

Institut für Technische Verbrennung
Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. Pitsch

– **Aufgabenstellung** –

Thermodynamik I

SS 2014

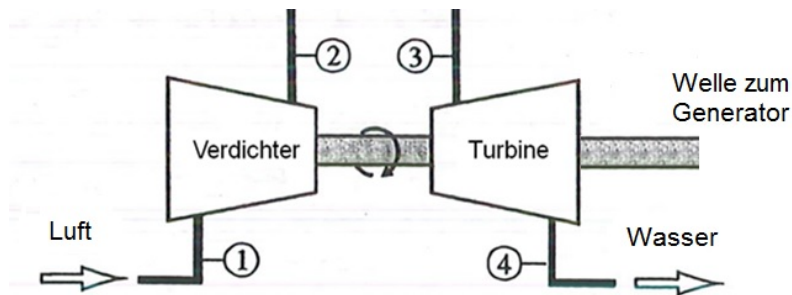
Aachen, den 22. September 2014

Bachelorprüfung

1 Aufgabe (25 Punkte)

Eine adiabate Dampfturbine treibt gleichzeitig einen adiabaten Luftverdichter und einen Generator an. Luft tritt im Zustand 1 (25 °C , 100 kPa , $7,5\text{ m/s}$) in den Verdichter ein und verlässt ihn im Zustand 2 (375 °C , 1200 kPa). Der Massenstrom der Luft ist 30 kg/s und tritt durch eine Leitung mit einer Kreisfläche von $0,626\text{ m}^2$ aus.

Wasserdampf tritt mit einem Massenstrom von 25 kg/s im Zustand 3 (500 °C , 5 MPa , 80 m/s) in die Turbine ein und verlässt sie im Zustand 4 ($0,1\text{ MPa}$, 140 m/s). Der Generator wird mit einer Nettoleistung von 10 MW angetrieben. Luft kann als ideales Gas mit konstanter Wärmekapazität ($c_p = 1,005\text{ kJ/(kgK)}$, $\kappa = 1,4$) angesehen werden. Potentielle Energien können vernachlässigt werden.



Bestimmen Sie:

- a) die Geschwindigkeit der Luft am Verdichteraustritt (m/s). 5 Pkt.

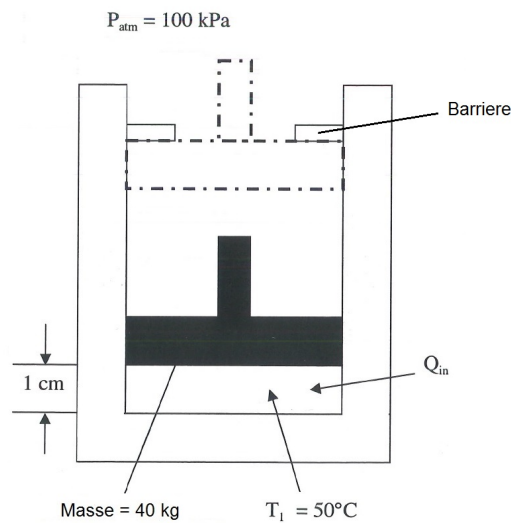
Hinweis: Falls Aufgabenteil a) nicht bearbeitet worden ist, kann von einer Austrittsgeschwindigkeit von $7,2\text{ m/s}$ ausgegangen werden.

- b) die vom Verdichter benötigte Antriebsleistung (MW). 4 Pkt.
 c) den Nassdampfgehalt am Turbinenaustritt. 8 Pkt.
 d) den isentropen Wirkungsgrad der Turbine. Es wird angenommen, dass die Austrittsgeschwindigkeit bei isentropem Zustand gleich 140 m/s ist. 8 Pkt.

Hinweise: Unterscheiden sich Werte um weniger als 1% von Tabellenwerten, können Sie diese benutzen. Andernfalls müssen Sie interpolieren.

2 Aufgabe (25 Punkte)

50 °C warmes Wasser befindet sich in einem Kolben-Zylinder-System. Die Masse des Kolbens beträgt 40 kg und seine Kreisfläche 78,54 cm². Der Umgebungsdruck beträgt 1 bar. Die Anfangsposition (1 cm über dem Zylinderboden) und die Endposition des Kolbens sind im Diagramm dargestellt. Wärme wird dem Wasser hinzugefügt, und der Kolben steigt langsam. Wenn der Kolben auf die Barriere trifft, ist das Wasser zu 75,5% dampfförmig (Nassdampfgehalt $x_2 = 0,755$). Die Wärmezufuhr wird fortgesetzt, bis der Druck auf 3 bar angestiegen ist. Reibung am Kolben ist zu vernachlässigen. Die Erdbeschleunigung beträgt $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Kinetische und potentielle Energien können vernachlässigt werden.



