



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Lehrbuch der Experimentalphysik**

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

**19. Energie**

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466:1-83789)

mußte, um sie in Bewegung zu setzen oder ihre Geschwindigkeit zu steigern, aufgespeichert ist und dann beliebig, ohne Verlust, aber auch ohne Gewinn, wieder zur Besiegung von Widerständen aufgebraucht werden kann.

**19. Energie.** Das Vermögen eines Körpers, Arbeit zu leisten, oder seine Wirkungsfähigkeit nennt man ganz allgemein Energie; sie wird durch die Größe der Arbeit, welche der Körper auszugeben vermag, in Arbeitseinheiten gemessen. Die Wucht oder „lebendige Kraft“, welche einem bewegten Körper innewohnt, ist demnach Energie. Aber nicht nur bewegte Körper, sondern auch solche, welche sich in Ruhe befinden, können Energie besitzen. Wird z. B. ein in die Höhe geworfener Stein, wenn er sich im höchsten Punkt seiner Bahn befindet, von dem Dach eines Hauses aufgefangen, so bleibt er daselbst liegen ohne Bewegung, jedoch nicht ohne das Vermögen, Arbeit zu leisten, und daher nicht ohne Energie. Denn läßt man ihn von dort wieder zum Boden herabfallen, so erreicht er ihn mit der nämlichen Geschwindigkeit und sonach mit derselben Wucht, welche er beim Aufwärtswerfen besaß, und vermag daher jetzt eine Arbeit zu verrichten ebenso groß wie diejenige, welche zum Hinaufwerfen aufgewendet wurde. Die Energie, welche dem ruhig auf dem Dach liegenden Stein innewohnt und welche beim Herabfallen als Wucht seiner Bewegung zum Vorschein kommt, verdankt der Stein seiner erhöhten Lage, d. h. dem Umstand, daß er von der ihn anziehenden Erde weiter entfernt ist, als da er noch am Boden lag. Man nennt diese im ruhenden Körper gleichsam aufgespeicherte Arbeitsfähigkeit deswegen Energie der Lage, ruhende oder potentielle Energie und bezeichnet im Gegensatz hierzu die Wucht eines bewegten Körpers als Energie der Bewegung, tätige, aktuelle oder kinetische Energie. Die zum Spannen einer Armbrust verbrauchte Arbeit befindet sich als ruhende Energie in der gespannten Sehne und verwandelt sich beim Abdrücken in die tätige Energie oder Wucht des fortgeschleuderten Pfeils. Die Arbeit, welche unsere Hand beim Aufziehen einer Uhr leistet, geht als ruhende Energie in die gespannte Feder oder in das emporgehobene Gewicht über und verweilt in diesem Ruhezustand, solange das Uhrwerk gehemmt ist; wird es ausgelöst, so setzt sich diese ruhende Energie allmählich in die Bewegungsenergie der sich drehenden Räder um. Aus den letzteren Beispielen erhellt zugleich, warum die ruhende Energie auch Spannungsenergie oder auch kurzweg Spannung genannt wird. Wird ein Stein lotrecht in die Höhe geworfen, so vermindert sich seine Geschwindigkeit unter dem Einfluß der entgegenwirkenden Schwere; was er aber beim Emporsteigen an Bewegungsenergie einbüßt, gewinnt er an Energie der Lage, bis im höchsten Punkt seines Fluges, wo seine Geschwindigkeit erschöpft ist, seine ganze anfänglich vorhandene Bewegungsenergie in Energie der Lage verwandelt ist. Fällt er dann wieder herab, so beginnt er seinen Lauf mit diesem seiner anfänglichen Wucht gleichen Betrag von ruhender Energie, und während er

