

Anwendungsaufgaben - Erwärmungsgesetz - Lösungen

$$1 \quad W_{\text{th}} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 30000 \text{ kg} \cdot 70 ^\circ\text{C} = 8,8 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

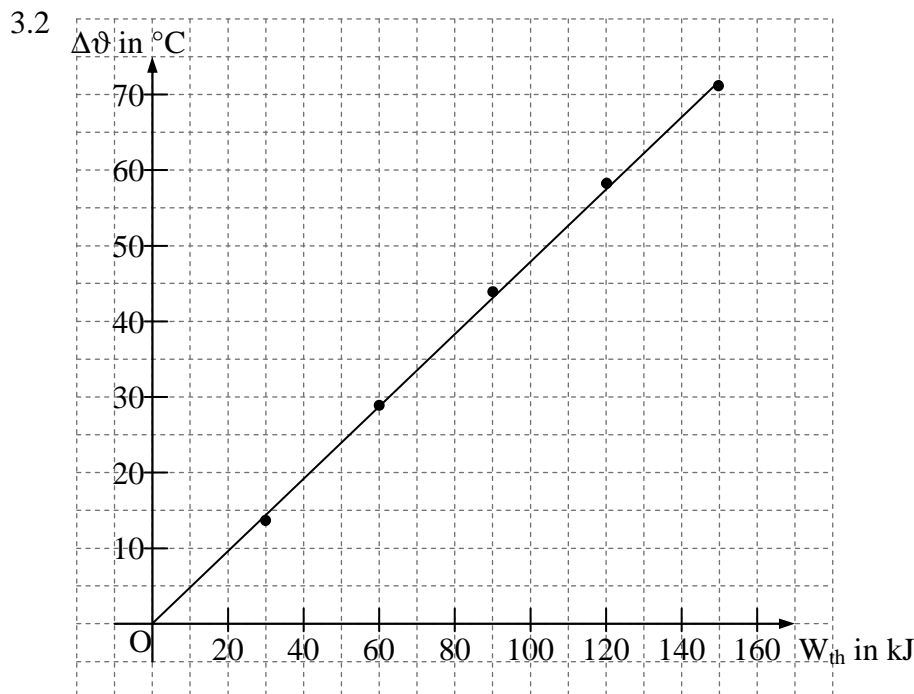
Das Wasser im Tank nimmt im Sommer eine Energie von $8,8 \cdot 10^6$ kJ auf.

$$2 \quad m = \frac{W_{\text{th}}}{c \cdot \Delta\vartheta} = \frac{2,3 \cdot 10^3 \text{ kJ}}{4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 82 ^\circ\text{C}} = 6,7 \text{ kg}$$

Mit dem Energiegehalt einer Tafel Schokolade könnte man 6,7 l Wasser von 18 °C auf 100 °C erwärmen.

3.1

W_{th} in kJ	30	60	90	120	150
$\Delta\vartheta$ in °C	13,8	28,7	43,9	58,1	71,1



3.3 Messwerte: $m = 0,90 \text{ kg}$; $W_{\text{th}} = 120 \text{ kJ}$; $\Delta\vartheta = 58,1 ^\circ\text{C}$

$$c = \frac{W_{\text{th}}}{m \cdot \Delta\vartheta} = \frac{120 \text{ kJ}}{0,90 \text{ kg} \cdot 58,1 ^\circ\text{C}} = 2,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

4.1 Es wurde der Zusammenhang zwischen der Temperaturänderung und der zugeführten Energie untersucht.

4.2 Für $\Delta\vartheta = 30 ^\circ\text{C}$ gilt: $m = 250 \text{ g} \rightarrow W_{\text{th}} = 30 \text{ kJ}$
 $m = 500 \text{ g} \rightarrow W_{\text{th}} = 60 \text{ kJ}$
 $m = 750 \text{ g} \rightarrow W_{\text{th}} = 90 \text{ kJ}$

Um eine Temperaturänderung von $\Delta\vartheta = 30 ^\circ\text{C}$ zu erreichen, benötigt man für die doppelte (dreifache) Masse auch die doppelte (dreifache) Energie.

