

JUSTUS LIEBIG ÜBER ROBERT MAYER¹

or gerade fünfzig Jahren erschien im Viewegschen Verlage zu Braunschweig ein heutzutage völlig verschollenes Buch „Wissenschaftliche Vorträge, gehalten zu München im Winter 1858, von Bischoff, Bluntschli, Bodenstedt, Carriere, Heyse, Jolly, Knapp, v. Kobell, v. Liebig, Löher, Pettenkofer, Riehl, Seidel, v. Sybel, v. Voelderndorff, Windscheid“; es führt die Aufschrift: „Seiner Majestät dem König Maximilian I., dem erhabenen Beschützer und tätigen Freunde jedes geistigen Lebens, dem Schöpfer und Lenker einer neuen wissenschaftlichen Aera in Bayern, in tiefster Ehrfurcht gewidmet“, und enthält 16 Vorlesungen, die, wie die Vorrede vermeldet, „im chemischen Hörsaal, vor einem gebildeten Publikum aller Stände“ seitens der Korona oben genannter erlauchter Geister zunächst mündlich verlautbart, „auf vielseitigen Wunsch“ nunmehr aber auch gedruckt herausgegeben wurden.

Die vorletzte, fünfzehnte Vorlesung,² die Liebig's, ist betitelt: „Über die Verwandlung der Kräfte“, und behandelt die von Robert Mayer entwickelten Grundlehren des gegenwärtig als „Energetik“ bezeichneten Gebietes; sie scheint vollkommen in Vergessenheit geraten zu sein, mindestens findet sie sich in keinem mir bekannten Werke über Liebig angeführt,

¹ „Chemiker-Zeitung“ 1908, S. 341.

² S. 591 bis 597 der „Wissenschaftlichen Vorträge.“

wird, soweit mir rememberlich, in keiner der 1903 zur Jahrhundertfeier von Liebig's Geburtstag gehaltenen Festreden erwähnt, und fehlt merkwürdigerweise auch in der Sammlung von Liebig's „Reden und Abhandlungen“, die Carriere 1874 herausgab.¹ Ihr Inhalt, dem Liebig mit Rücksicht auf die Zusammensetzung des Zuhörerkreises eine durchaus allgemeinverständliche und elementare Fassung gab, ist im wesentlichen der nachstehende:

Schon seit langem wurde vermutet, daß zwischen den sog. Naturkräften, deren man von alters her eine ganze Anzahl kennt, nähere Beziehungen walten, aber erst die neueste Zeit erbrachte hierfür tatsächliche Beweise, und wir besitzen jetzt die Gewißheit, daß jene Kräfte keineswegs völlig verschieden, vielmehr gemeinschaftlichen Ursprunges sind, und als Äußerungen einer und derselben Grundursache angesehen werden müssen.

Maschinen erzeugen bekanntlich keine Kraft, sondern verrichten nur mittels der ihnen zugeführten eine gewisse Arbeit, deren Größe als Summe aller überwundenen Widerstände darstellbar und meßbar ist; aber keineswegs leistet auch alle den Maschinenteilen mitgeteilte Kraft wirklich Arbeit, vielmehr geht ein bedeutender Teil stets verloren, er wird, hauptsächlich durch die Reibung, „aufgezehrt“, und galt tatsächlich für „vernichtet“; solange man aber annahm, eine Kraft könne gänzlich verschwinden, also „ein Nichts zur Wirkung haben“, war es auch kein Widerspruch das Umgekehrte vorauszusetzen, nämlich die Erzeugung einer Kraft aus dem Nichts, d. h. die Möglichkeit eines Perpetuum mobile, und der bis in die jüngste Zeit fortdauernde Glauben an diese Möglichkeit entsprang nicht zum wenigsten der Unklarheit jener Anschauungen.²

¹ „Reden und Abhandlungen“ von Justus v. Liebig (Leipzig u. Heidelberg, 1874).

² Bei dieser Gelegenheit sei daran erinnert, daß noch im Jahre 1878 das Deutsche Patentamt unter Nr. 4453 ein Patent auf ein Perpetuum mobile erteilte.

