HF14S Arbeitsblatt 2 Wärme als Energieform

Die ***Celsius-Skala*** ist durch folgende Fixpunkte definiert:

0^0C: Schmelzpunkt des Eises bei einem Druck von 1,013 bar
100^0C: Siedepunkt des Wassers unter gleichem Druck.
(1,013 bar ist der Luftdruck in Meereshöhe)

Nullpunkt der ***Kelvin – Skala*** liegt bei –273^0C (absoluter Nullpunkt)

$$\text{Druck} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}} \qquad \boxed{p = \frac{F}{A}} \qquad \text{Einheiten: } 1\frac{N}{m^2} = 1\text{Pa}$$

$$\text{oder} \quad 10\frac{N}{cm^2} = 1\text{bar} = 100000\frac{N}{m^2} = 10^5\text{Pa}$$

Für viele Zwecke wird die Umrechnung $\boxed{1\,\text{bar} = 10\frac{N}{cm^2}}$ verwendet.

Beispiel:
Der Deckel eines Dampfdrucktopfes hat den Durchmesser d = 25 cm.
Welche Kraft wirkt auf den Topfdeckel, wenn im Kochtopf ein Überdruck von 1 bar herrscht?

Daten: $d = 25\text{ cm}\,;\, p = 1\,\text{bar} = 10\frac{N}{cm^2}$

Druckformel: $p = \frac{F}{A} \Leftrightarrow F = p \cdot A$

Kreisfläche: $A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$

Also gilt: $F = p \cdot A = p \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = 10\frac{N}{cm^2} \cdot \frac{(25\text{ cm})^2 \cdot \pi}{4} \approx \underline{\underline{4908{,}74\text{ N}}}$

Auf den Deckel des Kochtopfes wirkt somit eine Kraft von ca. 4909 N.
Das ist etwa soviel, wie die Gewichtskraft eines kleinen Autos der Masse 490,0 kg.

Die ***Wärmemenge*** ist ein Energiebetrag.

Soll ein Körper erwärmt werden, so muss ihm Energie zugeführt werden (Wärmeenergie).
Der Energiebetrag, der einem bestimmten Stoff zugeführt werden muss, um seine Temperatur zu erhöhen, wird ***Wärmemenge*** genannt.

Die Wärmemenge ist abhängig von:
- dem Stoff (z.B. Wasser, Aluminium, Kupfer,...)
- der Stoffmenge (kg)
- der Temperaturdifferenz (z.B. ΔT = 45 K)

Formel: $\boxed{Q = c \cdot m \cdot \Delta T}$ c : spezifische Wärmekapazität in $\frac{kJ}{kg \cdot K}$

m : Stoffmenge in kg

ΔT : Temperaturdifferenz

Die ***spezifische Wärmekapazität*** ist vom Stoff abhängig. Sie gibt den Energiebetrag an, dessen Zu – oder Abfuhr 1kg des Stoffes um 1 K erwärmt, bzw. abkühlt.

Beispiel: 3,5 Liter Wasser sollen von 15^{0}C zum kochen gebracht werden. Wie groß ist die zugeführte Wärmemenge in kJ und kWh? (c_{H2O} = 4,2 kJ/kgK)

$$m = 3{,}5kg \quad \Delta T = 100^0C - 15^0C = 85K$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 4{,}2\frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 3{,}5kg \cdot 85K = 4{,}2 \cdot 3{,}5 \cdot 85 \cdot \frac{kJ \cdot kg \cdot K}{kg \cdot K} = \underline{\underline{1249{,}5kJ}}$$

$$\text{Umrechnung: } 1kJ = 1kWs = \frac{1}{3600}kWh \Rightarrow 1249{,}5kJ = \frac{1249{,}5}{3600}kWh \approx \underline{\underline{0{,}347\ kWh}}$$

Um 3,5 Liter Wasser um 85 K zu erwärmen, ist eine Energie von 1249,5 kJ bzw. 0,347 kWh erforderlich.

<u>Energieumsatz bei Phasenübergängen</u>.

Schmelzen – Erstarren

$\boxed{Q_s = c_s \cdot m}$ c_s : Schmelzwärme in $\frac{kJ}{kg}$

speziell: $c_{s\,H_2O} = 333\frac{kJ}{kg}$

Das bedeutet, um 1 kg Eis von 0^{0}C in Wasser von 0^{0}C zu verwandeln (oder umgekehrt), ist ein Energieumsatz von 333 kJ erforderlich.

