

## Aufgaben 9                      Wärme 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.
- das Entropiebilanzgesetz 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 den verschiedenen Temperaturskalen kennen und verstehen.

### Aufgaben

- 9.1     Studieren Sie im Buch KPK 2 die folgenden Abschnitte:
- Einleitung zum Kapitel „1. Wärmelehre“ (Seite 5)
  - 1.1 Entropie und Temperatur (Seiten 5 und 6)
  - 1.2 Der Temperaturunterschied als Antrieb für einen Entropiestrom (Seiten 6 bis 8)
  - 1.3 Die Wärmepumpe (Seiten 8 und 9)
  - 1.4 Die absolute Temperatur (Seiten 9 und 10)
  - 1.5 Entropieerzeugung (Seiten 10 bis 12)
  - 1.6 Die Entropiestromstärke (Seite 12)

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.

- 9.2     Beantworten Sie die folgenden Fragen:

- a)        Wie ändern sich die 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 Entropie und Temperatur einer Menge Wasser, wenn man sie 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 sein Entropieinhalt um 10 Ct verringert hat?

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

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

Hinweise:

- Nehmen Sie das Blatt "Temperaturskalen" zu Hilfe (vgl. Unterricht).
- Der Zusammenhang  $\vartheta/^{\circ}\text{F} \rightarrow \vartheta/^{\circ}\text{C}$  kann durch eine lineare Funktion ausgedrückt werden. Die gesuchte Formel ist die Funktionsgleichung dieser Funktion.
- Skizzieren Sie den Zusammenhang  $\vartheta/^{\circ}\text{F} \rightarrow \vartheta/^{\circ}\text{C}$  in einem kartesischen Koordinatensystem, indem Sie  $\vartheta/^{\circ}\text{F}$  auf der Abszisse ("x-Achse") und  $\vartheta/^{\circ}\text{C}$  auf der Ordinate ("y-Achse") auftragen.

b) ... von °C in °F umzurechnen.

Hinweis:

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

9.4 Auf einer Heizplatte werden 3.5 kg Eis von 0 °C in 10 min geschmolzen. Das Schmelzen von 1 kg Eis braucht 1.2 kCt Entropie.

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

9.5 Aus dem Innenraum eines Hauses fließt ständig Entropie über die Wände ab. Die Stärke des entsprechenden Entropiestromes falle in 1.0 h linear von 13 Ct/s auf 7 Ct/s.

a) Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Entropiestromstärke in einem  $I_S$ -t-Diagramm.

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

Hinweis:

- Die in einer bestimmten Zeitspanne geflossene Entropie ist gleich der Fläche im  $I_S$ -t-Diagramm zwischen dem Grafen und der t-Achse.

9.6 In einem Behälter wird mit einem Tauchsieder Wasser erwärmt. Die Entropieerzeugungsrate beträgt  $\Pi_S = 1.3$  Ct/s. Wegen Wärmeverlusten fließt über die Behälterwand Entropie ab. Die entsprechende Entropiestromstärke  $I_S$  steigt während 100 s linear von 0.10 Ct/s auf 0.40 Ct/s.

a) 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.

b) Bestimmen Sie, um wieviel sich die im System gespeicherte Entropie in den 100 s verändert hat.

## Lösungen

9.1

...  
Lösungen zu den Aufgaben siehe kopierte Blätter

9.2

- a)
  - i) Entropie nimmt zu, Temperatur bleibt konstant
  - ii) Entropie nimmt ab, Temperatur bleibt konstant
  - iii) Entropie nimmt zu, Temperatur nimmt zu
- b) Die 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.

9.3

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

9.4

$$I_{S,\text{mittel}} = 7 \text{ Ct/s}$$

9.5

- a) ...
- b)  $S_a = 36 \text{ kCt}$

9.6

- a) Entropiebilanz für das System Tauchsieder-Wasser:  
 $- I_S + \Pi_S = \dot{S}$   
 $\dot{S}$  sinkt während der 100 s linear von 1.2 Ct/s auf 0.9 Ct/s.
- b)  $\Delta S = 105 \text{ Ct}$