgesperrten Luftmenge erlischt eine Kerze, aber das Luftvolum ändert sich nicht merklich. Kaustisches Kali absorbiert jetzt einen Teil der Luft; fügt man Schwefelsäure zu, so braust das Kali und das alte Volum wird wieder hergestellt. In der Luft, in welcher die Kerze erloschen ist, kann ein Tier noch atmen, Phosphor noch brennen, den letzten Rest der „reinen Luft“ kann man in der That der Atmosphäre nur durch Verbrennung von „Pyrophore“ entziehen. L. schließt, dass nur derjenige Teil der atmosphärischen Luft, welchen Priestley als „dephlogistisierte Luft“ bezeichnet hat, zur Verbrennung beitrage, und verweist wegen weiterer Ausführung seiner (übrigens hier noch sehr unklaren) Verbrennungstheorie auf spätere Arbeiten.

4) De la combinaison de la matière du feu avec les fluides évaporables, et de la formation des fluides élastiques aëriiformes (1777). Oeuvres II. 212—224.

Verf. setzt voraus, dass es eine sehr feine Substanz gebe, welche er „matière du feu, de la chaleur et de la lumière“ nennt, welche alle Körper durchdringt, sich in ihnen ins Gleichgewicht zu setzen bestrebt ist, aber nicht in alle Körper gleich leicht eindringt, endlich dass dieses Fluidum teils im freien Zustand, teils mit den (materiellen) Körpern verbunden vorkommt. Diese Voraussetzung sei nicht neu, ihre Zulässigkeit werde erwiesen durch die Uebereinstimmung mit den Erscheinungen, von denen er handeln werde, durch den Umstand, dass sie alle Erfahrungen der Physik und Chemie erkläre. Gerade wie das Wasser, in welchem man eine chemische Verbindung vor sich gehen lässt, z. B. indem man zu der Lösung einer Säure ein Alkali zufügt, um ein neutrales Salz zu bilden, eine doppelte Rolle spielt, indem ein Teil desselben in die Verbindung eingeht, ein anderer zur Auflösung des Salzes dient, indem es die Teilchen des Salzes von einander entfernt hält, so dass jeder Teil der Flüssigkeit gleich viel von dem Salz aufnimmt — so müsse man auch von der Feuermaterie, welche alle Körper durchdringt, einen Teil unterscheiden, der mit den Körpern verbunden ist, und einen freien Teil, der die Teilchen der Körper von einander entfernt hält. Unter „Wärme“ habe man diesen freien Teil zu verstehen. Es gebe zwar kein Mittel, seine Menge zu bestimmen, aber schätzen könne man sie durch die Ausdehnung der Körper. Wenn bei dem Zusammenbringen verschiedener Stoffe chemische Zersetzungen und Verbindungen entstehen, so komme es darauf an, ob die neuen Substanzen zu ihrer Sättigung ebensoviel Feuermaterie erfordern als die ursprünglichen oder nicht; im letzteren Falle müsse entweder Wärme frei werden, die sich dann in die Umgebung zerstreut, oder es müsse den umgebenden Körpern Wärme entzogen werden. Weil alle Körper die Feuermaterie aufnehmen, so können solche Messungen nicht genau ausfallen. Alle Gefäße seien gleichsam von Poren durchsetzt, durch welche die Feuermaterie dringt, so dass man sie nicht wie eine Flüssigkeit oder ein Gas absperren und exakt messen könne. — Bei der Verdampfung tritt Abkühlung ein, wie Richmann, Mairan, Cullen und Baumé gezeigt haben, also entstehen Dämpfe durch Verbindung der Flüssigkeiten mit der Feuermaterie. Beschreibungen von Versuchen, welche er gemeinsam mit Laplace

1) Die Angaben über den Sauerstoffgehalt der Luft schwanken bei L. zwischen $\frac{1}{6}$ und $\frac{1}{4}$. Einmal steht auch $\frac{1}{5}$.

über die Verdampfung flüchtiger Substanzen unter der Glocke der Luftpumpe angestellt hat, und Widerlegung der Einwände, welche man aus der Erwärmung von Kalkstein und aufbrausenden Alkalien bei Säurezusatz ableiten könnte.

5) Mémoire sur la combustion en général (1777). Oeuvres II. 225—233.

