

die Triebkraft dabei einen Widerstand überwindet, heisst sie im Gegensatz zur ruhenden Druckkraft lebendige Kraft oder aktuelle Energie. Zu den historisch ältesten Triebkräften gehören neben der Muskelkraft des thierischen Körpers das fliessende Wasser und die bewegte Luft. Wasserräder waren schon zur Zeit des Königs Mithridates von Pontus in Gebrauch, die bewegte Luft dient als Triebkraft, so lange es eine Segelschiffahrt giebt. Heute ist es vorzüglich die Elastizität des Wasserdampfes, welche uns eine überall verwendbare Triebkraft zur Verfügung stellt und die mit dem Umschwunge der Industrie auch einen Umschwung der sozialen Verhältnisse veranlasst hat. Der Werth einer Maschine oder die Grösse ihrer Arbeitsleistung beruht auf der Gewalt und der Ausdauer der erforderlichen Bewegungskraft. Wie die menschliche oder thierische Muskelkraft sich mit der Grösse und Dauer der Arbeit allmählich erschöpft, so laufen auch alle übrigen Triebkräfte ab, ähnlich den Gewichten oder der Feder einer Uhr. Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft sagt uns jedoch, dass die Triebkraft nicht verschwunden ist, sondern die Form der mechanischen Arbeitsleistung oder Bewegung angenommen hat. An der Wärme wurde das wechselseitige Verhältniss zum erstenmal experimentell untersucht. Permanente Gase, die unter stärkerem Drucke ausströmen, verringern ihre Temperatur. Warum? weil sie den Widerstand der Atmosphäre überwinden, weil sie eine Arbeit verrichten, die nur auf Kosten ihrer eigenen Wärme von statten gehen kann. Stoss und Reibung erzeugen Wärme. Aus welchem Grunde? weil die äussere Bewegung dabei zum Stillstande kommt und sich als innere Bewegung auf die molekularen Theilchen des erwärmten Körpers überträgt. Was auf der einen Seite scheinbar verloren geht, das wird auf der anderen gewonnen, eine bestimmte Arbeitsgrösse ist äquivalent einer gewissen Wärmemenge und umgekehrt. Es giebt eine usuell angenommene Wärmeeinheit — die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um 1 kg Wasser um einen Temperaturgrad zu erhöhen — es giebt ebenso eine Arbeitseinheit, das Kilogramm-meter, jene Arbeitsgrösse, die verrichtet wird, wenn ein Widerstand von einem Kilogramm auf einem Wege von einem Meter überwunden wird, aus beiden resultirt das mechanische Aequivalent der Wärmeeinheit oder kürzer das mechanische Wärme-Aequivalent. Um eine Wärmeeinheit hervorzubringen, sind 424 Kilogramm-meter Arbeit erforderlich, um ein Kilogramm-meter Arbeit zu verrichten, der 424. Theil einer Wärmeeinheit, dem mechanischen Wärmeäquivalent entspricht das kalorische Arbeitsäquivalent.

Ich habe diese Ihnen nicht unbekanntten Elemente der mechanischen Wärmetheorie vorausgeschickt, weil sie die Vorbedingung bilden zur Einsicht in die Wechselwirkung und Einheit der Naturkräfte. Hatte man früher die Wärme als einen imponderablen, unveränderlichen, freien Stoff definirt, so stellt sie sich nunmehr als die intramolekulare Bewegung der Stofftheilchen, als die von aussen nach innen gekehrte Arbeit dar, deren Form allerdings erst bei den permanenten Gasen näher untersucht ist. Allein neben der Wärme treffen wir im Haushalte des Kosmos noch eine reiche Anzahl anderer Triebkräfte: die chemische Affinität, die Elektrizität, den Magnetismus, das Licht, sie alle sind mechanische Kraftquellen der mächtigsten Art.

Im Schiesspulver sind Arbeitsleistungen aufgespeichert, welche dem Menschen ebenso Verderben bringend werden wie dem Thiere und dem todten Gestein. Unsere Dampf- und Gasmaschinen würden keinen Werth haben, wenn wir ihnen nicht Feuerung in Gestalt eines vegetabilischen Stoffes zuführten. In beiden Fällen, bei der Entzündung des Schiesspulvers, wie bei der Verbrennung der Pflanzenfaser ist es die stürmische Vereinigung zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff bei erhöhter Temperatur, welche den mechanischen Nutzeffekt erzeugt, jedoch mit der Fortschleuderung des Projektils oder der Dampfentwicklung ist auch die chemische Triebkraft erschöpft. Kohlenstoff und Wasserstoff befinden sich in der Form von Kohlensäure und Wassergas in der Atmosphäre und werden als schädlich abgeleitet.