Richtigere Vorstellungen über das Wesen der Naturkräfte verdanken wir erst dem Arzte Dr. Robert Mayer in Heilbronn: „sie brachten Licht in eine Menge bis dahin unverständlicher und unerklärbarer Vorgänge“, „sie erlangten durch die sich daran knüpfenden Forschungen der ausgezeichnetesten Physiker und Mathematiker eine kaum geahnte Bedeutung und Wichtigkeit“. Nach R. Mayer sind Kräfte Ursachen, und unterliegen gemäß der Grundregel „Causa aequat effectum“ dem allgemeinen Gesetze, daß die Wirkungen ihren Ursachen genau entsprechen und ihnen gleich sind; daher kann in einer Kette von Ursachen und Wirkungen niemals ein Glied zu Null werden oder verschwinden, die Glieder sind unzerstörlich, und nicht um quantitative Veränderungen kann es sich handeln, sondern nur um qualitative Umwandlungen. Wo also, wie in den Maschinen, ein Teil der bewegenden Kraft anscheinend vernichtet wird, kann in Wahrheit die Bewegung nur eine andere Form angenommen haben, und zwar wird dies, wie zahlreiche wohlbekannte Beispiele dartun, in der Regel die der Wärme gewesen sein. Zwischen der aufgewandten Bewegung, bzw. mechanischen Arbeit, und der entwickelten Wärme muß eine bestimmte quantitative Beziehung bestehen, und die angestellten Berechnungen und Messungen haben ergeben, daß eine Arbeitsleistung von 450 m/kg fähig ist, 1 kg Wasser von 0 auf 1° C zu erwärmen, und daß umgekehrt ebendiese Wärmemenge vermag, eine Arbeitsleistung von 450 m/kg zu vollbringen, so daß die Zahl 450 als Äquivalent der Wärme und Arbeitskraft anzusehen ist.¹ Es werden also z. B. 27000 Schläge² mit einem 5 kg schweren Hammer aus $\frac{1}{3}$ m Höhe, oder 9000 Schläge aus 1 m Höhe, oder 45000 Schläge mit einem 1 kg schweren Hammer aus 1 m Höhe, hinreichen, um 1 kg

¹ Die Zahl 450 ist zu hoch, als richtigster Wert gilt zurzeit 427 (s. Erdmann-Köthner, „Natur-Constanten“ Berlin, 1905, S. 28). ² Liebig gibt diese Zahlen in etwas anderer Anordnung und mit anderen Werten an, da er noch mit Pfunden und Fußern rechnet.

Wasser von 0 bis 100°, also um 100 Grade, zu erwärmen; 450 Schläge letzterer Art werden demnach die Temperatur von 1 kg Wasser um 1° C erhöhen, und umgekehrt wird sich durch Aufwendung gerade dieser Wärmemenge ein Gewicht von 1 kg 450 m hoch erheben lassen.

Wie die Arbeitskraft der Wärme durch Bestimmung der Höhe ausgedrückt werden kann, auf die sie ein gegebenes Gewicht zu heben vermag, so auch die Arbeitskraft des elektrischen Stromes, den ein rotierender Magnet, oder ein galvanisches Element erzeugt (letzteres durch die Auflösung eines Metalles), die Arbeitskraft eines Magneten, den der elektrische Strom, oder eine elektro-magnetische Spule ins Leben ruft, endlich auch die Arbeitskraft einer chemischen Umwandlung, z. B. der Elektrolyse des Wassers zu Wasserstoff nebst Sauerstoff. Mag also Wärme, Elektrizität, Magnetismus, oder chemische Affinität in Frage kommen, so sind und bleiben doch alle diese Kräfte nach bestimmten Verhältnissen äquivalent, und gegenseitig ineinander umwandelbar: „nirgends ein Ausfall, nirgends ein Überschuß, ... die Kraft ist unsterblich, ihre scheinbare Vernichtung nur eine Wandlung.“

Auch der Körper des Menschen erzeugt Wärme und verrichtet Arbeit, offenbar unter Verbrauch des ihm in der Nahrung zugeführten Kraftvorrates. Doch wo hat hinwiederum dieser seine Quelle? Er stammt, gemeinsam mit jenem aller unserer Brenn- und Leuchtstoffe und mit jenem der gesamten pflanzlichen Organismen, direkt oder indirekt aus der Sonne: „Indem die Sonnenstrahlen als das, was sie waren, verschwinden, häufen sich organische Verbindungen im Pflanzenleibe an, und die wärmende Kraft (dieser Strahlen) ruht jetzt in diesen Produkten; ... in ihnen sind die Strahlen der Sonne ebenso ‚latent‘ geworden, wie die strömende Elektrizität in dem, durch die Wasserzersetzung erzeugten Wasserstoff.“ Beim Genusse der Nahrungsstoffe empfangen wir also eine Summe aufgespeicherter Kraft und Wärme; wir heizen mit ihnen den

