

Leistung und Wirkungsgrad * Physik * Jahrgangsstufe 9

Leistungen von Menschen und Maschinen:

Beim Mensch steht in Klammern die Zeitdauer, wie lange man etwa diese Leistung erbringen kann.

Mensch		Maschine	
Spazierengehen	20 W	Taschenlampe	2 W
Rasches Gehen	40 W	Glühlampe	100 W
Bergsteigen (4 h)	100 W	Mofa	1 kW
Tanzen (40 min)	120 W	Auto (Mittelklasse)	50 kW
Radfahren (2 h)	130 W	Lastwagen	230 kW
Hometrainer (2 min)	300 W	ICE-Lokomotive	5 MW
Treppenlaufen (10 s)	500 W	Passagierflugzeug	30 MW
Hochsprung (0,1 s)	1200 W	Großes Kraftwerk	1000 MW
Kugelstoßen (0,1 s)	2000 W	Mondrakete	75 000 MW

Der Mensch kann eine Höchstleistung von 2 kW nur sehr kurze Zeit aufbringen.

Die Dauerleistung eines Menschen liegt bei etwa 80 Watt.

Die Dauerleistung eines Pferdes kann dagegen etwa 750 Watt betragen.

Aufgaben:

1. Eine Maschine, die eine Masse von 75 kg mit einer Geschwindigkeit von $1,0 \frac{m}{s}$ senkrecht nach oben zieht, gibt eine Leistung von 1 PS (eine Pferdestärke) ab.
Zeige, dass gilt: 1 PS = 736 Watt
2. Ein Bergsteiger (mit Gepäck 90 kg) bewältigt einen Höhenunterschied von 1200 m in 2 Stunden 25 Minuten. Wie groß ist die mechanische Leistung des Bergsteigers?
3. Eine Pumpe mit der Leistung 2,0 kW soll 8000 Liter Wasser 5,0 m hoch pumpen.
Wie lange dauert das?
4. Das Tauernkraftwerk nutzt einen Höhenunterschied von 890 m aus und kann dabei eine elektrische Spitzenleistung von 220 MW abgeben. Der Wirkungsgrad dieses Kraftwerks beträgt 79 %.
Berechne den Wasserverbrauch je Stunde!
5. Eine Feuerspritze, die mit einer Pumpe betrieben wird, soll in jeder Sekunde 20 Liter Wasser mit einer Geschwindigkeit von $30 \frac{m}{s}$ liefern.
Welche elektrische Leistung muss die Pumpe haben, wenn der Wirkungsgrad solcher Pumpen einen Wert von ca. 80 % hat.

Lösungen:

2. 0,12 kW
3. 3,3 min
4. 115 Millionen Liter pro Stunde
5. 11 kW

Lösungen zum Aufgabenblatt „Leistung und Wirkungsgrad“ :

$$1. \quad 1PS = \frac{E_{pot}}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{75kg \cdot 9,81 \frac{N}{kg} \cdot 1m}{1s} \approx 736 \frac{Nm}{s} = 736 \frac{J}{s} = 736W$$

$$2. \quad P = \frac{E_{pot}}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{90kg \cdot 9,8 \frac{N}{kg} \cdot 1200m}{145 \cdot 60s} = 121,6... \frac{Nm}{s} \approx 0,12kW$$

$$3. \quad P = \frac{E_{pot}}{t} = \frac{mgh}{t} \Rightarrow t = \frac{mgh}{P} = \frac{8000kg \cdot 9,8 \frac{N}{kg} \cdot 5,0m}{2000W} = 196 \frac{Nm}{\frac{J}{s}} = 196s \approx 3,3 \text{ min}$$

4. geg.: $P_{el} = 220MW$; $\eta = 79\% = 0,79$; $h = 890m$

ges.: Wasserverbrauch pro Stunde

genutzte Energie pro Stunde: $E_{genutzt} = P \cdot h = 220 \cdot 10^6 W \cdot 3600s = 7,92 \cdot 10^{11} J$

aufzuwendende Energie: $E_{aufgewandt} = \frac{E_{genutzt}}{\eta} = \frac{7,92 \cdot 10^{11} J}{0,79} = 1,00 \cdot 10^{12} J$

$$E_{aufgewandt} = mgh \Rightarrow m = \frac{E_{aufgewandt}}{gh} = \frac{1,00 \cdot 10^{12} J}{9,8 \frac{N}{kg} \cdot 890m} = 1,15 \cdot 10^8 \frac{Nm \cdot kg}{Nm} = 115 \text{ Millionen } kg$$

Pro Stunde werden bei maximaler Leistungsabgabe 115 Millionen Liter Wasser verbraucht.

5. Pro Sekunde müssen 20 kg Wasser (20 Liter entsprechen 20 kg) die kinetische Energie

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 20kg \cdot \left(30 \frac{m}{s}\right)^2 = 9000 \frac{kg \cdot m^2}{s^2} = 9000 J \text{ erhalten.}$$

$$E_{elektrisch} = E_{aufgewandt} = \frac{E_{nutz}}{\eta} = \frac{E_{kin}}{\eta} = \frac{9000 J}{0,80} = 11250 J \approx 11kJ \text{ pro Sekunde.}$$

Die erforderliche elektrische Leistung der Pumpe beträgt daher

$$P_{elektr} = \frac{E_{elektr}}{t} = \frac{11kJ}{1s} = 11kW$$