Wasser fortsetzt, mit dem Meere in Verbindung. Das diffuse Licht, welches die Höhle erleuchtet, kommt daher fast ausschließlich aus dem Wasser, welches schon außerhalb der Höhle im Schatten eine prachtvoll azurblaue, auf der Oberfläche silberschillernde Farbe zeigt, eine Farbe, die in der dunklen Höhle eine wahrhaft magische Wirkung hervorbringt. Mit dem Spectroskop untersucht, zeigte sich in dem aus dem Wasser kommenden Licht das Roth ganz verschwunden, das Gelb sehr erheblich verblasst, so daß die *D*-Linie kaum zu erkennen war, dagegen erschienen Grün, Blau und Indigo hell und die beiden Linien *E* und *b* flossen zu einem deutlichen dicken Absorptionsstreifen zusammen. Meine Absicht, auch das Licht der „grünen“ Grotte zu untersuchen, konnte ich leider wegen plötzlicher Erkrankung nicht ausführen; jedenfalls dürfte sich aber solches der Mühe verlohnen und möchte ich durch diese Notiz Veranlassung geben, das Spectroskop bei Untersuchung der noch in vielen Stücken räthselhaften Wasserfärbung mehr als bisher zu benutzen.

Berlin im Juli 1875.

**X. Erwiderung, betreffend die Abhandlung des
Hrn. H. Fritsch: „Läfst sich die Anwendung
der lebendigen Kraft in der mechanischen
Wärmetheorie rechtfertigen“? ¹⁾
vom Ingenieur H. W. Fabian.**

Wärme und Arbeit sind aequivalent, so lautet der empirische Satz, auf den sich die mechanische Arbeit baut.

Mechanische Arbeit ist eine Bewegungsgröße, daher auch Wärme nur Bewegung seyn kann.

1) Diese Ann. 1874, Bd. 153, S. 306.

Mechanische Arbeit ist das Maafs der Kräfte, d. h. durch sie läßt sich die Intensität einer Kraft ermitteln.

Bei längerer Dauer der Bewegung eines Körpers, als die secundliche Beschleunigung, ist das Product aus der Masse eines durch die Kraft bewegten Körpers in die demselben ertheilte Beschleunigung nicht ausreichend, diese Messung vorzunehmen, daher man noch den Weg verwendet, um alsdann allgemeine Resultate erzielen zu können.

Das Product $m \cdot f \cdot s$ ist demnach als Maafs der Kraft zu betrachten, welches man eben als mechanische Arbeit bezeichnet, wenn m die Masse, f die Beschleunigung und s den Weg bedeutet.

Die Arbeit, welche verrichtet wird, um einen Körper aus dem Zustande der Ruhe in einen bestimmten Grad der Bewegung zu versetzen, ist der Körper im Stande wieder zu leisten, indem seine Geschwindigkeit consumirt wird, d. h. indem er aus diesem Zustande der Bewegung in denjenigen der Ruhe übergeht; die Endgeschwindigkeit der ersteren Bewegung muß absolut gleich der Anfangsgeschwindigkeit der Letzteren seyn.

Aus rein logischen Gründen ergiebt sich daher, daß die Summe von möglicher Arbeit, die jeder in Bewegung befindliche Körper leisten kann, genau gleich der wirklichen Arbeit seyn muß, welche den umgekehrten Proceß an den Körpern vollführte.

Diese mögliche Arbeit ist nun eine Folge der lebendigen Kraft; da Ursache und Wirkung absolut gleich sind, man auch nicht im Stande ist, mit Kräften oder Eigenschaften zu rechnen, weil sie an und für sich latent und unerkennbar sind, ist Erstere lediglich meßbar in ihrer Wirkung „möglicher Arbeit“, genau wie Kraft nur mit „wirklicher Arbeit“ zu messen ist.

Bei der Entwicklung der Formel für die Arbeit bei längerer Dauer, als diejenige der secundlichen Beschleunigung, kann selbstredend nur die Rede seyn von einer gleichförmig beschleunigten Bewegung, indem der Körper

aus der Anfangsgeschwindigkeit $c = 0$, während der Zeit t in die Endgeschwindigkeit v , bei einer Beschleunigung f übergeht.

