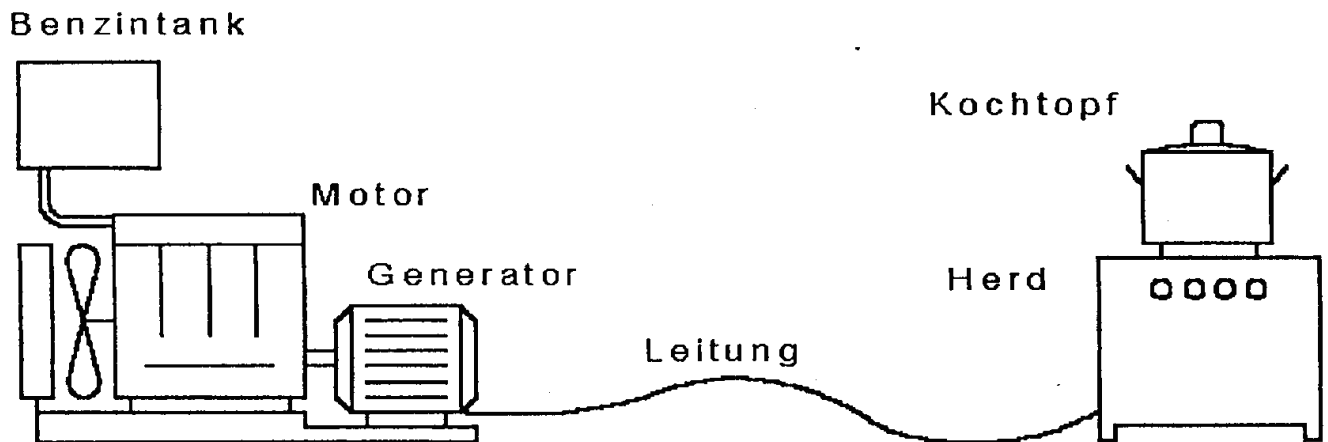


Stromerzeuger (Stromaggregat)

Ein Verein plant ein Fest in einer Waldhütte ohne Anschluss an die öffentliche Stromversorgung. Die Energie für den Elektroherd und andere Verbraucher liefert ein Stromerzeuger. Dieser besteht aus einem Verbrennungsmotor, der einen Generator antreibt.



Daten: Motorwirkungsgrad $\eta_M = 35\%$
 Generatorwirkungsgrad $\eta_G = 95\%$
 Verluste in der Leitung Stromerzeuger – Herd: 5%
 Abwärmeverluste beim Kochen: 20%
 Maximale Motorleistung $P_M = 5 \text{ kW}$
 Anschlussleistung aller Elektroherdplatten $P_E = 3,5 \text{ kW}$

Teilaufgaben:	Punkte
1. Skizzieren Sie das Blockschaltbild dieser Energiekette, und tragen Sie die jeweiligen Energieformen ein.	2,0
2. Berechnen Sie die maximale elektrische Leistung, die am Ende der Leitung zur Verfügung steht.	1,5
3. Wie hoch ist der Benzinverbrauch in Liter je Stunde bei maximaler Leistung? (Dichte $\rho = 0,73 \text{ kg/dm}^3$; Heizwert: $H = 43 \text{ MJ/kg}$)	3,0
4. In der Hütte soll auf allen Elektroherdplatten in Kochtöpfen Wasser für Maultaschen erhitzt werden.	3,0

Welche Zeit in Minuten wird benötigt, um 30 Liter Wasser bei höchster Heizstufe aller Kochplatten von 20°C auf 100°C zu erhitzen?

Leistungsfähigere Stromerzeuger, die als Notstromaggregate z.B. in Krankenhäusern installiert sind, werden von Dieselmotoren angetrieben. Ein für diesen Zweck eingesetzter Dieselmotor hat folgende Daten :

- 4 Zylinder
- Gesamthubraum 2000 cm^3
- Verdichtungsverhältnis 20 : 1

5. Im ersten Arbeitstakt wird Luft mit einer Temperatur von 30°C bei einem Ansaugdruck von $0,8 \text{ bar}$ durch den niedergehenden Kolben in einen Zylinder eingesaugt (Zustand 1). 3,0

Berechnen Sie die Masse der Luft, die dabei je Hub in einen Zylinder einströmt.

6. Die angesaugte Luft wird durch den Kolben im zweiten Arbeitstakt extrem schnell verdichtet.

- 6.1 Welche Art der Zustandsänderung findet dabei statt ? Begründen Sie Ihre Antwort. 2,0

- 6.2 Berechnen Sie die Zustandsgrößen p_2 und T_2 der Luft nach der Verdichtung (Zustand 2). 4,0

7. Gehen sie für die weitere Berechnung von folgenden Werten aus: $T_2 = 1000 \text{ K}$, $p_2 = 50 \text{ bar}$. 2,0
 Nach der Verdichtung wird der Dieselmotorkraftstoff eingespritzt und verbrennt dabei isobar (Gleichdruckverbrennung; Zustand 3). Dabei vergrößert sich das Volumen durch den zurück gehenden Kolben auf das 3fache von V_2 .

