



Staats- und
Universitätsbibliothek
Bremen

Staats- und Universitätsbibliothek Bremen

DFG Projekt Die Grenzboten

Die Grenzboten

Berlin u.a., 1841 - 1922

Robert Mayer : († am 20. März 1878.)

urn:nbn:de:gbv:46:1-908

Robert Mayer.

(† am 20. März 1878.)

Die Geschichte der Wissenschaft lehrt, daß die Natur höchst selten einen Genius hervorzubringen vermag, dem es gelingt, ihre Geheimnisse zu entschleiern. Sind doch bald drei Jahrhunderte verflossen, seitdem Galilei den Grund legte zu einer exakten Naturforschung, und nur vier bis fünf Geister sind seit jenem denkwürdigen Tage über die Erde gegangen, die an seine Größe heranreichten; nur einer war es, der seinen Grundbau erweiterte und würdig ist, an seiner Seite zu stehen. Dieser eine ist Julius Robert Mayer. Die große Entdeckung, die wir seinem Genie verdanken — die größte, welche unserm Jahrhundert bisher gelungen ist — wird keinem der Leser dieser Blätter unbekannt geblieben sein. Sie betrifft das mechanische Aequivalent der Wärme.

Die Grundpfeiler der Naturwissenschaft sind Größenbestimmungen, die aus sorgfältigen Untersuchungen der Naturerscheinungen abgeleitet werden und sich durch einfache Zahlen ausdrücken lassen. Die mechanische Aequivalentzahl der Wärme ist eine derartige Zahl. Von der Größe und Wirkungsart der Kräfte geben uns erst diese Größenbeziehungen Vorstellungen von hinreichender Schärfe, um darauf weiter bauen zu können. So lange solche Zahlenbestimmungen nicht gemacht sind, mag über die Naturerscheinungen in unbestimmten und vagen Begriffen noch so viel hin und her gestritten werden — für die wirkliche Erkenntniß der Natur wird etwas Ersprießliches dadurch nicht zu Tage gefördert. So hat alle Naturphilosophie älteren und neueren Datums, welche die Welt aus bloßen Begriffen zu konstruiren sich abmühte, nur hohle Nüsse hervorgebracht, Mißgeburten, die oftmals kaum den Tag auslebten, der sie gebar.

Unter allen Naturprozessen ist der freie Fall der Körper der häufigste, der einfachste und darum — und weil er von universeller Tragweite ist — zugleich auch der wichtigste. Man beobachtet, daß der fallende Körper um so

stärker auf den Boden aufschlägt, je höher er herabgefallen ist. Es entsteht nun die Aufgabe, die zwischen der Fallhöhe, der Fallzeit und der Endgeschwindigkeit stattfindenden Größenbeziehungen aufzufinden und in bestimmten Zahlen auszudrücken. Das Experiment, das einzig und allein Aufschluß geben kann, führt zu der Wahrheit, daß jeder fallende Körper in der ersten Sekunde einen Weg von 4,9 Meter zurücklegt und am Ende derselben eine Geschwindigkeit von 9,8 Meter erlangt hat, (d. h. eine Geschwindigkeit, vermöge welcher er in einer Sekunde einen Weg von 9,8 Meter zurücklegen würde).

Sobald diese Zahl, der Fallraum der ersten Sekunde, aufgefunden ist, kennt man auch die Größe der Kraft, welche das Fallen bewirkt; keinen Augenblick eher. Wie viel und wie tief man auch über die Form der beschleunigten Bewegung spekuliren will, über das Zunehmen der Fallräume und ihr Größenverhältniß zu einander, man würde keinen Aufschluß bekommen über das, was vor allem Interesse haben muß und von fundamentaler Bedeutung ist, über den Weg, den ein fallender Körper in einer bestimmten Zeit zurücklegt. Selbst wenn der Gedanke und das bestätigende Experiment festgestellt hätte, daß die Fallräume der ersten, zweiten, dritten *z.* Sekunde sich wie die ungeraden Zahlen eins, zwei, drei *z.* verhalten, so bliebe der wirkliche Fallraum doch stets noch eine unbekannte Thatsache. Ist er gefunden, dann erst ist man in die Wirklichkeit tiefer eingedrungen und hat gleichsam ein Stück der Natur mehr kennen gelernt, was ja Zweck und Ziel der Naturforschung ist.

Welche Rolle der Fallraum der ersten Sekunde in der Natur spielt, ist dem Leser bekannt. Es sollte nur daran erinnert werden, um die Wichtigkeit dieser Zahl wie überhaupt derartiger Zahlen lebhafter vor die Seele zu führen, und um an dieser Entdeckung Galilei's einen Maßstab für die Mayer'sche Entdeckung zu gewinnen.

