



Thermodynamik I HS 19

Probeprüfung

22. November 2019
8:00 – 9:00 Uhr

Name: _____ Vorname: _____

Legi-Nr.: _____

Anzahl abgegebener Blätter: _____

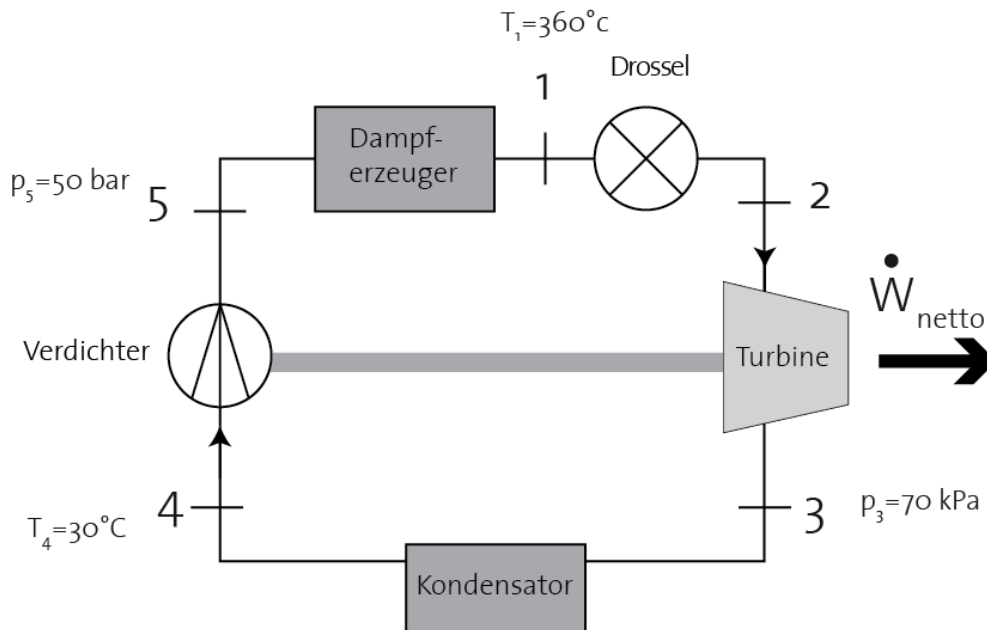
Hinweise:

- Verwenden Sie für jede Aufgabe ein neues Blatt.
- Schreiben Sie auf jedes Blatt Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer.
- Legen Sie nach der Prüfung alle Lösungen in die Aufgabenstellung.
- Schreiben Sie NICHT mit Bleistift oder roten und grünen Farben.
- Schreiben Sie jeden Zwischenschritt und jedes Zwischenresultat auf.
- Runden Sie die Ergebnisse sinnvoll.
- Geben Sie bei Tabellenwerten immer an, aus welcher Tabelle sie stammen.
- Mehrfache Lösungsvarianten werden nicht bewertet.
- Unmotivierte Lösungsversuche bekommen keine Punkte.

Erlaubte Hilfsmittel: 4 A4-Blätter eigene Zusammenfassung, Taschenrechner (gemäss Einschränkungen), Tabellen, Zusammenfassung LTNT, keine Musterlösungen

Aufg.	Punkte	Max.	1.Korrektur	2. Korrektur
1		29		
2		29		
Total		58		

Aufgabe 1 - Dampfkraftwerk (29 Punkte; ~50% der Punkte)



Ein Dampfkraftwerk mit Wasser als Arbeitsmittel (Massenfluss $\dot{m} = 5 \text{ kg/s}$) durchläuft den folgenden Kreisprozess:

- 1-2: Isenthalpe Expansion in der Drossel
- 2-3: Adiabate reversible Expansion in der Turbine auf den Druck $p_3 = 70 \text{ kPa}$
- 3-4: Isobare Abkühlung auf die Temperatur $T_4 = 30^\circ\text{C}$
- 4-5: Adiabate reversible Kompression auf den Druck $p_5 = 50 \text{ bar}$
- 5-1: Isobare Erwärmung auf die Temperatur $T_1 = 360^\circ\text{C}$

Bei normalem Betrieb ist die Drossel komplett geöffnet, d.h. Zustand 1 und 2 können als ein Zustand beschrieben werden ($T_2 = T_1$ und $p_2 = p_1$).

- a.) (9 Punkte) Berechnen Sie die spezifische Enthalpie in jedem Zustand.
- b.) (5 Punkte) Berechnen Sie die spezifische Arbeit und spezifische Wärme von jedem Teilprozess.
- c.) (4 Punkte) Berechnen Sie Nettoleistung und den Wirkungsgrad des Dampfkraftwerks.
- d.) (5 Punkte) Zeichnen Sie ein T-s Diagramm des Kreislaufs. Zeichnen Sie das Diagramm gross, unklare Prozessschritte geben keine Punkte.