4.3 Messwerte: $m = 0,75 \text{ kg}$; $\Delta\vartheta = 40 ^\circ\text{C}$; $W_{\text{th}} = 120 \text{ kJ}$

$$c = \frac{W_{\text{th}}}{m \cdot \Delta\vartheta} = \frac{120 \text{ kJ}}{0,75 \text{ kg} \cdot 40 ^\circ\text{C}} = 4,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

- 5.1 Zur Erwärmung einer bestimmten Menge Wasser um eine bestimmten Temperaturdifferenz muss mehr thermische Energie zugeführt werden, als bei allen anderen Flüssigkeiten. Wasser kann mehr Wärme aufnehmen und speichern als alle anderen Flüssigkeiten.
- 5.2 Die Wärmekapazität des Kühlmittels wird etwas geringer.
- 5.3 Reines Gefrierschutzmittel gefriert bei höheren Temperaturen als eine Mischung mit Wasser. Außerdem hat reines Gefrierschutzmittel eine geringere Wärmekapazität als eine Mischung mit Wasser und damit eine geringere Kühlwirkung.

6.1 1 m^3 Erdreich: $m = 2,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$
 1 m^3 Wasser: $m = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$

6.2 Erdreich:

$$\Delta\vartheta = \frac{W_{\text{th}}}{c \cdot m} = \frac{1,0 \cdot 10^3 \text{ kJ}}{1,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2,0 \cdot 10^3 \text{ kg}} = 0,50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Wasser:

$$\Delta\vartheta = \frac{W_{\text{th}}}{c \cdot m} = \frac{1,0 \cdot 10^3 \text{ kJ}}{4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}} = 0,24 \text{ } ^\circ\text{C}$$

6.3 Das Land erwärmt sich schneller als der See.

6.4 Am Meer sind die Temperaturunterschiede zwischen Sommer und Winter geringer als im Landesinneren.

7 Antwort c ist richtig, da Olivenöl eine geringere spezifische Wärmekapazität hat als Wasser. Deshalb ist die Temperaturzunahme des Olivenöls bei gleicher Wärmezufuhr größer als bei Wasser.

8 Volumen des Klassenzimmers:

$$V = 7,5 \text{ m} \cdot 6,5 \text{ m} \cdot 3,2 \text{ m} = 156 \text{ m}^3$$

Masse der Luft im Klassenzimmer:

$$m = \rho \cdot V = 1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 156 \text{ m}^3 = 201 \text{ kg}$$

Wärme, die von den Personen abgegeben wird:

$$W_{\text{th}} = P \cdot t = 25 \cdot 80 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 40 \cdot 60 \text{ s} = 4,8 \cdot 10^3 \text{ kJ}$$

Temperaturänderung der Luft:

$$\Delta\vartheta = \frac{W_{\text{th}}}{c \cdot m} = \frac{4,8 \cdot 10^3 \text{ kJ}}{1,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 201 \text{ kg}} = 24 \text{ } ^\circ\text{C}$$

9.1 $W_{\text{th}} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,50 \text{ kg} \cdot 37 \text{ } ^\circ\text{C} = 78 \text{ kJ}$

9.2 $W_{\text{th}} = P \cdot t \Rightarrow P = \frac{W_{\text{th}}}{t} = \frac{78 \text{ kJ}}{136 \text{ s}} = 0,57 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 0,57 \text{ kW}$

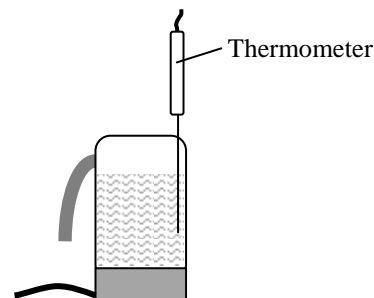
9.3 $\eta = \frac{0,57 \text{ kW}}{0,75 \text{ kW}} = 0,76$

10 zu messende Größen:

- Masse des erwärmten Wassers
- Temperaturänderung des Wasser
- Erwärmungszeit
- Leistung des Wasserkochers (auf der Unterseite ablesen oder mit einem Energiemessgerät messen)

Berechnung des Wirkungsgrades:

