Übungen (2)

1) a) Definieren Sie die physikalischen Größen *Arbeit* und *Leistung*. In welchen Einheiten misst man sie?
   b) Geben Sie für die folgenden Einheiten jeweils an, welche physikalische Größe man damit misst: kW, J, kWh, Nm, PS, Ws. Welche dieser Einheiten stimmen überein?
   c) Ein Kran hat einen 20 kW-Motor. Wie lange braucht er, um ein Werkstück von 0,5 t Masse 10 m hochzuziehen?
2) a) Wozu dient ein Flaschenzug? Was leistet er nicht?
   b) Skizzieren Sie einen Flaschenzug, bei dem die aufzuwendende Kraft ein Drittel der gegebenen Last ist.
   c) Wie viele Meter Seil muss man an diesem Flaschenzug ziehen, um eine Last 3m hochzubheben?
   d) Erläutern Sie den Satz von der Erhaltung der Energie am Flaschenzug.
3) a) Ein Eisenträger mit der Masse $m = 200\,\mathrm{kg}$ wird 10 m hochgehoben. Welche Arbeit muss man aufwenden? Wieviel würde diese kosten, wenn man 1 kWh mit 20 Cent bezahlen muss?
   b) Wie groß ist die notwendige Arbeit bei Verwendung des in der vorangehenden Aufgabe beschriebenen Flaschenzuges?
4) Eine Pumpe fördert je Sekunde 2 Liter Wasser aus 8 m Tiefe.
   a) Wie groß ist ihre Leistung?
   b) Welche Arbeit verrichtet sie an einem Tag?
5) Wie lange braucht ein 500 W-Motor, um $10\,\mathrm{m}^3$ Wasser 20 m hoch zu pumpen?
6) Auf einer Baustelle werden mit Hilfe eines einfachen Aufzuges Dachziegel nach oben befördert. Der Höhenunterschied beträgt dabei 15 m. Die beweglichen Teile des Aufzuges haben eine Masse von 20 kg, und seine Nutzlast beträgt 80 kg. Die Zeit für die Fahrt nach oben beträgt 10 s.
   a) Wieviel Energie wird für einen Transport benötigt?
   b) Welche Leistung hat der Aufzugmotor?
   c) Wieviel kostet der Transport von 2 t Dachziegel, wenn 1 kWh mit 15 Cent bezahlt werden muss?

Übungen (2) — Lösungen

1) a) Arbeit W ist das Produkt aus wirkender Kraft F und der Wegstrecke s, längs der die Kraft wirkt. Dabei müssen Kraft- und Wegrichtung übereinstimmen, andernfalls muss F durch die Kraftkomponente F_s in Wegrichtung ersetzt werden:

$$W = F_s \cdot s\,.$$

Die physikalische Leistung P ist das Verhältnis von erbrachter Arbeit W zur dafür benötigten Zeit t:

$$P = \frac{W}{t}\,.$$

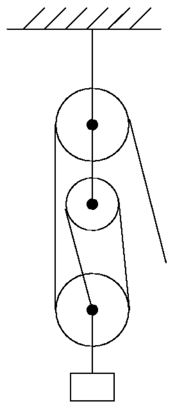
b) kW und PS sind Leistungseinheiten, während J, kWh, Nm und Ws Energieeinheiten sind. Dabei gilt $1\,\mathrm{Nm} = 1\,\mathrm{J} = 1\,\mathrm{Ws}$.
c) Die geforderte Arbeitsleistung beträgt

$$W = F_\mathrm{G} \cdot s = m \cdot g \cdot s = 500\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\mathrm{N/kg} \cdot 10\,\mathrm{m} = 49\,\mathrm{kJ}\,.$$

Ist t die Zeit, die der Kran benötigt, um diese Arbeit zu erbringen, so gilt $W = P \cdot t$ mit der Leistung $P = 20\,\mathrm{kW}$. Also

$$t = W/P = \frac{49{,}05\,\mathrm{kJ}}{20\,\mathrm{kW}} = 2{,}45\,\mathrm{s}\,.$$

