

# Thermodynamik I – Rechenübung 4

## Aufgabe 1

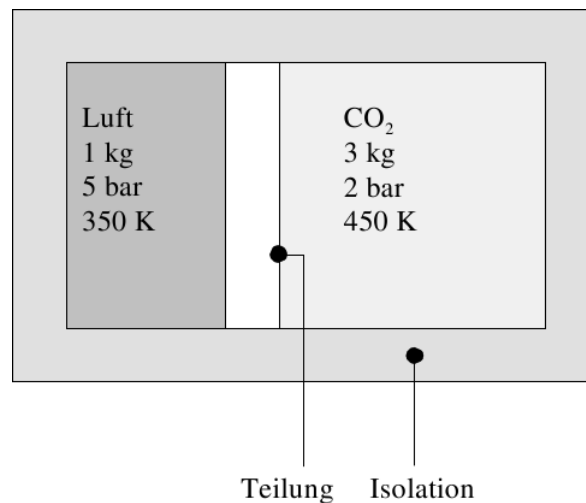


Abbildung 1: Isolierter Container

1 kg Luft ( $p = 5 \text{ bar}$ ,  $T = 350 \text{ K}$ ) und 3 kg Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) ( $p = 2 \text{ bar}$ ,  $T = 450 \text{ K}$ ) sind gegeneinander in einem starren, gut isolierten Container eingeschlossen, wie in Abbildung 1 dargestellt. Zwischen den Gasen ist eine frei bewegliche Trennwand angeordnet, über die ein Wärmeaustausch durch Leitung zwischen den beiden Gasen stattfinden kann. In der Trennwand ist keine Energie gespeichert. Die Luft und das Kohlendioxid verhalten sich beide wie ideale Gase. Bestimmen Sie die Temperatur in  $K$  und den Enddruck in  $\text{bar}$  im Gleichgewichtszustand bei angenommenen konstanten spezifischen Wärmekapazitäten.

## Aufgabe 2

Gegeben ist ein Gasgemisch mit einem Molekulargewicht von  $33 \text{ kg/kmol}$  bei einem Anfangszustand  $p = 3 \text{ bar}$ ,  $T = 300 \text{ K}$  und einem Volumen von  $0.1 \text{ m}^3$ . Das Gas durchläuft eine Expansion, bis es ein Volumen von  $0.2 \text{ m}^3$  einnimmt. Während der Expansion ist die (Druck–Volumen–Beziehung)  $pV^{1.3} = \text{konstant}$ . Nehmen Sie das ideale Gasmodell mit

$$c_v = 0.6 + (2.5 \cdot 10^{-4} (1/\text{K})) T$$

an, mit  $[T] = \text{K}$  und  $[c_v] = \text{kJ/kg K}$ . Bestimmen Sie unter Vernachlässigung der kinetischen und potentiellen Energieeffekte:

- a) die Masse des Gases in  $\text{kg}$ ,
- b) den Enddruck in  $\text{bar}$ ,
- c) die Endtemperatur in  $\text{K}$ ,
- d) die Arbeit und den Wärmeübergang, beides in  $\text{kJ}$ .

## Aufgabe 3

Ein starrer Behälter enthält anfänglich  $3 \text{ kg}$  Luft bei  $500 \text{ kPa}$  und  $290 \text{ K}$ . Der Behälter ist mit einem Ventil zu einem vertikal angeordneten System aus Kolben und Zylinder verbunden. Das Volumen im Zylinder enthält anfänglich  $0.05 \text{ m}^3$  Luft bei  $200 \text{ kPa}$  und  $290 \text{ K}$ . Weil das Ventil nicht vollständig geschlossen ist, kann die Luft langsam in den Zylinder strömen, bis der Behälterdruck auf  $200 \text{ kPa}$  fällt. Durch das Kolbengewicht und den Atmosphärendruck bleibt der Druck bei  $200 \text{ kPa}$  im Zylinder konstant. Infolge des Wärmeübergangs bleibt die Temperatur bei  $290 \text{ K}$  ebenfalls konstant. Bestimmen Sie den gesamten Betrag der Wärmeübertragung der Luft in  $\text{kJ}$ . Nehmen Sie ein ideales Gasverhalten an.

## Aufgabe 4

In einem Kolben-Zylinder-System befindet sich Wasserstoff (Volumen  $V_1 = 1 \text{ m}^3$ , Druck  $p_1 = 100 \text{ kPa}$ , Temperatur  $T_1 = 300 \text{ K}$ ). In diesem Anfangszustand berührt eine Feder von aussen den Kolben, ohne eine Kraft auf den Kolben auszuüben.

Je nach Auslenkung der Feder  $x$  ist die Federkraft  $F = k \cdot x$ , mit der Federkonstante  $k = 30 \text{ kN/m}$ . Die Querschnittsfläche des Kolbens beträgt  $0.8 \text{ m}^2$ .

Dem Wasserstoff wird Wärme zugeführt, was zu einer Expansion mit einer Verdoppelung des Volumens führt. Der Umgebungsdruck beträgt  $p_0 = 100 \text{ kPa}$ .

- a) Bestimmen Sie die Masse, den Enddruck und die Endtemperatur des Wasserstoffs.
- b) Bestimmen Sie die totale vom System geleistete Arbeit.

- c) Bestimmen Sie den Anteil der Arbeit, der gegen die Feder geleistet wird.
- d) Bestimmen Sie die Wärme, die dem System zugeführt werden muss, um die angegebene Expansion zu ermöglichen.
- e) Zeichnen Sie den Prozess im p-V-Diagramm.

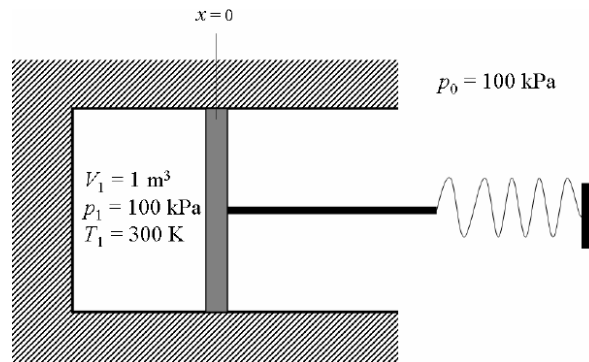


Abbildung 2: Zustand 1

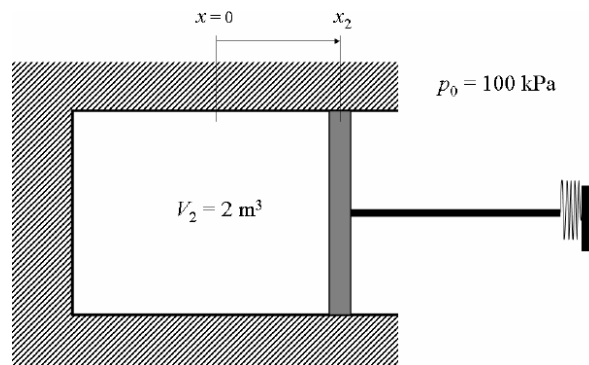


Abbildung 3: Zustand 2