Die Kraft

$$P = m \cdot f,$$

die Arbeit

$$A = P \cdot s = m \cdot f \cdot s,$$

$$v = f \cdot t,$$

$$t = \frac{v}{f},$$

$$s = \frac{c + v}{2} \cdot t,$$

da

$$c = 0,$$

$$s = \frac{v}{2} \cdot t,$$

der Werth für t eingesetzt

$$s = \frac{v}{2} \cdot \frac{v}{f} = \frac{v^2}{2f},$$

also

$$v = \sqrt{2f \cdot s}.$$

$$m = \frac{P}{f} = \frac{G}{g},$$

wenn G das Gewicht

und g die Fallbeschleunigung $= 9,81^m$ bedeutet.

$$P = \frac{G \cdot f}{g},$$

$$A = P s = \frac{G \cdot f}{g} \cdot \frac{v^2}{2f} = \frac{G \cdot v^2}{2g},$$

da

$$\frac{G}{f} = m$$

ist, so wird

$$A = P s = \frac{m \cdot v^2}{2} = \text{wirklicher Arbeit.}$$

Für die lebendige Kraft ist die Formelentwicklung genau dieselbe, nur daß alsdann v die Anfangsgeschwindigkeit und c die Endgeschwindigkeit bedeutet.

Untersuchen wir jetzt etwas näher das Beispiel des Hrn. Fritsch bei der Atwood'schen Fallmaschine (siehe die betreffende Abhandlung).

Die Arbeit erhält sich, meint Hr. Fritsch,

$$\text{denn } 1 \cdot 10 = 10$$

$$\text{und } 10 \cdot 1 = 10.$$

Aus Vorhergehendem wissen wir, daß Arbeit gleich dem Producte aus Widerstand und Weg ist, während Hr. Fritsch ein solches aus Geschwindigkeit und Widerstand oder Kraft, an dessen Stelle setzt, so daß also anstatt $s = f \cdot t$, $s = f$ wäre; ausdrücklich bemerkt Hr. Fritsch: *constante Geschwindigkeit*, und weiter, daß von Reibung usw. abgesehen werden soll.

Hierauf eingegangen, ist die geleistete Arbeit nicht gleich 10 Klgrmtr., sondern gleich Null.

Auf welche Weise ist denn der Masse von 1 Klgr. die constante Geschwindigkeit von 10^m ertheilt worden?

Dadurch, daß man an jedem Ende eines Fadens ein Gewicht von 1 Klgr. befestigte und diesen über ein auf einer Axe leicht drehbares Rad hängte, alsdann als Uebergewicht an dem einen Ende noch ein sehr kleines Gewicht befestigte, in Folge dessen eine nach dem Erdschwerpunkte gerichtete Bewegung eintrat.

Als die secundliche Geschwindigkeit bis zu 10^m gestiegen, wurde durch eine mechanische Vorrichtung das Uebergewicht abgenommen, und abgesehen von Reibung, wie verlangt, behalten beide Massen die Geschwindigkeit von 10^m bei.

In was besteht denn hier die Arbeit? Ich denke, lediglich in der Ueberwindung der Reibung innerhalb eines gewissen Weges, und zwar derjenigen, welche einestheils entstanden ist durch den Widerstand der Luft und andernteils durch den Normaldruck der beiden Gewichte, an dem Berührungspunkte des Fadens mit der Rolle; ein weiterer Widerstand existirt nicht, denn die Schwerkräfte halten sich auf beiden Seiten in den zwei Gewichten das Gleichgewicht.

Die ursprüngliche Arbeit bestand:

- 1) in der Versetzung des in dem Zustande der Ruhe befindlichen Uebergewichtes, in einen solchen der Bewegung (Geschwindigkeit = 10^m).
- 2) in der Ueberwindung der schon vorher gekennzeichneten zweifachen Reibung, die wegen ihrer Geringfügigkeit jedoch vorerst unberücksichtigt bleiben soll.

