

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

– **Aufgabenstellung** –

Thermodynamik I

WS 2014/2015

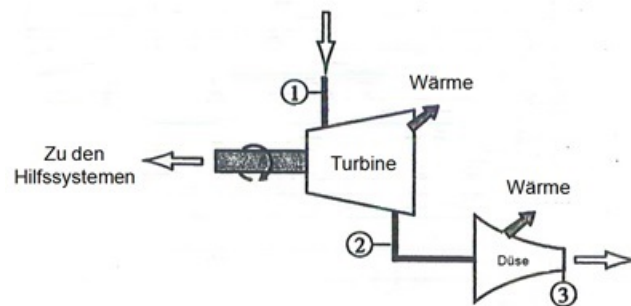
Aachen, den 20. Februar 2015

Bachelorprüfung

1 Aufgabe (13 Punkte)

Ein Schub-System benutzt eine Düse und eine Turbine. Ein Massenstrom heißen Gases tritt mit 100 g/s und 2500 K in die Turbine zum Antrieb von Hilfssystemen ein, bevor er die Düse durchströmt. Die Geschwindigkeit des Gases am Turbineneintritt ist 81 m/s . Die Düse ist so gewählt, dass die Eintrittsgeschwindigkeit 81 m/s und die Austrittsgeschwindigkeit 476 m/s betragen. Der Auslassdurchmesser beträgt 20 mm und der Austrittsdruck beträgt 100 kPa . Die Leistung der Turbine muss 120 kW betragen. Der Wärmeverlust in der Turbine beträgt 20 kW .

Die Leitungen können als adiabat und isobar aufgefasst werden. Das Gas kann als ideales Gas mit konstanter Wärmekapazität ($M = 28,7 \text{ kg/kmol}$, $\kappa = 1,4$) angesehen werden. Potentielle Energien können vernachlässigt werden.

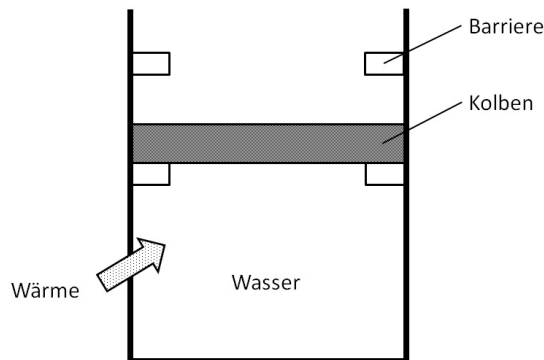


Bestimmen Sie:

- a) die Temperatur am Turbinenausritt (K), 7 Pkt.
- b) die Temperatur am Düsenaustritt (K), 2 Pkt.
- c) die Wärmeverluste an der Düse (kW). 4 Pkt.

2 Aufgabe (25 Punkte)

Ein Kolben-Zylinder-System enthält zwei Barrieren, zwischen denen sich der Kolben frei bewegen kann. Das Gewicht des Kolbens ist so groß, dass sie mit dem Atmosphärendruck insgesamt einen Druck von 200 kPa erzeugt. Zu Beginn befindet sich der Kolben an der unteren Barriere. Der Zylinder hat an dieser Position ein Volumen von $0,4 \text{ m}^3$ und enthält Dampf mit 100°C und $x_1 = 0,25$. Wärme wird langsam hinzugefügt, bis der Dampf gerade komplett gasförmig ist. Zu diesem Zeitpunkt herrscht im Zylinder ein Druck von 300 kPa. Reibung am Kolben ist zu vernachlässigen. 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) die Wassermasse im Zylinder (kg), 4 Pkt.
 c) die Temperatur, wenn sich der Kolben zum ersten Mal bewegt ($^\circ\text{C}$), 3 Pkt.
 d) das Endvolumen (m^3), 2 Pkt.
 e) die während des gesamten Prozesses zugeführte Wärme (kJ), 5 Pkt.
 f) die Entropieproduktion im eingeschlossenen Wasser vom Verlassen der unteren Barriere bis zum Erreichen der oberen Barriere von Kolben (kJ/K). 7 Pkt.

