

Aufgabe 11.1

In einem Kolben-Zylinder-System befinden sich 0.12 kg Ethylen im Phasengleichgewicht Gas-Flüssigkeit (Zustand 1: $T_1 = 0^\circ\text{C}$, $V_1 = 1\text{ dm}^3$). Nacheinander werden nun folgende Zustandsänderungen durchlaufen:

1→2: isochore Erwärmung bis zum Druck $p_2 = 60\text{ bar}$.

2→3: reversibel isobare Zustandsänderung auf das Volumen $V_3 = 0.4 \cdot V_2$.

3→4: isochore Kühlung bis zur Temperatur $T_4 = T_1$ (der Zustandspunkt 4 liegt im Zweiphasengebiet).

4→1: isotherme Zustandsänderung auf das Volumen V_1 .

- Wie groß sind die Drücke p_1 und p_4 ?
- Berechnen Sie die Dampfgehalte x_1 und x_4 sowie den mit Flüssigkeit gefüllten Volumenanteil im Zustand 1.
- Zeichnen Sie die vier Zustandsänderungen qualitativ richtig in ein p, ρ -Diagramm ein, und skizzieren Sie dabei auch den Verlauf der Isothermen.
- Berechnen Sie die Volumenänderungsarbeit W_{23} und die abzuführende Wärme Q_{34} .
- Bei welcher Temperatur wird die Phasengrenze während der Zustandsänderung ③ → ④ überschritten?

Stoffdaten für Ethylen:

Zweiphasengebiet:

T [°C]	p [bar]	ρ' [kg/m ³]	ρ'' [kg/m ³]	u' [kJ/kg]	u'' [kJ/kg]
0.0	40.990	341.21	98.265	293.05	448.60
2.0	42.897	329.94	107.18	302.43	443.75
4.0	44.877	316.65	118.13	312.85	437.44
8.0	49.080	274.25	155.75	341.79	413.72

Zustandsgrößen am kritischen Punkt:

$$T_K = 9.2^\circ\text{C}, p_K = 50.40\text{ bar}, \rho_K = 214.2\text{ kg/m}^3$$

Einphasengebiet:

T [°C]	$p = 60\text{ bar}$	
	ρ [kg/m ³]	u [kJ/kg]
0	374.49	273.24
5	353.04	293.58
10	323.87	318.18
12	307.66	330.49
14	285.68	345.97
16	251.45	368.36
20	170.07	425.40
25	135.84	457.99
30	119.82	477.73