

ROBERT MAYER UND DAS GESETZ VON DER
„ERHALTUNG DER KRAFT“.¹

Auch den der Wissenschaft ferner Stehenden ist heutzutage im allgemeinen genügend bekannt, daß Namen und Leistungen Robert Mayers zu den hervorragendsten der neueren Zeit gehören; wollte man sie aber des Näheren befragen, welches die Art der Errungenschaften dieses Mannes sei, und welche eigentlichen Fortschritte die Wissenschaft ihm verdanke, so würde wohl nur selten befriedigende Auskunft zu erlangen sein. In der Regel lautet auf solche Fragen die Antwort: Mayer ist der Entdecker der mechanischen Wärmetheorie, und diese Theorie besagt, daß die Wärme als eine Art der Bewegung betrachtet werden muß. Diese Angaben sind aber im wesentlichen unzutreffend, sowohl hinsichtlich ihres bloßen Wortlautes, als auch hinsichtlich des Sinnes, den man diesem herkömmlicherweise unterzulegen pflegt. Es dürfte daher am Platze sein, sie zu berichtigen, und zu diesem Zwecke Leben und Wirken Robert Mayers einer eingehenden Betrachtung zu unterziehen. Was er geleistet und was er erlebt, steht gerade bei ihm in völlig unauflöslichem Zusammenhange.

Robert Mayer wurde am 25. November 1814 als Sohn des Apothekers Christian Mayer zu Heilbronn geboren. In

¹ Vortrag, gehalten im „Naturwissenschaftlichen Vereine“ zu Halle a/S. 1896 (Zeitschrift für Naturwissenschaften“ 1897, Bd. 70).

Schule und Gymnasium war er ein mittelmäßiger, oft sogar ein schlechter Schüler. Mit Vorliebe trieb er sich im Freien, und namentlich an den Ufern der kleinen Bäche herum, die in jener Gegend dem Neckar zufließen, und versuchte an diesen Wasserrädchen aufzustellen, und mittels solcher ein Perpetuum mobile zu konstruieren. Die Unmöglichkeit, dies zu erreichen, machte ihm schon in seinem Knabenalter, wie er später selbst erzählte, einen tiefen und für sein ganzes Leben vorhaltenden Eindruck. 1832 begann Mayer in Tübingen Medizin zu studieren und setzte dieses Studium bis 1837 fort; in diesem Jahre geriet er mit den Behörden der Universität wegen Zugehörigkeit zu einem verbotenen Korps in Konflikt, und es wurde zeitweiliger Arrest über ihn verhängt.

Dies versetzte Mayer in eine außerordentlich überreizte Stimmung, die sich, wie manche behaupten wollten, beinahe einer geistigen Störung näherte; solchen vorübergehenden Zufällen war er, wie wir sehen werden, auch im ferneren Verlaufe seines Lebens nicht selten unterworfen, wenn mißliche Ereignisse ihn unerwarteterweise betrafen. Nachdem indes jene Untersuchung ohne weitere Folgen niedergeschlagen war, promovierte Mayer 1838 auf eine Dissertation hin, die das Santonin behandelte, jenen fünf Jahre vorher entdeckten Hauptbestandteil des sogenannten Wurmsamens, dem Mayer auf Grund seiner Versuche eine große Zukunft in der Medizin voraussagte, — und, wie die Folge gezeigt hat, mit Recht. 1839 verweilte Mayer in Paris, das sich damals der hervorragendsten medizinischen Kliniken erfreute, und entschloß sich, noch im selben Jahre eine Stelle als Schiffsarzt in Holland anzunehmen, um so die Welt kennen zu lernen, bevor er sich, wie das seine Absicht war, dauernd in seiner Geburtsstadt als praktischer Arzt niederließe; er schiffte sich 1840 zu Rotterdam ein, und zwar auf einem nach Batavia bestimmten Schiffe. Außer der Verpflegung erhielt er ein monatliches Honorar von 50 holländischen Gulden oder ungefähr 85 Mark.

Während der Überfahrt, die ohne besondere Zwischenfälle von statten ging, erregte namentlich eine Tatsache Mayers Geist. Er beobachtete nämlich, — was allerdings auch schon im Altertume, z. B. Cicero und Seneca bekannt war —, daß die vom Sturme gepeitschten Wellen erheblich wärmer seien als ruhiges Wasser, und beschäftigte sich mit der Frage, was wohl die Ursache dieser Erscheinung sein möge. Bei der Ankunft in Batavia befahl die bis dahin gesunde Schiffsmannschaft ein heftiges epidemisches Fieber, gegen das Mayer unter anderem Aderlässe für angezeigt hielt. Hierbei machte er nun eine für alle seine weiteren Leistungen maßgebende und bahnbrechende Beobachtung, die in ihrer Einfachheit an jene der bekannten Überlieferungen erinnert, die Newton und den fallenden Apfel, oder Galilei und die schwingende Ampel im Dome zu Pisa betreffen. Er nahm nämlich wahr, daß bei Aderlässen an Neulingen im tropischen Klima die Armvenen so hellrotes Blut lieferten, daß er zu Anfang beinahe vermeinte, eine Arterie getroffen zu haben. Das Nachsinnen über diese, den Ärzten der Tropen zwar längst bekannte, aber nie von ihnen weiter erwogene Tatsache, führte ihn zu einem Gedankengange, den man in kurzem etwa wie folgt zusammenfassen kann: Bei sehr vermindertem Bedürfnisse organischer Wärmeerzeugung (infolge der geringeren Temperaturdifferenz zwischen dem Körper und der warmen Tropenatmosphäre) werden die mit Sauerstoff beladenen arteriellen Blutkörperchen weniger weit reduziert als in kälterer Umgebung; die Farbendifferenz des arteriellen und venösen Blutes ist ein Ausdruck für die Größe des Sauerstoffverbrauches also für die Stärke des Verbrennungsprozesses im Organismus, und der verminderten Ausscheidung von Wärme entspricht auch ein geringerer Verbrauch an zu oxydierender Substanz. Es produziert aber der Körper außer der Wärme auch noch mechanische Leistung, die indes auf mancherlei Weise, z. B. durch Vermittlung von Reibung, wiederum in Wärme übergeführt werden kann; diese mittelbar

erzeugte Wärme ist daher ebenfalls auf Rechnung des vitalen Verbrennungsprozesses, also eines Stoffverbrauches, zu setzen. Nun bleibt die Temperatur des gesunden menschlichen Körpers konstant; also muß auch zwischen der Temperatur der Umgebung und der gesamten Wärmeentwicklung des Körpers ein bestimmter und fester Zusammenhang bestehen. Von dieser gesamten Wärme wird aber ein Teil in Form mechanischer Leistung entwickelt: demnach waltet auch zwischen mechanischer Leistung und Wärme ein konstantes Verhältnis. Die Summe von Wärme und Arbeit, als an einen proportionalen Stoffverbrauch gebunden, erweist sich selbst als konstant, als etwas Substantielles (das wir heute als „Energie“ bezeichnen). So aber, wie auf dem Gebiete der Wärme, muß es sich offenbar auf allen Gebieten verhalten, d. h. die Summe aller Energien ist ebenfalls als etwas Substantielles anzusehen, sie ist konstant.

Zur Zeit, als Mayer diesen großartigen Gedankengang erfaßte und durchführte, fühlte er sich, wie er seinen Freunden noch nach Jahren erzählte, inspiriert wie nie vordem oder nachdem, so daß er kaum das Schiff verließ, den Herrlichkeiten der ihm neuen Tropenwelt keine Aufmerksamkeit schenkte, und sich am glücklichsten fühlte, wenn er ungestört an Bord arbeiten und sich ganz der Entwicklung seiner Gedanken hingeben konnte.

Gleich nach seiner Rückkehr nach Europa brachte Mayer seine Ansichten in einem ersten Aufsatz zu Papier, der, wie er selbst späterhin wahrnahm, nach einigen Richtungen unvollkommen, nach anderen sogar fehlerhaft war. Er schickte diesen zunächst an den berühmten Physiker Poggendorff, den Herausgeber der „Annalen der Physik“, sowie an den hervorragenden Chemiker Gmelin in Heidelberg, ohne aber von diesen auch nur einer Erwiderung oder Empfangsanzeige gewürdigt zu werden; hingegen ließ ihm ein Professor der Mechanik, dessen Namen nicht überliefert ist, folgende klassische

Antwort zugehen: „Das Gebiet der Wissenschaften ist bereits übergroß genug, und daher eine Erweiterung desselben keineswegs wünschenswert“. Freunde, unter denen namentlich Baur und Rümelin, der bekannte nachmalige Kanzler der Universität Tübingen, zu nennen sind, suchten nun Mayer, dessen Ideen sie, ohne ihren Gehalt eigentlich voll zu begreifen, doch für originell und bedeutsam erkannten, mit den Physikern der Universitäten Tübingen und Heidelberg, Prof. Nörremberg und Prof. Jolly, in Berührung zu bringen. Aber diese verdienten Gelehrten waren nicht imstande, den Gedankengang Mayers zu fassen und zu verstehen; namentlich schien ihnen der Mangel an experimentaler Begründung schwerwiegend, und Jolly riet deshalb Mayer, er möge doch Versuche anstellen, da z. B., wenn seine Theorien richtig seien, es möglich erscheinen müsse, die Temperatur des Wassers durch Schütteln in einer geschlossenen Flasche zu erhöhen. Mit Vergnügen berichtete Jolly noch in seinen alten Tagen, wie damals, Monate nach ihrer ersten Zusammenkunft, plötzlich die Türe seines Laboratoriums aufgegangen, und ein, beim ersten Anblick ihm gar nicht mehr erinnerlicher Mann erschienen sei, der im breiten schwäbischen Dialekt, den zu sprechen er gewohnt war, ihm ohne weiteres zurief: „Es ischt aso!“, — indem er voraussetzte, daß auch Jolly sich während der ganzen verfloßenen Zeit keinem anderen Gedanken hingegeben habe, als dem von ihm angeregten.

In verbesserter und geläuterter Form legte Mayer 1842 seine Lehre in einem neuen Aufsatz dar: „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur“. Daß er, obwohl von der Betrachtung des organischen Stoffwechsels ausgehend, doch zunächst nicht diesen behandelte, sondern anorganische Probleme voranstellte, hatte seinen Grund darin, daß er diese letzteren als das feste Fundament betrachtete, von dem aus, sobald es erst völlig gesichert dastehe, er unbesorgt und ungestört weiter bauen könne.