2) a) Ein Flaschenzug dient dazu, die zum Heben großer Lasten benötigten Kräfte zu verringern. Mit einem Flaschenzug kann man keine Energie einsparen.
b) Siehe nebenstehende Skizze.
c)/d) Man muss 9 Meter Seil ziehen, um an diesem Flaschenzug die Last um 3 Meter zu heben. Der Verringerung der aufzuwendenden Kraft auf ein Drittel der Last steht eine Verdreifachung des Zugweges gegenüber: Die einzusetzende Energie ist genauso groß wie der Energiezuwachs der Last. Dies ist der Satz von der Energieerhaltung.



3) a) Da Kraft und Weg gleichgerichtet sind, gilt $W = F_G \cdot h = 200\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot 10\,\mathrm{m} \approx 19620\,\mathrm{J}$. Bei 20 Cent pro Kilowattstunde ergibt sich ein Preis von

$$19620\,\mathrm{J} \cdot 20\,\frac{\mathrm{Cent}}{\mathrm{kWh}} = \frac{19620\,\mathrm{J} \cdot 20\,\mathrm{Cent}}{1000 \cdot 3600\,\mathrm{Ws}} = 0{,}11\,\mathrm{Cent}\,.$$

b) Bei einem Flaschenzug egal welcher Bauart wird nur der Kraftaufwand reduziert, nicht jedoch die benötigte Energie: Man muss dieselbe Energie aufbringen wie eben berechnet.

4) a) Es ist (mit $h = 8\,\mathrm{m}$, $V = 2\,\mathrm{l}$ und $t = 1\,\mathrm{s}$)

$$P = \frac{W}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \frac{\rho_{\mathrm{H_20}} \cdot V \cdot g \cdot h}{t} = \frac{1\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{l}} \cdot 2\,\mathrm{l} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot 8\,\mathrm{m}}{1\,\mathrm{s}} = 156{,}96\,\mathrm{W}\,.$$

b) Bei obiger Leistung ist die Arbeit an einem Tag ($t = 1\,\mathrm{d}$)

$$W = P \cdot t = 156{,}96\,\mathrm{W} \cdot 24\,\mathrm{h} = 3767{,}04\,\mathrm{Wh} = 3{,}77\,\mathrm{kWh}\,.$$

5) Aus $P = \frac{W}{t}$ ergibt sich

$$t = \frac{W}{P} = \frac{10\,\mathrm{m}^3 \cdot 1\,\frac{\mathrm{t}}{\mathrm{m}^3} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot 20\,\mathrm{m}}{500\,\mathrm{W}} = 3924\,\mathrm{s} = 1\,\mathrm{h}\ 5\,\mathrm{min}\ 24\,\mathrm{s}\,.$$

6) a) Bei voller Belastung benötigt man für eine Fahrt die Energie

$$W = mgh = 100\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot 15\,\mathrm{m} = 14715\,\mathrm{J} = 14{,}72\,\mathrm{kJ}\,.$$

b) Da die Fahrt $t = 10\,\mathrm{s}$ dauert, erhält man für die Leistung des Motors

$$P = \frac{W}{t} = \frac{14{,}72\,\mathrm{kJ}}{10\,\mathrm{s}} = 1{,}47\,\mathrm{kW}\,.$$

c) Für $2\,\mathrm{t}$ Dachziegel werden bei einer Nutzlast von $80\,\mathrm{kg}$ insgesamt $2000/80 = 25$ Fahrten benötigt. Der Gesamtenergiebedarf ist also

$$W_{\mathrm{total}} = 25 \cdot W = 367{,}88\,\mathrm{kJ} = \frac{367{,}88}{3600}\,\mathrm{kWh} = 0{,}1\,\mathrm{kWh}$$

und der Preis beträgt $0{,}1 \cdot 15 = 1{,}53$ Cent.