

Übungsblatt 13

Ausgabe: Dienstag, 30.01.2024

Abgabe: Dienstag, 06.02.2024, vor 10:00 Uhr

Besprechung: Donnerstag, 08.02.2024 (Übungen)

Die Anmeldung zur Vorleistung im Campus Management System ist vom 31.01. bis zum 14.02.2023 möglich. Bitte beachten Sie auch die Informationen zu Vorleistung und Klausur im Merkblatt *Ankündigung_Klausur_1* in ILIAS.

Aufgabe 1

4 Punkte

In einem Druckluft-Energiespeicher befindet sich Stickstoff (ideales Gas, Adiabatenkoeffizient $\kappa = 7/5$) mit dem Volumen $V_1 = 1000$ l bei einer Temperatur $T_1 = 20^\circ \text{C}$ und einem Druck $p_1 = 1$ bar. Dieses wird unter Aufwendung der Arbeit W_{12} adiabatisch auf den Druck $p_2 = 100$ bar komprimiert (Schritt 1->2). Während der Speicherzeit kühlt sich das Gas isochor auf die Temperatur $T_3 = 200^\circ \text{C}$ ab (Schritt 2->3). Anschließend wird es in einer Turbine auf den Druck $p_4 = 1$ bar adiabatisch entspannt (Schritt 3->4). Dabei wird gespeicherte Energie als mechanische Arbeit W_{34} zurückgewonnen. Zuletzt wird das Gasvolumen isobar wieder auf V_1 gebracht (Schritt 4->1).

- a) Berechnen Sie die Temperaturen T_2 nach der Kompression und T_4 nach der Entspannung.

1 Punkt

- b) Berechnen Sie die Volumina V_2 nach der Kompression und V_4 nach der Entspannung. **1 Punkt**

- c) Zeichnen Sie den Prozess im p - V -Diagramm (also die Funktion $p(V)$). **1 Punkt**

- d) Berechnen Sie den Wirkungsgrad $\eta = |W_{34}|/|W_{12}|$ des Energiespeichers. Die Berechnung wird besonders einfach, wenn Sie die Änderungen der inneren Energie in den Schritten 1->2 und 3->4 betrachten und ausnutzen, dass beide Schritte adiabatisch sind. **1 Punkt**

Aufgabe 2

3 Punkte

Sie halten einen Topf Suppe auf einer Herdplatte bei $T = 40^\circ \text{C}$ warm. Nach einer Stunde lesen Sie am Stromzähler ab, dass Sie 0,01 kWh an elektrischer Energie verbraucht haben.

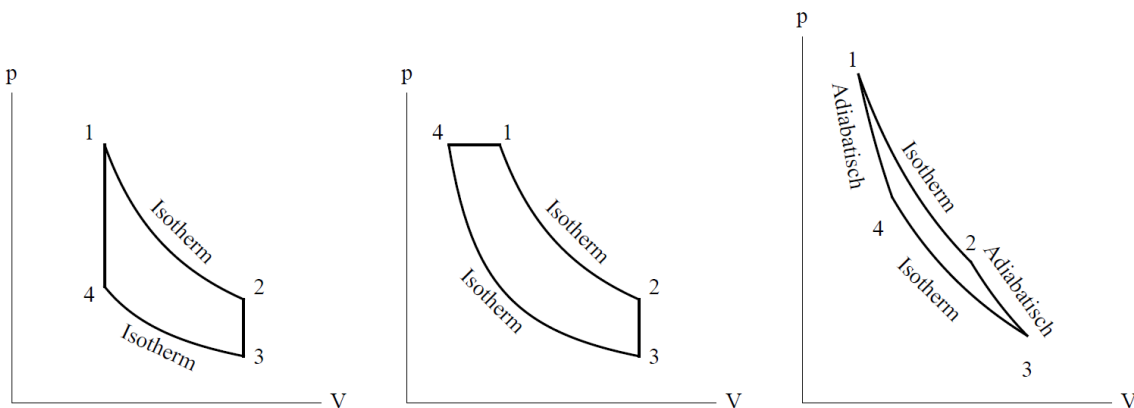
- a) Um welchen Wert hat sich die Entropie der Suppe geändert (ohne Berücksichtigung möglicher Zersetzungsprozesse)? Begründen Sie Ihre Antwort. **1 Punkt**
- b) Wie hat sich die Entropie der Umgebung geändert, wenn deren Temperatur näherungsweise konstant bei 20°C geblieben ist? **2 Punkte**

Aufgabe 3**4 Punkte**

- a) Zwei Körper K_1 und K_2 unterschiedlicher Temperatur ($T_1 = 60^\circ\text{C}$ und $T_2 = 20^\circ\text{C}$) und mit innerer Energie $U_i = CT_i$ ($i = 1, 2$; $C = 4.2 \text{ kJ/K}$) tauschen Wärme aus, bis sie bei $T = T_0$ im thermischen Gleichgewicht sind.
- Berechnen Sie die Entropieänderungen ΔS_i beider Körper sowie deren Summe S_{ges} .
Tipp: Bestimmen Sie zunächst die differentiellen Entropieänderungen dS_i bei konstanter Temperatur und integrieren Sie dann von der Ausgangs- zur Endtemperatur. **1,5 Punkte**
 - Berechnen Sie die Änderung der inneren Energie des aus den beiden Körpern bestehenden Gesamtsystems. **½ Punkt**
- b) Leiten Sie eine Funktion $T(S)$ her zur Berechnung der Temperatur T eines Stoffes abhängig von seiner Entropie S im Falle einer
- isochoren Zustandsänderung **1 Punkt**
 - isobaren Zustandsänderung. **1 Punkt**

Aufgabe 4**5 Punkte**

Gegeben sind folgende p - V -Diagramme von Kreisprozessen, die ein ideales Gas durchläuft. Seine Teilchenzahl sei dabei konstant.



- a) Skizzieren Sie für jeden der drei Prozesse die zugehörigen T - V -, p - T - und T - S -Diagramme.
Anmerkung: Dies bedeutet die Darstellung der Funktionen $T(V)$, $p(T)$ und $T(S)$.
4,5 Punkte
- b) Erläutern Sie, warum man aus jedem Diagrammtyp die vollständige Information über das System erhält. Warum verwendet man häufiger die p - V - und die T - S -Auftragung anstatt einer der anderen? **0,5 Punkte**