

## Übungen zur Theoretischen Physik F SS 13

Prof. Dr. G. Schön

Blatt 2

Dr. M. Marthaler, Dr. A. Poenicke

Besprechung, 26.04.2013

---

## 1. Ideales Gas:

9 Punkte

- (a) (2 Punkte) Zeigen sie, dass für ein ideales Gas mit  $PV = NkT$  die innere Energie  $U$  bei gegebener Temperatur nicht vom Volumen abhängt. Berechnen sie dazu  $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T$ , in dem sie eine der Transformationsformeln von Blatt 1 und eine Maxwell-Relation benutzen. Die explizite Form von  $U$  darf hier nicht verwendet werden.
- (b) (2 Punkte) Ferner sei bekannt, dass das Gas eine konstante Wärmekapazität  $C_V = \frac{f}{2}Nk$  habe. Zeigen Sie, dass  $\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V$  gilt und damit, wenn wir  $U$  als Funktion von  $T$  und  $V$  auffassen,  $dU = C_V dT$ . Berechnen sie daraus die Entropie  $S(T, V)$ .
- (c) (1 Punkt) Warum erfüllt  $S$  nicht den dritten Hauptsatz?
- (d) (2 Punkte) Für das hier betrachtete ideale Gas aus  $N$  Teilchen mit  $f$  Freiheitsgraden pro Teilchen ist die innere Energie gegeben durch  $U = \frac{f}{2}NkT$ . Betrachten sie eine adiabatische Zustandsänderung bei konstanter Teilchenzahl, und zeigen sie über den 1.Hauptsatz, dass gilt:

$$P^{f/(f+2)}V = \text{const.} \quad , \quad VT^{f/2} = \text{const.} \quad (1)$$

- (e) (2 Punkte) Berechnen Sie die Wärmekapazität bei konstantem Druck  $C_P$  und die isotherme ( $dT = 0$ ) und adiabatische ( $dS = 0$ ) Kompressibilität  $\kappa_T = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T$  bzw.  $\kappa_S = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_S$ . Zeigen sie, dass  $C_P/C_V = \kappa_T/\kappa_S$ .

## 2. Carnot-Maschine mit idealem Gas:

3 Punkte

Berechnen Sie den Wirkungsgrad einer mit einem idealen Gas betriebenen Carnot-Maschine und zeigen Sie, dass die dadurch definierte Temperaturskala identisch ist mit der Kelvin'schen Skala (bzw. der Definition der Temperaturskala durch das Ideale Gas die in der Vorlesung diskutiert wurde.).

### 3. Kreisprozess eines Dieselmotors

8 Punkte

Der Kreisprozess eines "reversiblen Dieselmotors" mit idealem Gas als Arbeitsstoff ist in der untenstehenden Abbildung dargestellt.

- (a) (3 Punkte) Wie sieht der Prozess im T-S-Diagramm aus?  
Hinweis: Bestimmen sie aus der der Entropie  $S(T, V)$  aus Aufgabe 1, auch die Entropie  $S(T, P)$  des idealen Gases.
- (b) (5 Punkte) Bestimmen Sie den Wirkungsgrad des Dieselmotors in Abhängigkeit von den Temperaturen  $T_A, T_B, T_C, T_D$  und  $\gamma = C_P/C_V$ .

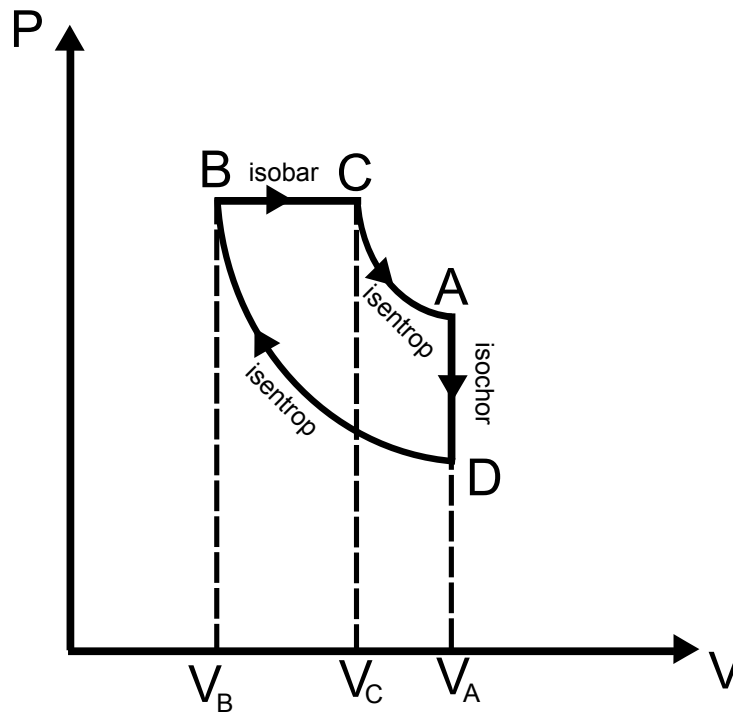


Abbildung 1: Der Kreisprozess des Dieselmotors besteht aus zwei isentropen Zustandsänderungen und jeweils einer isobaren und isochoren Zustandsänderung. Zu den vier Punkten A, B, C und D im P-V-Diagramm gehört jeweils die Temperatur  $T_A, T_B, T_C$  und  $T_D$ .