Beispiel: Ein 4,5 kg Eisblock soll aufgetaut werden. Welche Energie ist zuzuführen?

$$Q = c_s \cdot m = 333\frac{kJ}{kg} \cdot 4{,}5kg = 333 \cdot 4{,}5 \cdot \frac{kJ}{kg} \cdot kg = \underline{\underline{1498{,}5kJ}}$$

Verdampfen – kondensieren

$\boxed{Q_v = c_v \cdot m}$ c_v : Verdampfungswärme in $\frac{kJ}{kg}$

speziell: $c_{v\,H_2O} = 2256\frac{kJ}{kg}$

Das bedeutet, um 1 kg Wasser von 100^0C vollständig in Dampf von 1000^0C zu verwandeln (oder umgekehrt), ist ein Energieumsatz von 2256 kJ erforderlich.

Beispiel:
1,5 Liter Wasser von 100^0C soll verdampft werden. Welche Energie ist zuzuführen?

$$Q_v = c_{v\,H_2O} \cdot m = 2256\frac{kJ}{kg} \cdot 1{,}5\ kg = 2256 \cdot 1{,}5 \cdot \frac{kJ \cdot kg}{kg} = \underline{\underline{3384\ kJ}} = \underline{\underline{0{,}94\ kWh}}$$

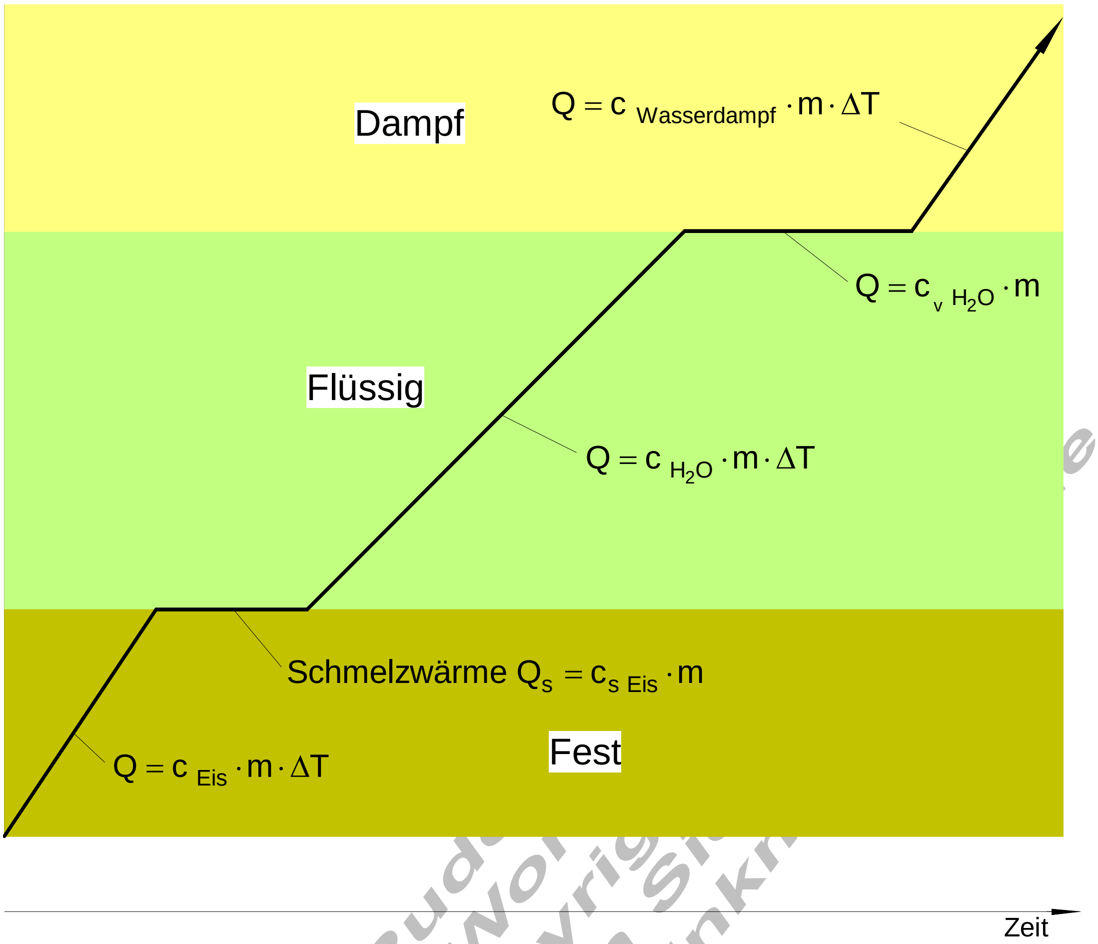
Um 1,5 Liter Wasser zu verdampfen ist eine Energie von 3384 kJ bzw. 0,94 kWh erforderlich.

