

1. Übungsblatt zu Experimentalphysik II (SS 21)

Name(n): Leo Knapp, Marius Pfeiffer, Juan Provencio, Martin Reitenbach

Gruppe: K

Punkte: ____/____/____ Σ ____

1.1 Aufgabe 1: Adiabatische Expansion

Geg.:

- $pV^\gamma = \text{const.}$
- $\gamma = \frac{c_P}{c_V}$
- Idealer Gas
- Reversible und adiabatische Expansion

Wir bestimmen die benötigte Arbeit:

$$W = - \int_{V_1}^{V_2} p \, dV \quad (1)$$

und dass

$$pV^\gamma := C = \text{const.} \quad (2)$$

$$p = CV^{-\gamma} \quad (3)$$

Daraus folgt, dass

$$W = - \int_1^2 p \, dV \quad (4)$$

$$= - \int_{V_1}^{V_2} CV^{-\gamma} \, dV \quad (5)$$

$$= \frac{-CV^{-\gamma+1} V_2}{-\gamma+1} \quad (6)$$

Weiter auf nächster Seite.

Wir bestimmen γ

$$\gamma = \frac{c_P}{c_V} \quad | c_V = \frac{f}{2}R \quad (7)$$

$$c_P = \frac{f+2}{2}R \quad (8)$$

$$= \frac{\frac{f+2}{2}}{\frac{f}{2}} \quad | f = 3 \quad (9)$$

$$= \frac{5}{3} \quad (10)$$

Dann ist die geleistete Arbeit

$$W = \left[\frac{-3CV^{-\frac{2}{3}}}{2} \right]_{V_1}^{V_2} \quad (11)$$

$$= \frac{3}{2}C \left[V_2^{-\frac{2}{3}} - V_1^{-\frac{2}{3}} \right] \quad (12)$$

Außerdem wissen wir, dass

$$pV = \text{const.} \quad (13)$$

und somit

$$pV = CV^{-\frac{2}{3}} \quad (14)$$

Setzen wir dies in die Arbeit an, dann erhalten wir:

$$W = \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) \quad (15)$$

$$= \frac{3}{2}(nRT_2 - nRT_1) \quad (16)$$

$$= \frac{3}{2}nR(T_2 - T_1) \quad (17)$$

1.2 Aufgabe 2: Modellprozess für einen Dieselmotor

a) Skizze:

Strecke 1-2: adiabatische Expansion von V_1 auf V_2

Strecke 2-3: Isobare Expansion von V_2 auf V_3

Strecke 3-4: adiabatische Kompression von V_3 auf $V_4 = V_1$

Strecke 4-1: Isochore Abkühlung von T_4 auf T_1

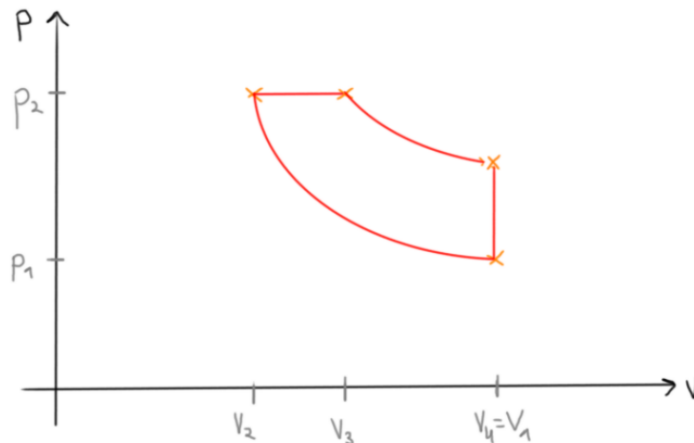


Abbildung 1: pV-Diagramm Dieselmotor

b) Strecke 1-2:

- Wärmemenge:

$$\Delta Q = 0 \quad (18)$$

- Arbeit und Änderung der inneren Energie:

$$\Delta W = \Delta U = \frac{3}{2}nR(T_2 - T_1) \quad (19)$$

Strecke 2-3:

