Arbeit, Energie, Energieumformungen, Leistung

Unter mechanischer **Arbeit versteht man das Produkt aus Kraft und Weg**: $\mathbf{W = F \cdot s}$. Ihre Einheit ist **1J = 1N·1m** .
Für die Hubarbeit gilt $W_H = m \cdot g \cdot h$ weil Gewichtskraft $F = m \cdot g$
wobei $g \approx 9{,}81\frac{N}{kg} = 9{,}81 m/s^2$.

Beispiel: Eine Tafel Schokolade (m=0,1kg) wird vom Erdboden aufgehoben und auf den 1,2m hohen Tisch gelegt. Erforderliche Hubarbeit:

$$W \approx 0{,}1kg \cdot 9{,}81\frac{N}{kg} \cdot 1{,}2m = 1{,}1772\ J$$

Diese Hubarbeit wird als Lageenergie gespeichert. Allgemein bezeichnet man **gespeicherte Arbeit als Energie**.

Wenn man einen Gegenstand aus dem Stand heraus mit einer Kraft bis auf die Endgeschwindigkeit v beschleunigt, so wird diese Beschleunigungsarbeit als Bewegungsenergie (kinetische Energie) gespeichert. Sowohl für diese Bewegungsenergie als auch für die benötigte Beschleunigungsarbeit gilt die Formel: $\mathbf{W = \frac{1}{2}mv^2}$.

Beispiel: Ein Auto (Masse 1 000kg), welches mit 108 km/h fährt, besitzt die Bewegungsenergie $W = \frac{1}{2} \cdot 1\,000kg \cdot (30\frac{m}{s})^2 = 450\,000\ kgm^2/s^2 = 450\ kJ$

Ein Körper enthält sog. Wärmeenergie (in Formeln meistens mit Q abgekürzt), weil alle seine kleinsten Teilchen sich sehr schnell hin und her bewegen und deshalb Bewegungsenergie besitzen. Will man etwa 1g Wasser um 1°C (bzw. um 1K) erhitzen, so benötigt man 4,19J Energie. Man sagt, die sog. spezifische Wärmeenergie von Wasser beträgt $c_{Wasser} = 4{,}19\frac{J}{g \cdot K}$

Beispiel: Um 1 Liter Wasser von 10°C zum Sieden zu bringen, benötigt man die Wärmeenergie $Q = 1\,000g \cdot 4{,}19\frac{J}{g \cdot K} \cdot 90K = 377{,}1\ kJ$

Mit dieser Energiemenge könnte man etwa einen tonnenschweren PKW bis auf ungefähr 100 km/h beschleunigen (siehe oben).

<u>**Energieumformungen**</u>

Man kann die einzelnen Energieformen (Lageenergie, Spannenergie, Bewegungsenergie, Wärmeenergie, chemische Bindungsenergie) **teilweise** ineinander umformen. Dies gelingt allerdings nicht immer verlustlos.

Man kann z.B. Lageenergie durchaus komplett in Bewegungsenergie umformen.
Beispiel: Ein Mensch fällt im Schwimmbad vom 3m-Brett auf die Wasseroberfläche. Welche Geschwindigkeit besitzt er beim Aufprall?

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m v^2 \quad \Leftrightarrow \quad v = \sqrt{2g \cdot h} \approx \sqrt{2 \cdot \frac{9{,}81m}{s2} \cdot 3m} \approx 7{,}7 m/s$$

$$\approx 28\ km/h$$

Man kann auch Lageenergie in Wärmeenergie umformen:
Beispiel: Wenn Wasser einen 20m tiefen Wasserfall herunterfällt, werden die einzelnen Wasserteilchen zunächst schneller und das Wasser unten wird wärmer. Um wieviel Grad?

$$m \cdot g \cdot h = m \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{daraus folgt:} \quad \Delta T = \frac{g \cdot h}{c} \approx \frac{\frac{9{,}81N}{kg} \cdot 20m}{4{,}19J/gK} = 0{,}05K$$

Die Erwärmung ist also kaum der Rede wert!

Das umgekehrte funktioniert allerdings grundsätzlich nicht: man kann niemals Wärmeenergie <u>**nur**</u> in mechanische Energie umformen. Beispielsweise kann folgender Versuch niemals funktionieren: Ein auf der Erde liegender Stein kühlt sich um einige Grad Celsius ab und springt dafür um mehrere Meter hoch (um damit Lageenergie zu gewinnen).

Aus demselben Grund läßt sich zum Beispiel auch die im Benzin gespeicherte chemische Energie niemals <u>**vollständig**</u> dazu nutzen, um ein Auto in Bewegung zu bringen. Ein Großteil der im Benzin gespeicherten Energie geht in Form von Wärme (an den Motorblock; deswegen muß dieser auch gekühlt werden!) „verloren“.

Selbst bei Energieumformungen, die theoretisch zu 100% funktionieren müßten, geht praktisch immer etwas Energie „verloren“ (meistens in Form von Wärme).

Unter der **Leistung versteht man das Verhältnis aus Energie und Zeit: P =** $\boldsymbol{\frac{W}{t}}$

Ihre Einheit ist **1W =** $\boldsymbol{\frac{1J}{1s}}$

Bemerkung: Ärgerlicherweise wird die Einheit Watt mit demselben Buchstaben abgekürzt wie die Energie W .

Beispiel 1: Jemand bringt (egal wie) drei Sack Kartoffeln a 50kg in den 12m höher gelegenen vierten Stock eines Hauses. Dafür benötigt er 6 Minuten. Das entspricht folgender Leistung:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} \approx \frac{3 \cdot 50kg \cdot \frac{9{,}81N}{kg} \cdot 12m}{6 \cdot 60s} = 49{,}05\frac{Nm}{s} = 49{,}05W$$

Beispiel 2: Eine Herdplatte bringt 2 Liter 20°C warmes Wasser innerhalb von 10 Minuten zum Kochen. Die Leistung beträgt:

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{t} \approx \frac{2\,000g \cdot \frac{4{,}19J}{gK} \cdot 80K}{10 \cdot 60s} \approx 1\,117\frac{J}{s} = 1{,}117\text{ kW}$$

Umrechnung: Problem: Was ist eine Kilowattstunde?

$1W = \frac{1J}{1s}$ ⇨ $1J = 1W \cdot 1s = 1Ws$

$1kWh = 1\,000W \cdot 3600s = 3\,600\,000\text{ J} = 3{,}6\text{ MJ}$

In der Elektrizitätslehre kann man die Formel ***Leistung = Energie / Zeit*** (also **P = W/t**) leicht umformen in die Gleichung ***Leistung = Spannung · Strom***, also **P = U·I** . Aus dieser Gleichung folgt sofort auch für die Einheiten:
1W = 1V·1A

Beispiel: Welcher Strom fließt durch eine 60W-Glühbirne bei einer Netzspannung von 240V ?

Lösung: $P = U \cdot I$ ⇨ $I = \frac{P}{U} = \frac{60W}{240V} = 0{,}25A$

Wie teuer wird es, wenn obige Glühbirne über Nacht (10 Stunden lang) brennt, bei einem Preis von 15 Cent pro Kilowattstunde?

Lösung: Energie $W = P \cdot t = 60W \cdot 10h = 600Wh = 0{,}6\ kWh$

Preis: $0{,}6\ kWh \cdot 15 Cent/kWh = 9\ Cent$