- Berechnung der vom Wasser aufgenommenen Energie mit $W_{th, nutz} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$
- Berechnung der vom Wasserkocher aufgenommenen Energie mit $W_{th, zu} = P \cdot t$
- Wirkungsgrad $\eta = \frac{W_{th, nutz}}{W_{th, zu}}$



$$11.1 \quad W_{th} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1,5 \text{ kg} \cdot 77 ^\circ\text{C} = 49 \cdot 10 \text{ kJ}$$

$$11.2 \quad W_{th} = P \cdot t \Rightarrow P = \frac{W_{th}}{t} = \frac{49 \cdot 10 \text{ kJ}}{18 \cdot 60 \text{ s}} = 0,45 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 0,45 \text{ kW}$$

$$11.3 \quad \eta = \frac{0,45 \text{ kW}}{0,95 \text{ kW}} = 0,47$$

12 Berechnung der vom Wasser aufgenommenen Energie:

$$W_{th} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,75 \text{ kg} \cdot 80 ^\circ\text{C} = 2,5 \cdot 10^2 \text{ kJ}$$

Berechnung der vom Wasserkocher aufgenommenen Energie:

$$\eta = \frac{E_{nutz}}{E_{auf}} \Rightarrow E_{auf} = \frac{E_{nutz}}{\eta} = \frac{2,5 \cdot 10^2 \text{ kJ}}{0,90} = 2,8 \cdot 10^2 \text{ kJ}$$

Berechnung der Erwärmungszeit:

$$P = \frac{E}{t} \Rightarrow t = \frac{E}{P} = \frac{2,8 \cdot 10^2 \text{ kJ}}{1,5 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}} = 19 \cdot 10 \text{ s} = 3 \text{ min } 10 \text{ s}$$

Die Erwärmung des Wassers dauert 3 min 10 s.

$$13 \quad H = \frac{13 \cdot 10^4 \text{ MJ}}{12 \cdot 10^3 \text{ kg}} = 11 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

14 vom Butanbrenner abgegebene Energie:

$$W_{th} = H \cdot m = 46 \cdot 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 3,0 \cdot 10^2 \text{ kJ}$$

vom Wasser aufgenommene Energie:

$$W_{th} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,50 \text{ kg} \cdot 60 ^\circ\text{C} = 1,3 \cdot 10^2 \text{ kJ}$$

Wirkungsgrad der Energieübertragung.

$$\eta = \frac{E_{nutz}}{E_{auf}} = \frac{1,3 \cdot 10^2 \text{ kJ}}{3,0 \cdot 10^2 \text{ kJ}} = 0,43 = 43 \%$$

$$15 \quad \text{vom Holz abgegebene Wärme: } W_{\text{th, ab}} = 15 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \cdot 3,0 \text{ kg} = 45 \text{ MJ}$$

$$\text{vom Wasser aufgenommene Wärme: } W_{\text{th, auf}} = 0,2 \cdot 45 \text{ MJ} = 9,0 \text{ MJ}$$

$$\text{Masse des Wassers: } m = \frac{W_{\text{th}}}{c \cdot \Delta\vartheta} = \frac{9,0 \cdot 10^3 \text{ kJ}}{4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 85 ^\circ\text{C}} = 25 \text{ kg}$$

Mit 3,0 kg Holz kann man 25 l Wasser zum Sieden bringen.

$$16.1 \quad W_{\text{th}} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1400 \text{ kg} \cdot 23 ^\circ\text{C} = 1,4 \cdot 10^2 \text{ MJ}$$

$$16.2 \quad V = \frac{140 \text{ MJ}}{40 \frac{\text{MJ}}{\text{l}}} = 3,5 \text{ l}$$

Zum Erwärmen des Wassers hätte man 3,5 Liter Heizöl benötigt.

$$17.1 \quad W_{\text{th}} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 300 \text{ kg} \cdot 43 ^\circ\text{C} = 54 \cdot 10^3 \text{ kJ}$$

$$17.2 \quad m = \frac{W_{\text{th}}}{H} = \frac{54 \cdot 10^3 \text{ kJ}}{42 \cdot 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 1,3 \text{ kg}$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{1,3 \text{ kg}}{0,95 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}} = 1,4 \text{ dm}^3 = 1,4 \text{ l}$$

$$17.3 \quad \eta = \frac{P_{\text{nutz}}}{P_{\text{auf}}} \Rightarrow P_{\text{nutz}} = \eta \cdot P_{\text{auf}} = 0,38 \cdot 8,0 \text{ m}^2 \cdot 900 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 2,7 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$t = \frac{W_{\text{th}}}{P} = \frac{54 \cdot 10^3 \text{ kJ}}{2,7 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}} = 20 \cdot 10^3 \text{ s} = 5,6 \text{ h}$$