Mayer geht in diesem Aufsatz zunächst von den Grundsätzen aus: *causa aequat effectum* (die Ursache ist gleichwertig der Wirkung), *ex nihilo nihil fit* (aus nichts wird nichts), und *nihil fit ad nihilum* (keine Sache kann zu nichts werden). Sowohl die Erfahrung als auch die Denkgesetze zeigen nun, daß ebenso wie die Materie auch die Kraft oder Energie unzerstörlich ist, während sie sich, — im Gegensatz zur Materie, — als wandelbar und imponderabel erweist. Die Kraft bringt, als Ursache, eine ihr gleiche Wirkung hervor, hat aber, sobald diese hervorgebracht ist, hiermit auch aufgehört selbst zu sein, d. h. die Ursache ist ganz und völlig in eine ihr gleichwertige Wirkung übergegangen. Dieser Anschauung widerstreitet namentlich die hergebrachte Definition der Schwere, gegen die sich daher Mayer entschieden ausspricht. Die Schwere ist nach Mayer keine Kraft, sondern eine Eigenschaft, und zwar jene, die die Beschleunigung des freien Falles bedingt. Wäre die Schwere eine Kraft im üblichen Sinne, so hätte sie offenbar die Fähigkeit zu wirken, ohne doch abzunehmen, d. h. es müßte Bewegung ohne Aufwand einer Kraft fortdauernd neu erzeugt werden können, aber auch umgekehrt eine gegebene Bewegung häufig zu nichts werden, also verschwinden. Die andauernde Produktion von Bewegung ohne Kraftaufwand würde aber nichts anderes bedeuten, als die Möglichkeit eines „Perpetuum mobile“. Daß jedoch ein solches nicht existieren könne, war in der Wissenschaft längst nicht mehr strittig: hatte doch die Pariser Akademie schon im Jahre 1775 beschlossen, Einsendungen, die die Erfindung des Perpetuum mobile betrafen, fortan einer Prüfung nicht mehr zu unterziehen. Also nicht die Schwere ist nach Mayer Ursache des Falles der Körper, sondern vielmehr die räumliche Differenz zwischen einem über die Erde erhobenen Körper und der Erde selbst; also diese Erhebung über die Erde, sie ist die wahre „Kraft“, die wir heute als „Energie der Lage“ oder „potentielle Energie“ bezeichnen, während sie Mayer „Fallkraft“ benannte. Die ge-

hobene Last als eine Form der Energie oder, wie er sich ausdrückte, als eine Kraft zu betrachten, ist einer der kühnsten, originellsten und weittragendsten Gedanken Mayers.

Sehr häufig sehen wir eine Bewegung aufhören, ohne daß sie eine andere Bewegung oder eine Gewichtserhebung erzeugt hätte. Indem Mayer die Frage erwog, was in diesem Falle aus der Bewegung werde, erinnerte er sich der schon seit fast 50 Jahren bekannten Erscheinung, daß Reibung Wärme zu erzeugen vermöge. 1798 bereits hatte Rumford in München beobachtet, daß beim Ausbohren der Kanonen durch die Reibung des Bohrers eine gewaltige Wärmemenge entwickelt werde, die binnen gewisser Zeit sogar hinreiche, um in die Seele des Geschützes gefülltes Wasser bis zum Sieden zu erhitzen. Ferner hatte 1799 der englische Physiker Davy gezeigt, daß Eisstücke durch bloßes Aneinanderreiben im luftleeren Raume teilweise geschmolzen werden können. Auch Mayer selbst hatte beobachtet, daß bewegtes Wasser wärmer sei als ruhiges, daß kaltes Wasser durch Schütteln erwärmt werde, und daß z. B. die Temperatur des Papierbreies in den „Holländer“ genannten Rührapparaten der Papierfabrikation, nach längerem Gange des Rührwerkes erheblich zu steigen pflege. Er schloß hieraus unmittelbar, daß ganz allgemein Wärme in Bewegung und diese in Wärme überführbar sei. So wie der Chemiker, lehrt Mayer, nicht vorgibt, daß auf der einen Seite Wasserstoff und Sauerstoff verschwunden und auf der anderen auf unerklärliche Weise Wasser zum Vorschein gekommen sei, sondern vielmehr behauptet, Wasserstoff und Sauerstoff seien in Wasser übergegangen, ganz ebenso ist anzunehmen, daß nicht Bewegung verschwinde und Wärme zum Vorschein komme (oder umgekehrt, wie z. B. in der Dampfmaschine), sondern daß die eine Form der Kraft oder Energie eben nur gesetzmäßig in eine andere übergehe.

Es läge nun nahe, hieraus zu schließen, daß das Wesen der Wärme Bewegung sei, und in der Tat ist diese Folgerung

mit mehr oder weniger Bestimmtheit von der ältesten Zeit angefangen bis in die neuere hinein von zahlreichen Denkern und Forschern gezogen worden, z. B. von Heraklit, Plato, Lukrez, Baco von Verulam, Leibniz, Lavoisier und Laplace, Rumford, Davy, Young, Ampère, Kant, Liebig u. s. w.; auf Definitionen wie die berühmte von Boscovich: „Wärme ist die Gärungsbewegung einer schwefligen Substanz“ brauchen wir hierbei nicht erst zurückzugreifen! Nach Mayer wäre indessen die Folgerung, „das Wesen der Wärme ist Bewegung“, nicht weniger unrichtig als etwa die: „Das Wesen der Fallkraft ist Bewegung“; im Gegenteile sei es eher anzunehmen, daß die Bewegung, um Wärme zu werden, aufhören müsse, Bewegung zu sein.

Zwischen Fallkraft und Bewegung besteht bekanntlich eine konstante Beziehung, die Galilei durch Aufklärung der Gesetze des freien Falles ermittelte, und die sich z. B. durch die Größe des Fallraumes für eine gewisse Zeit, etwa für die erste Sekunde, ausdrücken läßt. In ganz analoger Weise muß auch eine Beziehung zwischen Wärme und Bewegung bestehen: um sie zahlenmäßig wiederzugeben, hätte man festzustellen, auf welche Höhe irgend ein Gewicht erhoben werden muß, damit es beim Herabfallen auf die Erde gerade ebensoviel Arbeit leiste, als zur Erhöhung der Temperatur eines gleichen Gewichtes Wasser um 1°C. , also etwa von 0 auf 1° , nötig ist. Eine solche Gleichung muß, so führt Mayer aus, wenn seine Anschauungen zutreffend sind, in der Natur begründet sein.

Mayer war zwar nicht in der Lage, neue einschlägige Versuche selbst anzustellen, es gelang ihm hingegen, auf Grund bereits bekannter experimenteller Daten, die gewünschten Beziehungen auf rechnerischem Wege zu ermitteln. Nehmen wir an, es befinde sich irgend ein Gas, z. B. Luft, in einem Zylinder, ähnlich dem Zylinder einer Dampfmaschine, von genau 1 qm im Querschnitt, und dieser Zylinder enthalte einen gut gedichteten, ohne Reibung beweglichen, und durch ein Gegen-

gewicht genau ausbalancierten Kolben, der soweit herabgelassen wurde, daß er gerade 1 m über der Grundfläche steht, so daß also genau 1 cbm Gas im Zylinder abgesperrt ist. Wird nun der Kolben z. B. durch eine Stellschraube in dieser Lage festgehalten und das abgesperrte Gas auf irgend eine Weise erwärmt, z. B. von 0° bis 100° , so wird es allmählich die letztere Temperatur erlangen, ohne sein Volumen ändern zu können, weil es hieran durch den absperrenden Kolben gehindert wird; die Erwärmung von 0 bis 100° verlangt hierbei die Zufuhr einer gewissen Menge von Wärme, die nach bekannten physikalischen Methoden genau bestimmbar ist. Man wiederhole nun ganz den nämlichen Versuch, jedoch mit der einen Abänderung, daß die Stellschraube beseitigt werde, der Kolben sich also frei bewegen kann. In diesem Falle wird sich das Gas während des Erwärmens ausdehnen, und die schließliche Wärmegrenze von 100° unter beträchtlicher Vergrößerung seines Volumens erreichen, wobei der Kolben im Zylinder ein Stück Weges in die Höhe geschoben werden wird. Es zeigt sich nun, daß in diesem zweiten Falle zur Erwärmung des nämlichen Quantum Luft von 0 auf 100° eine erheblich größere Wärmemenge zugeführt werden muß als im ersten. Die Ursache dieser merkwürdigen Erscheinung liegt nach Mayer darin, daß bei der zweiten Art der Versuchsanordnung außer der bloßen Erwärmung der Luft auch noch eine Arbeit geleistet, nämlich der Kolben im Zylinder nach oben geschoben wird. Die Größe dieser Arbeit läßt sich berechnen, da man einerseits das zugeführte Wärmequantum nach zuverlässigen Methoden feststellen kann, andererseits aber auch die zur Erhebung des Kolbens aufgewendete Arbeit genau bestimmbar ist: man mißt nämlich die Höhe, auf die der Kolben gehoben wurde, sowie (durch barometrische Beobachtung) das Gewicht der Luft oder den Luftdruck, der auf ihm lastete, und bei seiner Hebung überwunden werden mußte.

Auf Grund der wenig vollkommenen physikalischen Bestimmungen, die 1842 hinsichtlich dieses schwierigen Gebietes zur Verfügung standen, berechnete nun Mayer das sogenannte „mechanische Wärmeäquivalent“ auf 365, welche Zahl, nach späteren genaueren Messungen, auf rund 425 zu erhöhen ist; beim Herabfallen aus 425 m Höhe leistet also ein Körper beliebigen Gewichtes soviel Arbeit, daß mittels Aufwand dieser selben Arbeit eine gleiche Gewichtsmenge Wasser um 1° C. erwärmt werden kann. Die Endgeschwindigkeit eines aus 425 m Höhe fallenden Körpers ist 91 m in einer Sekunde, und die äquivalente Menge Wärme beträgt nur etwa $\frac{1}{6000}$ jenes Wärmebetrages, der durch Verbrennung eines gleichen Gewichtes Kohle entstehen würde. Die Menge der erzeugten Wärme hängt übrigens, wie Mayer sogleich wahrnahm, allein von jener der umgesetzten mechanischen Arbeit ab, nicht aber davon, auf welche Art und Weise, also wie diese Arbeit umgesetzt wird.

Den vollendeten Aufsatz sandte Mayer 1842 nicht wieder an Poggendorff, dessen Forschungsgebiet er eigentlich betraf, sondern an einen Mann von weit freierem und umfassenderem Geiste, nämlich an Liebig, der zu jener Zeit von ähnlichen Ideen durchdrungen war, die zu völliger Klärung zu bringen er aber nicht vermocht hatte; Liebig erklärte sich sogleich in einem Briefe an Mayer als völlig einverstanden mit dessen Ansichten, und brachte den Aufsatz in seinen „Annalen der Chemie“ sofort zum Abdruck.

Frägt man nun, welche Wirkung denn die Veröffentlichung eines so außerordentlichen und bedeutsamen Gedankenganges hervorbrachte, so muß man leider eingestehen, daß zunächst von einer solchen überhaupt nicht die Rede sein konnte. Es waren hieran verschiedene Umstände schuld: der Titel der Abhandlung war nicht geschickt gewählt, die Ausführung schien eine im ganzen summarische, gleichsam nur auf Wahrung der Priorität berechnete, und auch der Ort der Publikation, Liebig's

„Annalen“, konnte einer raschen Verbreitung in den Kreisen der Physiker wenig dienlich sein. Ferner zeigten diese sich der von Mayer gewählten Ableitung seiner Lehre aus allgemeinen Prinzipien, — in Erinnerung an die Mißerfolge der naturphilosophischen Epoche —, nicht wohl gesinnt, und betrachteten alles, was nur entfernt an metaphysische Spekulation erinnerte, mit größtem Mißtrauen. Endlich aber hatte Mayer auch versäumt, die Endergebnisse seiner Arbeit deutlich und klar, für jedermann faßbar, am Schlusse nochmals hervorzuheben; er hatte damit gegen ein Gesetz verstoßen, das am treffendsten der bekannte Wiener Komiker Nestroy in den Worten zusammenfaßte: „Wer mit etwas auf die Menge wirken will, der muß sie physisch beim Genick packen und moralisch mit der Nase darauf stoßen“, — ein Gesetz, das durchaus richtig ist, und in wissenschaftlicher Hinsicht nicht weniger als in künstlerischer gilt.

