

Protokoll T2 — Schmelzwärme des Eises

Till Biskup

Matrikelnummer: 155567

01. Juni 1999

Einführung

Wird einem Körper eine Wärmemenge dQ zugeführt, so erhöht sich seine Temperatur in Abhängigkeit von der spezifischen Wärmekapazität c und der Masse m um dT ,

$$dQ = m \cdot c \cdot dT,$$

solange keine Phasenumwandlung im Temperaturbereich dT vorliegt. Bei einer Phasenumwandlung bleibt dagegen die Temperatur konstant, $dT = 0$, und die zugeführte Wärmemenge dQ wird dazu verwendet, zwischenmolekulare Wechselwirkungskräfte zu überwinden. Jeder solchen Phasenumwandlung kann in Abhängigkeit vom Druck eine charakteristische Temperatur zugeordnet werden.

Die spezifische Umwandlungsenthalpie h ist eine Stoffkonstante. Sie ist definiert als zur Phasenumwandlung benötigte Wärmemenge Q bezogen auf die Masseneinheit.

$$h = \frac{Q}{m}$$

Für jeden Stoff werden je nach Phasenübergang verschiedene Umwandlungsenthalpien unterschieden.

Aufgaben

1. Bestimmung der Wärmekapazität C_k des Kalorimeters nach der Gleichung

$$Q_{Th} = (m_w c_w + C_k) \Delta T \tag{1}$$

2. Bestimmung der spezifischen Schmelzenthalpie h_S des Eises.

$$m_E h_S + m_E c_w (T_m - T_0) = (m_w c_w + C_k) (T_w - T_m) \tag{2}$$

3. Bestimmung der Meßunsicherheit der Schmelzenthalpie h_S nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz:

$$u_{h_S} = \pm \left\{ \left| u_{C_k} \cdot \frac{T_w - T_m}{m_E} \right| + \left| u_{(T_w - T_m)} \cdot \frac{m_w c_w + C_k}{m_E} \right| \right\} \tag{3}$$

1. Bestimmung der Wärmekapazität C_k des Kalorimeters

Aus der Umstellung der Gleichung (1) ergibt sich für die Errechnung der Wärmekapazität C_k des Kalorimeters folgende Formel:

$$C_k = \frac{Q_{Th}}{\Delta T} - m_w c_w$$

Dabei ist Q_{Th} die dem Kalorimeter durch das Thermophor zugeführte, genau definierte Wärmemenge, ΔT die Temperaturerhöhung des Kalorimeters, m_w die Masse und c_w die spezifische Wärmekapazität des Wassers.

$$Q_{Th} = 3362 \pm 8 \text{ J} \quad m_w = 150 \text{ g} \quad c_w = 4.19 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Wärmekapazität C_k des Kalorimeters				
i	T vorher [$^{\circ}\text{C}$]	T nachher [$^{\circ}\text{C}$]	ΔT [K]	C_k [$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$]
1	22.70	27.50	4.8	71.92
2	22.85	27.55	4.7	86.82
3	22.85	27.60	4.75	79.29
$\overline{C_k}$:				79.34

Fehlerbetrachtung Die Temperatur ließ sich auf dem Thermometer mit einer Genauigkeit von 0.05 K (halber Teilstrich) ablesen, die Masse des Wassers ließ sich über die Volumenmarke des Meßzylinders auf 0.5 ml genau ablesen, zur Bestimmung der Masse wurde von einer Dichte des Wassers von $1 \text{ kg} \cdot \text{cm}^3$ ausgegangen. Die beiden Markierungen auf dem Thermophor waren relativ dick und daher nur schwer genau abzulesen, allerdings dürfte das schon in der Fehlerangabe für Q_{th} von $\pm 8 \text{ J}$ berücksichtigt sein.

2. Bestimmung der spezifischen Schmelzenthalpie h_S des Eises

Bestimmung der Masse m_E des Eises: Durch Wägen des Kalorimeters vor und nach der Aufnahme der Meßwerte für die Wärmeaustauschkorrektur wurde die Masse des Eises bestimmt.

