SoSe 2019

Übungen zur Physik II

Vorlesung: Prof.Dr. Tilmann Kuhn, Prof.Dr. Cornelia Denz
Übungen: Dr. Karol Kovařík, Dr. Lew Classen

Blatt 6

Abgabe: 15.05.19
Besprechung: 20. oder 21.05.19

Aufgabe 16: Otto-Motor **(6 Punkte, schriftlich)**

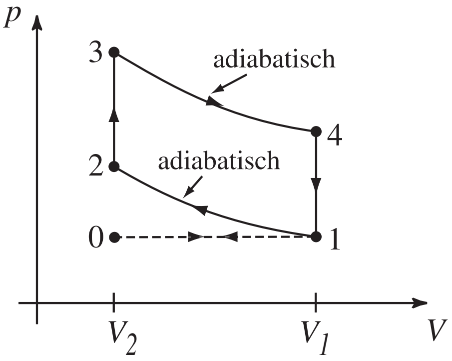
Der abgebildete Kreisprozess beschreibt einen Viertakt-Verbrennungsmotor. Die Arbeitssubstanz sei ein ideales Gas.

(a) (1 Punkt) Welchen Takten entsprechen die einzelnen Prozesse?

(b) (4 Punkte) Geben Sie die im Kreisprozess geleistete Arbeit als Funktion der Temperaturen der Zustände $1-4$ an.

(c) (1 Punkt) Bestimmen Sie den Wirkungsgrad dieser Maschine.

Hinweis: Verwenden Sie bei (b) den 1. Hauptsatz und bei (c) die Adiabatengleichung.



Aufgabe 17: Kritische Werte des van der Waals-Gases **(10 Punkte, mündlich)**

Die van der Waals'sche-Zustandsgleichung beschreibt die Zusammenhänge zwischen den Druck, Temperatur und Volumen für ein reales Gas durch

$$\left(p + \left(\frac{N}{V}\right)^2 a\right)\left(V - Nb\right) = Nk_BT\,,$$

wobei a, b Materialkonstanten sind.

(a) (2 Punkte) Bei niedrigen Dichten verhalten sich alle Gase näherungsweise wie ideale Gase. Mit zunehmender Dichte treten dann Abweichungen von der Zustandsgleichung des idealen Gases auf. Im Rahmen der so genannten "Virialentwicklung" entwickelt man diese Abweichungen in eine Potenzreihe in der Dichte $\rho = N/V$ gemäß

$$p = k_BT\varrho\left(1 + \sum_{\nu=1}^{\infty} B_\nu \varrho^\nu\right)\,,$$

mit den Virialkoeffizienten B_ν. Bestimmen Sie den ersten Virialkoeffizienten B_1 des van der Waals-Gases. Drücken Sie die Boyle-Temperatur T_B, für die $B_1 = 0$ gilt, durch die Konstanten a und b aus.

(b) (3 Punkte) Zeigen Sie anhand der van der Waals'schen-Zustandsgleichung, dass die kritischen Werte für Temperatur und Druck gegeben sind durch

$$T_c = \frac{8a}{27bR}, \qquad p_c = \frac{a}{27b^2} .$$

Welcher Zusammenhang besteht zwischen T_c und T_B?
Hinweis: Nutzen Sie aus, dass die p-V-Kurve am kritischen Punkt einen Wendepunkt hat, so dass die ersten beiden Ableitungen null sind.

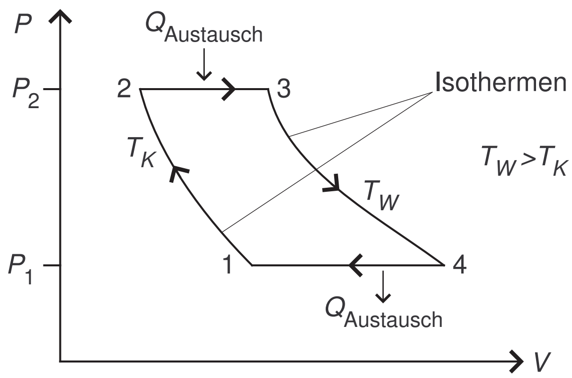
(c) (3 Punkte) Berechnen Sie $\left(\frac{\partial p}{\partial \varrho}\right)_T$ für das van der Waals-Gas und bestimmen Sie die Temperatur $T_0(\varrho)$, für die dieser Differentialquotient Null wird. Skizzieren Sie $T_0(\varrho)$. Ermitteln Sie die kritische Temperatur T_c als das Maximum von $T_0(\varrho)$. Vergleichen Sie das Ergebniss mit dem Ergebniss aus Teil (b).

(d) (1 Punkt) Zeigen Sie, dass die zwei verschiedene Zugänge zur Berechnung der kritischen Temperatur aus Aufgabenteilen (b) und (c) äquivalent sind.

(e) (1 Punkt) Ermitteln Sie a und b für CO_2 aus den gemessenen Werten $T_c = 304.25\,\mathrm{K}$ und $p_c = 73,9\,\mathrm{bar}$.

Aufgabe 18: Ericsson-Prozess (6 Punkte, schriftlich)

Ein ideales Gas durchlaufe den skizzierten Kreisprozess reversibel. Bei diesem sogenannten Ericsson-Prozess werden isotherme und isobare Zustandsänderungen durchgeführt. Die während der isobaren Kompression bzw. Expansion umgesetzten Wärmen ($Q_{\text{Austausch}}$) werden mit Hilfe eines Wärmespeichers gegeneinander ausgetauscht werden d.h. die Wärme, die bei der Kompression entstanden ist, wird in den Wärmespeicher abgeführt und eine gleich große Wärme wird dann aus dem Wärmespeicher dem idealen Gas während der Expansion zugeführt.



(a) (4 Punkte) Berechnen Sie die während der einzelnen Prozessschritte anfallenden Arbeiten und Wärmen sowie die Änderungen der inneren Energie.

(b) (2 Punkte) Stellen Sie eine Bilanz von W, Q und ΔU für den Kreisprozess auf und geben Sie den Wirkungsgrad als Funktion der Temperaturen T_K und T_W an.