Angesichts dieser Umstände kann es nicht Wunder nehmen, daß Mayers Arbeit zunächst gar keine Beachtung, ja in den Fachzeitschriften der Physiker nicht einmal eine Rezension fand; eine solche wurde ihr erst 1845 in einem Buche des Kieler Professors Pfaff, jedoch in höchst konfuser und im wesentlichen ablehnender Weise zuteil, für die aber Mayer immerhin dem Autor seinen Dank sagte, da er sich doch mindestens mit seinem Ideenkreise ernstlich beschäftigt habe.

Mayer selbst war sich, wie der Briefwechsel von 1843/44 mit seinen Freunden Baur, Rümelin, Griesinger und Anderen zeigt, der Tragweite seiner Gedanken völlig bewußt: „Es gibt in Wahrheit nur eine einzige Kraft (Energie); in ewigem Wechsel kreist sie in der toten wie in der lebenden Natur; die Energie in ihren verschiedenen Formen kennen zu lernen, die Bedingungen ihrer Metamorphosen zu erforschen, dies ist die einzige Aufgabe der Physik“. „Wahrlich, ich sage euch, eine einzige Zahl hat mehr wahren und bleibenden Wert als eine kostbare Bibliothek voll Hypothesen.“ „Kommen wird der

Tag, das ist ganz gewiß, da diese Wahrheiten zum Gemeingut der ganzen Wissenschaft werden.“

Dabei war indessen Mayer weit entfernt von jeder Selbstüberschätzung: „Ich weiß wohl, daß ich kein Physiker bin. Soll ich aber den Schacht zuwerfen, bei dem Bewußtsein, daß Gold daraus für meine Wissenschaft zu gewinnen ist?“ Um seine Kenntnisse zu vervollkommen, nahm er noch in dieser Zeit bei seinem Freunde Baur regelmäßigen Unterricht in der Mechanik, Physik, und Infinitesimal-Rechnung, was um so höher anzuschlagen ist, als er seit 1842 verheiratet, und als Stadtarzt in Heilbronn praktisch in höchst anstrengender Weise beschäftigt war.

Eine weitere Entwicklung seiner Grundgedanken gab Mayer in dem Aufsätze „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel“ (1845), und es ist bemerkenswert, daß er auch hier zuerst und in ausführlicher Weise das anorganische Gebiet zu behandeln trachtet. Folgendes sind etwa die Grundgedanken dieser Schrift:

Um eine ruhende Masse in Bewegung zu setzen, ist Kraft (Energie) nötig; ein Objekt, das, indem es aufgewendet wird, Bewegung hervorbringt, nennen wir Kraft, und es gibt nur eine Kraft (Energie), die, ewig wechselnd, in der toten wie in der lebenden Natur kreist.

Die erste Stelle bei Betrachtung der Kräfte verdient die Bewegung; sie ist eine Kraft, d. h. imponderabel, wandelbar, aber der Größe nach konstant. Die Fallbewegung einer vorher ruhenden Masse erfordert den Aufwand einer Kraft; auf die Frage, welches diese Kraft sei, ist zu antworten: Die Erhebung (die Energie der Lage, die potentielle Energie, oder Fallkraft).

Auch die Wärme ist eine Kraft. Sie läßt sich in mechanischen Effekt verwandeln, und dies ist eine wirkliche Tatsache, nicht aber eine sogenannte „Erklärung“ dieser Verwandlung, über deren Wesen vielmehr hierdurch nichts aus-

gesagt sein soll und kann. Als Beispiele für die Verwandlung von Wärme in mechanische Leistung läßt sich anführen, daß Kohlen, unter dem Kessel verbrennend, weniger Wärme freigeben, wenn die Maschine arbeitet, daß Geschütze beim blinden Feuern heißer werden als wenn sie geladen sind, und daß Gase, die sich unter Überwindung von Druck ausdehnen, also während der Ausdehnung Arbeit leisten, Wärme verlieren und sich abkühlen, während die Ausdehnung der Gase an und für sich, z. B. beim Überströmen in einen luftleeren, also widerstandslosen Raum, keinen Wärmearaufwand erfordert, wie Gay-Lussac schon 1807 gezeigt hat. — Es verdient bemerkt zu werden, daß bereits bei dieser Gelegenheit Mayer die Ansicht aussprach, keine gegebene Wärmemenge lasse sich als Ganzes, d. h. vollständig, in Bewegung umsetzen; es ist dies ein höchst wichtiger Satz, dessen mathematische Darlegung und wissenschaftliche Ausgestaltung zu den größten Verdiensten des berühmten Wärmetheoretikers Clausius gezählt wird.

Keine „Kraft“ ist die Schwere, vor allem keine konstante, gleichmäßig beschleunigende Kraft, wie das ausnahmslos die damaligen physikalischen Werke und Schulbücher lehrten (und zum Teil noch heute lehren). Die Totalwirkung einer konstanten Kraft müßte nämlich notwendigerweise eine unendliche Bewegungsgröße sein, beziehungsweise die unendliche Geschwindigkeit eines aus unbegrenzter Entfernung auf die Erde fallenden Körpers. Diese letztere Geschwindigkeit hat aber in Wirklichkeit einen endlichen, maximalen Wert, der allein durch die Massen der Erde und des betreffenden Körpers bedingt ist. Auf Grund des Newtonschen Gravitationsgesetzes ist dieser Wert, wie Mayer zuerst nachwies, berechenbar, und zwar findet man, daß ein aus unbegrenzter Entfernung auf die Erde herabstürzender Körper eine maximale Geschwindigkeit von etwa 12000 m in der Sekunde erreicht, diese aber nicht überschreiten kann. Beim Falle einer Masse von z. B. 1 g mit solcher Geschwindigkeit würde eine Arbeit geleistet,

vermittelt deren man ein gleiches Gewicht, also 1 g Wasser, um etwa 15000° C. zu erwärmen vermöchte, die also 15000 Kalorien gleichwertig wäre.

Auch die chemische Differenz der Materie ist eine Kraft, jedoch eine relativ kleine. 1 g Knallgas z. B. vermag bei seiner Verbrennung nicht mehr als etwa 3850 Kalorien zu entwickeln, während, wie wir eben gesehen haben, deren ungefähr 15000 nötig wären, um ein Gewicht von 1 g aus dem Anziehungsbereiche der Erde wegzuschleudern. Auf dem viel kleineren Monde, woselbst auch die Schwere entsprechend geringer als auf der Erde ist, wäre das Knallgas bei weitem ausreichend, eine solche Wirkung hervorzubringen, die dort nur einen Aufwand von etwa 777 Kalorien erfordern würde. — Die Erde hat in ihrer Bahn eine mittlere Geschwindigkeit von ungefähr 31000 m in der Sekunde; die Erzeugung dieser Bewegung würde, wie dies das mechanische Aequivalent der Wärme zu berechnen gestattet, die Verbrennung des 13fachen Gewichtes der Erde an Kohle erfordern, und die erzielte Verbrennungswärme wäre ausreichend, um ein dem Erdvolum gleiches Volumen Wasser (dem doch die höchste spezifische Wärme zukommt), um 110000° Celsius zu erwärmen; es ist also ersichtlich, daß schon ein ganz geringer Teil der Bewegungskraft der Erde, in Wärme umgesetzt, genügend wäre, um die ganze Erde in glühenden Staub aufzulösen.

Auch die Reibungs- und Verteilungs-Elektrizität sind Kräfte, denn sie werden unter Aufwand mechanischen Effektes (Arbeit) erzeugt, und auch umgekehrt, wie das z. B. beim Elektrophor ersichtlich ist; ebenso verhält es sich mit dem Magnetismus, und auch die galvanische Elektrizität steht in engem Zusammenhange mit den chemischen Umsetzungen der Bestandteile in der galvanischen Batterie.

Es gibt also, — und hierauf wies Mayer schon in den Briefen von 1842 hin, — zwar nur eine Energie, aber fünf wohlbekannte, verschiedene Formen der Energie, und 25erlei

mögliche, und durch Beispiele zu belegende Übergänge von jeder dieser Formen in alle anderen. Die erwähnten fünf Formen sind: 1. Fallkraft, 2. Bewegung, 3. Wärme, 4. Chemisches Getrennt- und Verbunden-Sein von Materien, 5. Magnetismus und Elektrizität. Zurückzuweisen ist hingegen die, im Sinne der alten und bis dahin üblichen Theorie gebräuchliche Anschauung von Kräften, die als gewichtslose oder imponderable Fluida definiert werden: „Sprechen wir es aus das große Wort: Es gibt keine immateriellen Materien!“

Mayer untersuchte nun weiter, welches die Quelle aller irdischen Kraft oder Energie sei, und erkannte als solche schon 1841 die Sonne. Die Pflanzen verwandeln das Licht oder besser gesagt die strahlende Energie der Sonne in chemische Differenz, die z. B. bei der Verbrennung in Form von Wärme wieder frei wird; sogenannte „Lebenskräfte“ hingegen, die die Energie nicht nur umwandeln, sondern auch erschaffen könnten, gibt es nicht, und kann es nicht geben, weder im pflanzlichen noch im tierischen Organismus. In letzterem entwickelt die Oxydation der Nahrungsstoffe durch den Sauerstoff der Luft freie Wärme oder eine, einem Teile dieser Wärme äquivalente Menge von Bewegung; die gesamte, dem chemischen Prozesse äquivalente Wärme ist also stets die Summe einerseits der in freier Form, und andererseits der in Form von Bewegung abgegebenen Wärme. In dieser Hinsicht dachte Mayer die von Lavoisier (1777) und später von Liebig angedeuteten Gedanken zu Ende, ein Verdienst, das um so höher anzuschlagen ist, wenn man die Unklarheit der damals noch allverbreiteten schulgemäßen Vorstellungen bedenkt. So z. B. sieht noch Reich in einem 1842 erschienenen medizinischen Lehrbuche die tierische Wärme als ein Erbstück an, das jedes lebende Wesen vom mütterlichen Organismus mit auf den Weg erhalte, — wozu Mayer die treffende Bemerkung macht: „Für diese Entdeckung wünschen wir besagtem Gelehrten einen Stubenofen, welcher die vom Vater Hochofen überkommene Wärme spende, für und für.“

Das Werkzeug zum Umsetze der chemischen Differenz in mechanischen Effekt ist nach Mayer der Muskel, in dem er, — auch hierin der Lehre seiner Zeit weit voraus, — einen wesentlichen Teil der Oxydation stattfinden läßt. Die Umsetzung erfolgt proportional der Masse des durchströmenden Blutes, das als eine langsam brennende Flüssigkeit, als das wahre Öl in der Flamme des Lebens, anzusehen ist. Auf die Größe des Umsatzes läßt sich aus der Tatsache schließen, daß z. B. das menschliche Herz in wenigen Tagen vollständig oxydiert wäre, wenn es seine Arbeit bloß unter Verbrauch seiner eigenen organischen Substanz vollbringen sollte. Hebt sich ein erwachsener Mensch, auf einem Fuße stehend, senkrecht empor, so leistet er eine Arbeit von etwa $\frac{1}{100}$ Pferdekraft, und es ist nur der Versuch nötig, diese Bewegung in gleichem Zeitmaße wie jene des Herzens fortzusetzen, um ohne weiteres zu erkennen, wie außerordentlich groß die Leistung dieses Organes ist.

