



Übungsblätter gibt es unter <https://www.tu-bs.de/theophys/edu/wise-1314/thermo1314>.

**18. Zustandsänderungen eines idealen Gases (6 Punkte)**

Ein ideales Gas (Volumen  $V$ , Druck  $p$ , Temperatur  $T$ , Molzahl  $n$ , Gaskonstante  $R$ ) wird im Gleichgewicht durch die Zustandgleichung

$$pV = nRT$$

beschrieben.

- Berechnen Sie die Arbeit  $w$  einer reversiblen Expansion eines idealen Gases bei konstanter Temperatur.
- Berechnen Sie die Arbeit  $w$ , wenn die Expansion nicht isotherm ( $T = \text{const}$ ), sondern adiabatisch ( $S = \text{const}$ ) durchgeführt wird. Zeigen Sie außerdem, dass die Zustandsänderung durch die Adiabatengleichung

$$pV^\gamma = \text{const} \quad \text{mit} \quad \gamma = \frac{C_p}{C_V}.$$

beschrieben wird. Verwenden Sie hierbei, dass für das ideale Gas  $C_p - C_V = nR$  gilt.

- Berechnen Sie die Arbeit  $w$  bei einer Expansion gegen konstanten äußeren Druck  $p_A$ .
- Zeigen Sie, dass bei isobarer ( $p = \text{const}$ ) Zustandsänderung gilt:

$$w = (C_p - C_V) \Delta T.$$

**19. Carnot'scher Wirkungsgrad (6 Punkte)**

Berechnen Sie den Wirkungsgrad  $\eta = \frac{|\oint \delta W|}{Q_1}$ , also den Quotienten aus insgesamt geleisteter Arbeit und eingesetzter Wärme, für den Carnot'schen Kreisprozess zuerst allgemein, dann für ein ideales Gas, indem Sie die Arbeit für die Teilschritte ausrechnen.

*Bitte wenden!* →

20. **Otto- und Dieselmotor (8 Punkte)**

Als Näherung für einen Ottomotor kann der folgende Kreisprozess betrachtet werden:

- 1.) adiabatische Kompression des gasförmigen Brennstoff-Luft-Gemisches
- 2.) isochore ( $V = \text{const}$ ) Erwärmung vom Kompressionsvolumen  $V = V_k$
- 3.) adiabatische Expansion nach  $V_k + V_h$ ,  $V_h$ : Hubvolumen
- 4.) isochore Abkühlung

Für einen Dieselmotor sind die einzelnen Schritte folgendermaßen:

- 1.) adiabatische Kompression von Luft
- 2.) isobare Erwärmung mit Volumenänderung von  $V_k$  nach  $V_k + V_e$ ,  $V_e$ : Einspritzvolumen
- 3.) adiabatische Expansion nach  $V_k + V_h$ ,  $V_h$ : Hubvolumen
- 4.) isochore Abkühlung

- (a) Skizzieren Sie die Prozesse im  $(S, T)$ -Diagramm und im  $(p, V)$ -Diagramm.
- (b) Man bestimme für ein ideales Gas als Arbeitsgas übertragene Wärme und geleistete Arbeit bei den vier Schritten (als Funktion der Temperaturen an den vier Eckpunkten).
- (c) Man zeige, dass der Wirkungsgrad eines Ottomotors gegeben ist durch

$$\eta = 1 - \epsilon^{1-\gamma}$$

bzw. für den Dieselmotor

$$\eta = 1 - \epsilon^{1-\gamma} \frac{\phi^\gamma - 1}{\gamma(\phi - 1)}$$

mit  $\gamma = C_P/C_V$ ,  $\epsilon = (V_k + V_h)/V_k$  (Verdichtungsverhältnis) und  $\phi = (V_k + V_e)/V_k$  (Einspritzverhältnis).