- Wärmemenge:

$$\Delta Q = nc_P(T_3 - T_2) \quad (20)$$

- Arbeit:

$$\Delta W = -nR(T_3 - T_2) \quad (21)$$

- Innere Energie:

$$\Delta U = n(c_P - R)(T_3 - T_2) \quad (22)$$

Strecke 3-4:

- Wärmemenge:

$$\Delta Q = 0 \quad (23)$$

- Arbeit und innere Energie:

$$\Delta W = \Delta U = \frac{3}{2}nR(T_4 - T_3) \quad (24)$$

Strecke 4-1:

- Wärmemenge:

$$\Delta Q = nc_V(T_1 - T_4) \quad (25)$$

- Arbeit:

$$\Delta W = 0 \quad (26)$$

- Innere Energie

$$\Delta U = \Delta Q \quad (27)$$

c) Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{|\Delta W|}{Q_w} \quad (28)$$

$$= \frac{Q_w - |Q_w|}{Q_w} \quad (29)$$

$$= 1 - \frac{|\frac{f}{2}nR\Delta T_{14}|}{\frac{f+2}{2}nR\Delta T_{23}} \quad (30)$$

$$= 1 - \frac{1\Delta T_{14}}{\gamma\Delta T_{23}} \quad (31)$$

$$= 1 - \frac{1}{\gamma} \frac{T_1}{T_2} \left(\frac{\frac{T_4}{T_1} - 1}{\frac{T_3}{T_2} - 1} \right) \quad (32)$$

1.3 Aufgabe 3: Entropie

	Aluminium	Wasser
Gewicht	$m_A = 0.2 \text{ kg}$	$m_W = 0.05 \text{ kg}$
Temperatur	$T_A = 100 \text{ °C} = 373.15 \text{ K}$	$T_W = 20 \text{ °C} = 293.15 \text{ K}$
Spezifische Wärme	$c_A = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$	$c_W = 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$

- a) Die Gleichgewichtstemperatur berechnen wir als Mittel der gegebenen Temperaturen unter beachtung von Masse und spezifischer Wärme:

$$\begin{aligned}
 T_G &= \frac{m_A \cdot c_A \cdot T_A + m_W \cdot c_W \cdot T_W}{m_A \cdot c_A + m_W \cdot c_W} \\
 &= \frac{0.2 \text{ kg} \cdot 900 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 373.15 \text{ K} + 0.05 \text{ kg} \cdot 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 293.15 \text{ K}}{0.2 \text{ kg} \cdot 900 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} + 0.05 \text{ kg} \cdot 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}} \\
 &= \mathbf{330.12 \text{ K}}
 \end{aligned}$$

Für die Folgenden Aufgabenteile verwenden wir die Formel

$$\Delta S(x) = m_x \cdot c_x \cdot \ln\left(\frac{T_G}{T_x}\right),$$

um die Entropieänderung zu berechnen.

- b) Entropieänderung Aluminium „(x=A)“

$$\begin{aligned}
 \Delta S(A) &= m_A \cdot c_A \cdot \ln\left(\frac{T_G}{T_A}\right) \\
 &= 0.2 \text{ kg} \cdot 900 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot \ln\left(\frac{330.12 \text{ K}}{373.15 \text{ K}}\right) \\
 &= \mathbf{-22.05 \frac{J}{K}}
 \end{aligned}$$

- c) Entropieänderung Aluminium „(x=W)“

$$\begin{aligned}
 \Delta S(W) &= m_W \cdot c_W \cdot \ln\left(\frac{T_G}{T_W}\right) \\
 &= 0.05 \text{ kg} \cdot 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot \ln\left(\frac{330.12 \text{ K}}{293.15 \text{ K}}\right) \\
 &= \mathbf{24.89 \frac{J}{K}}
 \end{aligned}$$

- d) Entropieänderung Gesamtsystem

Ergibt sich aus der Summe der Entropieänderungen der einzelnen Stoffe.

$$\begin{aligned}
 \Delta S &= \Delta S(A) + \Delta S(W) \\
 &= -22.05 \frac{\text{J}}{\text{K}} + 24.89 \frac{\text{J}}{\text{K}} \\
 &= \mathbf{2.83 \frac{J}{K}}
 \end{aligned}$$