In zwei späteren Aufsätzen: „Über die Herzkraft“ (1851) und „Über das Fieber“ (1862) hat Mayer diese Gedanken noch weiter ausgeführt. Ein gesunder Arbeiter setzt z. B. etwa $\frac{1}{6}$ des chemischen Effektes in mechanische Arbeit um, während beim Fieberkranken dieser Umsatz fast vollständig stockt, und nur Wärme produziert wird, wobei der Herzschlag an Frequenz außerordentlich zunimmt, an Energie aber im selben Maße nachläßt. Gestört ist hierbei die Anpassung der Wärmeerzeugung an die Wärmeabgabe, also eben der chemische Prozeß. Dieser, demnach der Stoffwechsel, erklärt zur Genüge den Fortbestand des Organismus, während die „Lebenskraft“, die zum Teil noch bei Liebig vorzufinden ist, weil selbst rätselhaft und erst der Deutung bedürftig, niemals ein genügendes Erklärungsprinzip abzugeben vermag.

Was nun aber die Frage anbelangt, auf welche Weise jene gegenseitigen Umsetzungen von Wärme und anderen Energieformen vor sich gehen, so muß auf diese erwidert werden, daß die Natur besagter Umwandlungen uns bisher

vollständig unbekannt blieb; die sogenannte „innere Seite“ aller solcher organischen Vorgänge ist uns, ihrem Wesen nach, ein Buch mit sieben Siegeln. „Es ist wahrscheinlicher, eine Quinterne in der Lotterie zu gewinnen, als einen verwickelten physiologischen Prozeß durch Hypothesen zu erraten.“ „Ist eine Tatsache nach allen Seiten hin bekannt, so ist sie eben damit auch erklärt, und die Aufgabe der Wissenschaft ist beendet.“ Mit solchen Worten schließt sich Mayer dem Grundgedanken an, den auch große Physiker, wie Newton und Kirchhoff, letzterer in den bekannten einleitenden Worten zu seiner „Mechanik“, äußerten. Von allen, über das Tatsächliche hinausgehenden Hypothesen trachtete sich Mayer stets sorgfältig ferne zu halten, und vermied es in dieser Richtung, jenen Standpunkt einzunehmen, den Grillparzer mit den treffenden Worten charakterisiert hat: „Unser Erklären der Natur besteht darin, daß wir ein selten vorkommendes Unverständliches auf ein oft vorkommendes, aber ebenso Unverständliches zurückführen.“

Seinem vollendeten Aufsatz, den mit Recht Moleschott in einem späteren Briefe als „ein Werk von monumentalem Charakter, würdig des größten und fruchtbarsten Gedankens, den das Jahrhundert zutage gefördert hat“, bezeichnet, sandte Mayer zunächst an Liebig; da aber Umfang und Inhalt für den Leserkreis der „Annalen der Chemie“ ungeeignet schienen, ersuchte ihn Liebig, die Veröffentlichung lieber in Poggen-dorffs „Annalen der Physik“ zu bewirken. Den gemachten Erfahrungen zufolge wollte sich Mayer jedoch an diesen Forscher nicht wieder wenden, sondern zog es vor, eine Broschüre im Selbstverlage erscheinen zu lassen. Auch die Wirkung dieses Werkes auf das wissenschaftliche Publikum war aber eine außerordentlich geringe, und es lag dies, wie Mayer selbst einsah, teils abermals an dem unpassend gewählten Titel, teils an dem etwas eigensinnigen Festhalten einer ungewohnten, den üblichen Schulbegriffen widerstreitenden Nomenklatur. So blieb denn der Inhalt auch dieser Schrift zunächst unbekannt

und unverstanden; sogar große Physiologen, wie Johannes Müller, und Fachzeitschriften, wie das „Archiv für physiologische Heilkunde“, lehnten eine ausführliche Rezension, ja selbst eine kurze Besprechung ab.

Mayer ließ sich indessen auch durch diese Mißerfolge nicht entmutigen und trat bald darauf mit zwei weiteren Werken hervor: „Beiträge zur Dynamik des Himmels“ (1848), und „Bemerkungen über das mechanische Äquivalent der Wärme“ (1850).

In den „Beiträgen zur Dynamik des Himmels“ führte er aus, daß das mechanische Äquivalent der Sonnenstrahlung auf jeden Quadratmeter der Erdoberfläche etwa 0,4 Pferdekraft, für die ganze Erde also etwa 200 Billionen Pferdekraft betrage. Nach Herschels und Pouillet's Rechnungen würde diese Wärmemenge genügen, um eine 30 m dicke Eisschicht auf der ganzen Erdoberfläche jährlich zu schmelzen, und es gestattet dies einen Schluß auf die enorme Größe der entsprechenden totalen Ausstrahlung der Sonne. (Es sei jedoch an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß schon Descartes die Berechtigung zur Annahme einer solchen allseitigen Ausstrahlung mit dem Hinweise bezweifelt hat, daß die Sonne wohl nur dahin Wärme abzugeben vermöchte, wo Körper im Weltraume vorhanden seien, um solche auch aufzunehmen, — ein Gedanke, der sich neuerdings auch in den Darlegungen Ostwalds in selbständiger Weise wiederfindet.) Entsprechend der oben erwähnten Totalausstrahlung müßte die Sonne, selbst wenn sie die spezifische Wärme des Wassers, also 1, besäße, sich jährlich um $1,8^{\circ}$, in 5000 Jahren also um 9000° Celsius abkühlen, was den Tatsachen nach entschieden nicht der Fall ist.

Zur Lösung der Frage, woher der Ersatz für die ausgestrahlte Wärme komme, ist die Hypothese, es handle sich um eine chemische Reaktion, nicht ausreichend, denn bestände selbst die Sonne vollständig aus reinster Kohle, so würde deren Ver-

brennung doch nur genügen, um etwa 6000 Jahre lang die Wärmeausstrahlung zu decken. Mayer kam daher auf den Gedanken, daß es der Fall meteorischer Massen des Weltraumes auf die Sonne sei, der den Ausgleich jener verlorenen Wärmemengen bewirke. Wie er schon 1844 gezeigt hatte, beträgt für die Erde, deren Radius 6,4 Millionen Meter und deren Beschleunigung 9,8 m ist, die Endgeschwindigkeit eines aus unbegrenzter Entfernung fallenden Körpers etwa 12000 m in der Sekunde; für die Sonne, deren Radius 112 mal, und deren Beschleunigung 28,4 mal größer ist, beträgt die Endgeschwindigkeit aber 630400 m oder 85 geographische Meilen in einer Sekunde. Der Fall von 1 kg meteorischer Masse ist also auf der Sonne (je nach den näheren Umständen) äquivalent der Erzeugung von 24 bis 48 Millionen Kalorien, d. i. 4 bis 8000 mal mehr Wärme, als durch Verbrennung eines gleichen Quantums Kohle gewonnen werden kann. Um die Wärmeausstrahlung der Sonne auf diesem Wege zu decken, müßten in jeder Minute ein bis zwei Millionen Kilogramm Asteroiden aus dem Weltraume auf sie niederstürzen, wonach also eine Masse wie die des Mondes in ein bis zwei, wie die der Erde in 50 bis 100 Jahren verbraucht wäre. Auf jeden Quadratmeter der Sonnenoberfläche würden sich demgemäß in einer Minute 17 bis 34 g meteorischer Massen auflagern, und infolgedessen müßte der Sonnendurchmesser in 28500 bis 57000 Jahren um eine Bogensekunde zunehmen, daher die Jahresdauer sich um $\frac{1}{2}$ bis $\frac{7}{8}$ Zeitsekunden jährlich verkürzen. Dies stimmt aber mit der Beobachtung nicht überein, und Mayer mußte daher selbst seine Theorie als unzureichend betrachten; sie wurde bekanntlich seither durch die von Helmholtz aufgestellte Kontraktionstheorie ersetzt.

Des weiteren führte Mayer aus, daß Ebbe und Flut offenbar die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde, proportional dem allgemeinen Weststrome des Ozeans, der der Erdrotation entgegenwirkt, verkleinern müssen; Kant hat dies schon 1754 gelehrt, doch waren seine Schriften jedenfalls damals, wie auch

wohl später, Mayer unbekannt. Die mechanische Arbeit, die zur Erzeugung von Ebbe und Flut aufzuwenden ist, berechnete Mayer auf etwa 6000 Millionen Pferdekkräfte in der Sekunde, d. i. annähernd $\frac{1}{30000}$ der gesamten, von der Sonne auf die Erde übertragenen Arbeitsgröße. Hiernach muß die Tagesdauer in 2500 Jahren um $\frac{1}{16}$ Sekunde jährlich wachsen, falls das Volumen der Erde konstant ist. Diese Voraussetzung trifft indessen nicht zu; die Abkühlung der Erde durch Wärmeausstrahlung sowie deren Folgeerscheinungen vermindern nämlich allmählich ihr Volumen und bewirken dadurch eine Beschleunigung der Rotation. Binnen je 2500 Jahren verkleinert sich der Erdhalbmesser ungefähr um $4\frac{1}{2}$ m, und die Temperatur der Erde fällt um $\frac{1}{14}^{\circ}$ Celsius. Noch Laplace nahm zu Anfang des 19. Jahrhunderts an, daß die Länge des Sterntages seit den Zeiten des Astronomen Hipparch konstant geblieben sei, und demgemäß hätte man vorauszusetzen, daß die Beschleunigung der Rotation der Erde durch die Abnahme ihres Volumens, und die Verzögerung dieser Rotation durch Einfluß von Ebbe und Flut, sich gerade noch aufheben. Seither aber zeigte, wie auch Mayer selbst in einem später (1870) gehaltenen Vortrage „Über Erdbeben“ bemerkte, der englische Astronom Adams, daß in Wirklichkeit die Länge des Sterntages schon abnimmt, und zwar in 1000 Jahren um $\frac{1}{100}$ Sekunde, der verzögernde Einfluß überwiegt also gegenwärtig bereits den beschleunigenden, und die Erde ist, wenn man sich eines naheliegenden Vergleiches bedienen will, bereits in ihr Greisenalter eingetreten, das langsam, aber sicher ihren heutigen altererbten Zustand der Auflösung zuführen muß.

