

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

1.12.2006

Zwei Behälter A und B, die mit einem reibungsfrei beweglichen, masselosen Kolben verschlossen sind, sind vollständig mit siedendem Wasser ( $m_A = 1,0 \text{ kg}$ ,  $\vartheta_A = 100^\circ\text{C}$ ) beziehungsweise mit Satttdampf ( $m_B = 1,3 \text{ kg}$ ,  $\vartheta_B = 150^\circ\text{C}$ ) gefüllt. Zwischen diesen beiden Behältern arbeitet eine Carnot-Wärme­kraftmaschine.

- (a) Berechnen Sie, welcher Zustand in diesem Prozess zuerst eintritt:
- (1) Das Wasser in Behälter A ist vollständig verdampft (aber der Satttdampf in Behälter B ist noch nicht vollständig verflüssigt)  
oder
  - (2) Der Satttdampf in Behälter B ist vollständig verflüssigt (aber das Wasser in Behälter A ist noch nicht vollständig verdampft).
- (b) Wieviel Arbeit  $W_0$  wird dabei gewonnen?
- (c) Zeichnen Sie die Zustandsänderungen in beiden Behältern in ein gemeinsames  $p,v$ -Diagramm ein.

Dampf­tafel für Wasser

$\vartheta$ °C	$p$ bar	$v'$ dm <sup>3</sup> /kg	$v''$ m <sup>3</sup> /kg	$h'$ kJ/kg	$h''$ kJ/kg	$r$ kJ/kg
100	1,0	1,0437	1,6730	419,1	2676,0	2256,9
150	4,76	1,0908	0,3924	632,2	2745,4	2113,2
200	15,55	1,1565	0,1272	852,4	2790,9	1938,5

### Rechengang:

- (a) Die Prozesse in beiden Behältern verlaufen isobar. Die zum vollständigen Verdampfen des Wassers in Behälter A notwendige Wärmezufuhr beträgt

$$Q_A = \Delta H_A = m_A r(100^\circ\text{C}),$$

der zur vollständigen Kondensation des Satttdampfes in Behälter B notwendige Wärmeentzug beträgt

$$|Q_B| = |\Delta H_B| = m_B r(150^\circ\text{C}).$$

Mit der für Carnot-Prozesse gültigen Relation  $Q_{\text{zu}}/|Q_{\text{ab}}| = T_{\text{zu}}/T_{\text{ab}}$  tritt Zustand (1) zuerst ein, falls

$$Q_A = |Q_{A, \text{ab}}| < |Q_{B, \text{ab}}| = \frac{T_{\text{ab}}}{T_{\text{zu}}} Q_{\text{zu}} = \frac{T_A}{T_B} Q_B$$

oder umgeformt

$$\frac{Q_B}{Q_A} > \frac{T_B}{T_A}.$$

Einsetzen der Zahlenwerte ergibt  $Q_B/Q_A = 1,2172 > T_B/T_A = 1,1340$ , also tritt Zustand (1) zuerst ein.

- (b)  $|W_0| = Q_{\text{zu}} - |Q_{\text{ab}}| = |Q_{\text{ab}}|(T_{\text{zu}}/T_{\text{ab}} - 1) = Q_A \left(\frac{T_B}{T_A} - 1\right) = 302,41 \text{ kJ/kg}$

### Lösungstabelle:

$m_A$ kg	$m_B$ kg	$\vartheta_A$ °C	$\vartheta_B$ °C	$Q_A$ kJ	$Q_B$ kJ	$T_B/T_A$	$Q_B/Q_A$	Eintreten von Zustand	$ W_0 $ kJ
1	1,3	100	150	2256,9	2747,16	1,1340	1,2172	(1)	302,41
1	1,3	100	200	2256,9	2520,05	1,2680	1,1166	(2)	532,61
1	1,1	100	150	2256,9	2324,52	1,1340	1,0300	(2)	274,67
1	1,6	100	200	2256,9	3101,60	1,2680	1,3743	(1)	604,82
1	1,1	150	200	2113,2	2132,35	1,1182	1,0091	(2)	225,34
1	1,6	150	200	2113,2	3101,60	1,1182	1,4677	(1)	249,70