Um die Wärmeerscheinungen aufzuklären, hatte man früher zu den spitzfindigsten Hypothesen seine Zuflucht genommen. Man sprach von einem besonderen „Wärmestoff“, von einem bald ruhenden, bald schwingenden „Wärmeäther“, auch wohl von „Wärmeatomen“, die man in den zwischen den Massenatomen befindlichen Räumen ihr Wesen treiben ließ. Aber man erreichte mit allen diesen Hypothesen nichts; die Wärmeerscheinungen blieben für die menschliche Erkenntniß ebenso dunkle Vorgänge, wie sie es vorher gewesen waren. Am allerwenigsten wußte man mit der durch Reibung, durch den Stoß oder durch das Zusammendrücken von luftförmigen Körpern, überhaupt durch mechanische Vorgänge entstehenden Wärme fertig zu werden. Zwar hatte man sich durch umfassende Experimente davon überzeugt, daß durch die Reibung in der That eine hohe Temperatur hervorgerufen werden könne, aber mehr, als was die ganz alltägliche Erfahrung zeigte, war damit nicht zu Tage gefördert.

Auch war es bekannt, daß durch Wärme wiederum mechanische Bewegung erzeugt werden könne. Die Dampfmaschine lehrte dies täglich. Tiefer in die Verhältnisse einzudringen, war keinem gelungen, geschweige denn, daß Jemand auf den Gedanken gekommen wäre, es könne zwischen der Fallbewegung und der Wärmeerscheinung ein zahlenmäßiger Zusammenhang existiren. Mayer erkannte diesen Zusammenhang und erkannte auch, daß derselbe nur durch Größenbestimmung, durch Messung aufgeklärt werden könne. Er zuerst stellte die bestimmte Frage: Wie viel Arbeitskraft ist erforderlich, um eine vorgeschriebene Menge von Wärme zu erzeugen? Und umgekehrt: Wie viel Wärme zu einer vorgeschriebenen Menge von Arbeitskraft? Mit dieser Frage war, sobald sie mit dem vollen Bewußtsein ihrer Tragweite gestellt wurde, wie es von Mayer geschah, die Hauptsache erledigt. Das Weitere war nun Sache des Experimentes und der Rechnung, und auch diese führte Mayer in höchst genialer Weise aus, wohl wissend, daß erst dann seine Entdeckung zum vollen Abschluß gebracht und gegen alle Anfechtungen der Mißgunst und der stumpfen Auffassung gesichert war, wenn die Größenbeziehung zwischen der Bewegung und der Wärme numerisch angegeben werden konnte. Da er sich auf ungenaueres experimentelles Material zu stützen genöthigt war, auf Material, das nur für einen Geist von so seltener Originalität einen Sinn hatte, so gelang es ihm allerdings nicht, die Maßzahl in seinem Gesetze völlig genau anzugeben. Spätere Experimentatoren haben diese Nebensache erledigt und die Mayer'sche Zahl 365 durch die genaue 425 ersetzt. Diese Zahl ist das mechanische Aequivalent der Wärme, und das Mayer'sche Gesetz darüber heißt in kurzen Worten: „Die Erwärmung einer gewissen Menge von Wasser (etwa eines Kilogramms) um einen Grad der hunderttheiligen Thermometerskala entspricht der Erhebung einer gleichen Menge um 425 Meter.“

Es ist oben an die Entdeckung Galilei's, den Fallraum der ersten Sekunde, erinnert und bemerkt worden, daß diese Zahl die Grundlage für die Mechanik und Physik geworden ist. Etwas Aehnliches ist in Betreff des Mayer'schen Gesetzes der Fall. Durch dies Gesetz wird zwischen den beiden wichtigsten Erscheinungsgruppen, der Schwere und der Wärme, die bisher völlig getrennt waren, eine ursächliche und — was die Hauptsache ist — der Größe nach bestimmte Beziehung festgesetzt. Es müssen sich also zuletzt alle Wärmeerscheinungen auf mechanische Vorgänge und auf mechanische Prinzipien zurückführen lassen, und wie das Galilei'sche Gesetz den Grund legte zu dem Gebäude der Physik, so wird das Mayer'sche den Grund legen zu einer Wärmemechanik, die wir allerdings noch von der Zukunft zu erwarten haben. Ja in gewisser Beziehung ist durch die Mayer'sche Entdeckung noch mehr geleistet als durch die Galilei'sche; denn sie ist es, die uns den ersten Blick in ein Gebiet eröffnet, von dem man

glaubte, daß es dem menschlichen Geiste für immer würde verschlossen bleiben, in das Gebiet der molekularen Kraftbeziehungen. Wir haben also ein volles Recht, unsern Landsmann mit jenem großen Italiener des siebzehnten Jahrhunderts zu vergleichen und auf eine Stufe zu stellen.