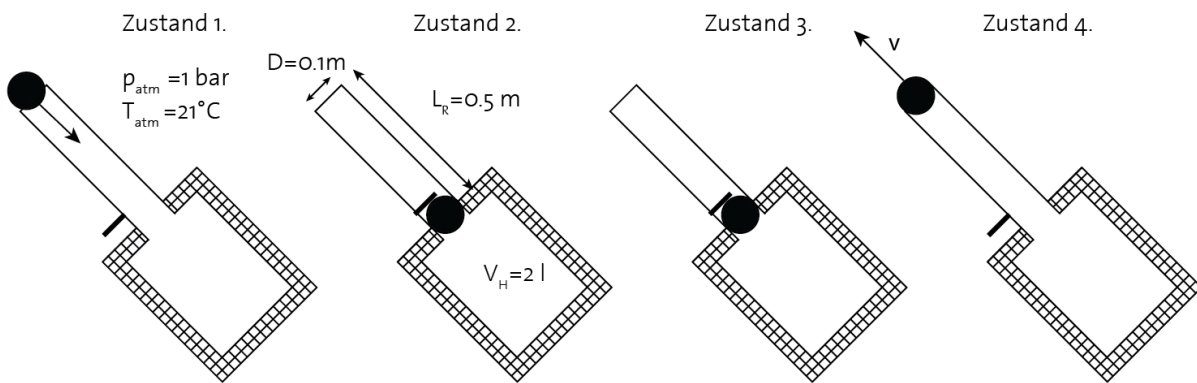
Nun sinkt plötzlich Elektrizitätsnachfrage am Stromnetz und mittels der Drossel soll die Nettoleistung auf 2660 kW reduziert werden.

- e.) (6 Punkte) Bis auf welchen Druck p_2 muss der Dampf in der Drossel expandiert werden? Zustände 1, 4 und 5 bleiben unverändert. Hinweis: Der Druck liegt zwischen 5 bar und 20 bar.

Aufgabe 2 – Kanone (29 Punkte; ~50% der Punkte)

Eine Kanone (siehe Skizze) besteht aus einem Rohr (Länge $L_R = 0.5 \text{ m}$, Innendurchmesser $D = 0.1 \text{ m}$), welches verbunden ist mit einem Hohlraum (Volumen $V_H = 2 \text{ Liter}$). Um eine Kugel (Masse $m = 10 \text{ kg}$) abzufeuern findet ein Prozess in drei Schritten statt:

- 1-2: Die Kugel wird von aussen bis zum Hohlraum in das Rohr eingeschoben und komprimiert dabei Luft in Rohr und Hohlraum isotherm. Sobald die Kugel zum Hohlraum gelangt ist, wird ein Riegel vorgeschoben der die Kugel am Ort festhält.
- 2-3: Während die Kugel vom Riegel fixiert bleibt, wird mit einem elektrischen Heizelement in der Wand des Hohlraums die Luft im Innenraum auf eine Temperatur von 400°C erwärmt.
- 3-4: Für den Abschuss wird der Riegel zu Seite gestossen, worauf das Gas expandiert und die Kugel im Rohr beschleunigt wird. Die Expansion bei diesem Abschuss kann als adiabat reversibel beschrieben werden und endet kurz bevor die Kugel das Rohr verlast.



Betrachten Sie die Luft im Hohlraum und dem Rohr als geschlossenes System, welches zu Beginn mit atmosphärischer Luft gefüllt ist. Beschreiben Sie die Luft als ideales Gas mit $\kappa = 1.4$ und $R = 287 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$. Der Umgebungsdruck beträgt $p_{\text{atm}} = 1 \text{ bar}$ und die Umgebungstemperatur beträgt $T_{\text{atm}} = 21^\circ\text{C}$. Vernachlässigen Sie das Volumen und die potentielle Energie der Kugel, sowie die Reibung im Rohr.

- a) (8 Punkte) Geben Sie für jeden Zustand (1, 2, 3 und 4) den Druck, die Temperatur und das massenspezifische Volumen an.
- b) (7 Punkte) Berechnen Sie die massenspezifischen Arbeiten und massenspezifischen Wärmen aller drei Prozessschritte.
- c) (7 Punkte) Skizzieren Sie den Prozess in einem p-v Diagramm und in einem T-s Diagramm. Zeichnen Sie die Diagramme gross, unklare Prozessschritte geben keine Punkte.
- d) (4 Punkte) Lokale Variationen im Gasdruck entstehen falls die Expansion schneller als die Schallgeschwindigkeit ($v_s = 343 \text{ m/s}$) stattfindet. Kann der Druck im Rohr und Hohlraum während dem Prozessschritt 3-4 als uniform angenommen werden? Begründen sie rechnerisch.
- e) (3 Punkte) Nehmen Sie an die Kompression im ersten Prozessschritt erfolgt adiabat reversibel und die hinzugefügte Wärme, q_{23} , sowie die restlichen Prozesse bleiben gleich. Verändert sich in diesem Fall die Flugweite der Kugel? Falls ja, wird diese grösser oder kleiner? Begründen Sie Ihre Antwort qualitativ.