

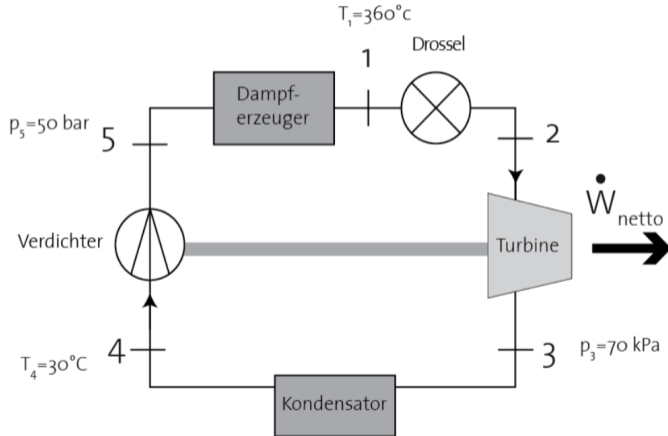


Thermodynamik Probepfung

Pascal Auf der Maur

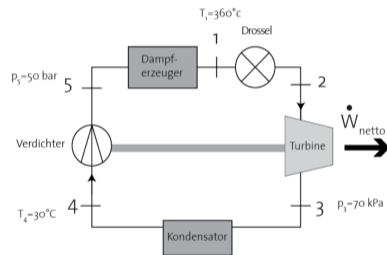
Pascal Auf der Maur

Aufgabe 1



Aufgabe 1

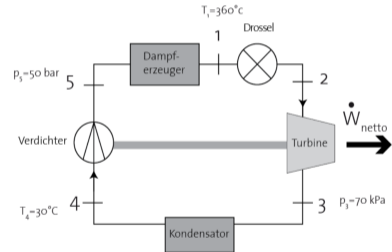
Zustand	p [bar]	T [$^{\circ}\text{C}$]	h [$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$]	s [$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$]
1		360		
2				
3	0.7			
4		30		
5	50			



Aufgabe 1

- Inbeziehen der isobaren Prozessen
- Zustand 1 = Zustand 2

Zustand	p [bar]	T [°C]	h [$\frac{kJ}{kg}$]	s [$\frac{kJ}{kg K}$]
1	50	360		
2	50	360		
3	0.7			
4	0.7	30		
5	50			



Aufgabe 1 - Zustand 1

1. $h_1 = 3094.15 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ interpoliert aus Tab-A4

2. $s_1 = 6.50 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$ interpoliert aus Tab-A4

Aufgabe 1 - Zustand 2

1. Zustand 1 entspricht Zustand 2

$$- h_2 = h_1 = 3094.15 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$- s_2 = s_1 = 6.50 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

Aufgabe 1 - Zustand 3

$$1. s_3 = s_1 = 6.50 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$2. x_3 = \frac{s_3 - s_f}{s_g - s_f} = 0.8442$$

$$3. h_3 = x_3 h_g(p_3) + (1 - x_3) h_f(p_3) = 2304.24 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Aufgabe 1 - Zustand 4

1. $h_4 \approx h_f(T_4) = 125.79 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ aus A-2
2. $s_4 \approx s_f(T_4) = 0.4369 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$ aus A-2

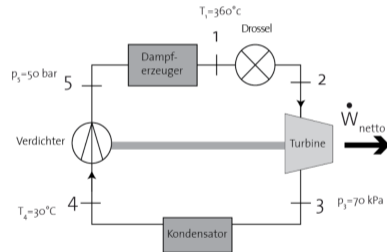
Aufgabe 1 - Zustand 5

1. $s_5 = s_4 = 0.4369 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$
2. $h_5 = 131.48 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ interpoliert aus A-5 bei 50 bar

Aufgabe 1

- Jede Enthalpie ergibt einen Punkt (Ausgenommen ZS 2)
- Temperaturen nicht verlangt

Zustand	p [bar]	T [°C]	h [$\frac{kJ}{kg}$]	s [$\frac{kJ}{kg K}$]
1	50	360	3094.15	6.50
2	50	360	3094.15	6.50
3	0.7	89.95	2304.24	6.50
4	0.7	30	125.79	0.4369
5	50	30.302	131.48	0.4369



Aufgabe 1 - b)

- Ein Massenstrom
- Stationär

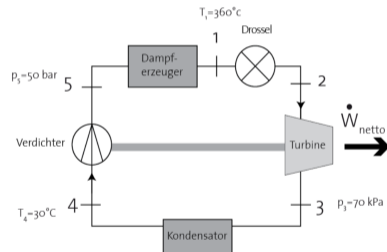
$$\dot{Q} - \dot{W}_s = \dot{m} \left[h_a - h_e + \frac{v_a^2 - v_e^2}{2} + g(z_a - z_e) \right]$$

