

## Aufgaben 11            Wärme Entropieleitung und -erzeugung, Wärmemotoren, Wirkungsgrad

### Lernziele

- wissen und verstehen, dass bei der Entropieleitung durch einen Wärmewiderstand Entropie erzeugt wird.
- die Entropieerzeugungsrate bei einem einfacheren Entropieleitungsvorgang bestimmen können.
- wissen und verstehen, wie ein Wärmemotor grundsätzlich funktioniert.
- Beispiele von Wärmemotoren und deren Entropiequellen kennen.
- den Energieumladevorgang in einem Wärmemotor verstehen.
- wissen und verstehen, dass Energieverluste typischerweise auf Entropieerzeugung beruhen.
- den Unterschied zwischen idealen und realen Energieumladern kennen und verstehen.
- wissen und verstehen, wie der Wirkungsgrad eines Energieumladers definiert ist.
- die Grösse Dissipationsrate kennen, verstehen und bestimmen können.

### Aufgaben

- 11.1    Studieren Sie im Buch KPK 2 die folgenden Abschnitte:
- 1.11 Entropieerzeugung durch Entropieströme (Seiten 19 und 20)
  - 1.12 Wärmemotoren (Seiten 20 und 21)
  - 1.13 Entropiequellen für Wärmemotoren (Seiten 21 und 22)
  - 1.14 Energieverlust und Wirkungsgrad (Seiten 23 und 24)
  - 1.15 Der Wirkungsgrad von Heizungen (Seiten 24 und 25)
- 11.2    Bei der Wärmeleitung durch eine Wand wird in der Wand Entropie erzeugt (vgl. Unterricht).  
Drücken Sie die Rate  $\Pi_S$  der in der Wand erzeugten Entropie durch die Stromstärke  $I_W$  der durch die Wand fließenden Energie und die Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  ( $T_2 < T_1$ ) auf den Wandoberflächen aus.
- 11.3    Bei einem Gebäude ist im Winter die Innentemperatur  $T_1$  höher als die Aussentemperatur  $T_2$ . Dadurch fließt Wärme und Energie über die Gebäudehülle ab. Von einem Fenster in einer Gebäudewand kenne man die Fläche  $A$  und den Energiedurchgangskoeffizienten  $k$  („k-Wert“).  
Bestimmen Sie sowohl allgemein algebraisch, d.h. ausgedrückt durch die Platzhalter  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $A$  und  $k$ , als auch numerisch mit den konkreten Zahlenwerten  $\vartheta_1 = 27\text{ °C}$ ,  $\vartheta_2 = -3\text{ °C}$ ,  $A = 1.0\text{ m}^2$ ,  $k = 10\text{ W/(K}\cdot\text{m}^2)$  ...
- a)    ... die Stromstärke  $I_{S1}$  der Entropie, die vom Innenraum über das Fenster abfließt.
  - b)    ... die Rate  $\Pi_S$  der im Fenster erzeugten Entropie.
- 11.4    In einer zähen Flüssigkeit von  $47\text{ °C}$  steckt ein Rührwerk, das eine elektrische Leistung von  $80\text{ W}$  aufweist.  
Bestimmen Sie ...
- a)    ... die Dissipationsrate  $P_{\text{diss}}$ .
  - b)    ... die Entropieerzeugungsrate  $\Pi_S$ .
- 11.5    In einem Kernkraftwerk (KKW) wird die Energie, die bei den Kernspaltungen freigesetzt wird, dissipiert. Es wird also Entropie erzeugt. Die entsprechende Dissipationsrate beträgt beim KKW Gösgen  $3.0\text{ GW}$ . Die Entropie verlässt den Reaktor konvektiv mit Wasser der Temperatur  $325\text{ °C}$ . Im Kühlturm wird Entropie an die Umgebungsluft abgegeben. Die „Netto-Nennleistung“, d.h. die den Verbrauchern netto zugeführte Energie pro Zeiteinheit beträgt beim KKW Gösgen  $1.0\text{ GW}$  (vgl. Aufgabe 10.5).  
Bestimmen Sie ...
- a)    ... den realen Wirkungsgrad des KKW Gösgen.
  - b)    ... den idealen Wirkungsgrad, den das KKW Gösgen theoretisch höchstens haben könnte.

## Lösungen

11.1 ...  
Lösungen zu den Aufgaben siehe kopierte Blätter

$$11.2 \quad \Pi_S = \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) I_W$$

$$11.3 \quad \text{a)} \quad I_{S1} = k A \left( 1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = 10 \cdot 1.0 \cdot \left( 1 - \frac{270}{300} \right) \text{ Ct/s} = 1.0 \text{ Ct/s}$$

$$\text{b)} \quad \Pi_S = \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) k A (T_1 - T_2) = 0.1 \text{ Ct/s}$$

$$11.4 \quad \text{a)} \quad P_{\text{diss}} = 80 \text{ W}$$

$$\text{b)} \quad \Pi_S = 0.25 \text{ Ct/s}$$

$$11.5 \quad \text{a)} \quad \eta = \frac{P_{\text{el}}}{P_{\text{diss}}} = \frac{1.0 \text{ GW}}{3.0 \text{ GW}} = 0.33 = 33\%$$

$$\text{b)} \quad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \approx 1 - \frac{300 \text{ K}}{600 \text{ K}} = 50\%$$