Masse m_E des Eises			
1. Messung		2. Messung	
vorher	624.14 g	vorher	626.06 g
nachher	636.69 g	nachher	643.75 g
m_E	12.55 g	m_E	17.69 g

Wärmeaustauschkorrektur: Um den Einfluß der Umgebungstemperatur zu berücksichtigen, wurde bei der Bestimmung der spezifischen Schmelzenthalpie h_S eine Wärmeaustauschkorrektur vorgenommen (vgl. beiliegende Graphen). Aus den jeweiligen Graphen für die beiden Versuchsdurchgänge wurde auch die Wassertemperatur T_w und die Mischungs-temperatur T_m entnommen, und zwar T_w am Schnittpunkt der senkrechten Ausgleichsgerade mit der extrapolierten Gerade der Vorperiode und T_m am Schnittpunkt der Ausgleichsgerade mit der extrapolierten Gerade der Nachperiode.

Wärmeaustauschkorrektur				
Periode	1. Messung		2. Messung	
	t [s]	T [°C]	t [s]	T [°C]
Vorperiode	60	22.45	60	27.70
	120	22.40	120	27.60
	180	22.40	180	27.55
	240	22.40	240	27.50
	300	22.40	300	27.45
Hauptperiode	320	19.85	320	22.60
	340	17.75	340	20.20
	360	16.30	360	18.45
	380	15.60	380	17.55
	400	15.30	400	17.50
	420	15.20	420	17.50
Nachperiode	480	15.30	480	17.60
	540	15.40	540	17.70
	600	15.50	600	17.75
	660	15.55	660	17.80
	720	15.60	720	17.85

Für T_m und T_w ergaben sich folgende Werte:

1. Messung

$$t_w = 22.4^\circ\text{C}$$

$$t_m = 15.05^\circ\text{C}$$

2. Messung

$$t_w = 27.4^\circ\text{C}$$

$$t_m = 17.35^\circ\text{C}$$

Berechnung der spezifischen Schmelzenthalpie: Durch Umstellung der Gleichung (2) ergibt sich für die spezifische Schmelzenthalpie h_S folgende Formel:

$$h_S = \frac{(m_w c_w + C_k)(T_w - T_m) - m_E c_w (T_m - T_0)}{m_E}$$

Nach dem Einsetzen der Werte in die Formel erhält man daraus folgende Werte für h_S :

1. Messung

$$351 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

2. Messung

$$329 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

3. Bestimmung der Meßunsicherheit der Schmelzenthalpie h_S

Meßunsicherheit der Wärmekapazität C_k des Kalorimeters

$$u_{C_k} = \pm \left\{ \left| u_{\Delta T} \cdot \frac{Q}{\Delta T^2} \right| + |u_{m_w} \cdot c_w| \right\}$$

$$u_{C_k} = \pm 9.55 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

1. Messung

$$u_{h_S} = \pm \left\{ \left| u_{C_k} \cdot \frac{T_w - T_m}{m_E} \right| + \left| u_{(T_w - T_m)} \cdot \frac{m_w c_w + C_k}{m_E} \right| \right\}$$

$$u_{h_S} = \pm 37.39 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$h_S = (351 \pm 37.39) \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1}$$

2. Messung

$$u_{h_S} = \pm 27.98 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$h_S = (329 \pm 27.98) \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1}$$

Der Tafelwert für die spezifische Schmelzenthalpie h_S des Eises beträgt $334 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1}$. Er liegt damit innerhalb der Fehlerbereiche der beiden Meßwerte.

Fehlerbetrachtung

Wenn $T_{\text{Eis}} \neq 0^\circ\text{C}$ gilt, d. h. das Eis kälter als 0°C ist, wird das Meßergebnis insofern beeinflusst, als daß dann ein Teil der Wärmemenge, die das Wasser im Kalorimeter an das Eis abgibt, nicht zum Schmelzen des Eises, sondern zur Erwärmung desselben auf 0°C aufgewendet wird.

Das Eis wurde, bevor es in das Kalorimeter gebracht wurde, gut abgetrocknet, da sonst am Eis hängende Wassertropfen die Massebestimmung des Eises beeinflussen.

Bei der Bestimmung der Wärmekapazität C_k des Kalorimeters war daher keine Wärmeaustauschkorrektur notwendig, da es sich bei dem Wärmeaustausch zwischen Thermophor und Wasser im Kalorimeter um einen relativ schnellen Prozeß handelt, so daß der Wärmeaustausch zwischen dem Kalorimeter und der Umgebung für diesen Versuch vernachlässigt werden kann.