- Kinetische und potentielle Energie vernachlässigbar

$$\dot{Q} - \dot{W}_s = \dot{m}(h_a - h_e)$$

Aufgabe 1 - b)

Prozess	$q \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$	$w \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$
1-2	isenthalp	isenthalp
2-3	0	$h_2 - h_3 = 789.91$
3-4	$h_4 - h_3 = -2178.45$	0
4-5	0	$h_4 - h_4 = -5.6869$
5-1	$h_1 - h_5 = 2962.673$	0

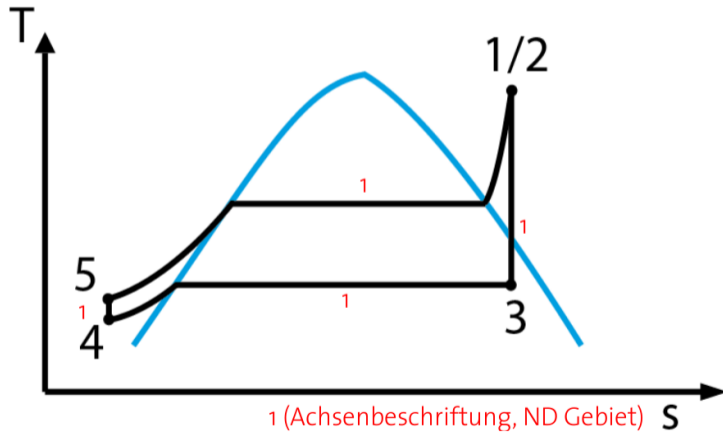


Aufgabe 1 - c)

$$1. \dot{W}_{\text{netto}} = \dot{W}_T + \dot{W}_K = \dot{m}(w_{23} + w_{45}) = 3921.11 \text{ kW}$$

$$2. \eta = \frac{\dot{W}_{\text{netto}}}{\dot{Q}_{\text{zu}}} = \frac{w_{\text{netto}}}{q_{\text{zu}}} = \frac{w_{23} + w_{45}}{q_{51}} = 0.2647$$

Aufgabe 1 - d)



Aufgabe 1 - e)

1. $h'_2 = h_1 = 3094.15 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

2. $s'_2 = s'_3$

3. $p'_3 = p_4$

4. $\dot{W}_{\text{netto}} = \dot{m}(w_{23} + w_{45}) = \dot{m}((h_2 - h'_3) + (h_4 - h_5))$

$$h'_3 = h_2 + h_4 - h_5 - \frac{\dot{W}_{\text{netto}}}{\dot{m}} = 2556.46 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

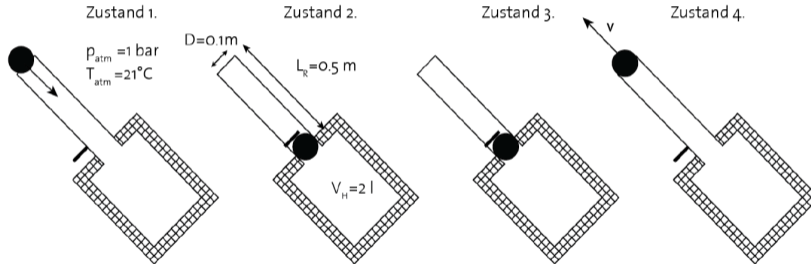
5. $x'_3 = \frac{h'_3 - h_f}{h_g - h_f} = 0.9547$ interpoliert bei 0.7 bar in Tab-A3

6. $s'_3 = s_f + x'_3(s_g - s_f) = 7.1945 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$ interpoliert bei 0.7 bar in Tab-A3

7. Suchen nach Wert in A4 (Gasförmig) zwischen 5 bis 20 bar wo gefundene Werte von h'_2 und s'_2 zutreffen

8. $p'_2 \approx 10 \text{ bar}$

Aufgabe 2



Aufgabe 2 - a)

Zustand	p [bar]	T[K]	v [$\frac{m^3}{kg}$]
1	1	294.15	
2			
3		673.15	
4			

Aufgabe 2 - Zustand 1

1. $p v = R T$

2. $v_1 = \frac{R T_1}{p_1} = 0.8442 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$

3. $V_1 = V_H + V_R = V_H + \frac{D^2}{4} L_R \pi = 0.005927 \text{ m}^3$

4. $m = \frac{V_1}{v_1} = 0.0070208 \text{ kg}$

Aufgabe 2 - Zustand 2

1. $T_2 = T_1 = 294.15 \text{ K}$

2. $V_2 = 0.002 \text{ m}^3$

3. $v_2 = \frac{V_2}{m} = 0.2849 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$

