

**A1** a)  $\eta = \frac{932\text{K} - 363\text{K}}{923\text{K}} = 0,61 = 61\%$

b)

- niedrige Temperatur senken: Zähler wird größer, Nenner bleibt  $\Rightarrow \eta$  wächst
- hohe Temperatur erhöhen: Zähler wird größer, Nenner wird größer  $\Rightarrow$  Beispiele zeigen, dass  $\eta$  wächst:

Rechnung: Annahme  $\frac{T_2 + \Delta T - T_1}{T_2 + \Delta T} > \frac{T_2 - T_1}{T_2}$

$$\Leftrightarrow T_2^2 + T_2 \cdot \Delta T - T_1 \cdot T_2 > T_2^2 + T_2 \cdot \Delta T - T_1 \cdot T_2 - T_1 \cdot \Delta T$$

$$\Leftrightarrow 0 > -T_1 \cdot \Delta T$$

$T_1$  und  $\Delta T$  sind positiv, damit ist die letzte Aussage wahr und die Annahme ist richtig.

- Differenz beibehalten, untere Temperatur senken:  
Zähler bleibt gleich, Nenner wird kleiner  $\Rightarrow \eta$  wächst.
- Differenz beibehalten, obere Temperatur steigern:  
Zähler bleibt, Nenner wächst  $\Rightarrow \eta$  nimmt ab.

c) Es ist  $\eta = E_{\text{Nutz}}/E_{\text{zu}}$ , dabei ist  $E_{\text{zu}}$  die der Maschine zugeführte Energie und  $E_{\text{Nutz}}$  die für den jeweiligen Zweck gewünschte.

$E_{\text{Nutz}}$  wird einem Reservoir mit der Temperatur  $T_2$  entnommen und  $E_{\text{Verlust}}$  einem Reservoir mit der niedrigeren Temperatur  $T_1$  zugeführt.

**A2** a) A  $\rightarrow$  B: Das Volumen wird verkleinert, Energie wird zugeführt.

B  $\rightarrow$  C: Der Druck wird erhöht, Energie wird zugeführt.

C  $\rightarrow$  D: Das Gas dehnt sich aus, es verrichtet Arbeit, Energie wird abgeführt.

D  $\rightarrow$  A: Der Druck wird erniedrigt, Energie wird abgeführt.

b) Die Fläche beschreibt die vom Gas verrichtete Arbeit bzw. die abgegebene Energie. Ihr Betrag ist  $A = 0,0002\text{m}^3 \cdot 10^5\text{Pa} = 20\text{J}$

c) Der Wirkungsgrad kann durch Vergleich von Flächen ermittelt werden.

Nutzenergie = Fläche ABCD, aufgewandte Energie: Rechteck zwischen CD und V-Achse.

Dies ergibt  $\eta = 0,5 = 50\%$ .

**A3** a) Es gilt:  $\Delta E_{\text{therm}} = c_{\text{Wasser}} \cdot m_{\text{Wasser}} \cdot \Delta T \Rightarrow m_{\text{Wasser}} = \frac{\Delta E_{\text{therm}}}{c_{\text{Wasser}} \cdot \Delta T}$

$$m_{\text{Wasser}} = \frac{600 \cdot 10^6\text{J}}{4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 4\text{K}} = 3,6 \cdot 10^4\text{kg} = 36\text{t}$$

Pro Sekunde müssen 36 t bzw.  $36\text{m}^3$  Kühlwasser strömen.

**A4**  **a)** Die Summe der abgeführten Energie muss gleich der zugeführten Energie sein, d. h., die Prozentzahlen an den Ausgangspfeilen müssen 100% ergeben:  
 $32\% + 9\% + 9,5\% + 49,5\% = 100\%$

Das Diagramm entspricht dem Energieerhaltungsprinzip.

**b)** Ein Swimmingpool stellt eine Steigerung des Wohnkomforts dar. Unabhängig von der Art der Energieversorgung wird für seine Heizung ein bestimmter Energiebetrag benötigt. Möglicherweise sind bei der vorliegenden Art der Energieversorgung die Kosten dafür vergleichsweise gering.

Ein physikalisches Argument ergibt sich aus folgender Überlegung: Der Swimmingpool (sofern außen) ist dann in Betrieb, wenn die Heizung des Hauses weniger benötigt wird. Der Betrieb des Swimmingpools würde also zu einer gleichmäßigeren Energieabnahme führen. Der Swimmingpool würde im Sommer wie die Heizung im Winter Kühlfunktion für das Kraftwerk übernehmen. Im Sommer müsste das sonst anderweitig geschehen.

**A5**  **a)**  $\eta = \frac{853\text{ K} - 293\text{ K}}{853\text{ K}} = 0,66 = 66\%$

Als Umgebungstemperatur wurden  $20^\circ\text{C}$  angenommen.

**b)**  $\eta = \frac{853\text{ K} - 373\text{ K}}{853\text{ K}} = 0,56 = 56\%$

Man will die „Verlustenergie“ für Heizzwecke nutzen, d. h., als Nutzenergie betrachten, sodass insgesamt evtl. ein höherer Wirkungsgrad herauskommt.

**A6**  Der Gesamtwirkungsgrad kann nicht größer sein als der des Kraftwerkes. Rechnerisch ergibt sich:  $\eta = 0,45 \cdot 0,9 = 0,41$

**A7**  Beim Wirkungsgrad von 36% muss die Leistung  $320 \cdot 100/36 \text{ MW} = 889 \text{ MW}$  zugeführt werden. Es gilt:  $1 \text{ MW} = 1 \text{ MJ/s}$ .

In einer Stunde muss also die Energie  $889 \text{ MJ/s} \cdot 3600 \text{ s} = 3200400 \text{ MJ}$  zugeführt werden. Dafür sind  $(3200400/21) \text{ kg} \approx 152000 \text{ kg}$  Braunkohle bzw.  $(3200400/41) \text{ kg} \approx 78000 \text{ kg}$  Öl bzw.  $(3200400/38) \text{ kg} \approx 84000 \text{ kg}$  Erdgas erforderlich.

**A8**  **a)** Energienutzung verbraucht Ressourcen (Kohle, Öl, Gas) und erzeugt Schadstoffe, die in die Umwelt eintreten.

**b)** Das macht nur Sinn, wenn der Gesamtwirkungsgrad der Kette Kraftwerk-Auto größer ist als der Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors alleine oder wenn die elektrische Energie aus regenerativen Energien (Sonne, Wind, Wasser) bereitgestellt wird.