Bei einem Uebergewichte = 10 Gramm und der Endgeschwindigkeit = 10^m .

$$Ps = Ws$$

da

$$s = \frac{v^2}{2f}$$

und

$$f = g = 9.81,$$

$$Ps = 0,01 \cdot \frac{10^2}{2 \cdot 9,81} = 0,050968 \text{ Klgrmtr.}$$

oder nach der Formel

$$m \frac{v^2}{2} = \frac{0,01}{9,81} \cdot \frac{10^2}{2} = 0,050968 \text{ Klgrmtr.}$$

Rechnen wir jetzt noch für die Ueberwindung der Reibung hinzu, so ist die geleistete Arbeit höchstens = 0,1 Klgrmtr., welche also nach Hrn. Fritsch in eine solche von 10 Klgrmtr. umgewandelt wäre, und dennoch schreibt Hr. Fritsch von der Erhaltung der Arbeit.

Es unterliegt also weiter keinem Zweifel, daß die Begriffe „Weg“ und „Geschwindigkeit“ verwechselt wurden.

Aus dem vorerst Entwickelten wissen wir, daß die Geschwindigkeiten in einem ganz anderen Verhältnisse stehen.

Vielfache Experimente zeigen allerdings, daß die Arbeit einer Masse von 1 Klgr. während *eines Weges* und nicht *Geschwindigkeit* von 10^m freier Fallhöhe, genau gleich derjenigen kommt, welche eine Masse von 10 Klgr. während *eines Weges*, nicht *Geschwindigkeit*, von 1^m freier Fallhöhe verrichtet; ein solches Experiment kann Hr. Fritsch nur meinen.

Untersuchen wir, wie die Geschwindigkeiten bei diesem Beispiele sich zu einander verhalten.

$$v = \sqrt{2f \cdot s},$$

also

$$1) \quad v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 10} = 14,00^m,$$

$$2) \quad v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1} = 4,43^m,$$

$$m \frac{v^2}{2}.$$

Die Formel für die lebendige Kraft in Anwendung gebracht.

$$1) \quad \frac{1}{9,81} \cdot \frac{14,00^2}{2} = 10 \text{ Klgrmtr.},$$

$$2) \quad \frac{10}{9,81} \cdot \frac{4,43^2}{2} = 10 \text{ Klgrmtr.}$$

Also so wohl Arbeit als lebendige Kraft sind und bleiben gleich.

Da also keine lebendige Kraft verloren geht, kann selbstredend auch keine Temperaturveränderung eintreten (natürlich abgesehen von Reibung).

Weiter ist die Folgerung des Hrn. Fritsch, daß Anziehung abzuleiten sey von Bewegung, somit vollständig hinfällig.

Die Summe von wirklicher Arbeit und möglicher Arbeit im Universum ist eine constante

$$\sum \frac{mv^2}{2} = C$$

nicht

$$\sum mv^2 = C,$$

welche Formel Hr. Fritsch erwähnt; wenn sich auch diese aus ersterer ergibt, so hat sie doch keine Bedeutung.

Anstatt der Formel

$$\sum \frac{mv^2}{2} = C$$

leitet Hr. Fritsch diejenige her

$$\sum m^2 \cdot v^2 = C.$$

Prüfen wir die Richtigkeit derselben an unserem Beispiele.

$$1) \quad \frac{1^2 \cdot 14,00^2}{9,81} = \frac{196 \cdot 2}{9,81} = 20 \text{ Klgrmtr.},$$

$$2) \quad \frac{10^2 \cdot 4,43^2}{9,81} = \frac{1962}{9,81} = 200 \text{ Klgrmtr.}$$

Wir erkennen also, daß gerade der Fritsch'schen Formel dasjenige vorzuwerfen ist, was Fritsch der richtigen vorwirft.

Auf den Segnitz'schen Satz ist folgendes zu erwidern:

Aus der Entwicklung der Formel für die lebendige Kraft erkennt man, daß es lediglich die *Beschleunigung*, positiv oder negativ, ist, welche eine Masse aus einem gewissen Grad der Bewegung in einen höheren oder in den Zustand der Ruhe versetzt.

Die *ursprüngliche Beschaffenheit der Kraft oder Kräfte*, welche die Masse in diesen Grad der Bewegung versetzte, ist dabei *vollständig gleichgültig*, wir haben es lediglich mit der vorliegenden Wirkung zu thun.

Diese Beschleunigung aber rührt allemal nur von solchen Kräften her, die nach festen Centren gerichtet sind; es kann nicht gelingen, auch nur einen einzigen Fall zu constatiren, wo die Entstehung der Beschleunigung sich bei uns nicht zurückführen liefse auf die Erddacceleration, entweder direct durch freien Fall oder durch Reibung, welcher Widerstand von dem Normaldruck, also wiederum von der Acceleration abhängig ist.