Um dem Leser eine richtige Werthschätzung der Mayer'schen Entdeckung zu ermöglichen, möge an die ungeheuren Schwierigkeiten erinnert sein, welche die menschliche Erkenntniß gerade dann findet, wenn sie in die alltäglichsten und allgemeinsten Erscheinungen einzudringen versucht, daran erinnert sein, wie selten es gelingt, neue fundamentale Naturwahrheiten zu entdecken. Nicht bloß die Lehren der Geschichte sagen uns dies; auch die Autorität eines Mannes läßt sich dafür anführen, an dessen Namen sich die höchsten Leistungen des achtzehnten Jahrhunderts auf mathematisch-mechanischem Gebiete knüpfen. Lagrange, indem er Galilei's astronomische Entdeckungen mit denen vergleicht, die den freien Fall der Körper betreffen, thut jenen bekannten Ausspruch, der heute auch auf Mayer gestattet ist: „Die Entdeckungen der Jupitertrabanten, der Venusphasen, der Sonnenflecken u. s. w. erforderten nur Teleskope und Fleiß; aber es bedurfte eines außerordentlichen Genies, um die Gesetze der Natur in Erscheinungen zu entwirren, die man stets vor Augen gehabt hatte, deren Erklärung aber nichtsdestoweniger den Nachforschungen der Philosophen immer entgangen war.“

Angesichts solcher Schwierigkeiten liegt die Frage nahe: Wie gelangte Mayer zu seiner Entdeckung? Durch welche Umstände wurde sein Denken angeregt? — Er selbst gibt uns darüber einen Bericht, und die Geschichte der Wissenschaft hat aus vielen Gründen Ursache, ihm dankbar dafür zu sein. Mayer befand sich im Sommer des Jahres 1840 auf Sava und machte bei Aderlässen, die er an neu angekommenen Europäern vornahm, die Beobachtung, daß das aus der Armvene genommene Blut fast durchweg eine überraschend hellrothe Farbe zeigte. Diese Beobachtung fesselte seine Aufmerksamkeit und lenkte sie auf Fragen, welche die thierische Wärme betreffen. Ausgehend von der Theorie Lavoisier's, nach welcher die thierische Wärme das Resultat eines Verbrennungsprozesses ist, sah er den Farbenunterschied des venösen und arteriellen Blutes als ein sichtbares Zeichen einer mit dem Blute vor sich gehenden Verbrennung an. Soll der Körper eine gleichmäßige Temperatur behalten, so muß die Wärmeentwicklung, also auch die Oxydation, zu dem Wärmeverluste und somit auch zu der Temperatur der Umgebung, an welche der Körper die Wärme abgibt, nothwendig in einer Größenbeziehung stehen. In Folge dessen muß die Wärmeerzeugung des Körpers ebenso wie der Farbenunterschied beider Blutarten in der heißen Zone geringer sein als in der kalten. Nun erzeugt aber der Körper auf zweierlei Weise Wärme; theils direkt im Innern durch Verbrennung, eine Wärme, welche er durch Mittheilung an die Umgebung

wieder abseht; theils äußerlich und indirekt durch seine Bewegungen, wie z. B. der Schmied durch Hämmern ein Stück Eisen, der Tischler durch Reibung seine Säge erwärmt. Daran knüpft sich denn unmittelbar die Frage an, ob die direkte Körperwärme allein oder die Summe der direkten und indirekten Wärme auf Rechnung des Verbrennungsprozesses zu setzen sei.

Nun gilt, fährt Mayer in seinen Schlüssen weiter fort, der Fundamentalsatz, daß durch die Verbrennung einer gewissen Menge Materie immer ein und dieselbe, d. h. eine von den die Verbrennung begleitenden Umstände unabhängige Menge Wärme entsteht. Darum kann der Effekt der Verbrennung auch durch den Lebensprozeß keine Größenänderung erleiden, „der lebendige Organismus kann trotz all' seiner Räthsel und Wunder keine Wärme aus Nichts erzeugen“.

Mit diesem Satze war auch die Antwort auf die gestellte Frage bereits gegeben; denn mit ihm ist ausgesprochen, daß man unbedingt anzunehmen hat, die gesammte, theils unmittelbar, theils auf mechanischem Wege vom Körper erzeugte Wärme sei dem Verbrennungs-Effekte im Körper quantitativ gleich.

