

Studienbegleitende Klausur Thermodynamik*

Nr.	Pkt.	X ¹
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
Σ		

Name:

Vorname:

Sem. Gruppe:

Matrikel-Nr.:

1. Ermitteln Sie in Abhängigkeit der gegebenen Größen die Abkühlzeit t eines elektrischen Heizelementes von der Betriebstemperatur $T_0(t_0 = 0)$ auf die Temperatur $T(t)$ nach Abschalten des Stromes unter der Annahme, dass der Wärmeübergang ausschließlich durch Konvektion erfolgt.

geg.: $M, c, \alpha, A, T_0(t_0 = 0), T_u$

2. Welche Druckerhöhung ist notwendig, um das Volumen von Benzol bei konstanter Temperatur $\vartheta_0 = 10 \text{ °C}$ um 1,5 % des Anfangsvolumens v_0 zu verringern? Der Anfangsdruck beträgt $p_0 = 0,1 \text{ MPa}$ und für den isothermen Kompressibilitätskoeffizienten ergaben die Messungen:

$$\chi_T^* = -\frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial p} \right)_T = 9,3 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$$

3. Leiten Sie für ein ideales Gas die Isentropenbeziehung $f(p, T) = 0$ ab.

¹ Bitte kennzeichnen Sie mit einem X die von Ihnen bearbeiteten Klausuraufgaben!

4. Für Kohlenmonoxid (CO) gilt für kleine Drücke

$$c_p = A_0 - \frac{A_1}{T} + \frac{A_2}{T^2} \quad c_p \text{ in kJ/(kg K)} \quad T \text{ in K}$$

mit $A_0 = 1,41 \text{ kJ/(kgK)}$; $A_1 = 492 \text{ kJ/kg}$; $A_2 = 16 \cdot 10^4 \text{ kJK/kg}$

Berechnen Sie die Wärme für die isobare Erwärmung von einem Mol des Gases von $\vartheta_1 = 127 \text{ °C}$ auf $\vartheta_2 = 277 \text{ °C}$.

5. Ermitteln Sie ausgehend von den Definitionsgleichungen $u_2 - u_1$, $h_2 - h_1$, $s_2 - s_1$ sowie $w_{v,12}$, $w_{t,12}$ und q_{12} für die isentrope Zustandsänderung eines idealen Gases in Abhängigkeit der gegebenen Größen p_1 , v_1 , p_2 , v_2 , R und κ .

6. Weisen Sie nach, dass die Abkühlung eines Körpers bei konstanter Umgebungstemperatur irreversibel ist.

7. Wasser, $T_{z=0} = 50 \text{ °C}$, $\bar{v} = 1 \text{ m/s}$, strömt durch einen $L = 100 \text{ m}$ langen Rohrschnitt, $d_i = 20 \text{ mm}$, $s = 1 \text{ mm}$, $\lambda_{st} = 40 \text{ W/(m K)}$, $\varepsilon = 0,8$, und wird außen (Umgebung) durch freie Konvektion (Luft) und Strahlung (Wände) gekühlt, $T_U = T_{U,W} = 10 \text{ °C}$.

- Ermitteln Sie an der axialen Stelle $z = 0$ die Wärmeübergangskoeffizienten $\alpha_1 = \alpha_{H_2O}$ sowie $\alpha_{a,Konv}$ und $\alpha_{a,Str}$.
- Wie unterscheiden sich an dieser Stelle zahlenmäßig der Wärmedurchgangskoeffizient k_a und der äußere Wärmeübergangskoeffizient α_a ?
- Bestimmen Sie unter Verwendung der ermittelten Transportkoeffizienten die Wasseraustrittstemperatur $T_{z=L}$. Welche Schlussfolgerungen ziehen Sie aus Ihrem Ergebnis?
- Berechnen Sie den an die Umgebung transportierten Wärmestrom \dot{Q} .

Verwenden Sie die Gleichungen von HAUSEN für die erzwungene Konvektion und jene von MICHEJEV für die freie Konvektion (Arbeitsheft).

8. $\dot{V}_2 = 360 \text{ m}^3/\text{h}$ Helium, $\tilde{M}_{He} = 4 \text{ kg/kmol}$, $\kappa_{He} = 1,67$, werden in einem Kompressor von $p_1 = 1 \text{ bar}$, $T_1 = 300 \text{ K}$ auf $p_2 = 5 \text{ bar}$, $T_2 = 450 \text{ K}$, polytrop verdichtet. Das Kühlmittel, Wasser, $\dot{M}_K = 1 \text{ kg/s}$, erwärmt sich während der Verdichtung von $\vartheta_E = 10 \text{ °C}$ auf $\vartheta_A = 20 \text{ °C}$.

- Darstellung der Zustandsänderung im T,s - und p,v -Diagramm.
- Ermittlung der technischen Arbeit w_{t12} sowie der Antriebsleistung \dot{W}_{t12} .
- Bestimmung der Entropiedifferenz $s_2 - s_1$, Reibungsarbeit $w_{R,12}$ und Verdichtereffizienzgrade $\eta_{v,T}$, bezogen auf die reversible isotherme Kompression, sowie $\eta_{v,s}$, bezogen auf die isentrope Kompression.

9. Eine Pumpe fördert bei einer elektrischen Leistungsaufnahme von $\dot{W}_{el} = 13,6 \text{ kW}$, $\eta_{el} = 0,95$, $\eta_p = 0,6$, Wasser, $\dot{M} = 6 \text{ kg/s}$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $c = 4190 \text{ J/(kg K)}$, aus dem Druckbehälter BI mit dem Druck p_1 in den Druckbehälter BII, $p_4 = 4 \text{ bar}$, $\vartheta_4 = 10 \text{ °C}$, siehe Schalterschema.

In den Bilanzquerschnitten ① und ④ können die jeweiligen Behälterdrücke angesetzt werden.

Saugleitung I und Druckleitung II sind durch die Daten $D_I = 0,05 \text{ m}$, $z_2 - z_1 = L_I = 5 \text{ m}$, $\lambda_{eff,I} = 0,5$, $D_{II} = 0,075 \text{ m}$, $z_4 - z_3 = L_{II} = 50 \text{ m}$, $\lambda_{eff,II} = 0,85$ gekennzeichnet. Das Gesamtsystem sei adiabot betrachtet. Die Druckverluste in den Rohrleitungen sind durch den Ansatz $\Delta p_v = \lambda_{eff} \frac{L}{D} \frac{1}{2} \rho \bar{v}^2$ zu berechnen.

Ermitteln Sie den Behälterdruck p_1 , die Behältertemperatur ϑ_1 und die Entropieerzeugung

$\Delta \dot{S}_{ges} \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$ des Wassers im Gesamtsystem.