Erster ausgesprochener Angriff auf die phlogistische Theorie. Die Verbrennung wie die Kalzination der Metalle wird erklärt durch die Annahme einer chemischen Verbindung der brennbaren Substanz mit einem Teil der „reinen Luft“, welche ihrerseits als eine Verbindung der Feuermaterie mit einer unbekanntem Basis betrachtet wird; durch das Freiwerden der Feuermaterie wird die Wärmeentwicklung erklärt, schließlich die Atmung als ein Verbrennungsprozess aufgefasst und die tierische Wärme durch ihn erklärt.

6) Réflexions sur le phlogistique, pour servir de suite à la théorie de la combustion et de la calcination publiée en 1777. (1783.) Oeuvres II. 623—655.

Vollständige Absage an die Phlogiston-Theorie, nebst einer Theorie der freien und gebundenen Wärme, welche als eine imponderable Substanz aufgefasst wird (vgl. den nächsten Aufsatz), sowie der Verbrennung.

7) Mémoire sur la chaleur (von Lavoisier und Laplace 1780). Oeuvres II. 283—333.

Die Arbeit zerfällt in vier Teile. Im ersten werden zunächst die Ausdrücke „freie Wärme, Wärmekapazität oder spezifische Wärme“ definiert. Die Verff. wollen nicht entscheiden zwischen den zwei Hypothesen über das Wesen der Wärme, nach deren einer sie eine imponderable Flüssigkeit ist, während sie nach der andern das Ergebnis von Schwingungen der materiellen Moleküle darstellt. Sie heben hervor, was in gleicher Weise aus beiden Vorstellungen gefolgert werden kann: Unveränderlichkeit der freien Wärme bei der einfachen Mischung der Körper, während sie bei chemischen Vorgängen sowohl vermehrt als vermindert werden kann. Aber man kann jedenfalls den Satz aufstellen, dass jede Aenderung der Wärme, sei sie reell oder scheinbar, welche bei irgend einer Zustandsänderung eines Körpersystems eintritt, in umgekehrter Richtung auftreten muss, wenn das System in seinen früheren Zustand zurückkehrt. Als Wärmeeinheit wählen sie die Wärmemenge, welche 1 Pfund Wasser um einen Grad der 80 teiligen Skala zu erwärmen vermag, sie nennen „Wärmekapazität“ oder „spezifische Wärme“ das Verhältnis der Wärmeeinheiten, welche gleiche Massen verschiedener Körper um eine gleiche Anzahl von Graden erwärmen. Dieses Verhältnis kann für verschiedene Temperaturen verschieden sein, man darf aber voraussetzen, dass es innerhalb der Grenzen von 0°—80° hinlänglich konstant bleibe. Da die Mischungsmethode zur Bestimmung der spezifischen Wärme nicht ausreicht, so geben sie an, wie man mit Hilfe von Eis Wärmemessungen anstellen kann. Die Theorie des Eis-kalorimeters wird entwickelt und der benutzte Apparat beschrieben.

Im zweiten Teil werden die Werte der spezifischen Wärme, bezogen auf die des Wassers, für eine Anzahl von Substanzen mitgeteilt, ferner die Wärme, welche durch Mischung von Schwefelsäure und Wasser, Kalk mit Wasser, Kalk mit Salpetersäure entsteht, und die Verbrennungswärmen verschiedener Substanzen und die von einem Meerschweinchen entwickelte Wärme.

Der dritte Teil enthält theoretische Betrachtungen, welche ich, weil sie unserem Thema ferner liegen, übergehe.

Im vierten Teil wird nochmals die Verbrennungswärme der Kohle und die Menge der dabei gebildeten Kohlensäure bestimmt und verglichen mit der von einem Meerschweinchen produzierten Wärme und ausgeatmeten Kohlensäure. Die Vergleichung ergibt Werte, deren Uebereinstimmung für genügend erachtet wird, um den Schluss zu rechtfertigen, dass die Atmung eine langsame Verbrennung, im übrigen der Verbrennung der Kohle ähnlich sei. Die dabei in der Lunge entstehende Wärme werde vom Blute aufgenommen und durch den ganzen Körper verbreitet, wozu, wie die Verf. auf Crawford's Autorität hin glauben, der Unterschied der Wärmekapazität des arteriellen und venösen Blutes beiträgt. Aus alle dem leiten die Verf. den Satz ab, dass die Erhaltung der gleichmäßigen Temperatur der Tiere bei fortwährendem Verlust wenigstens zum großen Teil zuzuschreiben sei der Wärmeerzeugung durch die Verbindung der eingeatmeten „reinen Luft“ mit der „Basis der fixen Luft“, welche das Blut liefert. Die Verf. nehmen sich vor, diese Versuche fortzusetzen, besonders an Vögeln, weil diese relativ mehr „fixe Luft“ bilden. Schließlich stellen sie auch die Frage nach dem, was wir jetzt „Wärmeregulierung“ nennen, und heben die wesentliche Rolle hervor, welche die Verdunstung dabei spielt. Auch hierüber versprechen sie weitere Versuche.

