

## Übung 2.1

a) Seiliger Prozess für 1.8 L - R4 - Ottomotor

1: Einlassventile schließen

$$\text{Druck: } P_1 = P_A = 1.6 \text{ bar}$$

Hubvolumen (4 Takt)

$$\text{Volumen: } V_1 = \frac{V_H}{\epsilon - 1} + V_H = 500 \text{ cm}^3$$

$$V_H = \frac{1.8 \text{ L}}{4} = 450 \text{ cm}^3$$

$$\text{Temperatur: } T_1 = 30 + 273.15 = 303.15 \text{ K}$$

$$\epsilon = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_2 + V_H}{V_2}$$

$$\text{Entropie: } S_1 = 1 \text{ J/K}$$

1-2: isentrope Kompression

$$\text{Volumen: } V_2 = V_1 - V_H = 50 \text{ cm}^3$$

$$\text{Druck: } P_2 = P_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa} = 1.6 \text{ bar} \cdot \left( \frac{500 \text{ cm}^3}{50 \text{ cm}^3} \right)^{1.4} = 40.19 \text{ bar}$$

$$\text{Temperatur: } T_2 = T_1 \cdot \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa - 1} = 303.15 \text{ K} \cdot \left( \frac{500 \text{ cm}^3}{50 \text{ cm}^3} \right)^{1.4 - 1} = 761.478 \text{ K}$$

$$\text{Entropie: } S_2 = S_1 = 1 \text{ J/K}$$

2: Einspritzung und Zündung

$$\text{Luftmasse: } m_L = \frac{P_1 V_1}{R_L T_1} = \frac{P_2 V_2}{R_L T_2} = \frac{40.19 \text{ bar} \cdot 50 \text{ cm}^3}{290 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 761.478 \text{ K}} = 909.981 \text{ mg}$$

$$\text{Kraftstoffmasse: } m_{kr} = \frac{m_L}{m_{L, \text{min}} \lambda_s} = \frac{909.981 \text{ mg}}{14 \cdot 1.6} = 40.624 \text{ mg}$$

Masse Kraftstoff-Luft-Gemisch:

$$m_G = m_L + m_{kr} = 909.981 \text{ mg} + 40.624 \text{ mg} = 950.605 \text{ mg}$$

$$\text{zugeführte Energie: } Q_{zu} = m_{kr} \cdot H_u = 40.624 \text{ mg} \cdot 43 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 1746.83 \text{ J}$$

$$\text{Entropie: } S_2 = 1 \text{ J/K}$$

$Q_{23}$   
 $Q_{24}$

2-3: isochore Verbrennung

$$\text{Volumen: } V_3 = V_2 = 50 \text{ cm}^3$$

$$\text{Druck: } P_3 = P_{\text{max}} = 110 \text{ bar}$$

$$T_{3a} = \frac{P_{\text{max}} \cdot V_3}{m_G \cdot R_g} = \frac{110 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 50 \text{ cm}^3}{950,605 \text{ mg} \cdot 280 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = 2066,353 \text{ K} = 800 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\begin{aligned} \text{Wärme für max. Druck: } Q_{23a} &= m_G \cdot C_v \cdot (T_{3a} - T_2) & C_v &= \frac{R_g}{K_g - 1} = \frac{280 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}}{1,35 - 1} \\ &= 950,605 \text{ mg} \cdot 800 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (2066,353 \text{ K} - 761,478 \text{ K}) \\ &= 992,336 \text{ J} \end{aligned}$$

$$Q_{23a} < Q_{2u} \rightarrow Q_{23} = Q_{2u} = 1746,83 \text{ J}$$

$$\text{Temperatur: } T_3 = T_2 + \frac{Q_{2u}}{m_G \cdot C_v} = 761,478 \text{ K} + \frac{1746,83 \text{ J}}{950,605 \text{ mg} \cdot 800 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = 3019,984 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \text{Entropie: } S_3 &= m_G \left( C_v \cdot \ln\left(\frac{T_3}{T_2}\right) + R_g \cdot \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right) \right) + S_2 \\ &= 950,605 \text{ mg} \left( 800 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \ln\left(\frac{3019,984 \text{ K}}{761,478 \text{ K}}\right) + 280 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \ln(1) \right) + S_2 \\ &= 2,047 \frac{\text{J}}{\text{K}} \end{aligned}$$

3-4: isobare Wärmezufuhr

$$\text{Druck: } P_4 = P_3 = P_{\text{max}} \quad C_{pG} = C_{vG} \cdot K_g = 800 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 1,35 = 1080 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\text{zugeführte Wärme: } Q_{34} = Q_{2u} - Q_{23} = 754,494 \text{ J}$$

$$\begin{aligned} \text{Temperatur: } T_4 &= T_3 + \frac{Q_{34}}{m_G \cdot C_{pG}} = 3019,984 \text{ K} + \frac{754,494 \text{ J}}{950,605 \text{ mg} \cdot 1080 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} \\ &= 3754,89 \text{ K} \end{aligned}$$

$$\text{Volumen: } V_4 = V_3 \cdot \frac{T_4}{T_3} = 50 \text{ cm}^3 \cdot \frac{3754,89 \text{ K}}{3019,984 \text{ K}} = 62,167 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Entropie: } S_4 &= S_3 + m_G \cdot \left( C_{pG} \cdot \ln\left(\frac{T_4}{T_3}\right) + R_g \cdot \ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right) \right) \\ &= 2,047 + 950,605 \text{ mg} \cdot 1080 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \ln\left(\frac{3754,89 \text{ K}}{3019,984 \text{ K}}\right) \\ &= 2,270 \frac{\text{J}}{\text{K}} \end{aligned}$$

4-5: isentrope Expansion

$$\text{Volumen: } V_5 = V_1 = 500 \text{ cm}^3$$

$$\text{Druck: } P_5 = P_4 \cdot \left(\frac{V_4}{V_5}\right)^{\kappa} = 110 \text{ bar} \cdot \left(\frac{62.167 \text{ cm}^3}{500 \text{ cm}^3}\right)^{1.35} \\ = 6.593 \text{ bar}$$

$$\text{Temperatur: } T_5 = T_4 \cdot \left(\frac{V_4}{V_5}\right)^{\kappa-1} = 3754.89 \text{ K} \cdot \left(\frac{62.167 \text{ cm}^3}{500 \text{ cm}^3}\right)^{1.35-1} \\ = 1810,104 \text{ K}$$

$$\text{Entropie: } S_5 = S_4 = 2.270 \text{ J/K}$$

