

## Innere Energie

Wie wir gesehen haben, gibt es Reibungsarbeit (Arbeit, die gegen Reibungskräfte verrichtet wird). Gibt es also auch „Reibungsenergie“? Was passiert denn mit einem Körper, wenn man an ihm reibt? Er erwärmt sich! Energie hat also anscheinend auch etwas mit Temperatur zu tun; man spricht hier von „innerer Energie“ oder auch „thermischer Energie“ eines Körpers.

Die Temperatur eines Körpers ist letztlich ein Maß für die mittlere (Bewegungs-)Energie der Teilchen, aus denen der Körper aufgebaut ist: Je höher die Temperatur eines Körpers ist, desto schneller bewegen sich die Teilchen (das sieht man bei Gasen und Flüssigkeiten beispielsweise an der sogenannten „Brownschen Bewegung“). Die innere Energie eines Körpers ist also einfach die Summe all dieser (Bewegungs-)Energien seiner Einzelteilchen. Reibung erhöht diese innere Energie: wenn zwei Körper übereinander gezogen werden, stoßen die Verhakungen ständig zusammen, die Teilchen werden also ständig angestoßen und dadurch schneller.

Neben Reibungsarbeit gibt es natürlich auch noch eine andere Möglichkeit, die Temperatur eines Körpers zu erhöhen (oder auch zu verringern), nämlich indem man den Körper in Kontakt mit einem anderen Körper einer höheren (bzw. einer niedrigeren) Temperatur bringt. Auch das kann man mit dem Teilchenmodell aber leicht erklären: die Teilchen des heißeren Körpers bewegen sich schneller als die des kälteren Körpers. Bei Zusammenstößen zwischen den Teilchen beider Körper werden im Mittel also die Teilchen der heißeren Körpers langsamer werden, die Teilchen des kälteren Körpers dagegen schneller werden. Also kühlt der heißere Körper ab, der kältere erwärmt sich.

Bei diesen Stößen zwischen den Teilchen von Körpern unterschiedlicher Temperatur geht Bewegungsenergie von den schnelleren auf die langsameren Teilchen über, bei den Stößen wird also Arbeit verrichtet. Diese Arbeit kann man aber nicht direkt sehen, man kann nur sehen, dass eine Körper kühler wird, der andere wärmer. Man sagt, dass Wärme  $Q$  vom einen Körper zum anderen übergeht. (Wärme ist also letztlich nichts anderes als mikroskopische Arbeit zwischen den Teilchen der Körper!)

(Beachte die Sprechweise: Wärme bezeichnet (wie Arbeit) etwas, das von einem Körper auf einen anderen übergeht; das, was in einem Körper drin steckt, heißt in der Physik nicht Wärme, sondern innere / thermische Energie! Ein heißerer Körper enthält nicht mehr Wärme, sondern mehr innere Energie als ein kälterer Körper!)

Formelmäßig wird dies folgendermaßen erfasst: nimmt ein Körper der Masse  $m$  die Wärmemenge  $Q$  auf, so erhöht sich seine Temperatur um  $\Delta T$ , wobei der Zusammenhang

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

gilt. Die Konstante  $c$  heißt die spezifische Wärmekapazität und ist nur vom Material des Körpers abhängig.

Außerdem sind beim Erwärmen eines Körpers noch zwei Sonderfälle zu beachten: ein Festkörper schmilzt, und eine Flüssigkeit verdampft jeweils bei einer bestimmten Temperatur. In einer Flüssigkeit sind die Teilchen schwächer aneinander gebunden als in einem Festkörper, in einem Gas noch schwächer. Beim Schmelzen bzw. Verdampfen müssen also Bindungskräfte zwischen den Teilchen überwunden werden; auch dafür wird Energie benötigt, man muss also Wärme zuführen (ohne dass sich dabei die Temperatur ändert!). Es gelten die Zusammenhänge:

$$\text{Schmelzen: } Q_S = s \cdot m$$

$$\text{Verdampfen: } Q_V = r \cdot m$$

mit den spezifischen Schmelz- bzw. Verdampfungswärmen  $s$  bzw.  $r$ .

## Elektrische Energie

Elektrischer Strom hat bekanntlich viele verschiedene Wirkungen: er kann z. B.

- eine Glühbirne zum Leuchten bringen → es wird Strahlungsenergie abgegeben
- mit einem elektrischen Ofen einen Raum beheizen oder in einem elektrischen Wasserkocher Wasser erhitzen → es wird Wärme abgegeben
- einen Motor antreiben → es wird mechanische Arbeit geleistet

usw. usf.

Zum Glück gibt es aber für all diese Fälle eine einzige Formel. Es gilt nämlich: Liegt an einem elektrischen Gerät für eine Zeit  $\Delta t$  die Spannung  $U$  (gemessen in V(olt)) an und fließt dabei ein Strom der Stärke  $I$  (gemessen in A(mpère)) durch das Gerät, so wird durch das Gerät insgesamt die elektrische Energie

$$\Delta E_{\text{el}} = U \cdot I \cdot \Delta t$$

in andere Energieformen umgewandelt.

Daraus ergibt sich sofort die Folgerung: Die Leistung eines elektrischen Geräts ist  $P_{\text{el}} = \frac{\Delta E_{\text{el}}}{\Delta t} = U \cdot I$ .

(und für die Einheiten ergibt sich also: 1 W(att) = 1 V(olt) · 1 Ampère.)

Außerdem kann man hier auch noch den Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke benutzen:

$$U = R \cdot I$$

mit dem elektrischen Widerstand  $R$  (gemessen in Ohm, geschrieben  $\Omega$ ). Damit ergibt sich:

$$P_{\text{el}} = \frac{U^2}{R} = R \cdot I^2$$

## Weitere Energieformen

- Wenn chemische Stoffe miteinander reagieren, wird Energie frei (Licht, Wärme, ...); in den Stoffen ist also chemische Energie gespeichert. Das werden wir bei den chemischen Grundlagen noch genauer besprechen. Ein einfacher Fall ist das Verbrennen von Kohle und ähnlichem: der Heizwert  $H$  eines Materials gibt an, welche Energie beim Verbrennen der von 1 kg (Festkörper) bzw. 1 m<sup>3</sup> (Flüssigkeiten/Gase) dieses Materials frei wird. Es gilt also:  $\Delta E_{\text{chem}} = H \cdot m$  bzw.  $\Delta E_{\text{chem}} = H \cdot V$ .
- Ebenso wird auch, wenn Atomkerne miteinander reagieren, zerfallen usw., Energie frei; in den Atomkernen ist also Kernenergie gespeichert. Auch darüber werden wir noch genauer reden. (wichtig dabei wird Einsteins bekannte Formel  $E = mc^2$ )
- Wenn die Sonne einen Körper bescheint, so erwärmt sich dieser; dasselbe kann man auch mit einem Heizstrahler erreichen. Durch Strahlung wird also Energie übertragen:  $\Delta E = I \cdot A \cdot \Delta t$ , wobei  $A$  die bestrahlte Fläche ist und  $I$  der sogenannte Strahlungsfluss. Speziell für die Sonne gilt (im Mittel)  $I = 1367 \text{ W/m}^2$ ; dies nennt man auch die Solarkonstante.
- Elektrische Energie kann auch in Kondensatoren gespeichert werden; es gilt:  $E = \frac{1}{2} C U^2$ , wobei  $C$  die Kapazität des Kondensators ist.
- Magnetische Energie kann in Spulen gespeichert werden; es gilt:  $E = \frac{1}{2} L I^2$ , wobei  $L$  die Selbstinduktivität der Spule ist.