4. $p_2 = \frac{RT_2}{v_2} = 2.963 \text{ bar}$

Aufgabe 2 - Zustand 3

1. $v_3 = v_2 = 0.2849 \frac{m^3}{kg}$
2. $p_3 = \frac{RT_3}{v_3} = 6.781 \text{ bar}$

Aufgabe 2 - Zustand 3

$$1. v_4 = v_1 = 0.8442 \frac{m^3}{kg}$$

$$2. p v^{\kappa} = \text{konst} \quad p_4 v_4^{\kappa} = p_3 v_3^{\kappa} \quad p_4 = p_3 \left(\frac{v_3}{v_4} \right)^{\kappa} = 1.482 \text{ bar}$$

$$3. T_4 = \frac{p_4 v_4}{R} = 435.92 \text{ K}$$

Aufgabe 2 - a)

Zustand	p [bar]	T[K]	v [$\frac{m^3}{kg}$]
1	1	294.15	0.8442
2	2.963	294.15	0.2849
3	6.781	673.15	0.2849
4	1.482	435.92	0.8442

Aufgabe 2 - b)

$$1. \kappa = \frac{c_v + R}{c_v} \quad c_v = \frac{R}{\kappa - 1} = 717.5 \frac{J}{kg K}$$

2. Erster Hauptsatz

$$\Delta e = \Delta u + \Delta ke + \Delta pe$$

3. Kinetische und potentielle Energien sind 0

$$\Delta e = \Delta u = q - w$$

4. $u_{12} = c_v(T_2 - T_1)$ Da c_v konstant

Aufgabe 2 - Prozess 1-2

1. Isotherm: $n=1$

$$2. w_{12} = p_1 v_1 \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right) = -91.712 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$3. q_{12} = u_{12} + w_{12} = c_v(T_2 - T_1) + w_{12} = -91.712 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Aufgabe 2 - Prozess 2-3

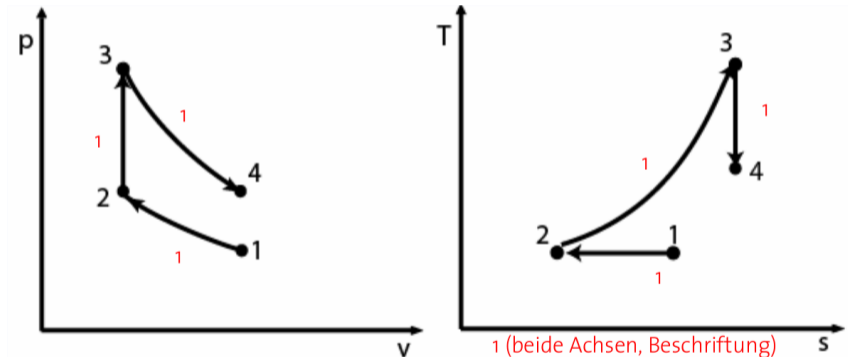
1. Isochor: $w_{23} = 0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
2. $q_{23} = u_{23} = c_v(T_3 - T_2) = 271.93 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Aufgabe 2 - Prozess 3-4

1. adiabat: $q_{34} = 0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

2. $w_{34} = -u_{34} = -c_v(T_4 - T_3) = 170.22 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Aufgabe 2 - c)



Aufgabe 2 - d)

1. Schnellste Geschwindigkeit bei Mündung

$$2. \quad m(w_{34} - p_0(v_4 - v_3)) = \frac{1}{2} v^2 m_{\text{Kugel}} \quad v = \sqrt{\frac{2m(w_{34} - p_0(v_4 - v_3))}{m_{\text{Kugel}}}} = 12.67 \frac{m}{s}$$

3. $v \ll v_S \Rightarrow$ Annahme ok

Aufgabe 2 - e)

1. v_x unverändert

$$2. T_2 < T'_2 = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{\kappa-1}$$

$$3. T_3 < T'_3 = T'_2 + \frac{q_{23}}{c_v}$$

$$4. p_3 < p'_3 = \frac{RT'_3}{v_3}$$

$$5. p'_4 = p'_3 \left(\frac{v_3}{v_4}\right)^{\kappa}$$

$$6. w_{34} < w'_{34} = \frac{1}{1-\kappa} p'_3 \left(\left(\frac{v_3}{v_4}\right)^{\kappa} - v_3 \right)$$

7. Die Kugel fliegt weiter

Bewertung

Pkte	0	1	2	3	4	5	6-7	8	9	10	11-12
Note	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5
Pkte	13	14-15	16	17-18	19-20	21-22	23-25	26-28	29-32	33-58	
Note	3.75	4	4.25	4.5	4.75	5	5.25	5.5	5.75	6	