8) Mémoire contenant les expériences faites sur la chaleur pendant l'hiver de 1783 à 1784. (Von Lavoisier und Laplace. 1793.) Oeuvres II. 724—738.

Diese Fortsetzung der kalorimetrischen Untersuchungen enthält weitere Bestimmungen von Verbrennungswärmen und spezifischen Wärmen verschiedener Substanzen und theoretische Betrachtungen über die bei chemischen Verbindungen freiwerdende Wärme.

9) Réflexions sur la calcination et la combustion à l'occasion d'un ouvrage intitulé Traité chimique de l'air et du feu. (1781.) Oeuvres II. 391—402.

Dieser Aufsatz enthält eine Kritik von Scheele's Buch: „Ueber Luft und Feuer“, wobei Verf. auf seine eigenen entsprechenden Versuche hinweist. (Der Bericht über das Buch findet sich Bd. IV S. 377.)

10) Mémoire sur la formation de l'acide nommé air fixe ou acide crayeux, et que je désignerai désormais sous le nom d'acide du charbon. (1781.) Oeuvres II. 403—422.

Hier führt Verf. neben dem Namen „principe oxigène“ für den Sauerstoff, den er schon seit 1781 gebraucht [neben den älteren Bezeichnungen: air éminemment pur, air respirable, air vital]¹⁾, die neue Bezeichnung „acide charbonneux“²⁾ (Kohlensäure) für die ältere „fixe Luft“ ein und führt den Nachweis, dass sie eine Verbindung von Kohlenstoff und Sauerstoff sei. Die „Lebensluft“ sieht er auch hier noch für eine Verbindung des „principe oxigène“ mit der „matière du feu et de la chaleur“ an.

11) Premier mémoire sur la respiration des animaux. (1789.) Oeuvres II. 688—703.

12) Premier mémoire sur la transpiration des animaux. (1790.) Oeuvres II. 704—714.

1) Der Name „oxygène“ kommt erst in späteren Arbeiten vor.

2) Später sagt er dafür acide carbonique.

Diese beiden Arbeiten, von Lavoisier und Seguin, sind die genauere Ausführung der in früheren (vergl. bes. Nr. 2 und Nr. 7) begonnenen Untersuchungen über die Atmung und Wärmebildung der Tiere. In den Untersuchungen von Laplace und Lavoisier war die vom Tiere produzierte Wärmemenge etwas größer gefunden worden, als die aus der abgegebenen Kohlensäure berechnete. Um dies zu erklären, hatte L. 1785 die Vermutung ausgesprochen, dass bei der Atmung neben Kohlenstoff wahrscheinlich auch etwas Wasserstoff verbrenne. Die Atmung geht in reinem Sauerstoff und in Gemengen von Sauerstoff und Stickstoff in verschiedenen Verhältnissen nicht anders vor sich als in atmosphärischer Luft. Der Stickstoff wird weder absorbiert noch abgeschieden; er kann durch andere indifferente Gase ersetzt werden. Die Sauerstoffaufnahme ist bei niedriger Temperatur größer als bei höherer, wird vermehrt in der Verdauung und bei Muskelarbeit. Die Körpertemperatur ändert sich bei letzterer nur wenig, aber die Pulsfrequenz steigt und zwar in ziemlich genauem Verhältnis zur Arbeitsleistung, während die Sauerstoffaufnahme im Verhältnis des Produktes aus der Zahl der Atemzüge und der Pulsschläge zunimmt, so dass man auch Anstrengungen, welche sonst nicht messbar sind, z. B. Rezitieren oder Komponieren, danach in mechanischem Maß bestimmen könnte. Die durchschnittliche Menge des in 24 Stunden von einem Manne aufgenommenen Sauerstoffes wird auf 2 Pfund 1 Unze 1 Gros, die des ausgegebenen Kohlenstoffes auf 10 Unzen 4 Gros, die des Wasserstoffes (indirekt aus dem Ueberschuss des Sauerstoffes berechnet) auf 1 Unze 5 Gros 51 Gran angegeben. Betrachtungen über die Ernährung der arbeitenden Klassen, die Wärmeregulierung, Störungen des Gleichgewichtes schließen den ersten Artikel (vergl. oben S. 532).