Bemerkung zu den Phasenübergängen:

1. Wird ein Gemisch aus Wasser und Eis erwärmt, beträgt die Temperatur 0^0C. Eine Temperaturerhöhung findet erst statt, wenn alles Eis geschmolzen ist. Gleiches gilt, wenn das Gemisch gekühlt wird.

2. Wasser kocht bei 100^0C. Solange sich Wasser in dem Topf befindet, hat auch der die gleiche Temperatur. Sie erhöht sich erst, wenn alles Wasser verdampft wurde.

Temperaturverlauf von Wasser bei konstanter Wärmezufuhr.



Beispiel:
Ein Eisblock der Masse m = 2 kg soll vollständig verdampft werden.

Welche Energie in kWh ist dazu erforderlich?

$$\text{Daten}: c_{\,Eis} = 2{,}1\frac{kJ}{kg\cdot K}\,;\, c_{s\,H_2O} = 333\frac{kJ}{kg}\,;\, c_{\,H_2O} = 4{,}2\,\frac{kJ}{kg\cdot K}\,;\, c_{v\,H_2O} = 2256\frac{kJ}{kg}$$

1. Eis von $-20\ ^0C$ auf $0\ ^0C$ erwärmen:

$$Q_1 = c_{Eis}\cdot m\cdot \Delta T = 2{,}1\frac{kJ}{kg\cdot K}\cdot 2\,kg\cdot 20\,K = \underline{\underline{84\,kJ}}$$

2. Eis schmelzen:

$$Q_2 = c_{s\,H_2O}\cdot m = 333\,\frac{kJ}{kg}\cdot 2\,kg = \underline{\underline{66\,kJ}}$$

3. Wasser von $0\ ^0C$ auf $100\ ^0C$ erwärmen:

$$Q_3 = c_{H_2O}\cdot m\cdot \Delta T = 4{,}2\,\frac{kJ}{kg\cdot K}\cdot 2\,kg\cdot 100\,K = \underline{\underline{840\,kJ}}$$

4. Wasser verdampfen:

$$Q_4 = c_{v\,H_2O}\cdot m = 2256\,\frac{kJ}{kg}\cdot 2\,kg = \underline{\underline{4512\,kJ}}$$

$$\text{Gesamtenergie: } Q_{ges} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = \underline{\underline{6102\,kJ = 1{,}695\,kWh}}$$

Aufgabe:
Für ein Wannenbad benötigt man ca. 150 Liter Wasser. Beim Duschen ist der Wasserbedarf 15 Liter pro Minute.
Wie teuer ist das Wannenbad ?
Ab welcher Duschzeit wird das Baden in der Wanne billiger?

Daten:	Wasserzulauf:	15^0C
	Dusch – bzw. Badetemperatur:	40^0C
	Energiekosten:	0,15 € / kWh
	Wasserkosten:	3,50 € /m^3

$$\underline{\text{Wannenbad:}}\ Q = c\cdot m\cdot \Delta T = 4{,}2\frac{kJ}{kg\cdot K}\cdot 150\,kg\cdot 25\,K = 15750\,kJ = 4{,}375\,kWh$$

$$\text{Kosten: Energie: } K_1 = 4{,}375\,kWh\cdot 0{,}15\frac{€}{kWh} = 0{,}65625\ €$$

$$\text{Wasser: } K_2 = 0{,}150\,m^3\cdot 3{,}50\,\frac{€}{m^3} = 0{,}525\ €$$

$$\text{Gesamtkosten für ein Wannenbad: } K = K_1 + K_2 = \underline{\underline{1{,}18\ €}}$$

Duschen: $Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 4,2 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 15\,kg \cdot 25\,K = 1575\,kJ = 0,4375\,kWh$

Kosten: Energie: $K_1 = 0,4375\,kWh \cdot 0,15 \frac{€}{kWh} = 0,065625\,€$

Wasser: $K_2 = 0,015\,m^3 \cdot 3,50 \frac{€}{m^3} = 0,0525\,€$

Gesamtkosten für eine Minute duschen: $K = K_1 + K_2 = \underline{\underline{0,118\,€}}$

Vergleich Wannenbad – Duschbad:

Wannenbad 1,18 € (bei 150 Liter Wasser)
Duschbad 0,118 € pro Minute

Vergleich:
Die Kosten für ein Wannenbad entsprechen den kosten für 10 min. duschen.