Körper ganz ebenso wie einen Ofen mit Heizmaterial, doch können natürlich die Stoffe, deren unmittelbare Verbrennung Wärme liefert, nicht gleichzeitig auch noch mechanische Kraft erzeugen, diese nimmt vielmehr ihren Ursprung aus der chemischen Veränderung der zusammengesetztesten, stickstoff- und schwefelhaltigen Bestandteile der Muskeln, also aus dem Stoffwechsel. Die Vorräte aufgespeicherter Wärme und Kraft werden wieder frei und wirksam, sobald durch die Verbrennung und den Stoffwechsel, d. i. durch den Verlauf des Lebensprozesses, die Nahrungsstoffe stufenweise und allmählich in die nämlichen ursprünglichen Substanzen zurückgeführt werden, aus denen sie entstanden, also in Kohlensäure, Wasser, und Ammoniak. —

Wie bekannt, beschäftigten Liebig schon seit den dreißiger Jahren des vergangenen Jahrhunderts Ideenverbindungen, die den soeben dargelegten nahe verwandt waren, die er aber nicht zu völliger Klärung zu bringen vermochte; schon in seinem agrikulturchemischen Werke, noch mehr aber in der „Tierchemie“ (1842 zuerst erschienen), finden sich zahlreiche Gedanken, die bis an die Schwelle der Wahrheit heranzuführen, Gedanken, die ihn in rastlosem Streben bemüht zeigen, die erahnte reife Frucht endlich an rechter Stelle zu fassen, — während sie sich dem Zugreifenden immer wieder aufs neue entzieht. Als ihm 1842 Robert Mayer seine erste, von Poggendorff in ihrer ursprünglichen Gestalt zurückgewiesene Abhandlung einsandte, war er daher durchaus vorbereitet und befähigt, ihre Bedeutung zu erfassen; sie bot die lange gesuchte Lösung des großen Rätsels, und indem Liebig dies sogleich erkannte, und sie in seinen Annalen zum Abdrucke brachte, leistete er der Wissenschaft einen unermeßlichen Dienst.

In der Neidlosigkeit, mit der Liebig Mayers Leistungen ankündigte und zeitlebens hochhielt, tritt die Lauterkeit seines Charakters ebenso glänzend hervor, wie in der Art, nach der er sich die Tragweite der Mayerschen Lehren zu eigen machte,

die Schärfe seines Geistes. Heutzutage ist freilich der Satz von der „Erhaltung der Energie“ längst Gemeingut aller Naturforscher und daher auch aller Chemiker geworden, vor fünfzig Jahren aber wurde er selbst von den nächstbeteiligten Fachleuten teils gar nicht verstanden, teils sogar bestritten: so z. B. glaubte zu jener Zeit noch der, als Wärmetheoretiker und Ingenieur so hervorragende Hirn, Dampfmaschinen vermöchten sehr wohl auch ohne Wärmeverbrauch Arbeit zu leisten, und ein Wärmeäquivalent brauche, falls es bestehe, keineswegs konstant zu sein, — Ansichten, die er erst 1862 endgültig fallen ließ.¹ Bewunderungswürdig bleibt daher die Sicherheit, mit der Liebig die volle Tiefe des Mayerschen Grundgedankens begriff und würdigte, erstaunlich auch die Klarheit, mit der er den wesentlichen Inhalt der Mayerschen Lehren darzulegen, und einem wenig vorgeschulten Zuhörerkreise verständlich zu machen wußte. Daß sein Vortrag von 1858 ihn auch selbst durchaus befriedigte, geht aus der Tatsache hervor, daß er ihn für die im nämlichen Jahre abgeschlossene neue (vierte) Auflage der „Chemischen Briefe“ verwertete, in deren Vorrede auf die „Bearbeitung einer Anzahl von Vorträgen“ (jedoch ohne nähere Bezeichnung) hingewiesen ist. Mit verschiedenen Abänderungen und Zusätzen versehen, bildet er dort den neu eingefügten 13. Brief,² und müßte daher eigentlich jedem Chemiker wohlbekannt sein, — ermangelte jenes Werk heute nicht so gänzlich der Leser, die ihm, als einem wahrhaft klassischen der wissenschaftlichen Literatur, gebühren; denn über die veralteten und überholten Einzelheiten läßt sich unschwer hinwegsehen, unsterblich bleibt aber das Bemühen des Aufschwingens zum höchsten Gesichtskreise, das selbstlose Streben nach Wahrheit, und die unerschrockene Kritik und Bekämpfung jener Fehlschlüsse und Irrtümer, die