Daraus folgt aber mit derselben Nothwendigkeit, daß die vom lebenden Körper mechanisch erzeugte Wärme mit der dazu verbrauchten Arbeit in einem unveränderlichen Größenverhältnisse stehen muß; denn andernfalls müßte es möglich sein, durch die nämliche Arbeit und somit durch den nämlichen Verbrennungsprozeß und durch den gleichen Materialverbrauch verschieden große Mengen von Wärme zu erzeugen, was gegen obigen Fundamentalsatz von der Verbrennung verstoßen würde. Da nun weiter zwischen der mechanischen Leistung des Thierkörpers und derjenigen von andern und zwar anorganischen Kräften (wie z. B. der Wind- und Wasserkraft) ein qualitativer Unterschied nicht bestehen kann, so ergibt sich in Mayer's Gedankengänge endlich der ganz allgemeine Satz: „Eine unveränderliche Größenbeziehung zwischen der Wärme und der Arbeit ist ein Postulat der physiologischen Verbrennungstheorie.“

Dies ist in Kürze der einfache und schlichte Bericht Mayer's von jener Gedankenreihe, die sich an obige in Java zufällig gemachte Beobachtung knüpfte und endlich zu der großen Entdeckung führte. Mayer schließt denselben mit den Worten: „Indem ich im Allgemeinen die angegebene Richtung einhielt, mußte ich also nothwendig mein Hauptaugenmerk zuletzt auf den zwischen der Bewegung und der Wärme bestehenden physikalischen Zusammenhang richten, wo mir denn die Existenz des mechanischen Aequivalents der Wärme nicht verborgen bleiben konnte.“

Daß Mayer die Beobachtung zufällig machte, ist für die Werthschätzung derselben bedeutungslos; denn darin besteht das Wesen des Genies, durch solche Zufälligkeiten angeregt zu werden, an denen andere Sterbliche ahnungs- und gedankenlos vorübergingen, und aus diesen Zufälligkeiten Gedanken und Fol-

gerungen von der größten Tragweite abzuleiten, Gedanken, auf welche die Welt oft genug so wenig gefaßt ist, daß es lange Zeit dauert, bis sie Eingang finden und Früchte tragen.

Als Mayer in die Heimat zurückgekehrt war, veröffentlichte er seine Entdeckung 1842 im Maihefte von Liebig's „Annalen für Chemie und Pharmacie“. Die betreffende Abhandlung erschien äußerlich in einem höchst anspruchslosen Gewande; sie trägt die Ueberschrift: „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur“ und ist nur wenige Seiten lang. Ganz am Schlusse der Abhandlung wird der Leser gewissermaßen überrascht durch die numerische Berechnung des mechanischen Wärmeäquivalents. Die geniale Art, wie Mayer es berechnet, legt Zeugniß ab für die große Subtilität seines Denkens; denn es ist kein Zufall, daß er gerade das Verhalten der Gase gegen die Wärme für seinen Zweck wählte; sollte sein Gesetz ein allgemeines Gesetz der Natur sein, so mußte es an dem gasförmigen Zustande der Körper am deutlichsten, d. h. ohne Trübung durch Nebenthatsachen zu Tage treten.

Es war nämlich bekannt, daß eine bestimmte Menge abgeschlossener Luft zu ihrer Erwärmung um einen Temperaturgrad unter zwei verschiedenen Bedingungen auch zwei verschiedene Mengen von Wärme nöthig hat. Die verschiedenen Bedingungen sind derart, daß die Luft einmal dasselbe Volumen während der Erwärmung behält, das andere Mal die Möglichkeit hat, sich auszudehnen, aber dabei genöthigt ist, einen bestimmten Druck zu überwinden. Im zweiten Falle ist eine größere Menge Wärme erforderlich, als im ersteren, und zwar fast anderthalbmal so viel. Mayer zuerst sah ein, daß dieser Ueberschuß nicht, wie damals allgemein angenommen wurde, im Gase verborgen stecke, sondern Wärme sei, auf deren Kosten das Gas den Druck überwinden und sich ausdehnt hätte. Die Wärme verschwand, und an ihre Stelle trat Bewegung und Arbeitsleistung. Hier also war die verbrauchte Wärme der Größe nach bekannt und ebenso die geleistete Arbeit. Aus diesen Daten wurde es Mayer dann leicht, einfach durch Gleichsetzung der Größen das mechanische Wärmeäquivalent anzugeben und auf die Erwärmung einer bestimmten Menge von Wasser einerseits und die Erhebung derselben Menge andererseits umzurechnen. „Es ergibt sich hieraus, daß dem Herabsinken eines Gewichtstheiles von einer Höhe von circa 365 Meter die Erwärmung eines gleichen Gewichtstheiles Wasser von 0° auf 1° entspreche.“ So spricht er das Gesetz aus.

