

Der Wirkungsgrad

Aufgabe 1

Für die Erwärmung eines Wasserbades auf eine bestimmte Temperatur werden 845 000 J Nutzenergie benötigt. Der verwendete Erdgasbrenner arbeitet jedoch nicht verlustfrei und benötigt daher eine zugeführte Energiemenge von 1 300 000 J. Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Gasbrenners.

Lösung:

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}}$$

$$\eta = \frac{845\,000\,J}{1\,300\,000\,J} = 0,65$$

Aufgabe 2

Während der Beschleunigungsphase verbrennt der Motor eines PKW Benzin mit einem Energiegehalt von 2 000 000 J. Am Ende der Beschleunigung ist die kinetische Bewegungsenergie des Fahrzeugs um 540 000 J gestiegen.

Mit welchem Wirkungsgrad arbeitet das Fahrzeug in dieser Phase?

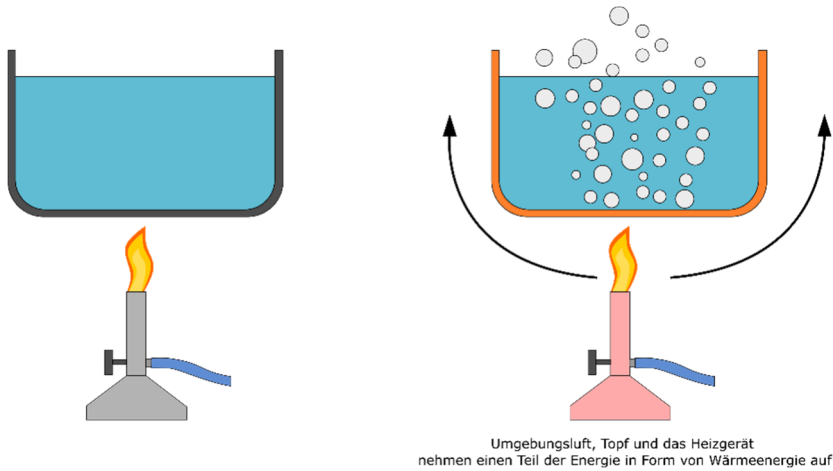
Lösung:

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}}$$

$$\eta = \frac{540\,000\,J}{2\,000\,000\,J} = 0,27$$

Aufgabe 3

Ein Gasbrenner mit einem Wirkungsgrad von 0,6 setzt durch die Verbrennung von Erdgas eine Energie von 800.000 J frei. Berechnen Sie die Energiemenge, die zur Erwärmung eines Wasserbades nutzbar zur Verfügung steht.



Lösung:

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}}$$

umstellen nach W_{ab}

$$W_{ab} = \eta * W_{zu}$$

$$W_{ab} = 0,6 * 800\,000\,J = 480\,000\,J$$

Aufgabe 4

Ein Werkstück befindet sich auf dem Boden und soll mit einem Elektrokran auf eine bestimmte Höhe angehoben werden. Hierfür entnimmt der Elektrokran dem Stromnetz eine Energie von 20.000 J.

Nach dem Hebevorgang besitzt das Werkstück eine potenzielle Energie von 14.000 J.

Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Elektrokrans.

Lösung:

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}}$$

$$\eta = \frac{14\,000\,J}{20\,000\,J} = 0,7$$

Aufgabe 5

Ein Werkstück befindet sich auf dem Hallenboden und wird mithilfe eines Elektrokran angehoben.

Nach dem Hebevorgang besitzt das Werkstück eine potenzielle Energie von 16 250 J. Der Elektrokran arbeitet dabei mit einem Wirkungsgrad von 65 Prozent.

Berechnen Sie die Energie, die der Elektrokran während des Hebevorgangs aus dem Stromnetz aufnimmt.