- a) Skizzieren Sie den Vorgang im p, v -Diagramm unter Berücksichtigung der Sättigungslinien. 4 Pkt.

Bestimmen Sie:

- b) den Anfangsdruck im Zylinder (kPa). 3 Pkt.
 c) die Wassermasse im Zylinder (kg). 4 Pkt.
 d) das Endvolumen (m³). 5 Pkt.
 e) die zugeführte Wärme (kJ). 9 Pkt.

Hinweise:

- Das Volumen eines Zylinders berechnet sich als Produkt aus Kreisfläche mal Höhe.
- Unterscheiden sich Werte um weniger als 1% von Tabellenwerten, können Sie diese benutzen. Andernfalls müssen Sie interpolieren.
- Für unterkühlte Flüssigkeit können Sie die Näherung für inkompressible Flüssigkeit nehmen.

3 Aufgabe (20 Punkte)

Luft befindet sich in einem **geschlossenen** System und wird folgendem reversiblen Prozess unterzogen:

- 1→2: Isochorer Wärmeübergang von $p_1 = 100$ kPa und $T_1 = 300$ K auf $p_2 = 150$ kPa.
- 2→3 Adiabate Verdichtung mit einem Verdichtungsverhältnis von 7 ($V_2/V_3 = 7$).
- 3→4 Isobarer Wärmeübergang auf ein Viertel des ursprünglichen Volumens ($V_4 = V_1/4$).
- 4→5 Adiabate Expansion auf p_1 .
- 5→1 Isobarer Wärmeübergang auf den Ausgangszustand.

Luft kann als ideales Gas mit konstanter Wärmekapazität ($c_v = 0,718$ kJ/(kgK), $\kappa = 1,4$) angesehen werden. Kinetische und potentielle Energien können vernachlässigt werden. Bestimmen Sie:

- a) die Wärme von 1 nach 2 q_{12} (kJ/kg). Geben Sie an, ob es sich um zu- oder abgeführte Wärmemengen handelt. 4 Pkt.
- b) die Wärme von 3 nach 4 q_{34} (kJ/kg). Geben Sie an, ob es sich um zu- oder abgeführte Wärmemengen handelt. 10 Pkt.
- c) den thermischen Wirkungsgrad. 6 Pkt.

4 Aufgabe (20 Punkte)

Betrachtet wird ein horizontaler Zylinder der durch einen Kolben in zwei Bereiche aufgeteilt wird. Der Kolben ist frei beweglich, aber gasdicht. Zu Beginn enthält einer der Bereiche 1 m^3 Stickstoff ($80 \text{ }^\circ\text{C}$, 500 kPa), während der andere Bereich 1 m^3 Helium ($25 \text{ }^\circ\text{C}$, 500 kPa) enthält. Aufgrund des Wärmetransports durch den Kolben (mit hoher Wärmeleitfähigkeit) wird thermisches Gleichgewicht hergestellt. Während dieses Vorgangs gibt der Zylinder 100 kJ an die 0°C warme Umgebung ab.



Bestimmen Sie:

- a) Die Temperatur im Zylinder, nachdem sich das thermische Gleichgewicht eingestellt hat. 9 Pkt.
- b) Die Entropieproduktion des Gesamtsystems für diesen Prozess. 11 Pkt.

Hinweise: Kinetische und potentielle Energien können vernachlässigt werden. Stickstoff und Helium sollen als ideale Gase mit konstanten Wärmekapazitäten betrachtet werden. Gegeben:

- $R_{\text{N}_2} = 0,2968 \text{ kJ}/(\text{kgK})$, $c_{v,\text{N}_2} = 0,743 \text{ kJ}/(\text{kg}^\circ\text{C})$, $c_{p,\text{N}_2} = 1,039 \text{ kJ}/(\text{kgK})$,
- $R_{\text{He}} = 2,07869 \text{ kJ}/(\text{kgK})$, $c_{v,\text{He}} = 3,1156 \text{ kJ}/(\text{kg}^\circ\text{C})$, $c_{p,\text{He}} = 5,1926 \text{ kJ}/(\text{kgK})$.