



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lehrbuch der Experimentalphysik

Lommel, Eugen von

Leipzig, 1908

18. Wucht

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](#)

schaffen. Die geleistete Arbeit ist hiernach einerseits dem überwundenen Widerstand oder der ihm gleichen, zu seiner Überwindung aufgewendeten Kraft, und andererseits dem Weg proportional, der hierbei in der Richtung der Kraft zurückgelegt wurde. Wählt man daher als Einheit der Arbeit diejenige, welche die Krafteinheit längs der Wegstrecke 1 wirkend vollbringt, so wird jede Arbeit ausgedrückt durch das Produkt aus der Kraft oder dem von ihr überwundenen Widerstand und dem Weg, längs welchem sie wirkte. Im praktischen Maßsystem dient hiernach als Arbeitseinheit das Meterkilogramm oder Kilogrammeter (mkg); im absoluten Maßsystem das Erg, nämlich die Arbeit, welche die Kraft 1 Dyne, durch die Wegstrecke 1 cm wirkend, leistet (Dimension $\text{cm}^2 \text{g sec}^{-2}$). Das wäre die Arbeit, die man leistet, wenn man 1,02 mg 1 cm hoch hebt. Da diese Arbeit außerordentlich klein ist, so hat man daneben eine größere Einheit eingeführt: 1 Joule = 10^7 Erg, eine Arbeit, die erforderlich ist, um 1,02 kg 10 cm hoch zu heben. Ein Meterkilogramm beträgt 98 100 000 Erg oder 9,81 Joule.

Bei der Verwendung von Kräften zur Arbeit kommt es nicht bloß darauf an, daß eine Arbeit überhaupt getan werde, sondern auch, daß dies in bestimmter Frist geschehe. Man nennt die in 1 sec geleistete Arbeit den Effekt oder die Leistung der Kraft. Im praktischen Maschinenbetriebe gebraucht man als größere Einheit die Pferdekraft oder Pferdestärke (P.S.), nämlich die Leistung von 75 Meterkilogramm in der Sekunde. Die Arbeitsleistung eines kräftigen Mannes wird zu $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{7}$ Pferdekraft angeschlagen. Im absoluten Maßsystem dient als Einheit des Effekts das Erg pro sec (Dimension $\text{cm}^2 \text{g sec}^{-3}$) oder als größere Einheit das „Watt“ = 1 Joule pro sec = $\frac{1}{736}$ Pferdekraft und als noch größere Einheit das Kilowatt = 1000 Joule/sec. Eine Pferdestärke ist = $75 \times 9,81 = 736$ Watt; 1 Kilowatt = 1,36 Pferdestärke.

Im praktischen Leben wird heutzutage häufig auch der Ausdruck Wattstunde, bezw. Kilowattstunde gebraucht. 1 Wattstunde ist die Arbeit, welche eine Maschine von 1 Watt Leistung innerhalb einer Stunde liefert, also 3600 Joule oder 367 Meterkilogramm; eine Kilowattstunde ist das Tausendfache davon.

18. Wucht. In der Gleichung

$$3) \quad fs = \frac{1}{2} m v^2$$

ist das links stehende Produkt aus Kraft und Weg nichts anderes als die von der Kraft geleistete Arbeit. In Worten ausgesprochen sagt uns also diese Gleichung: Wenn eine Masse m , vom Zustand der Ruhe ausgehend, von einer konstanten Kraft durch den Weg s hindurch bewegt wird, und am Ende dieses Weges die Geschwindigkeit v erlangt hat, so ist die hierbei von der Kraft entwickelte Arbeit gleich dem halben Produkt aus der Masse und dem Quadrat der erlangten Geschwindigkeit.

Jede in Bewegung befindliche Masse vermag nun einen Widerstand, d. h. eine ihrer Bewegung entgegenwirkende Kraft f' , auf eine

$$K.A = K.W.t = \frac{1}{2} m v^2$$

$$K.b = m \frac{v^2}{2}$$

gewisse Wegstrecke s' zu überwinden, indem sie dabei, wenn die entgegenwirkende Kraft konstant bleibt, eine gleichförmig verzögerte Bewegung annimmt und endlich zur Ruhe kommt. Wir wissen aber aus den Gesetzen der gleichförmig verzögerten Bewegung (14), daß ein mit der Anfangsgeschwindigkeit v ausgehender Körper zur Ruhe kommt, nachdem er den Weg

$$s' = \frac{v^2}{2a'}$$

durchlaufen hat, wenn a' die seiner Bewegung entgegenwirkende Beschleunigung bedeutet. Setzen wir in dieser Gleichung f'/m statt a' , so erhalten wir:

$$3') f' s' = \frac{1}{2} m v^2,$$

oder in Worten: die Arbeit, welche die bewegte Masse m zu leisten vermag, wenn sie auf einen Widerstand f' so lange einwirkt, bis ihre Anfangsgeschwindigkeit v erschöpft ist, ist gleich dem halben Produkt aus der Masse und dem Quadrat ihrer Anfangsgeschwindigkeit.

Vergleicht man diesen Satz (3') mit dem vorigen (3), so erkennt man, daß die Arbeit, welche eine konstante Kraft leisten muß, um einer ruhenden Masse eine bestimmte Geschwindigkeit zu erteilen, genau so groß ist, wie die Arbeit, welche diese Masse vermöge dieser Geschwindigkeit in Überwindung eines Widerstandes wieder leisten kann, bis sie zur Ruhe kommt. Denn beide Arbeiten werden durch den nämlichen Ausdruck dargestellt, nämlich durch das halbe Produkt aus der Masse und dem Quadrat ihrer Geschwindigkeit; man nennt diesen Ausdruck $\frac{1}{2} m v^2$ die Wucht oder auch mit einem weniger geeigneten Namen (nach Leibniz) die lebendige Kraft der bewegten Masse.

Die ausgesprochenen Sätze gelten übrigens nicht bloß für konstante, sondern auch für beliebig veränderliche Kräfte. Denn jede veränderliche Kraft kann während eines hinreichend kleinen Zeitteilchens als konstant angesehen und ihre Arbeit durch das Produkt ihres augenblicklichen Wertes mit der kleinen in diesem Zeitteilchen durchlaufenen Wegstrecke ausgedrückt werden. Die während eines beliebigen Zeitraumes geleistete Arbeit ist die Summe dieser kleinen Produkte und ergibt sich immer gleich dem halben Produkt der bewegten Masse mit dem Quadrat der Endgeschwindigkeit. Auch die Annahme, daß der Körper vom Ruhezustande ausgehe oder in diesen Zustand zurückkehre, ist für die Gültigkeit dieser Sätze nicht erforderlich. Denn angenommen, der Körper bewege sich von der Ruhe aus unter dem Einfluß der Kraft f durch die Strecke s und erlange dabei die Geschwindigkeit v , und dann noch weiter bis s' , wo er die Geschwindigkeit v' erlangt hat, so ist $fs = \frac{1}{2} m v^2$ und $f(s' - s) = \frac{1}{2} m (v'^2 - v^2)$, also auch $f(s' - s) = \frac{1}{2} m (v'^2 - v^2)$, d. h. der Zuwachs an Wucht ist gleich dem Zuwachs an Arbeit.

Wir können demzufolge eine bewegte Masse gleichsam als ein Magazin betrachten, in welchem die Arbeit, die verwendet werden

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