Daher sind also stets diese Bedingungsgleichungen erfüllt und der Satz *von der Erhaltung der lebendigen Kraft* ist somit *nichts Willkürliches*, sondern *eisernes Gesetz*.

Die Formel $\frac{mv^2}{2}$ für die lebendige Kraft, gilt sowohl für ein Atom in dem Bereiche der Erdanziehung, als ein solches in dem Bereiche irgend eines anderen Sternes.

v ist nichts Constantes, kann also in beiden Fällen gleich seyn, während es stets denselben Werth behält,

immer $= \frac{P}{f}$, in der Erdnähe $= \frac{G}{g}$, in der Nähe eines jeden anderen Sternes wiederum Gewicht durch Centralbeschleunigung, da sowohl Zähler wie Nenner proportional ab- und zunehmen, bleibt unter allen Umständen der Werth für m ein constanter.

Sobald an Stelle von Geschwindigkeit der Werth des Weges gesetzt wird, stimmt die Fritsch'sche Formel, und erkennt umgekehrt Hr. Fritsch die richtige für falsch, so kann das Resultat seiner Untersuchung nur in der Verwechslung dieser zwei Begriffe beruhen, welche sich wiederum geltend macht in der Entwicklung der Fritsch'schen Endformel.

Es heißt, wenn m_1 und m_2 die Maafszahlen der Massen sind, so wird seyn

$$v_2' = v_2 \cdot \frac{m_1}{m_2}.$$

Hierin liegt nun eben wiederum der Fehler. *Arbeit erhält sich*, lautet der empirische Satz, *nicht aber ein Product aus Masse in Geschwindigkeit*. Richtig also

$$f \cdot m_2 \cdot s_2' = f \cdot m_2 \cdot s_2,$$

$$s_2' = s_2 \cdot \frac{m_1}{m_2},$$

genau dieselbe Formel, nur v anstatt s gesetzt und f gestrichen.

Richtig heißt also die Fritsch'sche Endformel:

$$\Sigma m^2 \cdot s^2 = C,$$

daher auch

$$\Sigma m \cdot s = C.$$

Nach Einsetzung des gestrichenen Factors f

$$\Sigma f \cdot m \cdot s = C,$$

die ursprünglich richtige Formel, welche den Satz von der *Erhaltung der Arbeit* ausspricht.

Wie gesehen, ist solche bei längerer Dauer der Bewegung als die secundliche Beschleunigung unzulänglich, und an deren Stelle zu entwickeln

$$\Sigma \frac{mv^2}{2}.$$

Die Anwendung der lebendigen Kraft in der mechanischen Wärmetheorie ist also genau so berechtigt, als diejenige der mechanischen Arbeit.

Frankfurt a. M., im Mai 1875.

XI. Ueber den Einfluß der Beleuchtung auf die Leitungsfähigkeit des krystallinischen Selens; vorläufige Mittheilung von W. Siemens.

(Aus d. Monatsb. d. Acad. 1875, Mai.)

Die von Willoughby Smith zuerst beschriebene und von Sale¹⁾ näher untersuchte Eigenschaft des krystallinischen Selens, im beleuchteten Zustande die Elektrizität besser zu leiten als im Dunkeln, habe ich näher untersucht und die Richtigkeit der Thatsache constatirt. Die specifische Leitungsfähigkeit des durch Erhitzung auf 100 bis 150° C. krystallinisch gemachten Selens ist jedoch sehr gering und außerordentlich veränderlich und auch die Vergrößerung der Leitungsfähigkeit durch Beleuchtung ist sehr inconstant, so daß es unmöglich war eine bestimmte Abhängigkeit der Leitungsfähigkeit von der Beleuchtung festzustellen. Es gelang mir aber durch andauernde Erhitzung des amorphen Selens bis zur Temperatur von 210° C., sowie auch durch Abkühlung des geschmolzenen Selens zur Temperatur von 210°, bei welcher Temperatur das Selen bei längerer Dauer derselben

1) *Proceed. of the Roy. Soc. Vol. XXI, p. 283.* — *Pogg. Ann. Bd. 150, S. 333.*