

## Aufgaben 14      Thermodynamik Entropie als Energieträger

### 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.

### Aufgaben

- 14.1      Studieren Sie im Buch KPK 2 den folgenden Abschnitt:  
- 1.9 Die Entropie als Energieträger (Seite 12)
- 14.2      Ein Kraftwerk hat einen zur Abwärme gehörigen Energiestrom der Stärke 1.50 GW bei einer Temperatur von 27 °C.
- a)          Bestimmen Sie die Stromstärke der Entropie, die von der Anlage an die Umwelt abgegeben wird.
- c)          Bestimmen Sie die Heiztemperatur, damit die thermische Prozessleistung 1.00 GW beträgt.
- 14.3      Das Kernkraftwerk Gösgen hat eine sogenannte Netto-Nennleistung von 970 MW.
- a)          Beurteilen Sie, ob es sich bei dieser „Netto-Nennleistung“ um eine Energiestromstärke oder eine Prozessleistung handelt.
- b)          Bestimmen Sie die Energie, welche pro Stunde ans öffentliche Netz abgegeben wird. Geben Sie die Energie sowohl in J (Joule) als auch in kWh (Kilowattstunden) an.
- 14.4      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.
- 14.5      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,  $A = 1.0$  m<sup>2</sup>,  $U = 3.0$  W/(K·m<sup>2</sup>) ...
- a)          ... die Stromstärke  $I_{S1}$  der Entropie, die vom Innenraum über das Fenster abfließt.
- b)          ... die Rate  $\Pi_S$  der im Fenster erzeugten Entropie.
- Hinweis:  
- Sie können hier das Resultat aus der Aufgabe 14.4 verwenden.

14.6 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 (vgl. Aufgabe 14.3).

Bestimmen Sie ...

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

**Lösungen**

14.1 ...

14.2 a)  $I_W = T \cdot I_S$   
 -----  
 $\Rightarrow I_S = \frac{I_W}{T} = \frac{1.50 \text{ GW}}{300 \text{ K}} = 5.00 \text{ MCt/s}$

c)  $P_{th} = \Delta T \cdot I_S$   
 $\Delta T = T_{Heiz} - T_{Umwelt}$   
 $I_{W,Umwelt} = T_{Umwelt} \cdot I_S$   
 -----  
 $\Rightarrow T_{Heiz} = \left(1 + \frac{P_{th}}{I_{W,Umwelt}}\right) \cdot T_{Umwelt} = \left(1 + \frac{1.00 \text{ GW}}{1.50 \text{ GW}}\right) \cdot 300 \text{ K} = 500 \text{ K} \cong 227 \text{ }^\circ\text{C}$

14.3 a) Prozessleistung

b)  $W = P \cdot \Delta t = 970 \text{ MW} \cdot 1 \text{ h} = 970 \text{ MWh} = 9.70 \cdot 10^5 \text{ kWh}$   
 $= 970 \text{ MW} \cdot 3600 \text{ s} = 3.49 \cdot 10^{12} \text{ J}$

14.4  $I_{S1} + \Pi_S = I_{S2}$

$I_W = T_1 \cdot I_{S1}$

$I_W = T_2 \cdot I_{S2}$

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

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

$\Rightarrow I_{S1} = U A \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = 3.0 \cdot 1.0 \cdot \left(1 - \frac{270}{300}\right) \text{ Ct/s} = 0.33 \text{ Ct/s}$

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

$\Rightarrow \Pi_S = \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) U A (T_1 - T_2) = 0.033 \text{ Ct/s}$

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

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