

Aufgaben 13 Thermodynamik Entropie, Entropietransport, -erzeugung, -bilanz, Temperatur

Lernziele

- die Entropie als mengenartige Grundgrösse der Thermodynamik verstehen.
- wissen, dass Entropie in einem Körper gespeichert werden kann.
- wissen, dass Entropie in einen Körper hinein oder aus ihm heraus fließen kann.
- wissen und verstehen, wie eine Wärmepumpe grundsätzlich funktioniert.
- wissen, dass Entropie erzeugt, jedoch nicht vernichtet werden kann.
- wissen und verstehen, dass sich unumkehrbare Vorgänge dadurch auszeichnen, dass dabei Entropie erzeugt wird.
- die Entropiebilanz anwenden können.
- den Unterschied zwischen den Grössen Entropie und Temperatur verstehen.
- eine Temperaturdifferenz als Antrieb eines Entropiestromes verstehen.
- wissen und verstehen, dass es einen absoluten Temperaturnullpunkt gibt.
- den Zusammenhang zwischen der absoluten Temperaturskala, der Celsius-Temperaturskala und der Fahrenheit-Temperaturskala kennen und verstehen.

Aufgaben

13.1 Studieren Sie im Buch KPK 2 die folgenden Abschnitte:

- Einleitung zum Kapitel „1. Wärmelehre“ (Seite 3)
- 1.1 Entropie und Temperatur (Seite 4)
- 1.2 Der Temperaturunterschied als Antrieb für einen Entropiestrom (Seite 5)
- 1.3 Die Wärmepumpe (Seite 6)
- 1.4 Die absolute Temperatur (Seite 7)
- 1.5 Entropieerzeugung (Seite 8)
- 1.6 Die Entropiestromstärke (Seite 9)

Bemerkung zu 1.1:

- Die Definition der sogenannten „Normaltemperatur“ ist in der Literatur nicht einheitlich: Im Buch KPK 2 werden 25 °C als Normaltemperatur festgelegt. Häufig wird jedoch auch 0 °C als Normaltemperatur definiert.

13.2 Beantworten Sie die folgenden Fragen:

- a) Wie ändern sich die im System gespeicherte Entropie und die Temperatur des Systems bei den folgenden Prozessen?
 - i) Schmelzen von Eis
 - ii) Kondensieren von Wasserdampf
 - iii) Heizen eines Steins
- b) Wie ändern sich die in einer Menge Wasser gespeicherte Entropie und die Temperatur des Wassers, wenn man die Wassermenge in zwei Teile trennt?
- c) Welche Bedeutung hat eine Temperaturdifferenz bei thermischen Prozessen?
- d) Wenn aus einem Körper 10 Ct Entropie fließen, heisst das dann, dass sich die im Körper gespeicherte Entropie um 10 Ct verringert hat?

13.3 Auf einer Heizplatte werden 3.5 kg Eis von 0.0 °C in 10 min geschmolzen. Das Schmelzen von 1.0 kg Eis benötigt 1.2 kCt Entropie.

Bestimmen Sie die mittlere Stromstärke der vom Kochtopf zum Eis fließenden Entropie.

- 13.4 Aus dem Innenraum eines Hauses fliesst ständig Entropie über die Wände ab. Die über eine Beobachtungszeit von 1.00 h gemittelte Stärke des entsprechenden Entropiestromes beträgt 10.0 Ct/s.

Bestimmen Sie, wieviel Entropie in der betrachteten Zeitspanne aus dem Innenraum des Hauses abgeflossen ist.

- 13.5 In einem Behälter wird mit einem Tauchsieder Wasser erwärmt. Die Entropieerzeugungsrate beträgt $\Pi_S = 1.30$ Ct/s. Wegen Wärmeverlusten fliesst über die Behälterwand Entropie ab. Die entsprechende Entropiestromstärke I_S steigt während 100 s linear von 0.100 Ct/s auf 0.400 Ct/s.

Bestimmen Sie die Änderungsrate $\dot{S}$ der im System Tauchsieder-Wasser gespeicherten Entropie als Funktion der Zeit t .

Hinweis:

- Stellen Sie die Entropiebilanz für das System Tauchsieder-Wasser auf.

- 13.6 Leiten Sie eine Formel her, die es erlaubt, Temperaturen ...

- a) ... von °C (Grad Celsius) in °F (Grad Fahrenheit) umzurechnen.

Hinweise:

- Der Zusammenhang $\vartheta/^{\circ}\text{C} \rightarrow \vartheta/^{\circ}\text{F}$ kann durch eine lineare Funktion ausgedrückt werden.

Die gesuchte Formel ist die Funktionsgleichung dieser Funktion.

- Skizzieren Sie den Zusammenhang $\vartheta/^{\circ}\text{C} \rightarrow \vartheta/^{\circ}\text{F}$ in einem kartesischen Koordinatensystem, indem Sie $\vartheta/^{\circ}\text{C}$ auf der Abszissenachse ("x-Achse") und $\vartheta/^{\circ}\text{F}$ auf der Ordinatenachse ("y-Achse") auftragen.

- b) ... von °F in °C umzurechnen.

Hinweis:

- Der Zusammenhang $\vartheta/^{\circ}\text{F} \rightarrow \vartheta/^{\circ}\text{C}$ ist die Umkehrfunktion der in a) betrachteten linearen Funktion.

Lösungen

13.1 ...

- 13.2
- a)
 - i) Die gespeicherte Entropie nimmt zu. Die Temperatur bleibt konstant.
 - ii) Die gespeicherte Entropie nimmt ab. Die Temperatur bleibt konstant.
 - iii) Die gespeicherte Entropie nimmt zu. Die Temperatur nimmt zu.
 - b) Die gespeicherte Entropie teilt sich auf. Die Temperatur beider Teile ist gleich.
 - c) Eine Temperaturdifferenz ist ein Antrieb für einen Entropiestrom.
 - d) Nein. Erstens kann Entropie zugeflossen sein. Zweitens könnte Entropie im System erzeugt worden sein.

13.3
$$I_{S,\text{mittel}} = \frac{S}{\Delta t} = \frac{3,5 \text{ kg} \cdot 1,2 \text{ kCt/kg}}{10 \text{ min}} = 7,0 \text{ Ct/s}$$

13.4
$$S = I_{S,\text{mittel}} \cdot \Delta t = 10,0 \text{ Ct/s} \cdot 1,00 \text{ h} = 36,0 \text{ kCt}$$

- 13.5 Entropiebilanz für das System Tauchsieder-Wasser:
- $I_S + \Pi_S = \dot{S}$
 $\dot{S}$ sinkt während der 100 s linear von 1,20 Ct/s auf 0,900 Ct/s.

13.6

- a)
$$\frac{9}{^{\circ}\text{F}} = \frac{9}{5} \frac{9}{^{\circ}\text{C}} + 32$$
- b)
$$\frac{9}{^{\circ}\text{C}} = \frac{5}{9} \left(\frac{9}{^{\circ}\text{F}} - 32 \right)$$