Lösung:

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}} \quad \text{umstellen nach } W_{zu}$$

$$W_{zu} = \frac{W_{ab}}{\eta}$$

$$W_{zu} = \frac{16\,250\,J}{0,65} = 25\,000\,J$$

Aufgabe 6

Ein Fahrzeug wird aus dem Stillstand beschleunigt und erreicht dabei eine kinetische Energie von 120.000 J. Die dafür benötigte Energie wird durch die Verbrennung von Benzin bereitgestellt. Dabei werden 500.000 J chemische Energie aus dem Kraftstoff freigesetzt.

Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Fahrzeugantriebs.

Lösung:

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}}$$

$$\eta = \frac{120\,000\,J}{500\,000\,J} = 0,24$$

Aufgabe 7

Eine elektrische Maschine wandelt zugeführte elektrische Energie in mechanische Arbeit um. Aufgrund von Verlusten gehen dabei 32 Prozent der zugeführten Energie verloren.

1. Ermitteln Sie den Wirkungsgrad der Maschine
2. Berechnen Sie die erforderliche Energiezufuhr der Maschine, wenn sie bei einem Arbeitsvorgang eine nutzbare Arbeit von 88 400 J abgibt.

Lösung:

a) $\eta = 1 - \text{Verluste} = 1 - 0,32 = 0,68$

b)

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}} \quad \text{umstellen nach } W_{zu}$$

$$W_{zu} = \frac{W_{ab}}{\eta}$$

$$W_{zu} = \frac{88\,400\,J}{0,68} = 130\,000\,J$$

Aufgabe 8

Ein Elektrokran hebt ein Werkstück mit einer mechanischen Leistung von 12,4 kW an. Dafür nimmt der Elektrokran aus dem Stromnetz eine elektrische Leistung von 17 kW auf. Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Elektrokrans.

Lösung:

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

$$\eta = \frac{12,4 \text{ kW}}{17 \text{ kW}} = 0,73$$

Aufgabe 9

Ein Pkw wandelt die im Kraftstoff enthaltene chemische Energie in mechanische Leistung zur Fortbewegung um. Während eines Beschleunigungsvorgangs setzt der Motor durch die Verbrennung von Benzin eine Leistung von 85 kW um. An den Antriebsrädern steht davon eine mechanische Leistung von 25 kW zur Verfügung.

Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Pkw-Antriebs.

Lösung:

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

$$\eta = \frac{25 \text{ kW}}{85 \text{ kW}} = 0,29$$

Aufgabe 10

Ein PKW setzt durch die Verbrennung von Kraftstoff eine Energie von 600.000 Joule frei. Durch Wärme, Reibung und Abgase gehen 78 Prozent der Energie verloren. Berechnen Sie die Energie, die als Bewegungsenergie genutzt werden kann.

Lösung:

$$\eta = 1 - 0,78 = 0,22$$

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}} \quad \text{umstellen nach } W_{ab}$$

$$W_{ab} = \eta * W_{zu}$$

$$W_{ab} = 0,22 * 600\,000\,J = 132\,000\,J$$

Aufgabe 11

Ein Elektromotor wandelt elektrische Energie in mechanische Energie um. An der Motorwelle steht eine mechanische Leistung von 12 kW zur Verfügung. Der Wirkungsgrad des Elektromotors beträgt 80 Prozent.

Berechnen Sie die elektrische Leistung, die der Elektromotor aufnimmt.

Lösung:

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \quad \text{umstellen nach } P_{zu}$$

$$P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta}$$

$$P_{zu} = \frac{12 \text{ kW}}{0,8} = 15 \text{ kW}$$

Aufgabe 12

Eine Windkraftanlage entnimmt dem Wind eine Leistung von 2,5 MW. Der Wirkungsgrad der Anlage beträgt 38 Prozent. Berechnen Sie die elektrische Leistung, die der Generator an das Stromnetz abgibt.

