

## Aufgaben 14      Thermodynamik Entropie und Energie, Wirkungsgrad

### Lernziele

- die Entropie als Energieträger verstehen.
- den Zusammenhang zwischen der Entropiestromstärke und der dazugehörigen Energiestromstärke kennen.
- den Unterschied zwischen einer Energiestromstärke und einer Prozessleistung kennen und verstehen.
- Systemdiagramme bzw. Energieflussbilder von einfacheren Energieumladern verstehen.
- einfachere Energieberechnungen ausführen können.
- wissen und verstehen, dass bei der Entropieleitung durch einen Wärmewiderstand Entropie erzeugt wird.
- die Entropieerzeugungsrate bei einem einfacheren Entropieleitungsvorgang bestimmen können.
- 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.
- wissen und verstehen, was eine Dissipationsrate ist.
- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse und Fähigkeiten erarbeiten können.
- einen neuen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.
- eine neue Problemstellung selbstständig bearbeiten können.

### Aufgaben

#### 14.1      Vorgängiges Selbststudium

- a)      Studieren Sie im Buch KPK 2 den folgenden Abschnitt:  
- 1.9 Die Entropie als Energieträger (Seiten 17 und 18, ohne Aufgaben)
- b)      Führen Sie in Moodle den [Test 14.1](#) durch.

14.2      Bei einem thermischen Kraftwerk gelangt ein Teil der (durch eine Verbrennung von Öl/Gas/Kohle oder durch einen Kernprozess) erzeugten Entropie als Abwärme an die Umwelt.

Der zur Abwärme gehörige Energiestrom hat die Stärke 1.50 GW. Die Temperatur der Umwelt beträgt 27 °C.

Bestimmen Sie die Stromstärke der Entropie, die von der Anlage an die Umwelt abgegeben wird.

14.3      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  $U$  („U-Wert“).

Bestimmen Sie sowohl allgemein algebraisch, d.h. ausgedrückt durch die Platzhalter  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $A$  und  $U$ , als auch numerisch mit den konkreten Zahlenwerten  $\vartheta_1 = 27$  °C,  $\vartheta_2 = -3.0$  °C,  $A = 2.0$  m<sup>2</sup>,  $U = 3.0$  W/(K·m<sup>2</sup>) ...

- a)      ... die Stromstärke  $I_w$  der Energie, die über das Fenster abfließt.
- b)      ... die Stromstärke  $I_{S1}$  der Entropie, die vom Innenraum über das Fenster abfließt.
- c)      ... die Rate  $\Pi_S$  der im Fenster erzeugten Entropie.

14.4      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 GW. Die Entropie verlässt den Reaktor konvektiv mit Wasser der Temperatur 325 °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 GW.

Bestimmen Sie ...

- a)      ... den realen Wirkungsgrad des KKW Gösgen.
- b)      ... den idealen Wirkungsgrad, den das KKW Gösgen theoretisch höchstens haben könnte.

14.5 In der Aufgabe 13.5 haben Sie mit Insight Maker ein systemdynamisches Modell für einen beheizten Raum erstellt. Das Modell soll nun mit dem Energiestrom erweitert werden, welcher dem abfließenden Entropiestrom zugeordnet werden kann.

Vorgaben/Hinweise:

- Nehmen Sie an, der Raum habe eine einzige Aussenwand und dass nur über diese Aussenwand Entropie und Energie abfließt.
- Über die Innenwände, den Boden und die Decke soll also keine Entropie und Energie abfließen.
- Ergänzen Sie das Modell aus der Aufgabe 13.5 mit der Energiestromstärke  $I_W$ , welche mit der Entropiestromstärke  $I_S$  verknüpft ist.
- Die Entropiestromstärke  $I_S$  soll nicht konstant sein, sondern von der Energiestromstärke  $I_W$  abhängen.
- Die Energiestromstärke  $I_W$  soll vom „U-Wert“ und vom Flächeninhalt  $A$  der Wand abhängig gemacht werden.
- Nehmen Sie an, dass die Aussentemperatur konstant ist.
- Die Parameterwerte sollen so gewählt werden, dass sich nach etwa einer Stunde Heizdauer eine vernünftige konstante Raumtemperatur einstellt.

14.6 Führen Sie in Moodle den [Test 14.2](#) durch.

## Lösungen

14.1 -

14.2  $I_W = T \cdot I_S$

$$\Rightarrow I_S = \frac{I_W}{T} = \frac{1.50 \text{ GW}}{300 \text{ K}} = 5.00 \text{ MCt/s}$$

14.3 a)  $I_W = U A (T_1 - T_2) = 3.0 \text{ W/(K}\cdot\text{m}^2) \cdot 2.0 \text{ m}^2 \cdot (300.15 \text{ K} - 270.15 \text{ K}) = 0.18 \text{ kW}$

b)  $I_W = T_1 \cdot I_{S1}$   
 $I_W = U A (T_1 - T_2)$

$$\Rightarrow I_{S1} = U A \frac{T_1 - T_2}{T_1} = U A \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = 3.0 \text{ W/(K}\cdot\text{m}^2) \cdot 2.0 \text{ m}^2 \cdot \left(1 - \frac{270.15 \text{ K}}{300.15 \text{ K}}\right) = 0.60 \text{ Ct/s}$$

c)  $I_{S1} + \Pi_S = I_{S2}$   
 $I_W = T_1 \cdot I_{S1}$   
 $I_W = T_2 \cdot I_{S2}$   
 $I_W = U A (T_1 - T_2)$

$$\Rightarrow \Pi_S = \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) U A (T_1 - T_2)$$

$$= \left(\frac{1}{270.15 \text{ K}} - \frac{1}{300.15 \text{ K}}\right) \cdot 3.0 \text{ W/(K}\cdot\text{m}^2) \cdot 2.0 \text{ m}^2 \cdot (300.15 \text{ K} - 270.15 \text{ K}) = 0.067 \text{ Ct/s}$$

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

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

14.5 Insight-Maker-Modell [Beheizter Raum \(mit Energie\)](#)

Parameterwerte:

$m = 25 \text{ kg}$  (Annahme:  $V \approx 25 \text{ m}^3$ ,  $\rho_{\text{Luft}} \approx 1 \text{ kg/m}^3$ )

$k = 2.46 \text{ Ct/(K}\cdot\text{kg)}$

$U = 3.0 \text{ W/(K}\cdot\text{m}^2)$

$A = 10 \text{ m}^2$

$T_2 = 273 \text{ K}$  (Annahme: Konstante Aussentemperatur  $\vartheta_2 \approx 0 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Anfangswert für S:

$S = 17'400 \text{ Ct}$  (Annahme:  $T_1 = 283 \text{ K} \triangleq 10 \text{ }^\circ\text{C}$ )

14.6 -