In dem Werke „Bemerkungen über das mechanische Äquivalent der Wärme“ wendet sich Mayer gegen eine Reihe von Mißverständnissen und Entstellungen seiner früheren Lehren, die, worauf wir sogleich zurückkommen werden, seit deren Veröffentlichung zutage getreten waren. Er knüpft zunächst an die gebräuchliche Schuldefinition der Kraft an, die da

lautet: „Kraft ist alles, was eine Bewegung hervorbringt oder hervorzubringen strebt, abändert oder abzuändern strebt“, und zeigt, daß in dieser Definition die elf letzten Worte überflüssig sind, wobei nämlich stehen bleibt: „Kraft ist alles!“ Und in der Tat ist eben Kraft (Energie) dasjenige Etwas, das bei Erzeugung jeder Bewegung aufgewandt wird, und der erzeugten Bewegungsgröße äquivalent ist.

Sodann wendet sich Mayer abermals gegen die herkömmliche Auffassung der Schwere. Die Schwere ist keine Kraft, kein Bewegung hervorbringendes Objekt, sonst müßte sowohl eine fortdauernde Erzeugung von Bewegung ohne Aufwand (d. h. aus nichts) möglich sein, als auch eine unendliche Endgeschwindigkeit der aus dem Weltraume auf die Erde niederstürzenden Körper, – während doch in der Tat diese Geschwindigkeit den erwähnten maximalen Wert von etwa 12000 m besitzt. Das allgemeine Gesetz der potentiellen Energie enthält das Newtonsche Gravitationsgesetz als speziellen Fall; wo potentielle Energie verschwindet, entsteht Bewegung (und umgekehrt), oder eine der Bewegung äquivalente Menge von Wärme.

Hieraus folgt aber nicht, daß, wie so häufig angenommen wird, die Wärme eine Bewegung sei. Unter dem Namen „Wärme“ wird überhaupt nicht selten dreierlei ganz Verschiedenes zusammengefaßt: 1. die sogenannte latente Wärme. Führt man z. B. einem Gefäße voll siedenden Wassers auch noch so viele weitere Wärme zu, so steigt die Temperatur des kochenden Wassers, so lange auch nur ein Tropfen von ihm vorhanden ist, nicht im geringsten, und man nimmt daher an, die aufgewandte Wärme sei verschwunden, sie sei versteckt, latent geworden. In Wirklichkeit hat sie aber dazu gedient, das Wasser von 100° in Dampf von 100° zu verwandeln, der ein außerordentlich viel größeres Volumen einnimmt; es ist also, wie wir heute sagen, Wärmeenergie in Volumenenergie übergegangen. Wärme selbst ist aber dann als solche gar

35*

nicht mehr vorhanden, und es hat keinen Sinn, ihre Gegenwart dennoch anzunehmen, und sie mit dem Beiworte „latent“ oder „versteckt“ zu bezeichnen. 2. Die sogenannte freie Wärme. Sie wird als im Inneren der als warm bezeichneten Körper wirksam gedacht, doch haben wir über ihre Natur keinerlei Kenntnisse. Mögen wir, so sagt Mayer, die Materie als atomistisch konstituiert annehmen oder nicht, die Zwischenräume der Atome mit Äther erfüllt denken oder nicht, — so gelangen wir doch auf keine Weise zu einer wirklich zureichenden, sachlichen Erklärung des Wesens freier Wärme. 3. Die sogenannte strahlende Wärme. Sie pflanzt sich von einem heißen Körper zu einem anderen, weniger heißen fort, anscheinend ohne Vermittlung materieller Teilchen, und jedenfalls ohne Erwärmung des Zwischenraumes, — z. B. von der Sonne zur Erde, oder von einem glühenden Eisenblocke zu Gegenständen seiner Umgebung. Diese Wärme ist jedenfalls eine Bewegungserscheinung und zeigt die charakteristischen Eigenschaften einer solchen. Daß sie aber die Bewegung eines „Äthers“ sei, das erklärt Mayer auch in diesem Falle für mindestens unbewiesen, und allen Hypothesen abhold, läßt er auch diese dahingestellt sein. Auch vom heutigen Standpunkte aus erscheint übrigens diese Vorsicht durchaus berechtigt, da man dem sogenannten Äther, damit er zur Erklärung der kalorischen, optischen, und elektrischen Erscheinungen ausreiche, Eigenschaften zuzuschreiben gezwungen ist, die ihn in ihrer Gesamtheit zu einem Objekte stempeln, dem das Prädikat der Begreiflichkeit nicht im entferntesten mehr zugestanden werden kann. Aus einem erst kürzlich erschienenen Werke des englischen Physikers Lodge, eines Vertreters der extremsten Anschauungen der Schule Maxwells, betitelt „Neueste Anschauungen über Elektrizität“, ergibt sich z. B. etwa folgendes über den Äther: „Äther ist eine alles durchdringende, mit Beharrungsvermögen ausgestattete, gallertartige Masse, reibungslos beweglich, vollständig flüssig, jedoch aus zwei untrennbar

verbundenen, völlig starren Bestandteilen bestehend, gegen mechanischen Druck völlig durchlässig und widerstandslos, inkompressibel, also von unendlicher Elastizität des Volumens, zugleich aber auch in gewissem Grade plastisch, also von endlicher Elastizität der Gestalt.“ Sich solcher Beschreibung gemäß eine Vorstellung zu bilden, dürfte wohl schwerlich auch dem geschultesten Denker möglich sein; die ganze Anschauungsweise bietet vielmehr nur den Vorteil, nach den meisten Richtungen hin mathematische Anknüpfungen in ausreichender Weise zu gestatten, ist aber im übrigen, um Lodges eigene Worte zu gebrauchen, „eine Parodie der Wirklichkeit.“

Haben wir nun im Vorstehenden die wichtigsten der Schriften Mayers erörtert, in denen er seine Grundgedanken in genialster Weise nach den verschiedensten Seiten der Wissenschaft hin entwickelte, so wollen wir uns jetzt zunächst mit den äußeren Schicksalen des Forschers beschäftigen, die sich an die Aufnahme seiner Werke knüpften.

Die Physiker von Fach behandelten diese zunächst sehr von oben herab. In den „Fortschritten der Physik“, einem seit 1847 von der physikalischen Gesellschaft zu Berlin herausgegebenen Jahresberichte, führte der Referent, Helmholtz, die erste Schrift Mayers gar nicht an, die zweite erwähnte er nur mit dem Zusatze „bloß der Vollständigkeit der Titel wegen“, und wies darauf hin, daß sie Zusammenstellungen schon bekannter Facta enthalte, bezüglich derer auf die Arbeiten von Holtzmann, Joule, und Helmholtz selbst zurückzugreifen sei. Es läßt sich an dieser Stelle nicht vermeiden, auf das unerfreuliche Kapitel der Prioritätsreklamationen einzugehen und die wichtigsten jener Arbeiten zu erwähnen, in denen Zeitgenossen ähnliche Gedanken wie die von Mayer selbst ausgesprochenen niederlegten; denn wie in vielen Fällen, so war auch hier ein wissenschaftliches Problem allmählich zu einem

gewissen Grade der Reife gelangt, und Ideen gleicher Art bewegten eine ganze Anzahl fähiger Köpfe.

Ein merkwürdiges und absonderliches Faktum ist es hierbei, daß die Priorität desjenigen Mannes, dem allein eine solche mit vollem Rechte hätte zugeschrieben werden können, durch eine eigentümliche Verkettung von Umständen gar nicht in Frage kam. Der große französische Physiker Carnot, der 1832 an der Cholera starb, hinterließ nämlich, im Anschlusse an seine höchst geistreichen und für die Geschichte der Wärmelehre außerordentlich wichtigen Schriften, ein Konvolut von Papieren, die erst 1876 herausgegeben und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wurden; da ergab es sich, daß Carnot schon um 1830 den Gedanken einer Äquivalenz von Wärme und Arbeit gefaßt, und als Äquivalenzzahl 370 berechnet hatte. Weil aber sein gesamter Nachlaß über 40 Jahre hindurch der Wissenschaft vorenthalten blieb, so konnten seine Anschauungen, deren Entwicklung und Herleitung man übrigens im einzelnen nicht mehr wohl verfolgen kann, keinerlei Einfluß auf den Gang der Forschung ausüben.

1843 hatte ein dänischer Forscher, Colding, teils auf Vermutungen ziemlich unklarer Natur, teils auf Reibungsversuche gestützt, ebenfalls ein Wärmeäquivalent von 350 berechnet. Doch blieb seine in dänischer Sprache verfaßte Schrift so gut wie unbekannt, bis sie 1863 auch in französischer und englischer Übersetzung erschien.

Im selben Jahre 1843 begann auch Joule seine, mit außerordentlichem experimentellen Geschicke ausgeführten Arbeiten über die Äquivalenz der Kräfte, die zu den schönsten der gesamten messenden Physik gehören, übrigens aber gleichfalls das Schicksal hatten, von der Akademie zu Manchester anfänglich als „völliger Unsinn“ zurückgewiesen zu werden. Auf diese Reihe seiner Arbeiten gestützt, beanspruchte 1847 Joule in den Berichten der Pariser Akademie Mayer gegenüber die Priorität, indem er namentlich behauptete, Mayers Beweis-

führung in seiner Schrift von 1842 enthalte eine wesentliche und wichtige Lücke: es sei nämlich nicht nachgewiesen, daß jenes „Mehr“ an Wärme, das verbraucht werde, wenn sich das Gas unter Volumenvergrößerung ausdehne, wirklich nur durch die Arbeitsleistung, und nicht etwa durch die Ausdehnung des Gases konsumiert worden sei. Joule übersah hierbei, daß der verlangte Beweis schon 1807 von Gay-Lussac geliefert worden war, und daß Mayer in seiner Schrift von 1842 sich an der entsprechenden Stelle ausführlich auf diesen Beweis Gay-Lussacs berief. Mayer wies daher den Prioritätsanspruch Joules mit Bestimmtheit, vielleicht aber mit allzu großer Höflichkeit ab, was zur Folge hatte, daß Joule sich für nicht widerlegt ansah, und auch späterhin auf seiner ganz unbegründeten Meinung, wie auf einer wohlberechtigten, beharrte.