Hinweise:

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

3 Aufgabe (25 Punkte)

Ein Kolben-Zylinder System benutzt eine konstante Masse eines Gases. Es werden folgende reversible Prozesse betrachtet:

- 1→2: Adiabate Verdichtung von Zustand 1 ($p_1 = 100 \text{ kPa}$ und $T_1 = 300 \text{ K}$). Das Volumenverhältnis der Verdichtung beträgt $V_1/V_2 = 8:1$.
- 2→3: Isochore Wärmezufuhr bis zu einem Maximaldruck von $p_3 = 4 \text{ MPa}$.
- 3→4: Isobare Wärmezufuhr bei einem Volumenverhältnis von $V_4/V_3 = 2:1$.
- 4→5: Adiabate Expansion auf den Ausgangsdruck.
- 5→1: Isobarer Wärmeübergang auf den Ausgangszustand.

Rechnen Sie für ein ideales Gas mit folgenden Werten: $c_p = 1,0 \text{ kJ}/(\text{kgK})$, $M = 29,1 \text{ kg/kmol}$. Kinetische und potentielle Energien können vernachlässigt werden.

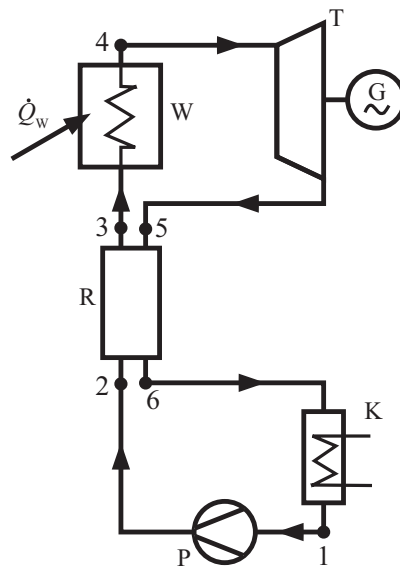
- a) Skizzieren Sie den Prozess im p - v - und T - s -Diagramm. 6 Pkt.

Bestimmen Sie:

- b) die Temperatur T_2 (K), 4 Pkt.
- c) die Maximaltemperatur im Prozess (K), 3 Pkt.
- d) das Volumenverhältnis V_5/V_3 , 2 Pkt.
- e) den thermischen Wirkungsgrad des Prozesses. 10 Pkt.

4 Aufgabe (27 Punkte)

Die skizzierte Anlage dient dazu, die Abwärme $\dot{Q}_W (= 5 \text{ MW})$ aus einem Blockheizkraftwerk zur Stromerzeugung zu nutzen. Die Abwärme erhitzt Wasser (als Arbeitsmedium) im Wärmetauscher W bei einem hohen Druck von 5 MPa. Anschließend strömt das Wasser mit einer Temperatur von 1000°C in eine Turbine T, die den Generator G antreibt. Nach Verlassen der Turbine wird ein Rekuperator R durchströmt, der im Gegenstrom das Arbeitsmedium weiter abkühlt. Am Austritt des Rekuperators (Zustand 6) liegt die Temperatur 50°C über der Temperatur von Zustand 2. Im Kondensator K wird das Wasser bis auf den Siedezustand weiter abgekühlt ($p_1 = 0,1 \text{ MPa}$, $x_1 = 0$) und dann von der Pumpe P auf den Druck p_2 gebracht und dem Rekuperator zur Vorwärmung zugeleitet. Ein Teil der Turbinenleistung wird zum Betrieb der Pumpe verwendet. Die überschüssige Turbinenleistung wird zum Antrieb des Generators eingesetzt.



Annahmen: Rekuperator, Turbine und Pumpe seien nach außen adiabat. Pumpe und Turbine arbeiten mit einem isentropen Wirkungsgrad von 90%. Druckverluste in Wärmetauscher, Rekuperator, Kondensator und den Rohrleitungen sind ebenso wie potentielle und kinetische Energien zu vernachlässigen.

- a) Skizzieren Sie die Zustandsänderungen des Wassers im T - s Diagramm unter Berücksichtigung der Sättigungslinien. Betrachten Sie sorgfällig die Temperaturverhältnisse an den Ein- und Austritten des Rekuperators. 6 Pkt.

Bestimmen Sie:

- b) die Temperatur T_2 (K), 6 Pkt.
 c) die Temperatur T_3 (K), 10 Pkt.
 d) den thermischen Wirkungsgrad η_{th} der Anlage, 3 Pkt.
 e) den notwendigen Massenstrom \dot{m} (kg/s). 2 Pkt.

Hinweise:

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