Mayer war zu seiner Entdeckung gelangt, indem er sein Nachdenken auf die Wärmeerscheinungen im lebenden Körper richtete. Von diesem Sdeengange läßt seine erste Veröffentlichung nichts erkennen; vielmehr bemüht er sich dort, sein Gesetz ganz allgemein aus logischen und physikalischen Prinzipien zu entwickeln. Er stellt es als den Zweck seiner Abhandlung hin, „den Begriff der

Kraft ebenso präzise als den der Materie aufzufassen und damit nur Objekte wirklicher Forschung zu bezeichnen.“ Dies erreicht er, indem er von dem Satze ausgeht, daß ganz allgemein zwischen der Ursache und der Wirkung eine Art Gleichung bestehen müsse. Durch einige Erörterungen rein logischer Art gelangte er dann zu dem Ergebnisse, daß unter Kraft ein Objekt zu verstehen sei, welches zwar verschiedene Erscheinungsformen annehmen könne, seiner Größe nach aber unveränderlich sei. Sofort zieht er daraus die „praktische Folgerung“: Eine Ursache, welche die Hebung einer Last bewirkt, ist eine Kraft; ihre Wirkung, die gehobene Last, repräsentirt wiederum eine Kraft, und zwar eine Kraft von derselben Größe, aber von anderer Erscheinungsform. Soll dieselbe zur Wirkung gelangen, so muß die gehobene Last zur Erde niederfallen, ihr Abstand von der Erde muß gleichsam verbraucht werden. Mayer nennt diese Kraft, da sie das Fallen der Körper bewirkt, die Fallkraft. Durch das Heben einer Last wird Fallkraft erzeugt, durch das Senken geht sie verloren, und es entsteht Bewegung.

Nun beobachtet man aber, daß in vielen Fällen Bewegung verschwindet, ohne daß eine andere Bewegung oder Fallkraft daraus entspringt; oder daß Fallkraft verschwindet, ohne wieder Fallkraft zu erzeugen. Es fragt sich, welche andere Form die Kraft in diesen Fällen angenommen hat. Zu nichts kann sie nicht geworden sein. Die Erfahrung aber lehrt, daß Wärme dort auftritt, wo eine Bewegung verschwindet. Da in diesen Fällen für die verschwindende Bewegung keine andere Wirkung aufgefunden werden kann, als die Wärme, und für die entstandene Wärme keine andere Ursache, als die verschwindende Bewegung; so kann, da eine Ursache ohne Wirkung und eine Wirkung ohne Ursache ausgeschlossen ist, eine unserm Verstande genügende Rechenschaft von diesen Vorgängen nur dann gegeben werden, wenn zwischen Bewegung und Wärme ein ursächlicher Zusammenhang anerkannt wird.

Wie nun der Zusammenhang zwischen Fallkraft und Bewegung nur durch Messung des Fallraums für eine bestimmte Zeit, z. B. für die erste Sekunde, aufgedeckt werden konnte, „ebenso ist zur Auflösung der zwischen Fallkraft und Bewegung einerseits und der Wärme andererseits bestehenden Gleichungen die Frage zu beantworten, wie groß das einer bestimmten Menge von Fallkraft oder Bewegung entsprechende Wärmequantum sei.“ Nach diesen Erörterungen läßt Mayer dann die bereits oben erwähnte Berechnung der Äquivalentzahl folgen.

Mayer gibt in dieser ersten Abhandlung also zweierlei: eine naturphilosophische Erörterung über die Natur der Kräfte, welche in späteren Abhandlungen auf Grund erweiterter Vorstellungen noch eingehender dargelegt wird, und die Äquivalentzahl. Daß Letztere das wichtigere und die eigentliche Entdeckung ist,

bedarf wohl keiner ausdrücklichen Erklärung mehr. In seinen naturphilosophischen Betrachtungen über die Kraft sind zwei Vorstellungen von besonderer Bedeutung, da sie es hauptsächlich sind, welche in unserer Denkweise eine Umwälzung eingeleitet haben, deren Tragweite sich heutzutage kaum vollständig übersehen läßt. Die erste sagt uns, daß die Naturkraft verschiedene Formen annehmen und von einer in die andere übergehen kann, ihre Wirkung mithin nichts ist als ein derartiger Wechsel der Erscheinungsform; die andere, daß die mechanische Kraft ein bestimmtes Quantum ist, das weder vermehrt noch vermindert werden kann. Beide Vorstellungen waren in unbestimmter Fassung bereits hier und da ausgesprochen worden, die erste von Physikern, die andere von Naturphilosophen. So war der Satz von der Unveränderlichkeit der Kraftmenge in der Natur Kant bereits 1754 eine geläufige Idee, allein sie bekommt erst durch die Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents einen festen Boden. Wie der Satz von der Erhaltung der vorhandenen Menge Materie erst dann seine unwiderlegliche Beglaubigung erfuhr, als durch die Wage die Beständigkeit der Materie in allen chemischen Prozessen nachgewiesen war, so hätte auch der Satz von der Kraftsumme noch Jahrtausende ein Tummelplatz der Spekulation bleiben können, wenn nicht durch die erfahrungsmäßige Größenbeziehung die Thatsache außer Zweifel gesetzt worden wäre. Auch Mayer's Erörterungen über die Kraft, wie klar und eindringend sie sind, haben somit ihren rechten, eigenthümlichen Werth erst durch die Äquivalentzahl gewonnen; nur diese machte es möglich, daß jene ein Stück der Naturerkenntniß und von da ein Stück des allgemeinen Bewußtseins wurden. Daß sie das geworden sind, davon legt eine Anzahl von Schlagwörtern Zeugniß ab, die innerhalb und außerhalb der Wissenschaft heutzutage ihr Wesen oder vielmehr ihr Unwesen treiben, Schlagwörter wie: Einheit der Naturkräfte, Erhaltung der Kraft, Erhaltung der Energie, Unzerstörlichkeit der Kräfte, Korrelation der Naturkräfte &c. Sie alle sagen entweder gar nichts aus, oder doch nicht mehr als die einfachen Vorstellungen Mayer's; in der Regel tragen sie nur zur Verdunkelung der Sache bei, indem sie den Glauben erwecken, es sei über diese Dinge bereits mehr bekannt, als wirklich der Fall ist.