Um den Sauerstoff für mechanische Arbeit wieder nutzbar zu machen, muss er zuvor durch eine andere Triebkraft von dem Wasser oder der Kohlensäure losgerissen werden. Im kleinen

leistet der elektrische Strom diese Arbeit. Wir bringen die Elektroden einer Zinkkohlen-Batterie in Wasser und sehen am positiven Pol den Sauerstoff, am negativen den Wasserstoff emporsteigen. Allein die Entbindung der beiden Gase ist auf Kosten der Oxydation des Zinks und der Desoxydation der Salpetersäure vor sich gegangen, der elektrische Strom war nur der Vermittler. Dasselbe Resultat würde sich bei Anwendung einer elektromagnetischen Maschine ergeben, es entsteht auf elektrischem Wege chemische Arbeitskraft, aber unter entsprechendem Verluste von motorischer Muskel- oder Dampfkraft.

Was der elektrische Strom im kleinen, das leistet der Vegetationsprozess der Pflanzenwelt im grössten Maassstabe. Die Pflanze nimmt Kohlensäure und Wasser aus der Atmosphäre auf, und scheidet in den grünen Blättern unter Einwirkung der Sonnenstrahlen den Kohlenstoff vom Sauerstoff ab, der Sauerstoff geht frei in die Atmosphäre zurück, der Kohlenstoff wird als Holzfaser, als Stärkemehl, Harz und Oel ein integrierender Bestandtheil des Pflanzenkörpers. Es bilden sich unter Aufnahme der mineralischen Bodenbestandtheile Eiweisse, Fette und Kohlenhydrate, welche als Nahrung in den Körper des Thieres übergehen und dort einen erneuten Oxydationsprozess durchmachen.

Kaum brauche ich auf die mechanische Arbeit der Elektrizität in der Telegraphie, in der Telephonie, in der Beleuchtung noch besonders hinzuweisen. Keine andere Naturkraft lässt sich so leicht in andere Erscheinungsformen umwandeln, keine andere überwindet wie sie Raum und Zeit. Endlich das Licht: seine chemischen Strahlen im violetten Theile des Spektrums besiegen in der Photographie die Kunst der Zeichner und Maler, die dunklen Strahlen jenseits der rothen Wellenlinie spenden uns Wärme, und nur der kleinere Theil des prismatisch zerstreuten Lichtes macht einen Eindruck auf die Netzhaut. Ich würde nicht zu Ende kommen, wollte ich die unendlich mannichfachen Beziehungen der Naturkräfte zu einander auch nur andeuten, als feststehend gilt, dass Wärme, chemische Verwandtschaft, Elektrizität, Magnetismus, Licht, sich auf ein einziges Prinzip, auf die Bewegung des wägbaren und unwägbaren Stoffes zurückführen lassen, und dass eine jede dieser Bewegungsarten mit einer messbaren Grösse von lebendiger Kraft oder Arbeit identisch ist. Es folgt daraus unmittelbar, dass die Summe der wirkungsfähigen Kraft bei allen Veränderungen stets dieselbe bleibt. Mittelbar aber ist damit auch das Problem, ob es ein Perpetuum mobile, eine andauernd sich selbst treibende Maschine, geben könne, im negativen Sinne entschieden. Dass kein Mechanismus die bewegende Triebkraft aus sich selbst entwickeln könne, leuchtete schon nach den ersten vergeblichen Versuchen, derartige Maschinen zu konstruiren, ein. Fraglich blieb nur, ob sich nicht unter den einzelnen verschieden geformten Triebkräften eine Kette in der Weise bilden liesse, dass Bewegung in Wärme, und diese Wärme wiederum in genau dieselbe Quantität Bewegung umgewandelt werden könne.

Denken wir uns z. B., dass ein Elektromotor Wasser zersetzt, dass Wasserstoff und Sauerstoff wie beim Drummond'schen Kalklicht verbunden werden und der dabei entwickelte hohe Wärmegrad zum Betriebe einer kleinen Dampfmaschine verwendet würde, welche ihrerseits den Elektromotor bewegen soll. Theoretisch wäre, wenn wir vom Reibungswiderstande absehen, gegen eine derartige Zusammenstellung nichts einzuwenden, praktisch liesse sie sich aber nur verwerthen, wenn auf diesem Umwege ein Ueberschuss an mechanischer Kraft zu erzielen wäre, der zu anderen Zwecken als zum Betriebe verwendet werden könnte. Einen solchen Gewinn negirt jedoch das Gesetz von der Erhaltung der Kraft, jeder ersinnbare Zirkel in der Reihe der Naturprozesse bedeutet nichts anderes als dieselbe Menge von mechanischer Arbeitsleistung, ist ihr äquivalent ähnlich wie ein Markstück stets eine Mark werth bleibt, mag man es in 10, 50 oder 100 einzelne Theile zerlegen. Dazu kommt der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie, dass Wärme nur dann in mechanische Arbeit zurückverwandelt werden kann, wenn sie von einem wärmeren zu einem kälteren Körper übergeht, und auch in diesem Falle nur zum Theil. Der gesammte Kraftvorrath der Natur zerfällt somit in zwei Hälften, die eine ist und bleibt Wärme, die andere unterhält in den Wechselbeziehungen von Mechanik,