¹ s. meine „Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften“ (Leipzig 1906, S. 554, im Aufsätze über Robert Mayer.)

² S. 103 der vierten Auflage.

v. Lippmann, Abhandl. u. Votr. II.

leider ebenfalls einer Art Unsterblichkeit teilhaftig sind, und fast mit jeder Generation in neuem Gewande wieder auftauchen. Daher läßt sich auch noch heute selbst aus Liebig's Fehlern nicht selten mehr lernen, als aus den Berichtigungen seiner Gegner und Widersacher.

Auch viele andere Stellen jener Neuauflage der „Chemischen Briefe“ zeigen, wie völlig durchdrungen Liebig von R. Mayers Anschauungen war: „Wärme, Licht, Magnetismus, Elektrizität, stammen von einer Mutter“ (S. 11); „erst die chemische Auflösung des Zinks erzeugt den entsprechenden elektrischen Strom, denn keine Kraft kann aus nichts entstehen“ (S. 97); „Wärme, Elektrizität, Magnetismus . . . sind äquivalent, und durch ein gewisses Maß von Elektrizität bringen wir ein entsprechendes Verhältnis von Wärme oder magnetischer Kraft hervor, die sich gegenseitig äquivalent sind; . . . chemische Affinität bringt, in der einen Form verbraucht, Wärme hervor, in der anderen Magnetismus oder Elektrizität, . . . und mit einer gewissen Summe Affinität erkaufen wir ein Äquivalent Elektrizität, gerade so wie wir umgekehrt durch ein gewisses Maß von Elektrizität Äquivalente von chemischen Verbindungen zersetzen“ (S. 98). Wie klar sich Liebig über die Arbeitsleistung, als den wesentlichen Punkt, war, beweist der auf das Beispiel des Magneten bezügliche Satz: „... es gilt, das Eisen zu heben, ihm eine Bewegung zu erteilen, . . . denn ein Magnet, der nur trägt, wirkt wie ein Felsen, der ruhend nur mit seinem Gewichte auf die Unterlage drückt, er ist ein eingeschlossener See, der keinen Fall besitzt“ (ebd.¹). Gleich durchdringend ist das Urteil über einen anderen Punkt von höchster Bedeutung: Wie die Erzeugung der Bewegung durch die Dampfmaschine, oder jene des elektrischen Stromes im galvanischen Element, so bleibt auch die der mechanischen Kraft im Körper an einen Stoffwechsel gebunden, aber die nähere

¹ Das nämliche Bild gebraucht schon Lionardo da Vinci (s. meine „Abhandlungen und Vorträge“, S. 355).

Beziehung ist uns vorerst noch gänzlich unbekannt, und niemals können die Vorgänge des Stoffwechsels und die Tätigkeiten der hierbei ins Spiel kommenden Kräfte direkt oder indirekt Geistestätigkeiten, Selbstbewußtsein, oder Gedanken erzeugen, da man sonst, nach dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft, fähig sein müßte, auch umgekehrt durch Gedanken Lasten zu heben, oder etwa Elektrizität, Magnetismus, und Wärme hervorzubringen (S. 187).