Was nun die Anwendungen und Konsequenzen betrifft, welche Mayer von seiner Entdeckung machte, so erstrecken sich diese auf zwei scheinbar weit auseinander liegende Gebiete, auf die lebenden Organismen und auf den Kosmos. Die Anwendung auf die Lebenserscheinungen lag Mayer ganz besonders nahe, da er von diesen aus auf sein Gesetz geführt war, und die Abhandlung darüber, „Die mechanische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel“, die umfangreichste, welche wir von ihm besitzen, ist zugleich die geistvollste und inhaltreichste aller seiner Schriften. Sie erschien 1845 als Broschüre

von etwa 100 Seiten. In dieser Schrift leitet Mayer die Aequivalenz zwischen Bewegung und Wärme noch einmal ganz ausführlich ab, dehnt sie auf die chemischen und elektrischen Erscheinungen aus und theilt die Berechnung der Aequivalentzahl vollständig mit. Er berechnet dann den Nutzeffekt der Dampfmaschine, findet ihn auffallend klein und weist, wie bereits in der ersten Abhandlung, für praktische Zwecke auf die große Differenz hin, welche zwischen der unter dem Dampfkessel verbrauchten Wärme und der von der Maschine geleisteten Arbeit besteht. Bei den Geschützen findet er einen größern Nutzeffekt; 9 Prozent von der Kraft der verbrauchten Kohle wird auf die Bewegung des Geschosses verwendet. Dann berichtet er von Beobachtungen über Wärme, welche in den „Holländern“ der Papiermühle durch die Reibung des Wassers erzeugt wird, und berechnet sie nach Pferdekraften. Weiter bemerkt er, daß ein aus noch so weiter Ferne auf die Erde niederfallender Körper nur eine ganz bestimmte Endgeschwindigkeit erlangen kann, und zwar eine Geschwindigkeit von 11200 Meter in der Sekunde. Dies ist für die Elemente der Physik ein Ergebnis von außerordentlicher Wichtigkeit und muß unter den erwähnten Konsequenzen in den Vordergrund gestellt werden. Mayer setzt diese Geschwindigkeit in Wärme um und findet, daß sie ausreichen würde, eine gleiche Menge Wasser von 0° auf 14987° zu erwärmen. Indem er diese Wärme mit derjenigen vergleicht, die durch chemische Verbrennung hervorgerufen wird, gelangt er zu dem äußerst wichtigen Ergebnis, daß ein solcher Sturz auf die Erde eine größere Wärmemenge hervorruft, als irgend eine chemische Verbrennung von einer gleich großen Masse, wie die gestürzte. Aber auch dies Ergebnis erlangt erst seine ganze Tragweite, indem es Mayer auf den Kosmos anwendet und die Wärme berechnet, welche durch den Sturz der Erde auf die Sonne hervorgerufen würde. Mit einer solchen Erweiterung legte er den Keim zu seiner Theorie der Sonnenwärme, die er drei Jahre später mit so ungemeinem Scharfsinn entwickelte.

Die Erde strahlt unaufhörlich eine große Menge Wärme in den Weltraum aus. Sie müßte bald in Todeskälte erstarren, würde ihr kein Ersatz dafür geboten. Mayer bemerkt, daß die Sonne die unversiegliche Quelle für diese Wärme ist. Sie hebt die Gewässer zu Wolken in die Höhe und bringt so die Strömung der Flüsse hervor, sie bewegt die Luft. Darum stammt die Arbeit, welche die Wind- und Wassermühlen verrichten, von der Sonne, und die Wärme, welche die Räder dieser Werke hervorbringen, ist uns von der Sonne zugesandt.