Zur Untersuchung der Hauttransspiration diene eine luftdichte Umhüllung des ganzen Körpers, während die Lungenatmung durch eine dem Munde angefügte Röhre nach außen erfolgte. Sie unterscheiden Lungenatmung und Lungentranspiration. Sie stellen sich vor, dass in den Lungen eine kohlen- und wasserstoffhaltige Flüssigkeit aus dem Blute ausschwitze und dann verbrenne. Mit der so gebildeten Kohlensäure und dem gebildeten Wasser verdunste aber gleichzeitig auch Wasser, welches mit dem Kohlenwasserstoff aus dem Blut ausgetreten ist. Letzteres ist Lungentranspirationswasser, ersteres Lungenrespirationswasser. Um diese beiden gesondert zu bestimmen, wird das Respirationswasser aus dem Sauerstoff und der Kohlensäure berechnet (wie in der vorhergehenden Abhandlung) unter der Voraussetzung, dass alle Kohlensäurebildung in der Lunge oder im Blute, während es in den Gefäßen zirkuliert, entstehe. Die Verf. verhehlen sich nicht das Unsichere dieser Hypothese. Die Summe der gesamten Atmung und Transspiration wird durch Wägung vor und nach dem Versuch gefunden, der Anteil der Lunge allein durch Wägung innerhalb des Apparates bei Beginn und unmittelbar vor Beendigung des Versuchs — die Differenz ergibt dann den Anteil der Haut.

Die versprochene Fortsetzung dieser Versuche ist niemals erschienen. Eine von Seguin allein verfasste Uebersicht der Arbeiten wurde 1814 veröffentlicht.

Liebig Justus Freiherr v., Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. 1. Aufl. Braunschweig 1840. 9. Aufl. herausgegeben von Ph. Zoeller. 1876.

- Liebig Justus Freiherr v., Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie. 1. Aufl. Braunschweig 1842.
- Derselbe, Chemische Briefe. Leipzig u. Heidelberg 1844. Letzte Aufl. 1865.
- Derselbe, Bemerkungen über das Verhältnis der Tierchemie zur Tierphysiologie. Heidelberg 1844.
- Derselbe, Untersuchungen über einige Ursachen der Säftebewegung im tierischen Organismus. Braunschweig 1848.
- Lotze Rudolf Hermann, Leben, Lebenskraft, in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, Bd. I, S. IX—LVIII. Braunschweig 1842.
- Derselbe, Allgemeine Physiologie des körperlichen Lebens. Leipzig 1854.
- Mayer J. R., Die Mechanik der Wärme in gesammelten Schriften. 2. Aufl. Stuttgart 1874. — Die erste Abhandlung von M.: „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur“ erschien 1842 in den Annal. der Chemie und Pharm., XLII. Bd., S. 233 fg. — Die zweite: „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel“. 1845.
- Meyer Ernst v., Geschichte der Chemie von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Leipzig 1889.
- Milne Edwards H., Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux faites à la faculté des sciences de Paris, 10 Bde. Paris 1857—1872.
- Derselbe, Notice sur les travaux physiologiques de Lavoisier. Paris 1885.
- Müller Johannes, Handbuch der Physiologie des Menschen, 1. Bd., 4. Aufl. Koblenz 1844. 2. Bd.
- Nasse H., Tierische Wärme in Wagner's Handwörterbuch, IV, S. 1—106.
- Pfaff Chr. Heinr., Ueber tierische Elektrizität und Reizbarkeit. Leipzig 1795.
- Prochaska Georg, Lehrsätze aus der Physiologie des Menschen, 2. Aufl., 2 Bde. Wien 1802.
- Derselbe, Physiologie oder Lehre von der Natur des Menschen. Wien 1820.
- Reil J. C., Ueber die Lebenskraft. Archiv f. Physiologie, Bd. 1, S. 8—162. Halle 1796. Auch sonst enthält das Archiv (es erschienen im Ganzen bis 1815 12 Bde.) vieles darauf Bezügliche.
- Richerand, Nouveaux élémens de physiologie. 8. éd. 2 Bände. Paris 1820.
- Ritter J. W., Beiträge zur näheren Kenntniss des Galvanismus und der Resultate seiner Untersuchung, 2 Bde. Jena 1800—1802.
- Derselbe, Beweis, dass ein beständiger Galvanismus den Lebensprozess im Tierreich begleite. Weimar 1798.
- Rosenthal J., Physiologie der tierischen Wärme im Handbuch der Physiologie, herausgegeben von L. Hermann, Bd. 4, 2. Teil, S. 287—452.
- Derselbe, Kalorimetrische Untersuchungen. Archiv f. Anat. u. Physiol. — Physiolog. Abteil., 1889, S. 1—53.
- Derselbe, Kalorimetrische Untersuchungen an Säugetieren. Sitzungsber. d. k. preuß. Akad. d. Wissensch., 1888: S. 1309. — 1889: S. 245. — 1890: S. 393.
- Sachs Julius, Geschichte der Botanik vom 16. Jahrhundert bis 1860 (Geschichte der Wissensch. in Deutschland. Neuere Zeit. Herausgeg. von der histor. Kommission bei d. k. bayer. Akad. d. Wissensch., 15. Bd.). München 1875.
- Schwann Theodor, Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen. Berlin 1839.