Lösung:

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \quad \text{umstellen nach } P_{ab}$$

$$P_{ab} = \eta * P_{zu}$$

$$P_{ab} = 0,38 * 2,5 \text{ MW} = 0,95 \text{ MW}$$

Aufgabe 13

Eine Photovoltaikanlage erhält eine Sonnenleistung von 5000 W. Sie erzeugt daraus eine elektrische Leistung von 1000 W. Berechnen Sie den Wirkungsgrad der Anlage.

Lösung:

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

$$\eta = \frac{1\,000}{5\,000} = 0,2$$

Aufgabe 14

Ein Wasserkocher nimmt eine elektrische Energie von 200.000 J auf. Davon werden 160.000 J genutzt, um das Wasser zu erwärmen. Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Wasserkochers.

Lösung:

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}}$$

$$\eta = \frac{160\,000}{200\,000} = 0,8$$

Aufgabe 15

Ein elektrisches Hebezeug hebt ein 250 kg schweres Werkstück um 7 Meter an. Der Gesamtwirkungsgrad des Hebezeugs beträgt 0,69. Berechnen Sie die elektrische Energie, die das Hebezeug während dieses Vorgangs aus dem Stromnetz aufnimmt.

Lösung:

$$W_{ab} = m * g * h$$

$$W_{ab} = 250 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} * 7 \text{ m}$$

$$W_{ab} = 17\,167,5 \text{ J}$$

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}} \quad \text{umstellen nach } W_{zu}$$

$$W_{zu} = \frac{W_{ab}}{\eta}$$

$$W_{zu} = \frac{17\,167,5 \text{ J}}{0,69}$$

$$W_{zu} = 24\,880,43 \text{ J}$$

Aufgabe 16

Ein elektrisches Hebezeug hebt ein Werkstück mit einer Masse von 290 kg an. Für diesen Vorgang nimmt das Hebezeug eine elektrische Energie von 30 000 J aus dem Stromnetz auf. Der Gesamtwirkungsgrad des Hebezeugs beträgt 72 Prozent.

Berechnen Sie die maximale Höhe, auf die das Werkstück angehoben werden kann.

Lösung:

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}} \quad \text{umstellen nach } W_{ab}$$

$$W_{ab} = \eta * W_{zu}$$

$$W_{ab} = 0,72 * 30\,000\,J$$

$$W_{ab} = 21\,600\,J$$

$$E_{pot} = m * g * h$$

$$W_{ab} = m * g * h \quad \text{umstellen nach } h$$

$$h = \frac{W_{ab}}{m * g}$$

$$h = \frac{21\,600\,J}{290 * 9,81 \frac{N}{kg}}$$

$$h = 7,59\,m$$

Aufgabe 17

Ein elektrisches Hebezeug hebt ein Werkstück mit einer Masse von 70 kg vom Hallenboden auf eine Höhe von 5 m. Der Hebevorgang dauert 8 s. Der Gesamtwirkungsgrad des Hebezeugs beträgt 73 %.

Berechnen Sie die elektrische Leistung, die das Hebezeug während des Hebevorgangs aus dem Stromnetz aufnimmt.

Lösung:

Berechnung der abgegebenen mechanischen Leistung:

$$P_{ab} = \frac{m * g * h}{t}$$

$$P_{ab} = \frac{70 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} * 5 \text{ m}}{8 \text{ s}}$$

$$P_{ab} = 429,1875 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \quad \text{umstellen nach } P_{zu}$$

$$P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta}$$

$$P_{zu} = \frac{429,1875 \text{ W}}{0,73}$$

$$P_{zu} = 587,93 \text{ W}$$

Aufgabe 18

Ein Propangasofen wird eingesetzt, um 120 kg Kupfer von 30 °C auf 670 °C zu erwärmen. Der Gesamtwirkungsgrad des Ofens beträgt 62 %. Berechnen Sie das Volumen an Propangas in Litern, das dem Ofen zugeführt werden muss, um die erforderliche Wärmemenge bereitzustellen.