1845 gelangte auch Holtzmann zur Berechnung eines Wärmeäquivalentes, und zwar von 374; doch wurde seine Arbeit, die nicht ganz konsequent durchgeführt war, erst 1848 durch einen Auszug in Poggendorffs „Annalen“ weiteren Kreisen der Physiker bekannt. Im nämlichen Jahre behauptete auch der französische Physiker Seguin die Idee eines Wärmeäquivalentes gefaßt zu haben, da ihm schon von Montgolfier, seinem Oheime, 1839 übermittelt worden sei, daß es mindestens eine qualitative Beziehung zwischen Arbeit und Wärme gäbe. 1847 endlich erschien der berühmte Aufsatz von Helmholtz „Über die Erhaltung der Kraft“, dem gleichfalls das Schicksal widerfuhr, von Poggendorff als „unverständliche Spekulation“ abgewiesen zu werden; dieser Aufsatz, der zu den geistvollsten und formvollendetesten gehört, die wir Helmholtz verdanken, ergänzt in vieler Hinsicht die Ausführungen Mayers, ist aber schwerlich geeignet, als Grundlage für eine Reklamation der Priorität zu dienen, um so mehr, als Helmholtz seine Gesetze wesentlich als an das Herrschen von Zentralkräften gebunden ansah, ihr Gebiet also jedenfalls viel zu enge umgrenzte. Trotzdem nahm aber dieser Forscher in einer Rezension in den

„Fortschritten der Physik“ die Priorität für sich in Anspruch, wobei er sich wiederum auf die schon von Joule fälschlich angeführte Lücke in Mayers Beweisführung berief, Mayers öffentliche Widerlegung Joules aber vollständig ignorierte.

Das kritische Jahr 1848 brachte auch für Mayer große Erregungen mit sich. Einer seiner Brüder hatte sich den badischen Freischaren zugesellt, und auf Bitten seiner Schwägerin entschloß sich Mayer, trotz der sichtlichen Gefahr, mit ihr zusammen dem Bruder nachzureisen und ihn nach Hause zurückzubringen. Er hatte dabei das Mißgeschick, in die Hände der Aufständischen zu fallen, und wurde, da er als Erzreaktionär verrufen war, als vermeintlicher Spion dem Kommandierenden zur sofortigen kriegsgerichtlichen Aburteilung vorgeführt; doch war dieser einsichtig genug, ihn mit der Äußerung: „Ich kann doch nicht alle Reaktionäre erschießen lassen“, wieder frei zu geben. Mayer hat dieser bedenklichen Fahrt nie anders als in humoristischer Weise gedacht, und die Gefahr, in die er sich begeben hatte, stets nur als Folge einer selbstverständlichen Pflichterfüllung angesehen.

Im nächsten Jahre, 1849, sah sich Mayer veranlaßt, der „Allgemeinen Zeitung“ zu Augsburg, die damals zu derartigen Zwecken vielfach benützt wurde, eine Prioritätsreklamation betreffs seiner neuen Lehre einzusenden. Gleich darauf erschien in derselben Zeitung ein von einem Dr. Seyffer unterzeichneter Artikel, in welchem Mayers Theorie als vollkommener Aberwitz, der von der Wissenschaft längst schon abgewiesen und abgetan sei, hingestellt wurde. Nicht wenig erstaunt war daher Mayer, als er zufällig bald darauf die Promotionsschrift desselben Dr. Seyffer in die Hand bekam, und in ihr als erste These las: „Das mechanische Äquivalent der Wärme erkenne ich als eine vollendete Tatsache an.“ Er schickte sogleich eine Berichtigung an die Redaktion der „Allgemeinen Zeitung“, wurde aber abgewiesen. Infolge der großen Ärgernisse und Aufregungen machte sich seine schon einmal erwähnte Neigung

zu krankhaften, an Sinnesverwirrung streifenden Störungen geltend: er verfiel in eine fieberhafte Krankheit, und stürzte sich im Delirium in einem unbewachten Momente 9 m tief auf die Straße hinab. Glücklicherweise erlitt er keinen allzu großen Schaden, und die Erholung war eine sehr rasche, wie schon daraus hervorgeht, daß er bereits 1850 sein Werk „Bemerkungen über das mechanische Äquivalent der Wärme“ erscheinen lassen konnte. Er übersandte es mit besonderen Begleitschreiben an die Akademien von Paris, München, und Wien. In Paris wurde Regnault, in München der berühmte Physiker Ohm mit der Berichterstattung betraut; beide fanden aber eine solche unnötig. Die Wiener Akademie druckte das Schreiben Mayers in ihren Berichten zwar ab, und der große Physiologe Brücke schlug vor, indem er auf die hohe praktische und theoretische Wichtigkeit des mechanischen Äquivalentes der Wärme verwies, neue Bestimmungen seines Wertes als Preisaufgaben auszuscheiden; sein Antrag, in dem er übrigens den Namen Mayers nicht nannte, wurde jedoch abgelehnt.

Durch diese fortgesetzte Reihe von Mißerfolgen und schweren persönlichen Kränkungen verfiel Mayer neuerlich in einen trübsinnigen Zustand, und in eine Art religiöser Manie, die zuletzt zu einer schweren Krankheit, einer Gehirnhautentzündung, ausartete. Er suchte Erholung in den Württembergischen Heilanstalten Winnenthal und Göppingen, geriet dort aber leider in die Hände von Ärzten, die nichts weniger als psychiatrisch geschult waren; wie er selbst erzählt, wurde er wesentlich auf Größenwahnsinn hin behandelt, denn es galt von vornherein als feststehend, daß ein schwäbischer Landsmann, Arzt von Beruf, der glaube, eine physikalische Entdeckung ersten Ranges gemacht zu haben, von keiner andern als gerade von dieser Krankheit befallen sein könne. Die Behandlung, die Mayer in den genannten Kliniken erfuhr, bezeichnete er mit Recht als eine der Inquisition würdige; Zwangsjacken und Zwangsstühle waren die Mittel, durch die der

gebeugte Geist des Forschers wieder aufgerichtet werden sollte. Zum Glück trat, trotz aller dieser Maßnahmen der Ärzte, eine rasche und fast völlige Heilung ein, von der nur eine gewisse Reizbarkeit zurückblieb, deren zeitweises Auftreten Mayer auch in späteren Jahren noch mehrmals veranlaßte, auf kurze Frist passende Heilanstalten aufzusuchen. Sein Leiden war übrigens keineswegs ein eigentliches Geistesgestörtsein, sondern bewegte sich in denjenigen Formen, die man heutzutage als für die Abulie oder Willensschwäche charakteristisch anzusehen pflegt.

Durch eine Reise in die Schweiz gekräftigt, kehrte Mayer wieder nach Heilbronn zurück, und erholte sich um so rascher gänzlich, als ihm die Befriedigung zu teil wurde, von dieser Zeit ab eine langsame, aber stetige Hinwendung der Wissenschaft nach der Seite seiner Lehre wahrzunehmen. Vor allem sah er die von ihm so eifrig bekämpfte „Lebenskraft“, die selbst Liebig schließlich nur mehr unter dem Gewande eines „Kollektivnamens“ vorzubringen wagte, seit Anfang der 50er Jahre immer mehr vom Schauplatze schwinden: sie wurde, wie sich Weyrauch treffend ausdrückt, auf dem wissenschaftlichen Raritäten-Kirchhofe, neben dem Horror vacui, der negativen Schwere, dem Phlogiston, und anderen dergleichen Merkwürdigkeiten, zur ewigen Ruhe bestattet. Ferner bestätigten 1854 die von Regnault in der berühmtesten seiner Abhandlungen veröffentlichten ausführlichen Versuche vollständig die Theorien Mayers, und dies war um so höher anzuschlagen, als z. B. zur selben Zeit der hervorragende Ingenieur und Wärmetheoretiker Hirn, dem die Entwicklung der Wärmetheorie so vieles verdankt, noch der Ansicht war, es sei die Leistung von Arbeit sehr wohl auch ohne Wärmeverbrauch möglich, und ein Wärmeäquivalent bestehe zwar, aber es sei nicht konstant, — welche Anschauung er erst 1862 endgültig zurücknahm. Ebenso war noch bis 1857 Faraday

betreffs der Auffassung der Schwere in fast fortwährender Begriffsverwirrung befangen; es kann dies nicht Wunder nehmen, wenn man bedenkt, daß z. B. noch 40 Jahre später ein hervorragender Mann, der, obwohl nicht Gelehrter von Fach, doch ein vorzügliches und gedankentiefes philosophisches Werk, „Die Atomistik des Willens“, geschrieben hat, Hamerling, die Frage aufwirft, ob es sich mit dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft vereinbaren lasse, daß ein Ei, das ein Vogel hoch oben auf einem Baume in sein Nest gelegt habe, beim Herabfallen eine entsprechende Arbeit leiste, trotzdem es doch nicht vorher auf den Baum hinauf gehoben worden sei!

Im Jahre 1856 hatte Mayer die Genugtuung, daß der Physiker Baumgartner in Wien eine ausführliche Rede über die Bedeutung seiner Lehre hielt, und deren Tragweite dahin feststellte, daß seit Newton nichts von gleicher Wichtigkeit, und nichts gelehrt worden sei, was in ähnlicher Weise eine völlig neue Gestaltung der gesamten Wissenschaft herbeiführen müsse.

Im nämlichen Jahre aber entbrannte auch der Prioritätsstreit mit Joule, Thomson, Hirn, Holtzmann, Colding und Helmholtz aufs neue, und letzterer griff abermals auf die schon wiederholt erwähnte, sogenannte Lücke in Mayers erster Beweisführung von 1842 zurück. Es sei bei dieser Gelegenheit erwähnt, daß der Standpunkt von Helmholtz gegenüber Mayer ein im Laufe der Jahre sehr wechselnder gewesen ist; er ließ ihm bald größere, bald geringere Gerechtigkeit widerfahren, und es mögen hierauf sowohl äußere Einflüsse, als auch namentlich das Verhalten seiner Schüler und Anhänger zeitweise großen Einfluß geübt haben. Sicherlich war aber Helmholtz der Mehrzahl dieser letzteren an Unparteilichkeit weit überlegen, wenn er es auch zeitweise an einer kaum begreiflichen Selbstbefangenheit nicht fehlen ließ, und es namentlich in späteren Jahren liebte, Mayer zwar als den ersten Berechner des Wärmeäquivalentes anzuerkennen, sich selbst aber

als den eigentlichen Entdecker des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft hinzustellen. Als „Vater dieses Prinzipes“ ließ er sich noch 1886 von der physikalischen Sektion der Berliner Naturforscherversammlung, und 1891 von der Berliner physiologischen Gesellschaft feierlich begrüßen, und es kann daher nicht befremdlich erscheinen, wenn bei der offiziellen Totenfeier Helmholtzs zu Berlin, der Festredner eine Äußerung ungefähr dahin tat, daß, falls Mayer gar nicht gelebt hätte, Helmholtz wohl der Mann dazu gewesen wäre, die Taten, die jener gewirkt habe, auch aus eigener Kraft zu vollbringen. Ohne die Berechtigung einer solchen Behauptung untersuchen zu wollen, — für die ja der Wahrheitsbeweis doch nie erbracht werden kann —, darf man wohl sagen, daß dieser Ausspruch dem Inhalte nach nur allzu lebhaft an die Fabel vom Ei des Kolumbus erinnert, dem Geschmacke nach aber nur wenig hinter dem bekannten geflügelten Worte Du Bois-Reymonds zurücksteht, wonach Goethe besser getan hätte, statt naturwissenschaftlicher Arbeiten Gedichte zu verfassen, und seinen Faust Gretchen heiraten zu lassen, anstatt ihn in die Hochflut philosophischer Gedanken zu versenken.