- Senebier Johann, Physikalisch-chemische Abhandlungen über den Einfluss des Sonnenlichts auf alle drei Reiche der Natur und auf das Pflanzenreich insonderheit. Aus dem Französischen. 4 Teile. Leipzig 1785.
- Senebier Jean, Physiologie végétale, contenant une description des organes des plantes, et une exposition des phénomènes produits par leur organisation. 5 Teile. A Genève. An 8.
- Sniadecki Andr., Theorie des organischen Wesen. Aus der poln. Urschrift übersetzt von Andreas Neubig. Nürnberg 1821.
- Tiedemann Friedrich, Physiologie des Menschen. 1. Bd. Allgemeine Betrachtungen der organischen Körper. Darmstadt 1830.
- Treviranus Gottfried Reinhold, Biologie oder Philosophie der lebenden Natur. 6 Bde. Göttingen 1802—1821.
- Derselbe, Die Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens. 2 Bde. in 3 Abteilungen. Bremen 1831—1833.
- Derselbe, Beiträge zur Aufklärung der Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens. 2 Hefte. Bremen 1836.
- Treviranus Ludolph Christian, Physiologie der Gewächse. Bonn 1835.
- Voit C. v., Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels und der Ernährung (Handbuch der Physiologie, herausgegeben von L. Hermann, 6. Bd., 1. Teil). Leipzig 1881.
- Weber Ernst Heinrich, Allgemeine Anatomie. 1. Bd. der 4. Aufl. von Friedrich Hildebrandt's Handbuch der Anatomie des Menschen. Braunschweig 1830.
- Wilhelmy Ludwig, Zur physikalischen Begründung der Physiologie und Psychologie. Heidelberg 1852.

Nachträglicher Zusatz.

Diese Arbeit war längst abgeschlossen, als mich Herr E. du Bois-Reymond auf das Buch des Herrn Berthelot: „La révolution chimique Lavoisier“. Paris. Felix Alcan. 1890. aufmerksam machte. Dasselbe enthält eine ausführliche Darstellung der Bedeutung Lavoisier's für die Chemie. Sein Wert wird noch vermehrt durch einen genauen Bericht über die bisher nicht veröffentlichten Laboratoriumstagebücher Lavoisier's, welche von dessen Gattin gerettet, später von einem Glied der Familie, Herrn de Chazelles, dem Archiv des Institut de France übergeben wurden. Sie umfassen den Zeitraum vom 20. Februar 1773 bis zum November 1788. Die übrigen scheinen verloren zu sein.

J. R.

Neuere Arbeiten über Polypen und Medusen.

Von **R. v. Lendenfeld.**

Hydroiden.

Driesch (Jen. Zeitschr., N. F., Bd. 17) setzt seine tektonischen Studien an Hydroiden fort. In der vorliegenden Mitteilung sind die Plumulariden und *Tubularia* behandelt. D. sucht die verschiedenen Stockformen aus bestimmten und einfachen Wachstumsgesetzen ab-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1890-1891

Band/Volume: [10](#)

Autor(en)/Author(s): Anonymos

Artikel/Article: [Antoine Laurent Lavoisier und seine Bedeutung für die Entwicklung unserer Vorstellungen von den Lebensvorgängen. 513-542](#)