$$18 \quad W_{\text{th}} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 250 \text{ kg} \cdot 40 ^\circ\text{C} = 42 \cdot 10^3 \text{ kJ}$$

$$\eta = \frac{E_{\text{nutz}}}{E_{\text{auf}}} \Rightarrow E_{\text{auf}} = \frac{E_{\text{nutz}}}{\eta} = \frac{42 \cdot 10^3 \text{ kJ}}{0,35} = 12 \cdot 10^4 \text{ kJ}$$

$$A = \frac{12 \cdot 10^4 \text{ kJ}}{28 \cdot 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2}} = 4,3 \text{ m}^2$$

Die Kollektorfläche sollte mindestens 4,3 m² betragen.

19.1 Graf b gehört zu der Tasse, in die die Milch erst kurz vorm Trinken geschüttet wurde.

Die Milch wurde nach 6,5 min in die Tasse geschüttet. Durch ist die Temperatur des Kaffees um 10 °C gesunken.

19.2 Der Temperaturunterschied betrug am Ende der Messung 4 °C.

$$20.1 \quad P_{\text{auf}} = 400 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 6,0 \text{ m}^2 = 2,4 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{nutz}}}{P_{\text{auf}}} \Rightarrow P_{\text{nutz}} = \eta \cdot P_{\text{auf}} = 0,35 \cdot 2,4 \text{ kW} = 0,84 \text{ kW}$$

$$W_{\text{th}} = P_{\text{nutz}} \cdot t = 0,84 \text{ kW} \cdot 5,0 \text{ h} = 4,2 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{th}} = 4,2 \text{ kWh} = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 3600 \text{ s} = 15 \cdot 10^3 \text{ kJ}$$

$$20.2 \quad W_{\text{th}} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$$

$$\Delta\vartheta = \frac{W_{\text{th}}}{c \cdot m} = \frac{15 \cdot 10^3 \text{ kJ}}{4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 280 \text{ kg}} = 13 \text{ }^\circ\text{C}$$

21 aufgenommene Wärme der Milch = abgegebene Wärme des Kaffees

$$3,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,10 \text{ kg} \cdot (\vartheta_{\text{M}} - 10 \text{ }^\circ\text{C}) = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,20 \text{ kg} \cdot (90 \text{ }^\circ\text{C} - \vartheta_{\text{M}}) \quad | \text{ Einheiten Kürzen}$$

$$3,9 \cdot 0,10 \cdot (\vartheta_{\text{M}} - 10 \text{ }^\circ\text{C}) = 4,2 \cdot 0,20 \cdot (90 \text{ }^\circ\text{C} - \vartheta_{\text{M}}) \quad | \text{ Vereinfachen}$$

$$0,39 \cdot \vartheta_{\text{M}} - 3,9 \text{ }^\circ\text{C} = 75,6 \text{ }^\circ\text{C} - 0,84 \cdot \vartheta_{\text{M}} \quad | + 3,9 \text{ }^\circ\text{C} + 0,84 \cdot \vartheta_{\text{M}}$$

$$1,23 \cdot \vartheta_{\text{M}} = 79,5 \text{ }^\circ\text{C} \quad | : 1,23$$

$$\vartheta_{\text{M}} = 65 \text{ }^\circ\text{C}$$

Der Milchkaffee hat eine Temperatur von 65 °C.

$$22 \quad 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,60 \text{ kg} \cdot (98 \text{ }^\circ\text{C} - \vartheta_{\text{M}}) = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,15 \text{ kg} \cdot (\vartheta_{\text{M}} - 17 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$0,60 \cdot (98 \text{ }^\circ\text{C} - \vartheta_{\text{M}}) = 0,15 \cdot (\vartheta_{\text{M}} - 17 \text{ }^\circ\text{C}) \quad | \text{ Vereinfachen}$$

$$58,8 \text{ }^\circ\text{C} - 0,60 \cdot \vartheta_{\text{M}} = 0,15 \cdot \vartheta_{\text{M}} - 2,55 \text{ }^\circ\text{C} \quad | + 2,55 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$61,35 \text{ }^\circ\text{C} - 0,60 \cdot \vartheta_{\text{M}} = 0,15 \cdot \vartheta_{\text{M}} \quad | + 0,60 \cdot \vartheta_{\text{M}}$$

$$61,35 \text{ }^\circ\text{C} = 0,75 \cdot \vartheta_{\text{M}} \quad | : 0,75$$

$$82 \text{ }^\circ\text{C} = \vartheta_{\text{M}}$$

Die Wassermischung erreicht ungefähr die gewünschte Temperatur von 80 °C.