immer tiefer fällt, wird seine Energie der Lage geringer und seine Bewegungsenergie größer, und zwar so, daß die Summe beider immer die nämliche bleibt.<sup>1)</sup> In dem Augenblick endlich, in welchem er den Boden erreicht, hat sich seine gesamte Energie wieder in Bewegungsenergie verwandelt, welche ebenso groß ist wie diejenige, mit welcher er anfänglich emporstieg. Die Gesamtenergie des geworfenen Steines, d. h. die Summe aus Bewegungsenergie und Spannungsenergie, bleibt also während seiner ganzen Bewegung unverändert, indem sich nur die eine Art Energie in die andere ohne Verlust und ohne Gewinn umwandelt. Was wird nun aber aus der Energie des Steines, wenn er den Boden trifft und hier plötzlich zur Ruhe kommt? Die Energie seiner sichtbaren Fallbewegung wird im Augenblick des Stoßes allerdings vernichtet; wir beobachten aber, daß, so oft Bewegungsenergie durch Stoß oder durch Reibung anscheinend zerstört wird, eine Erwärmung der beteiligten Körper eintritt; eine Kanonenkugel z. B., gegen eine eiserne Panzerplatte geschossen, erhitzt sich bis zum Rotglühen, und wird ein Eisenbahnzug durch Bremsen zum Stehen gebracht, so erwärmen sich Räder und Bremsen. Nun haben Joule und Hirn durch Versuche dargetan, daß durch je 427 Arbeitseinheiten (Meterkilogramm), welche beim Stoß oder bei der Reibung scheinbar verschwinden, eine Wärmemenge erzeugt wird, welche imstande ist, 1 kg Wasser um 1° C. zu erwärmen, und daß diese Wärmemenge (die Wärmeinheit), wenn sie z. B. in einer Dampfmaschine verbraucht wird, wiederum eine Arbeit von 427 mkg leistet. Man nennt daher diese Zahl von 427 mkg das mechanische Äquivalent der Wärme. Diese Tatsache der Umwandlung von Arbeit in Wärme und umgekehrt wird sofort verständlich, wenn wir annehmen, daß die Wärme eine Art Bewegung sei, nämlich eine Bewegung der kleinsten Teilchen oder Moleküle der Körper, welche wegen der außerordentlichen Kleinheit dieser Teilchen zwar unserem Auge nicht sichtbar ist, dagegen auf unseren Gefühlsinn denjenigen Eindruck hervorbringt, welchen wir Wärme nennen. Wenn daher die Energie der sichtbaren Bewegung eines Körpers durch Stoß oder Reibung scheinbar zerstört wird, so verschwindet sie in der Tat nicht, sondern sie verwandelt sich bloß, ohne Verlust und ohne Gewinn, in die Energie der unsichtbaren Wärmebewegung. Energie kann niemals vernichtet und ebensowenig kann Energie aus nichts erschaffen werden; ein sogenanntes *perpetuum mobile*, d. h. eine Vorrichtung, welche eine größere Arbeit leistet als verbraucht, ist daher unmöglich. Alle Vorgänge in der Natur, bei welchen Energie zu verschwinden scheint, beruhen bloß auf der Verwandlung der Energie einer Bewegungsart in die Energie einer anderen Bewegungsart oder auf der Verwandlung von Bewegungsenergie in Energie der Lage oder umgekehrt; hiernach ist die gesamte im Weltall vorhandene Energiemenge stets von gleicher

<sup>1)</sup> Denn aus den Gleichungen in (14) ergibt sich  $m g s + \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m c^2$ , wo  $m g s = p s$  die potentielle Energie ausdrückt.

Größe. Dieses durch alle Erfahrungen bestätigte wichtige Grundgesetz aller Naturerscheinungen wird das Prinzip der Erhaltung der Energie (Robert Mayer 1842, Helmholtz 1847) oder auch, freilich weniger angemessen, das „Prinzip der Erhaltung der Kraft“ genannt. Indem dieses Gesetz die Umwandlung sämtlicher Energien der Natur (Schall, Wärme, Licht, elektrische Energie, chemische Verwandtschaft, Elastizität und mechanische Energie) ineinander beherrscht, so daß sich dieselben nur als verschiedene Erscheinungsformen ein und derselben Wesenheit darstellen, führt es zu der Erkenntnis ihres innigen Zusammenhangs und berechtigt uns, in diesem Sinn von der Einheit der Naturkräfte zu sprechen.

20. **Schwingungen.** In besonders anschaulicher Weise tritt uns das Gesetz von der Erhaltung der Energie bei solchen Vorgängen entgegen, die in einer periodischen Umsetzung von kinetischer Energie in potentielle und wieder von potentieller Energie in kinetische bestehen. Einen einfachen Fall derartiger Bewegungen haben wir in den hin und her gehenden Bewegungen, Schwingungen, einer schweren Masse, die an einer Spiralfeder aufgehängt ist. Im Gleichgewicht ist die Feder so weit gedehnt, daß ihre Spannung dem Gewicht der Masse gerade gleich ist. Zieht man die Masse nach unten, so dehnt man die Feder stärker; man überwindet dabei die mit der Dehnung wachsende Spannung der Feder und leistet eine Arbeit, die als potentielle Energie in der gedehnten Feder sich aufspeichert. Läßt man nun die Masse los, so zieht die Federspannung die Masse nach oben; diese kommt dadurch in Bewegung mit wachsender Geschwindigkeit. Sie gewinnt kinetische Energie, während die Feder, indem sie sich zusammenzieht, die ihr erteilte potentielle Energie verliert. Hat die Masse die ursprüngliche Gleichgewichtslage erreicht, so ist die ganze potentielle Energie, die man der Feder durch die Arbeit des Herunterziehens zugeführt hatte, verschwunden und in kinetische Energie der bewegten Masse verwandelt. Kraft dieser erlangten Wucht aber geht die Masse jetzt über die Gleichgewichtslage hinaus nach oben; die Dehnung der Feder wird noch weiter vermindert, und dadurch ihre Spannung verkleinert. Infolgedessen überwiegt jetzt das Gewicht der Masse die Federspannung; es entsteht eine Kraft, die die Masse nach unten zieht, und die um so größer wird, je höher die Masse über die Gleichgewichtslage emporsteigt. Indem die Masse dieser Kraft entgegen aufwärts steigt, verliert sie ihre kinetische Energie und gewinnt dafür potentielle. Sie steigt so lange, bis die kinetische Energie wieder vollständig in potentielle verwandelt ist. Dann fällt die Masse von der erlangten Höhe zurück; die potentielle Energie verwandelt sich wieder in kinetische, und kraft dieser geht die Masse wieder über die Gleichgewichtslage hinaus nach unten und dehnt dabei die Feder bis zu dem ursprünglichen Betrage. Nachdem so die Masse den Ausgangspunkt der Bewegung wieder erreicht hat, beginnt der Vorgang von neuem und würde sich unendlich oft wiederholen, wenn nicht Reibungswiderstände den