

### 3. Test zur RÜ aus Grundlagen der Thermodynamik,

19.1.2007

Eis der Masse  $m_{E,1} = 6 \text{ kg}$  und der Temperatur  $\vartheta_{E,1} = -12 \text{ °C}$  wird bei konstantem Druck  $p = 1 \text{ bar}$  in Wasser mit der zu ermittelnden Masse  $m_{W,1}$  und der Temperatur  $\vartheta_{W,1} = 14 \text{ °C}$  gegeben, wobei etwaiger Wärmeaustausch mit der Umgebung zu vernachlässigen ist. Als Ergebnis dieser Mischung liegt flüssiges Wasser der Endtemperatur  $\vartheta_2 = 2 \text{ °C}$  vor.

$$c_{p,E} = 2,2 \text{ kJ/kgK}, \quad c_{p,W} = 4,2 \text{ kJ/kgK}, \quad l_0 = 334 \text{ kJ/kg}$$

- Berechnen Sie die Masse  $m_{W,1}$  des flüssigen Wassers im Anfangszustand.
- Berechnen Sie die Entropieänderung des Gesamtsystems Wasser-Eis.

#### Rechengang:

a) 1. HS:  $dH = d_e Q + V dp$ ; isobare ZÄ:  $dp = 0$ , kein Wärmeaustausch:  $d_e Q = 0 \Rightarrow dH = 0$ ,  $H_2 - H_1 = 0$ ; Nullpunkt:  $H = 0$  für flüssiges Wasser bei  $\vartheta = 0 \text{ °C}$ .

$$H_1 = H_{E,1} + H_{W,1} = m_{E,1} c_{p,E} \vartheta_{E,1} - m_{E,1} l_0 + m_{W,1} c_{p,W} \vartheta_{W,1}$$

$$H_2 = (m_{E,1} + m_{W,1}) c_{p,W} \vartheta_2$$

$H_1 = H_2$ ; nach  $m_{W,1}$  auflösen

$$m_{W,1} c_{p,W} (\vartheta_{W,1} - \vartheta_2) = -m_{E,1} (c_{p,W} \vartheta_2 - c_{p,E} \vartheta_{E,1} + l_0)$$

$$m_{W,1} = \frac{8(4,2 + 2,2 \cdot 12 + 334)}{4,2(14 - 1)} = 53,42 \text{ kg}$$

b) Entropieänderung für Gesamtsystem:  $dS = d_e S + d_i S$ ,  $d_e S = 0$  wegen  $d_e Q = 0$ , aber  $d_i S \neq 0$ .

für Einzelsysteme:  $dS = d_e S = \frac{d_e Q}{T} = \frac{dH}{T}$ ; mit  $dH = m c_p dT \Rightarrow S_2 - S_1 = m c_p \ln(T_2/T_1)$   
 $dH = l_0 dm \Rightarrow S_2 - S_1 = (m_2 - m_1) l_0 / T_0$

$$S_{E,2} - S_{E,1} = m_{E,1} c_{p,E} \ln\left(\frac{T_0}{T_1}\right) + m_{E,1} \frac{l_0}{T_0} + m_{E,1} c_{p,W} \ln\left(\frac{T_2}{T_0}\right) = 0,7907 + 9,7822 + 0,12278 \text{ kJ/K}$$

$$S_{W,2} - S_{W,1} = m_{W,1} c_{p,W} \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = -10,395 \text{ kJ/K}$$

$$S_2 - S_1 = 0,3008 \text{ kJ/K}$$

#### Lösungstabelle:

$m_{E,1}$ kg	$\vartheta_{E,1}$ °C	$\vartheta_{W,1}$ °C	$\vartheta_2$ °C	$m_{W,1}$ kg	$S_{E,0} - S_{E,1}$ kJ/K	$\Delta S_{E,\text{Schmelzen}}$ kJ/K	$S_{E,2} - S_{E,0}$ kJ/K	$S_{W,2} - S_{W,1}$ kJ/K	$S_2 - S_1$ kJ/K
8	-12	14	1	53,42	0,79070	9,78217	0,12278	-10,3949	0,3008
6	-12	14	2	43,90	0,59303	7,33663	0,18384	-7,87173	0,2418
4	-12	14	3	32,29	0,39535	4,89109	0,18351	-5,29803	0,1719
8	-17	30	1	24,67	1,13094	9,78217	0,12278	-10,4186	0,6173
6	-17	30	2	19,38	0,84820	7,33663	0,18384	-7,8872	0,4815
4	-17	30	3	13,54	0,56547	4,89109	0,18351	-5,3068	0,3333