23 vom Kaffe abgegebene Wärme = von der Porzellantasse aufgenommene Wärme

$$4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,25 \text{ kg} \cdot (70 \text{ }^\circ\text{C} - \vartheta_{\text{M}}) = 0,73 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,19 \text{ kg} \cdot (\vartheta_{\text{M}} - 20 \text{ }^\circ\text{C}) \quad | \text{ Vereinfachen}$$

$$1,05 \cdot (70 \text{ }^\circ\text{C} - \vartheta_{\text{M}}) = 0,139 \cdot (\vartheta_{\text{M}} - 20 \text{ }^\circ\text{C}) \quad | \text{ Vereinfachen}$$

$$73,5 \text{ }^\circ\text{C} - 1,05 \cdot \vartheta_{\text{M}} = 0,139 \cdot \vartheta_{\text{M}} - 2,78 \text{ }^\circ\text{C} \quad | + 2,78 \text{ }^\circ\text{C} + 1,05 \cdot \vartheta_{\text{M}}$$

$$76,3 \text{ }^\circ\text{C} = 1,19 \cdot \vartheta_{\text{M}} \quad | : 1,19$$

$$\vartheta_{\text{M}} = 64 \text{ }^\circ\text{C}$$

Der Kaffe würde auf 64 °C abkühlen.

- 24 In Diagramm a ist der Temperatenausgleich falsch dargestellt, da sich keine gemeinsame Mischungstemperatur einstellt.
 In Diagramm b ist der Temperatenausgleich richtig dargestellt, da beide Flüssigkeiten am Ende die gleiche Temperatur haben.
 In Diagramm c ist der Temperatenausgleich falsch dargestellt, da das kalte Wasser am Ende eine höhere Temperatur hat als das kalte Wasser.

25 aufgenommene Wärme des Wassers = abgegebene Wärme des Eisenkörpers

$$4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,20 \text{ kg} \cdot (38 ^\circ\text{C} - 20 ^\circ\text{C}) = c_{\text{Fe}} \cdot 0,65 \text{ kg} \cdot (90 ^\circ\text{C} - 38 ^\circ\text{C}) \quad | \text{ Vereinfachen}$$

$$4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,20 \text{ kg} \cdot 18 ^\circ\text{C} = c_{\text{Fe}} \cdot 0,65 \text{ kg} \cdot 52 ^\circ\text{C} \quad | \text{ Vereinfachen}$$

$$15,12 \text{ kJ} = c_{\text{Fe}} \cdot 33,8 \text{ kg} \cdot ^\circ\text{C} \quad | : 33,8 \text{ kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$c_{\text{Fe}} = 0,45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

26.1 vom Wasser abgegebene Wärme = von der Porzellantasse aufgenommene Wärme

$$4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,25 \text{ kg} \cdot (97 ^\circ\text{C} - 85 ^\circ\text{C}) = c_{\text{Porzellan}} \cdot 0,24 \text{ kg} \cdot (85 ^\circ\text{C} - 20 ^\circ\text{C}) \quad | \text{ Vereinfachen}$$

$$4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,25 \text{ kg} \cdot 12 ^\circ\text{C} = c_{\text{Porzellan}} \cdot 0,24 \text{ kg} \cdot 65 ^\circ\text{C} \quad | \text{ Vereinfachen}$$

$$12,6 \text{ kJ} = c_{\text{Porzellan}} \cdot 15,6 \text{ kg} \cdot ^\circ\text{C} \quad | : 15,6 \text{ kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$c_{\text{Porzellan}} = 0,81 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

26.2 Ein Teil der vom heißen Wasser abgegebenen Wärme wird an die Umgebung abgegeben. Deshalb ist die tatsächlich von der Tasse aufgenommene Wärme geringer. Damit würde sich auch ein kleinerer Wert für die spezifische Wärmekapazität von Porzellan ergeben.