

## Physik \* Klasse 9a \* Leistung P und Wirkungsgrad $\eta$

Eine Glühlampe wandelt elektrische Energie in Strahlungsenergie um.  
Je mehr elektrische Energie pro Zeiteinheit umgewandelt wird, um so heller leuchtet die Lampe und um so mehr „leistet“ sie.  
Für die physikalische Leistung  $P$  (eines Gerätes) legt man fest:

$$\text{Leistung } P = \frac{\text{aufgewandte Arbeit } W}{\text{dazu benötigte Zeit } t} = \frac{W}{t}$$



Die Leistung  $P$  wird in der Einheit  $\text{Watt} = \frac{1 \text{ Joule}}{1 \text{ s}}$  gemessen. (Abkürzung:  $\text{Watt} = W$ )

Wegen  $W = \frac{J}{s}$  folgt damit auch:  $J = Ws$ , also ein Joule ist eine Wattsekunde.

Beim Radfahren verrichtet ein Mensch durchschnittlich  $130 \text{ J}$  pro Sekunde.  
Die Leistung  $P$  des Menschen beträgt daher beim Radfahren durchschnittlich  $130 \text{ W}$ .  
Ein Mittelklasse-PKW hat eine Leistung von etwa  $50 \text{ kW}$  bis  $100 \text{ kW}$ .

Die Glühbirne wandelt die zugeführte elektrische Energie nicht nur in die genutzte Strahlungsenergie um.  
Der größere Teil der elektrischen Energie führt nur zu einer unerwünschten und nicht genutzten Erwärmung.



Mit dem so genannten **Wirkungsgrad  $\eta$**  gibt man an, wie groß der Anteil der nutzbaren Energie  $E_{\text{genutzt}}$  an der insgesamt aufgewandten Energie  $E_{\text{aufgewandt}}$  ist.

$$\text{Wirkungsgrad } \eta = \frac{E_{\text{genutzt}}}{E_{\text{aufgewandt}}} \quad (\text{oder auch } \text{Wirkungsgrad } \eta = \frac{P_{\text{genutzt}}}{P_{\text{aufgewandt}}})$$

Bei der Glühlampe ist die genutzt Energie die Strahlungsenergie und die aufgewandte Energie die „hineingesteckte“ elektrische Energie.

Der Wirkungsgrad einer durchschnittlichen Glühlampe beträgt nur etwa  $\eta \approx 7\%$ .

Für eine  $100\text{W}$ -Glühlampe bedeutet das:

Pro Sekunde wird die elektrische Energie  $E_{\text{el}}$  aufgewandt:  $E_{\text{el}} = E_{\text{auf}} = 100 \text{ Ws} = 100 \text{ J}$

Pro Sekunde gibt die Lampe die Lichtenergie  $E_{\text{Licht}}$  ab:  $E_{\text{Licht}} = E_{\text{genutzt}} = 7\% \cdot 100\text{J} = 7,0 \text{ J}$

Pro Sekunde „vergeudet“ die Lampe die Energie  $E_{\text{vergeudet}}$ :  $E_{\text{vergeudet}} = E_{\text{Wärme}} = 93 \text{ J}$

Der Wirkungsgrad von Geräten kann sehr unterschiedlich sein:

Z.B. beträgt der Wirkungsgrad eines Dieselmotors  $35\%$  bis  $45\%$ , der eines Benzinmotors nur  $25\%$  bis  $35\%$ . Ein Elektromotor hat dagegen einen Wirkungsgrad von  $95\%$  bis  $99\%$ .

### Aufgabe

Ein Elektromotor (mit der Aufschrift  $230\text{V} / 1200\text{W}$ ) soll eine Last der Masse  $50 \text{ kg}$  eine Höhe von  $12 \text{ Metern}$  hochziehen.

- Was bedeutet die Aufschrift?
- Welche mechanische Arbeit muss der Elektromotor zum Heben der Last verrichten?
- Welche elektrische Arbeit wird zum Heben der Last benötigt, wenn der Wirkungsgrad der Vorrichtung zum Hochziehen  $90\%$  beträgt?
- In welcher Zeit kann der Elektromotor die Last hochziehen?

## Typische Leistungen von Menschen und Maschinen:

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

Mensch		Maschine	
Spaziergehen	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.
  - a) Wie lange dauert das mindestens?
  - b) Wie lange dauert das, wenn man den Wirkungsgrad der Pumpe ( $\eta = 80\%$ ) kennt?
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
- 3a) 3,3 min    3b) 4,1 min
4. 115 Millionen Liter pro Stunde
5. 11 kW

## Lösungen zum Aufgabenblatt „Leistung P und Wirkungsgrad $\eta$ “ :

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

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

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

$$3b) \quad E_{pot} = E_{genutzt} = 8000\text{ kg} \cdot 9,8 \frac{N}{kg} \cdot 5,0m = 392\text{ kJ}$$

$$\eta = \frac{E_{genutzt}}{E_{aufgewandt}} \Rightarrow E_{aufgewandt} = \frac{E_{genutzt}}{\eta} = \frac{392\text{ kJ}}{80\%} = \frac{392000\text{ J}}{0,80} = 490\text{ kJ}$$

$$t = \frac{E_{aufgewandt}}{P} = \frac{490\text{ kJ}}{2000W} = 245 \frac{J}{\frac{J}{s}} = 245s \approx 4,1\text{ min}$$

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

ges.: Wasserverbrauch pro Stunde

genutzte Energie pro Stunde:  $E_{genutzt} = P \cdot 1h = 220 \cdot 10^6 W \cdot 3600s = 7,92 \cdot 10^{11} J$

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

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

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

Die erforderliche elektrische Leistung der Pumpe beträgt daher

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