Holz und Kohlen brennen. Woher stammt die Wärme, woher die Arbeit, welche dies leistet? Auch sie kommt von der Sonne. Die Erdruste ist mit Pflanzen bedeckt, welche, so lange sie leben, Sonnenlicht und Sonnenwärme Grenzboten I. 1879.

aufnehmen und in feste Form umwandeln; sie bilden ein „Reservoir, in dem die flüchtigen Sonnenstrahlen fixirt und zur Nutznießung geschickt niedergelegt werden“. Die Kohlenlager sind vor Jahrtausenden aufgesammelte Sonnenwärme, die jetzt verbraucht wird. Mayer war es, der diese Wirkung des Sonnenlichts zuerst erkannte. Daß unbestimmte Redensarten vom „Stimulus des Sonnenlichts“ u. dergl. nicht als eine Vorwegnahme der Entdeckung gelten können, leuchtet von selbst ein.

Ein Theil der von den Pflanzen angesammelten Kraft fällt den Thieren anheim. Sie nehmen die von den „Pflanzen stammenden brennbaren Stoffe fortwährend in sich auf, um sie mit dem Sauerstoff der Atmosphäre wieder zu verbinden“. Andererseits bringt das Thier mechanische Effekte hervor, erzeugt Bewegung, hebt Lasten und strahlt außerdem Wärme an die Umgebung aus. Die Quelle dieser Kraftäußerungen ist die chemische Kraft, welche in den eingeführten Nahrungsmitteln und in dem eingeathmeten Sauerstoffe enthalten ist. Dies hebt Mayer mit Nachdruck den Medicinern jener Zeit gegenüber hervor, welche die thierische Wärme für ein Erbstück hielten, das dem Neugeborenen mit auf die Welt gegeben werde. „Sammelt man,“ sagt er, „die in einer gewissen Zeit von einem Thiere gelieferte Arbeit, verwandelt dieselbe durch Reibung oder sonst auf eine Weise in Wärme und addirt hierzu die in gleicher Zeit von dem Körper unmittelbar entwickelte Wärme, so wird man genau die Wärmemenge erhalten, welche dem stattgehabten chemischen Prozesse an und für sich entspricht. Auf der einen oder der andern Seite ein Plus oder Minus anzunehmen, verbietet das Gesetz des logischen Grundes.“ Zahlenmäßig weist er dann nach, daß das Mehr an Nahrung, welches ein Mensch oder ein Pferd während der Arbeit bedarf, völlig genügt, um die erforderliche größere Wärmemenge und stärkere Oxidation zu decken. Indem er endlich die arbeitenden Organe selbst, das Herz und die ganze Muskulatur in seine Betrachtungen zieht, findet er, daß nicht diese Organe es sind, welche zur Hervorbringung der Leistung umgesetzt werden. Der Muskel ist nur das „Werkzeug, mittelst dessen die Umwandlung der Kraft erzielt wird“. Der brennende Stoff ist das Blut, das „Öel auf der Lampe des Lebens“, das in den Kapillargefäßen geopfert wird.

Es konnte hier nur in kurzen Umrissen ein Bild gegeben werden von dem reichen Inhalte dieser Schrift, und auch nur von der ersten Hälfte derselben. Die zweite Hälfte geht in physiologische Detailfragen ein, wohin wir ihr hier nicht folgen können. Nur so viel sei bemerkt, daß Mayer bereits 1867, als er seine Schriften gesammelt herausgab, sagen konnte, seine hier entwickelten Sätze seien ein Bestandtheil der physiologischen Wissenschaft geworden. Auch das verdient noch hervorgehoben zu werden, daß Mayer durch seine physiologische Untersuchung der hypothetischen „Lebenskraft“, welche zu jener Zeit noch ihren

Spuk in der Wissenschaft trieb, und von der man annahm, daß sie den Lebensprozeß unterhalte, den Garaus machte. „Durch die Annahme einer solchen hypothetischen Aktion der ‚Lebenskraft‘ wird jede weitere Forschung abgeschnitten und die Anwendung der Gesetze exakter Wissenschaft auf die Lehre von den Lebenserscheinungen unmöglich gemacht. Während des Lebensprozesses geht nur eine Umwandlung, wie der Materie, so der Kraft, niemals aber eine Erschaffung der einen oder der andern vor sich.“

Außer der physiologischen Anwendung seiner Entdeckung hat Mayer auch eine auf die allgemeine Pathologie unternommen, welche in dem Aufsätze „Ueber das Fieber“ niedergelegt worden ist.