Lösung:

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

$$Q = 120 \text{ kg} * 0,39 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} * 640 \text{ K}$$

$$Q = 29\,952 \text{ kJ}$$

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}} \quad \text{umstellen nach } W_{zu}$$

$$W_{zu} = \frac{W_{ab}}{\eta}$$

$$W_{zu} = \frac{29\,952 \text{ kJ}}{0,62}$$

$$W_{zu} = 48\,309,68 \text{ kJ}$$

$$Q = V * H_i$$

$$V = \frac{Q}{H_i}$$

$$V = \frac{48\,309,68 \text{ kJ}}{93\,000 \text{ kJ}}$$

$$V = 0,52 \text{ m}^3$$

$$V = 520 \text{ l}$$

Aufgabe 19

Ein elektrischer Wasserkocher erwärmt 1,3 Liter Wasser innerhalb von 4,2 Minuten von einer Anfangstemperatur von 24 °C auf eine Endtemperatur von 100 °C.

Der Wasserkocher weist aufgrund von Wärmeverlusten einen Wirkungsgrad von 78 % auf und wird an einer Wechselspannung von 230 Volt betrieben.

Der Wirkleistungsfaktor beträgt $\cos \varphi = 1$. Berechnen Sie die durchschnittliche Stromaufnahme, die der Wasserkocher während des Erwärmvorgangs aus dem Stromnetz aufnimmt.

Lösung:

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

$$Q = 1,3 \text{ kg} * 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} * 76 \text{ K}$$

$$Q = 412,984 \text{ kJ} = 412\,984 \text{ J}$$

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

$$P = \frac{412\,984 \text{ J}}{252 \text{ s}}$$

$$P = 1\,638,83 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \quad \text{umstellen nach } P_{zu}$$

$$P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta}$$

$$P_{zu} = \frac{1\,638,83 \text{ W}}{0,78}$$

$$P_{zu} = 2\,101,06 \text{ W}$$

$$P = U * I * \cos \varphi$$

$$I = \frac{P}{U * \cos \varphi}$$

$$I = \frac{2101,06 \text{ W}}{230 \text{ V} * 1}$$

$$I = 9,14 \text{ A}$$

Aufgabe 20

Ein Pkw verbraucht während einer gleichmäßigen Fahrt über einen Zeitraum von 50 Minuten insgesamt 7,4 Liter Benzin.

Zur Überwindung der Fahrwiderstände, Rollreibung und Luftwiderstand, muss der Pkw eine durchschnittliche Kraft von 900 N aufbringen. Der Pkw legt während dieser Zeit eine Strecke von 80 km zurück.

Berechnen Sie:

- Die durchschnittliche Leistung, die dem Pkw durch die Verbrennung des Benzins zugeführt wird.
- Die durchschnittliche mechanische Leistung, die der PKW zur Überwindung der Fahrwiderstände auf die Straße überträgt.
- Den Wirkungsgrad des Pkw.

Lösung:

- Die Energiemenge von 7,4 l Benzin berechnen wir wie folgt:

$$m = V * \rho$$

$$m = 7,4 \text{ dm}^3 * 0,8 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$$

$$m = 5,92 \text{ kg}$$

Wir berechnen den Heizwert von 5,92 kg Benzin:

$$Q = m * H_i$$

$$Q = 5,92 \text{ kg} * 42\,000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q = 248\,640 \text{ kJ}$$

Wir berechnen die zugeführte Leistung:

$$P_{zu} = \frac{W_{zu}}{t}$$

$$P_{zu} = \frac{248\,640 \text{ kJ}}{50 \text{ min}} = \frac{248\,640 \text{ kJ}}{3\,000 \text{ s}} = 82,88 \text{ kW}$$