Noch in seiner letzten großen Arbeit „Über Gärung, Quelle der Muskelkraft, und Ernährung“, — die u. a. den unvergeßlichen Satz enthält: „Man sollte doch endlich zur Einsicht kommen, daß man ‚Ursachen‘ auch mit Mikroskopen nicht sehen kann“¹ —, sagt Liebig in gleichem Sinne: „Bei der Bildung organischer Substanz in der Pflanze unter dem Einflusse des Sonnenlichtes wird Wärme (oder Sonnenkraft) gebunden, oder, wie man sagt, latent; bei ihrer Rückbildung wird sie wieder frei, und das Maximum wird frei, wenn die Rückbildung dieser Substanzen genau ihrer Bildung entspricht. ... Die Pflanze ist ein Magazin von Sonnenkraft, ... und die in den Nährstoffen der Tiere aufgespeicherte Kraft kommt im Tierleibe wieder zur Äußerung.“² Von solchen Gedanken erfüllt, durfte Liebig mit Recht in einem Briefe vom 1. Dezember 1867 an Fr. Mohr den Ausspruch tun: „Wie unendlich fruchtbar ist doch das Prinzip der Erhaltung der Kraft in den Naturwissenschaften gewesen, und wenn ich daran denke, daß die erste Abhandlung Mayers weder Poggendorff noch ein Anderer drucken wollte, und daß man ihn in Heidelberg und Karlsruhe für einen Narren erklärte, so erscheint der geistige Fortschritt von da bis heute ganz wunderbar“.

Bemerkenswert ist es, daß Liebig in seinem Vortrage von 1858 zwar die, sich an Mayers Lehren „knüpfenden

¹ Seite 44 des Sonderabdruckes (Leipzig u. Heidelberg 1870). ² ebd., S. 80 und 123.

Forschungen der ausgezeichnetesten Physiker und Mathematiker“ erwähnt, aber keinen von diesen nennt, insbesondere nicht Helmholtz. Ich habe an anderer Stelle die einschlägigen leidigen Streitigkeiten über die Priorität betreff des Kraft-erhaltungsgesetzes behandelt, und gezeigt, daß Helmholtz diese mit Unrecht für sich in Anspruch nahm;¹ daß ein Kronzeuge wie Liebig zeitlebens die Priorität Mayers anerkannte, und (so viel man weiß) über anderweitige Behauptungen niemals auch nur ein Wort verlor, verdient deshalb besondere Hervorhebung, weil noch neuerdings Koenigsberger in seiner ausgezeichneten Biographie Helmholtz'² dem Verdienste R. Mayers durchaus nicht genügend gerecht wird. Es ist mit dem vorliegenden Tatbestande unvereinbar, das Prinzip von der Erhaltung der Kraft ein Helmholtzsches, den Begriff vom konstanten Energievorrat des Weltalls „einen völlig neuen, Helmholtz allein angehörigen“ zu nennen,³ sowie zu behaupten, auch R. Mayer sei zwar zum nämlichen Gedanken gelangt,⁴ aber „weniger allgemein und weniger klar bewußt“ und „nicht durch wissenschaftliche Methoden“, und sei „weit davon entfernt gewesen, ... die Richtigkeit ... des Gesetzes ... an allen damals bekannten Naturprozessen zu prüfen.“⁵ Die Abhandlungen R. Mayers von 1842 und 1845 erweisen das gerade Gegenteil dieser Angaben, und daß Helmholtz die Schrift von 1845 „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel“, — nach Moleschott „ein Werk von monumentalem Charakter, würdig des größten und fruchtbarsten Gedankens, den das Jahrhundert zutage gefördert hat“ —, weder als Physiologe noch als Physiker ihrer vollen Tragweite nach zu durchschauen vermochte, sie vielmehr ganz nebenbei mit wenigen Zeilen einer völlig nichtsagenden Besprechung abtat, wird stets unbegreiflich erscheinen,

¹ S. meine „Abhandlungen und Vorträge“, a. a. O. Braunschweig 1902 ff.

² ebd., Bd. 1, S. 79 und 208; Bd. 1, S. 89 und 213.

³ ebd., Bd. 2, S. 318; s. auch Bd. 2, S. 167.

⁴ ebd., Bd. 1, S. 82 und 87.

wie denn überhaupt das Verhalten dieses großen Mannes gegenüber R. Mayer vielfach rätselhaft und unerfreulich bleibt.¹

Nachschrift bei der Korrektur: Vor einigen Tagen teilte mir Geheimrat Prof. Dr. J. Volhard freundlichst mit, daß er in seiner, der Vollendung nahen Biographie Liebig's, anläßlich der Besprechung der „Chemischen Briefe“ auch Liebig's Beziehungen zu R. Mayer kurz erörtert, und dabei auf den Münchener Vortrag von 1858 hingewiesen habe.

¹ Über die späteren Prioritäts-Streitigkeiten zwischen Helmholtz und Mayer geht Koenigsberger ganz hinweg (Bd. 2, S. 237).