Im Jahre 1857 veröffentlichte der Physiker Bohn eine Schrift über die Lehre von der Erhaltung der Kraft, in der er irrtümlicherweise Mayer im Irrenhause verstorben sein ließ; anlässlich eines Vortrages Liebig's in München geriet diese Nachricht in die „Allgemeine Zeitung“ und ging aus dieser in Poggendorffs „Biographisches Wörterbuch“ über, so daß sie seither, obwohl das Druckfehlerverzeichnis letztgenannten Werkes sie berichtigt, jahrzehntelang in wissenschaftlichen Kreisen nicht wieder auszurotten war. Um sie gründlich zu widerlegen, erschien Mayer 1858 auf der Naturforscherversammlung, und hatte das Vergnügen, dort Männer wie Baumgartner und Schönbein, die zu seinen warmen Verehrern gehörten, persönlich kennen zu lernen. Durch Schönbeins Vermittlung wurde ihm auch die erste öffentliche Anerkennung

zuteil, nämlich die Mitgliedschaft der naturforschenden Gesellschaft zu Basel. Bald darauf ernannte ihn auch die Universität Tübingen zu ihrem Ehrendoktor, und die Münchener Akademie zu ihrem Mitgliede.

Die entscheidende Wendung in Mayers Schicksal trat aber erst 1862, durch Vermittlung des großen Physikers Clausius in Bonn, und Tyndalls in London ein. Tyndall hielt während der internationalen Ausstellung zu London im königlichen Institute einen Vortrag „Die Energie und ihre Wandlungen“, in dem er voll freudiger Anerkennung und auf das unparteiischste die bahnbrechenden Verdienste Mayers in das rechte Licht stellte; auch Tyndalls 1863 verfaßtes Lehrbuch der Wärmetheorie war, als erstes seiner Art, vollkommen auf Grund der Mayerschen Prinzipien aufgebaut. Durch dieses offene Eintreten für Mayer erregte Tyndall indessen den Zorn seiner Landsleute, namentlich Joules, Thomsons, und Taits, die ihn sachlich wie persönlich auf das heftigste angriffen, und ihm namentlich Mangel an sogenanntem „wissenschaftlichem Patriotismus“ vorwarfen; in seinen Briefen bedauert Mayer den geehrten Freund, daß er sich seiner wegen solchen Anfechtungen ausgesetzt habe, und zitiert den Wielandschen Spruch: „Sich neue Bahnen brechen, Heißt in ein Nest gelehrter Wespen stechen.“

Über das Mißgeschick, 1864 in der Zeitschrift „Das Ausland“ wieder als im Irrenhause verstorben bezeichnet zu werden, konnte sich Mayer leicht hinwegsetzen, um so mehr, als ihm nun aus immer weiteren Kreisen Ehrenbezeugungen zuteil wurden: 1864 ernannte ihn die „Naturforschende Gesellschaft zu Halle“ zum Mitgliede, 1867 die Akademie zu Turin, dergleichen die zu Wien und zu Paris. Auch wurden ihm der Poncelet-Preis, sowie die Copley-Medaille, wissenschaftliche Auszeichnungen allerhöchsten Ranges, verliehen. Nur die Berliner Akademie verhielt sich abweisend, und ist auch später der Ehre nicht theilhaftig geworden, Mayers Namen in der

Liste ihrer Mitglieder zu verzeichnen. Von der 1867 erschienenen Gesamtausgabe von Mayers Schriften „Die Mechanik der Wärme“ nahmen die von der Berliner physikalischen Gesellschaft herausgegebenen „Fortschritte der Physik“ auffälligerweise keinerlei Notiz, und ebenso wenig auch von den späteren Schriften Mayers; hingegen besorgte Helmholtz zu gleicher Zeit eine deutsche Übersetzung des physikalischen Lehrbuches von Thomson und Tait, das von ungerechtfertigten und erbitterten Angriffen gegen Mayer erfüllt war.

1869 beteiligte sich Mayer an der Naturforscher-Versammlung zu Innsbruck, und hielt dort einen Vortrag „Über notwendige Konsequenzen und Inkonssequenzen der Wärmemechanik“. Aus diesem sind hauptsächlich folgende Gedanken hervorzuheben: Zunächst wendet sich Mayer gegen den von Clausius aufgestellten Begriff der sogenannten Entropie. Nach Clausius strebt die Entropie der Welt einem Maximum zu, das sich schließlich verwirklicht fände, wenn alle Massen zu einer einzigen gleichmäßig vereinigt, und alle Energien in Form von Wärme gleichmäßig über diese verteilt wären, — wobei offenbar ewiges Gleichgewicht herrschen müßte. Diese Lehre lehnte Mayer, als über die Erfahrung hinausgehend, ja ihr widersprechend, entschieden ab, indem, wie er schon früher zeigte, gleich der Beginn selbst einer nur teilweisen Vereinigung kleinerer Weltkörper, durch die enorme, mit ihr verbundene Wärmeentwicklung zu einer Verstäubung oder Vergasung der Massen führen, also dem anzustrebenden Zustande der Entropie geradezu entgegenwirken müßte. Er berief sich hierbei auch auf die berühmte Feuerkugel von 1863, für die die Astronomen eine Geschwindigkeit von über neun Meilen in der Sekunde berechnen konnten, während die Anziehung der Sonne in der Erdentfernung ihr höchstens eine solche von etwa sechs Meilen zu verleihen vermag; aus dieser Tatsache schließt Mayer, daß auch die Einwirkung aus fremden Welträumen stammender Körper auf unser Planetensystem zuzulassen,

und schon deshalb eine Anwendung des Entropieprinzipes auf das Weltganze abzulehnen ist. Es dürfen eben Grundsätze, die nur für ein begrenztes Tatsachengebiet bewiesen und gültig sind, nicht transzendent, d. h. über dieses hinaus, angewendet werden, und verlieren auch, sobald dies doch geschieht, ihren eigentlichen Sinn und ihre Verständlichkeit.

Des weiteren besprach Mayer die konstanten Störungen des elektrischen Gleichgewichtes der Erde, die sich in den Erscheinungen des Nordlichtes, und im Wechsel der magnetischen Deklination bemerkbar machen, und äußerte die Vermutung, daß sie in einer regelmäßigen Abhängigkeit von den Passatwinden ständen, sowie daß die Veränderungen des meteorologischen Äquators jenen der Deklination parallel gingen. Da er die Mittel zur näheren Erforschung dieses so schwierigen Gegenstandes selbst nicht besaß, so mußte er sich damit begnügen, eine solche durch Äußerung seiner Hypothese angeregt zu haben.

Am Schlusse seines Vortrages wandte sich Mayer zu einer Betrachtung der organischen Natur, und führte aus, daß weder Materie noch Kraft erschaffbar seien, wohl aber neue Organismen sich fortdauernd bildeten, und neue Individuen anscheinend ex nihilo entständen; da ferner weder die Materie noch die Energie imstande sei, zu denken, so müsse man notwendigerweise noch ein drittes, ein geistiges Prinzip annehmen. Die geistigen Verrichtungen des Gehirnes gehen nach Mayer zwar durchaus parallel der cerebralen Aktion, sind aber keineswegs mit ihr identisch; als Beispiel hierfür gibt Mayer den seither typisch gebliebenen Vergleich mit dem Zustandekommen der telegraphischen Mitteilung. Eine solche ist ohne chemischen Prozeß in der elektrischen Batterie nicht möglich, und nur durch genaue Kenntnis dieses Prozesses sowie der Art der Erregung und Übertragung des Stromes, wird der Vorgang des Telegraphierens verständlich. Was aber der Telegraph spricht, also der Inhalt der Depesche, das ist keine

Funktion der elektrochemischen Aktion, kann aus dieser nicht begriffen und erklärt, und durch keine noch so eingehende Kenntnis ihres Wesens dem Verständnis irgendwie näher geführt werden. Bei jeder geistigen, ja überhaupt bei jeder von Organismen ausgehenden Tätigkeit, ist eben die physische und die psychische Seite, als Außen- und Innenseite eines und des nämlichen Vorganges, durchaus zu unterscheiden; beide Seiten zeigen strenge Parallelität, jede besitzt aber ihre eigene Gesetzmäßigkeit, und keine kann als Folge aus der andern abgeleitet, oder ihr als Grund untergelegt werden. Dieses Gesetz gilt nicht nur für dies eine Organ, das Gehirn, sondern ist ein wichtiges und allgemeines Grundgesetz der ganzen organischen Welt. Aus den, für die Deutung der Außenseite der letzteren ausreichenden Gesetzen läßt sich nicht auch die Innenseite erklären; vielmehr hat diese Innenseite, als deren höchste Äußerung das Reich des bewußten menschlichen Willens oder der Freiheit erscheint, ihre eigenen Gesetze, die aus den erstgenannten nicht erschlossen, ja mit ihrer Hilfe nicht einmal verständlich gemacht werden können.

An diese gedankentiefen Ausführungen, die in zwei späteren Schriften „Über die Ernährung“ (1871) und „Über veränderliche Größen“ (1873) noch einige Ergänzung finden, schloß Mayer am Ende seines Vortrages eine Erklärung seiner im besten Sinne des Wortes religiösen und gottgläubigen Gesinnung an, die allerdings an diesem Orte und bei dieser Gelegenheit wenig am Platze gewesen sein mag. Er forderte dadurch den energischen Widerspruch einer Anzahl von Gegnern heraus, unter denen sich namentlich Carl Vogt bemerkbar machte, indem er in einem offenen Briefe die Berufer der Naturforscherversammlung beschuldigte, sie hätten einen Mann gestörten Geistes zu einem Vortrage eingeladen, und die Anwesenden mit dem Anhören seiner verworrenen Gedanken belästigt. Mayer, der zufällig während des Heimweges diesen Brief zu lesen bekam, regte sich über dessen Inhalt außerordentlich auf,

und zog sich dadurch eine neuerliche Erkrankung zu. Doch war auch diese glücklicherweise nur vorübergehender Natur, und er fühlte sich, als 1870 der Krieg gegen Frankreich ausbrach, imstande, alle seine Kräfte in aufopferndster Weise der Pflege der Kranken und Verwundeten zu widmen, wofür er vom Könige von Württemberg mit der Denkmünze bedacht wurde. Das glückliche Ende des großen Kampfes stimmte auch Mayer, der bis dahin Partikularist gewesen war, durchaus reichsfreundlich, jedoch hielt er sich seit dieser Zeit von der Politik vollständig fern, versäumte aber nicht, sich als unbedingten Gegner des sogenannten Kulturkampfes zu bekennen, weil er von diesem in letzter Linie nichts weiter als eine Stärkung des streng kirchlichen Einflusses erwartete.