Die bereits erwähnte kosmische Konsequenz, welche Mayer aus seinem Gesetze zog, ist die sehr bekannt gewordene meteorische Theorie der Sonnenwärme. Sie findet sich ausführlich in der 1848 veröffentlichten Schrift: „Beiträge zur Dynamik des Himmels“. Mayer berechnet dort die Menge der von der Sonne in einer gewissen Zeit verausgabten Wärme, zeigt, daß dieselbe durch einen chemischen Prozeß, etwa durch Verbrennung einer Kohle von der Größe der Sonne, nicht entstehen kann — diese Wärme würde nur 5000 Jahre ausreichen —, erörtert die Schwierigkeiten, welche aus der Annahme entspringen würden, die Sonne sei ein sich abkühlender Körper — sie würde sich in diesem Falle innerhalb 5000 Jahre etwa um $15\,000^{\circ}$ abkühlen — und zieht daraus endlich den Schluß, daß nur mechanische Wirkungen das große Budget der Sonnenwärme zu decken vermögen. In Folge dieser Nothwendigkeit nimmt er dann an, es stürzen jährlich große Massen von Meteoriten auf die Sonne, deren Bewegung durch den Sturz in Wärme umgesetzt werde, und sucht diese Theorie nach allen Seiten hin zu begründen. Es kann nicht geleugnet werden, daß uns durch dieselbe in die kosmischen Erscheinungen, die wir bisher nur im Sinne der gegenseitigen Massenanziehung kannten, auch in Bezug auf die Wärme ein tieferer Einblick gewährt wird. Trotz diesen unschätzbaren Verdiensten darf sie aber doch erst dann für völlig bewahrheitet gelten, wenn sich das Quantum der in die Sonne fallenden Massen thatsächlich bestimmen und die entsprechende Wärmemenge berechnen und mit der verausgabten vergleichen läßt. Dann erst ist jede andere Erklärungsmöglichkeit ausgeschlossen und Mayer's geniale Theorie eine Gewißheit geworden.

In den genannten „Beiträgen“ befindet sich auch jene Untersuchung auf den Einfluß der Ebbe und Fluth und der Passatwinde auf die Rotationsgeschwindigkeit der Erde und im Anschluß daran die geistvolle Erörterung über die Wärme und die Abkühlung des Erdkörpers, auf welche einzugehen der Raum uns nicht gestattet.

In der Zeit von 1851—69 hat Mayer nur eine einzige Abhandlung, die

über das Fieber, veröffentlicht. Die Ursache dieses langen Schweigens werden wir später kennen lernen. Im Jahre 1867 gab er seine Schriften unter dem Titel: „Mechanik der Wärme“ gesammelt in einem mäßigen Bande heraus und 1874 in zweiter Auflage, vermehrt um eine Reihe von Vorträgen, die er seit 1869 meistens in seiner Vaterstadt Heilbronn gehalten hatte und die „Ueber nothwendige Konsequenzen und Inkonsequenzen der Wärmemechanik“, „Ueber Erdbeben“, „Ueber die Bedeutung unveränderlicher Größen“, „Ueber veränderliche Größen“ und „Ueber die Ernährung“ handelten. Endlich erschienen 1876 noch zwei kleine Abhandlungen: „Die Torricelli'sche Leere“ und „Ueber Auslösung“. Die Letzte verdient besonders hervorgehoben zu werden. In ihr zeigt sich die große Genialität Mayer's noch einmal in voller Schöpferkraft. Zwar gibt er mehr eine tiefe und geistvolle Fragestellung, als eine vollständige Lösung, aber man denke, wie oft schon eine richtige Fragestellung eine größere That gewesen ist und für die menschliche Erkenntniß mehr geleistet hat, als eine Lösung der bereits richtig gestellten Frage. Etwas Aehnliches gilt von Mayer's Theorie des Erdmagnetismus und des Nordlichts, die er in einem Innsbrucker Vortrage in kurzen Umrissen entwickelte. Es mangelt ihr nur die quantitative Begründung, zu der ihm, wie er sagt, das Beobachtungsmaterial fehlte.

Wir haben im Vorstehenden ein vollständiges Bild von Mayer's bahnbrechenden Entdeckungen gegeben, wenn wir schließen mit dem Hinweis auf die Verdienste, welche er sich indirekt um die Naturphilosophie, um die Methode der Forschung und um die Reinigung der Physik von den Auswüchsen der mathematischen Behandlung erworben hat. Leider kann es nur ein Hinweis sein.

In einem zweiten Artikel gedenken wir das Schicksal seiner Person und seiner Lehre zu behandeln.

Neuösterreich im Süden der Save.

Als man Benjamin Franklin in Betreff einer scheinbar unbedeutenden, in Wahrheit aber inhaltreichen und entwickelungsfähigen Erfindung geringschätzig mit der Frage kam: „Aber was nützt das?“ antwortete der Meister des gesunden Menschenverstandes mit der Gegenfrage: „Was nützt ein neugebornes Kind?“