- $W_{ab} = F * s$

$$W_{ab} = 900 \text{ N} * 80\,000 \text{ m}$$

$$W_{ab} = 72\,000\,000\,N * m = 72\,000\,000\,J = 72\,000\,kJ$$

Wir berechnen die abgegebene Leistung:

$$P_{ab} = \frac{W_{ab}}{t}$$

$$P_{ab} = \frac{72\,000\,kJ}{3\,000\,s}$$

$$P_{ab} = 24\,kW$$

$$c) \quad \eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

$$\eta = \frac{24\,kW}{82,88\,kW}$$

$$\eta = 0,29$$

Mehrere Wirkungsgrade

Aufgabe 21

In einem Wasserkraftwerk wird die Energie des Wassers über mehrere Bauteile in elektrische Energie umgewandelt. Das Wasser treibt zunächst eine Turbine an. Die Turbine besitzt einen Wirkungsgrad von $\eta_1 = 85$ Prozent. Die Turbine treibt einen Generator an, der die mechanische Energie in elektrische Energie umwandelt. Der Wirkungsgrad des Generators beträgt $\eta_2 = 92$ Prozent. Anschließend wird die elektrische Spannung durch einen Transformator für die Einspeisung ins Stromnetz erhöht. Der Transformator besitzt einen Wirkungsgrad von $\eta_3 = 97$ Prozent.

Berechnen Sie den Gesamtwirkungsgrad der gesamten Energieumwandlungskette.

Lösung:

$$\eta_{ges} = \eta_1 + \eta_2 + \eta_3$$

$$\eta_{ges} = 0,85 * 0,92 * 0,97$$

$$\eta_{ges} = 0,76$$

Aufgabe 22

In einem Produktionsbetrieb wird ein Förderband durch einen Elektromotor angetrieben. Der Elektromotor nimmt aus dem Stromnetz eine elektrische Energie von 250 kWh auf. Die Energie wird über mehrere Bauteile übertragen:

- Der Elektromotor wandelt die elektrische Energie in mechanische Energie um, sein Wirkungsgrad beträgt 88 Prozent.
- Die mechanische Energie wird über ein Getriebe auf das Förderband übertragen. Das Getriebe besitzt einen Wirkungsgrad von 94 Prozent.
- Die Übertragung der mechanischen Energie auf die Nutzlast erfolgt mit einem Wirkungsgrad von 90%.

Berechnen Sie, welche nutzbare mechanische Energie am Ende der Energieumwandlungskette zur Verfügung steht.

Lösung:

Wir berechnen den gesamten Wirkungsgrad:

$$\eta_{ges} = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3$$

$$\eta_{ges} = 0,88 * 0,94 * 0,90$$

$$\eta_{ges} = 0,74$$

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}} \quad \text{umstellen nach } W_{ab}$$

$$W_{ab} = \eta * W_{zu}$$

$$W_{ab} = 0,74 * 250 \text{ kWh}$$

$$W_{ab} = 185 \text{ kWh}$$

Am Ende der Energieumwandlungskette stehen dem Förderband etwa 185 kWh nutzbare mechanische Energie zur Verfügung.

Aufgabe 23

In einer Industrieanlage wird eine Wasserpumpe durch einen Elektromotor angetrieben. Die Energie wird über mehrere Bauteile übertragen.

- Der Elektromotor besitzt einen Wirkungsgrad von 90 %.
- Das Getriebe besitzt einen Wirkungsgrad von 95 %.
- Die Wasserpumpe wandelt die mechanische Energie mit einem Wirkungsgrad von 80 % in hydraulische Energie um.

Am Ende der Energieumwandlungskette werden 684 kWh nutzbare hydraulische Energie auf das Wasser übertragen.

Berechnen Sie, welche elektrische Energie der Elektromotor aus dem Stromnetz aufnehmen musste.

Lösung:

Wir berechnen den gesamten Wirkungsgrad:

$$\eta_{ges} = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3$$

$$\eta_{ges} = 0,90 * 0,95 * 0,80$$

$$\eta_{ges} = 0,684$$

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}} \quad \text{umstellen nach } W_{zu}$$

$$W_{zu} = \frac{W_{ab}}{\eta}$$

$$W_{zu} = \frac{684 \text{ kWh}}{0,684}$$

$$W_{zu} = 1\,000 \text{ kWh}$$