Schriftstellerisch war Mayer in den folgenden Jahren nur mehr wenig tätig, und publizierte bloß noch zwei kleinere Arbeiten, den Aufsatz: „Die Torricellische Leere“, in dem er den sogenannten Äther als ponderable Materie im Zustande außerordentlich hoher Verdünnung zu betrachten suchte, und die Schrift „Über Auslösungen“ (1875), in der er eine Reihe der tiefsinnigsten Ideen, die ihn schon seit dem Jahre 1844 fortdauernd beschäftigten, kurz zusammenfaßte. Die Absicht, über den gleichen Gegenstand ein größeres Werk zu schreiben, blieb leider unausgeführt, und so sind wir denn auf die sehr knappe, mehr andeutende als ausführende Darstellung angewiesen, die Mayer in jener Schrift seinen Gedanken zu widmen imstande war. Es ist nicht leicht, diese in kurzer Übersicht wiederzugeben, und jedenfalls ist es zum Zwecke einer solchen unerläßlich, die zahlreichen zugehörigen Einzelsätze, die sich durch die Abhandlungen und Briefe Mayers, während eines Zeitraumes von über 30 Jahren hin zerstreut vorfinden, mit in Betracht zu ziehen. Man kann dann etwa in folgenden Worten den Grundgedanken der Schrift über Auslösung zum

Ausdrucke bringen: Das Energieprinzip bestimmt nur die Beträge der Umwandlung einer Form der Energie in eine andere, nicht aber die Umstände, unter denen diese Umwandlung eintritt. Daß eine solche Verwandlung stattfindet, warum sie geschieht, wann sie erfolgt, wie sie zustande kommt, binnen welcher Zeit sie sich vollendet, — über diese und ähnliche Fragen gibt das Energieprinzip als solches keinerlei Auskunft. Als zweifellos feststehend ist es zu betrachten, daß keine Energie sich von selbst in eine andere verwandelt, oder ohne weiteres in eine andere Form übergeht; insbesondere ist die potentielle Energie als solche weder nach außen hin wirksam, noch arbeitet sie selbst auf eine Veränderung ihres Zustandes hin. Damit Veränderung, damit Übergang einer Energieform in eine andere statfinde, bedarf es vielmehr eines Anstoßes, einer äußeren Erschließung, die mit dem Namen „Auslösung“ bezeichnet wird. Die Auslösung ist nicht die Ursache der schließlich entstehenden Wirkung, sondern nur die Ursache der eintretenden Umwandlung, — soweit hier nämlich von einem Verhältnisse zwischen Ursache und Folge überhaupt noch die Rede sein kann; der angedeutete Unterschied ist von ganz außerordentlicher Tragweite (und daher noch heute vielfach selbst in wissenschaftlichen Kreisen unverständlich). Die Auslösung selbst kann offenbar nicht mit einem Verbräuche an Energie verbunden sein, sie würde ja sonst gerade dem Gesetze der Erhaltung der Energie widersprechen; der auslösende Anstoß ist oft verschwindend klein, und vielfach besteht gar keine proportionale, überhaupt keine quantitative, ja nicht einmal eine qualitative Beziehung zwischen ihm und der schließlich eintretenden Wirkung. Daher ist denn auch die Auslösung kein Gegenstand für die Mathematik, denn Qualitäten lassen sich nicht wie Quantitäten zahlengemäß berechnen und feststellen. Die eigentliche Domäne der Auslösung ist vor allem die organische Welt, die im Pflanzenreiche auf Reize, im Tier- und Menschenreiche aber auf anschauliche, ja selbst auf abstrakte

Motive reagiert. Die physiologischen, psychologischen und pathologischen Vorgänge, die Funktionen des Nervensystemes, die Tätigkeit auf geistigem Gebiete, — sie alle gehören vornehmlich dem Reiche der Auslösungen an. Es ergibt sich aus dem Dargelegten ohne weiteres, daß die zuweilen aufgeworfene Frage, ob das Gesetz der Erhaltung der Kraft auch für das geistige Gebiet gelte, abzuweisen ist, indem das, für die Energie und ihre Wandlungen bestimmende und maßgebende Verhältnis zwischen Ursache und Wirkung, auf dieses Gebiet des Inneren eine sinngemäße Anwendung überhaupt nicht finden kann. Eine „Weltformel“, wie sie verschiedene Gelehrte, u. a. Laplace, und später in seiner berühmten Rede „Über die Grenzen des Naturerkennens“ Du Bois-Reymond als denkbar hingestellt hatten, wäre daher nach Mayer in dieser Hinsicht unzureichend: seiner Ansicht nach würde sich das eigentliche Wesen aller inneren, also namentlich auch der geistigen Vorgänge, keineswegs aus einer derartigen Weltformel begreifen, oder gar voraussagen lassen, weil eine solche immer nur für die physische, nie aber für die psychische oder innere Seite des Geschehens in Frage kommen kann.

Das äußere Leben Mayers seit 1870 bewegte sich in gleichmäßigen und ruhigen Bahnen. Er behielt seine Berufstätigkeit auch bei vorgerücktem Lebensalter bei, und gab seine Praxis niemals gänzlich auf. Gerne pflegte er geselligen Verkehr, und gab in diesem zahlreiche Beispiele von Gemütlichkeit und Humor, die sich nicht selten auch in treffenden sarkastischen Bemerkungen äußerten, und seinen Freunden oft zu nicht geringem Vergnügen gereichten. Einer von diesen erzählt z. B., wie er mit Mayer ruhig in einer Weinstube saß, als plötzlich ein vierschrötiger Fleischermeister eintrat; ohne weiteres erhob sich Mayer, ging auf den neuen Gast zu und fragte ihn: „Was halten Sie von der Seelenwanderung?“ Der

Fremde erwiderte: „Was? Seelenwanderung? Das ist ja Unsinn!“, — worauf Mayer erfreut sagte: „Das ist ganz auch meine Meinung.“ Seinem Freunde aber versicherte er, er habe nicht umhin gekonnt, den Mann, als er ihn in so materieller Wohlbeibtheit eintreten sah, gerade mit einer Frage so transzendenten Gebietes heimzusuchen.

Gelegentlich einer Besprechung der oft sehr unzureichenden physikalischen Grunderklärungen in Lehrbüchern, äußerte Mayer: „Hört man derlei hohle Phrasen, und fragt dann auf solche hin mit dem Konfirmationsbüchlein: Erkläre mir dieses noch deutlicher!, so kommt die Antwort wie gewöhnlich aus dem Tacitus.“ Daß Tacitus „der Schweiger“ bedeutet, dürfte auch den nicht des Lateinischen Kundigen aus dem Anfangskapitel von Gustav Freytags „Verlorener Handschrift“ wohl bekannt sein.

Ein andermal fragte Mayer in einer lebhaft bewegten Gesellschaft: „Wissen Sie denn auch, daß die Frauen nicht in das Himmelreich kommen?“ Als geantwortet wurde: „Nein, wieso denn?“, erwiderte er: „Es heißt ja, Offenbarung Johannis 8, 1: Und es ward eine Stille im Himmel, bei einer halben Stunde.“

Tiefer aus der Fülle seiner Erlebnisse geschöpft sind wohl die Äußerungen: „Die Geschichte aller Zeiten lehrt, daß die Schulgelehrsamkeit, den Tropfsteingebilden ähnlich, durch Anlagerung gleichartiger Teile bereitwillig an Umfang zunimmt, dagegen einen starren Widerstand jeder mehr als oberflächlichen Umgestaltung ihrer oft grotesken Gebilde entgegensetzt“; und ferner: „Jeden, der zu denken wagt, auf den Scheiterhaufen führen zu wollen, dürfte zu unserem Glück schon aus ökonomischen Gründen nicht rätlich erscheinen.“

Eine letzte Unterbrechung in Mayers Stillleben bildete noch 1877 die Dühringsche Episode. Dühring hatte nämlich eine preisgekrönte Geschichte der Mechanik verfaßt, und ihr namentlich in der zweiten Auflage, gelegentlich der Darstellung und Beurteilung von Mayers Verdiensten, eine heftige und vielleicht

nicht immer gerechte Polemik gegen Helmholtz eingeflochten, die diesen, sowie den Kreis seiner Freunde und Schüler, außerordentlich reizte. Im Laufe der hieraus entspringenden literarischen Streitigkeiten ließ sich Dühning verschiedene weitere Beleidigungen akademischer Kreise zuschulden kommen, und wurde schließlich von der Berliner Universität removiert. Diese Vorfälle erregten außerordentliches Aufsehen, teils der hohen geistigen Bedeutung Dührings, teils der unverdient harten Behandlung dieses blinden Gelehrten wegen. Da der ganze Vorfall im wesentlichen an den Namen Mayers anknüpfte, so kam dieser nochmals in aller Mund, und erlangte auch bei den der Wissenschaft ganz ferne Stehenden eine unerwartete Popularität. Es war wohl eine Folge der geschilderten Vorkommnisse, daß Helmholtz in einer Festrede „Das Denken in der Medizin“, die er im nämlichen Jahre in Berlin hielt, eine Reihe sehr scharfer Äußerungen über Hypothesenmacherei, Veröffentlichungen unreifer Arbeiten, und ungerechtfertigte Prioritätsreklamationen vorbrachte, die nicht wohl anders als auf Mayer bezogen werden konnten, und auch allgemein als auf diesen gemünzt betrachtet wurden. Mayer sah sich deshalb an seinem Lebensabende nochmals veranlaßt, in Form einer Rezension dieser Rede, sich in ruhiger und maßvollster Form die gebührende Priorität zu wahren; Dühning aber, den er zu dieser Zeit auch persönlich in Wildbad kennen lernte, sprach er sein lebhaftes Bedauern darüber aus, daß er sich, seine gute Sache verfechtend, in bester Absicht, und doch nutzlos, so große persönliche Unannehmlichkeiten zugezogen habe.

Im Laufe des Jahres 1877 begann Mayer über krankhafte Symptome zu klagen; er erkannte bald selbst, daß sich ein Lungenleiden ausgebildet habe, von dem eine Heilung nicht zu erwarten sei, und ging ruhig und gefaßt dem Ende entgegen. Er starb am 20. März 1878 im Kreise seiner Familie, und wurde zu Heilbronn mit hohen Ehren bestattet. Schon 1892 gelang es, hauptsächlich dank den Bemühungen des „Vereines deutscher

Ingenieure und Architekten“, ihm ein Denkmal auf dem Marktplatze seiner Vaterstadt zu enthüllen, und im folgenden Jahre erschien auch die von Weyrauch in pietätvollster Weise besorgte dritte Auflage seiner gesammelten Schriften, und die Ausgabe seines Briefwechsels sowie seiner kleineren Werke.

Das körperliche wie das geistige Denkmal werden das Andenken des großen Heimgegangenen in gebührender Weise der Nachwelt überliefern; möge diese in ihm einen Mann ehren, dessen Geist nicht minder hoch stand als sein edles und reiches Herz. Für die Gemühtiefe Mayers zeuge der Schlußsatz eines Vortrages, den er 1871 für die Invalidenstiftung hielt; in diesem hatte er unter anderem auch die Grundlehren der Darwin'schen Theorie auseinandergesetzt, der er mit Achtung, aber ohne Sympathie gegenüberstand, und er beendete seine Darlegung mit folgenden Worten, die um so höher anzuschlagen sind, als er selbst, wie selten einer, alle Bitternisse des Lebens durchgekostet hatte: „Ein Kampf ums Dasein findet allerdings statt, aber nicht der Hunger ist es, es ist nicht der Krieg, und auch nicht der Haß ist es, was die Welt erhält, — es ist die Liebe.“