Welche Temperatur T_3 herrscht danach im Verbrennungsraum?

8. Skizzieren Sie das p-V-Diagramm für diese beiden Zustandsänderungen, und machen Sie darin die zur Verdichtung benötigte mechanische Arbeit und die beim Verbrennungstakt abgegebene mechanische Arbeit kenntlich. 2,0

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

22,5

Anlage: Formelsammlung Energietechnik für Technisches Gymnasium

Lösungsvorschlag

Teilaufgaben:	Punkte
1. Tank / chem. Energie – Motor / Wärme- in Bewegungsenergie – Generator / elektr. Energie – Herd / Wärmeenergie	2,0
2. $P_{\text{Hzu}} = P_{\text{M}} \cdot \eta_{\text{G}} \cdot \eta_{\text{L}} = 5 \text{ kW} \cdot 0,95 \cdot 0,95 = 4,5 \text{ kW}$	1,5
3. Alle Berechnungen sind auf 1 Stunde bezogen:	3,0
$P_{\text{M}} = \frac{W_{\text{M}}}{t} \rightarrow W_{\text{M}} = P_{\text{M}} \cdot t = 5 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} = 5 \text{ kWh}$ $= 5 \text{ kW} \cdot 3600 \text{ s} = 18 \text{ MJ}$ $\eta_{\text{M}} = \frac{W_{\text{M}}}{Q_{\text{zu}}} \rightarrow Q_{\text{zu}} = \frac{W_{\text{M}}}{\eta} = \frac{18 \text{ MJ}}{35\%} = 51,4 \text{ MJ}$ $Q_{\text{zu}} = m \cdot H_{\text{u}} \rightarrow m = \frac{Q_{\text{zu}}}{H_{\text{u}}} = \frac{51,4 \text{ MJ}}{43 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}} = 1,196 \text{ kg}$ $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{1,196 \text{ kg}}{0,73 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}} = 1,64 \text{ l}$	

Der Benzinverbrauch beträgt 1,64 l je Stunde

4.	$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m_{\text{H}_2\text{O}} = V \cdot \rho = 30 \text{ l} \cdot 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 30 \text{ kg}$ $Q_{\text{zu}} = m \cdot \Delta T \cdot c = 30 \text{ kg} \cdot (100 - 20) \text{ }^\circ\text{C} \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$ $= 10032 \text{ kJ}$ $\eta_{\text{Koch}} = \frac{P_{\text{Koch}}}{P_{\text{E}}} \rightarrow$ $P_{\text{Koch}} = P_{\text{E}} \cdot \eta_{\text{Koch}} = 3,5 \text{ kW} \cdot (1 - 20\%) = 2,8 \text{ kW}$ $P_{\text{Koch}} = \frac{Q_{\text{zu}}}{t} \rightarrow$ $t = \frac{Q_{\text{zu}}}{P_{\text{Koch}}} = \frac{10032 \text{ kJ}}{2,8 \text{ kW}} = 3583 \text{ s} = 59,7 \text{ min}$	3,0
----	--	-----

Man braucht fast eine Stunde, um das Wasser auf 100°C zu erhitzen.

5. Hubraum je Zylinder V_h aus Motorhubraum V_H 3,0

$$V_h = \frac{V_H}{z} = \frac{2000 \text{ cm}^3}{4} = 500 \text{ cm}^3$$

$$p_1 \cdot V_1 = m \cdot T_1 \cdot R_i \rightarrow m = \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1 \cdot R_i} = \frac{0,8 \text{ bar} \cdot 500 \text{ cm}^3 \cdot \text{kg K}}{(273+30) \text{ K} \cdot 0,287 \text{ kJ}} = 0,46 \text{ g}$$

- 6.1 Es handelt sich um eine adiabate Zustandsänderung, weil keine Zeit zum Wärmeaustausch mit der Umgebung bleibt. 2,0

6.2 $\frac{T_1}{T_2} = \left[\frac{V_2}{V_1} \right]^{\kappa-1} \rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left[\frac{V_1}{V_2} \right]^{\kappa-1} = (273+20) \text{ K} \cdot \left[\frac{20}{1} \right]^{1,4-1} = 1004 \text{ K}$ 4,0

$$\left[\frac{p_1}{p_2} \right]^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left[\frac{V_2}{V_1} \right]^{\kappa-1} \rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left[\frac{V_1}{V_2} \right]^{\kappa} = 0,8 \text{ bar} \cdot \left[\frac{20}{1} \right]^{1,4} = 53 \text{ bar}$$

7. $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \rightarrow T_3 = T_2 \cdot \frac{V_3}{V_2} = 1000 \text{ K} \cdot 3 = 3000 \text{ K} = 2727 \text{ }^\circ\text{C}$ 2,0

8. 2,0

