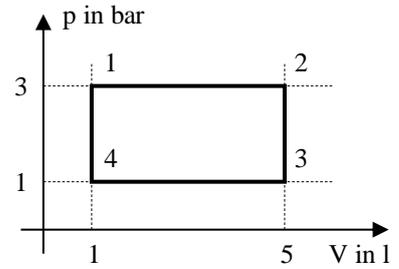


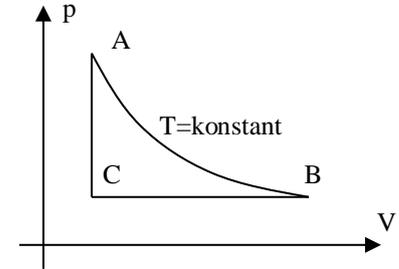
Thermische Kreisprozesse

- Ein ideales Gas durchläuft den im p-V-Diagramm dargestellten Kreisprozess in der Reihenfolge 1 → 2 → 3 → 4 → 1.
 - Charakterisieren Sie die Zustandsänderungen in den einzelnen Teilabschnitten.
 - Berechnen Sie die Temperaturen in den Zuständen 2, 3 und 4, wenn $\delta_1=200^\circ\text{C}$. Stellen Sie diesen Prozess in einem V-T-Diagramm dar.
 - Bestimmen Sie die Arbeit in den Teilprozessen und geben Sie die Nutzarbeit beim gesamten Kreisprozess an.



- Das p-V-Diagramm zeigt einen einfachen (erfundenen) Kreisprozess mit dem Arbeitsstoff ideales Gas, der in der Reihenfolge A → B → C → A abläuft. Die Folgenden Zustandsgrößen sind bekannt:

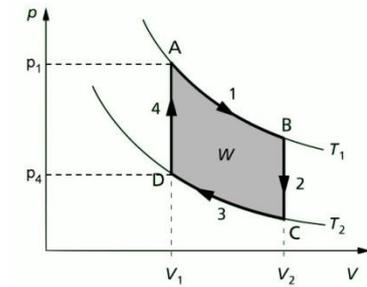
$$p_A=4,5\text{bar} \quad V_A=0,5\text{m}^3 \quad T_A=600\text{K} \quad V_B=2\text{m}^3$$



- Bestimmen Sie alle fehlenden Zustandsgrößen.
- Wie groß ist die Nutzarbeit bei diesem Prozess?
- Wodurch könnte die Nutzarbeit erhöht werden?

- Für den Anfangszustand (A) eines STIRLING-Prozesses gelte: $p_A=4,5\text{bar}$, $V_A=0,2\text{m}^3$ und $T_A=700\text{K}$.

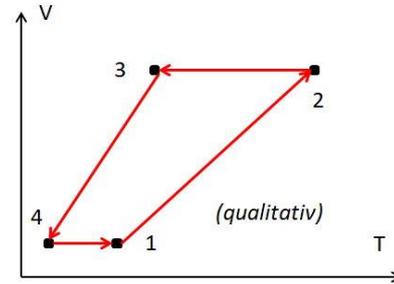
Im Arbeitstakt erfolgt eine Expansion auf ein Volumen $V_B=0,5\text{m}^3$. Nach Wärmeabgabe (2) und nachfolgender Kompression (3) steigt der Druck auf $p_D=2,0\text{bar}$ an.



- Berechnen Sie alle fehlenden Zustandsgrößen bei diesem Kreisprozess.
- Wie groß ist die Nutzarbeit W bei diesem Prozess?
- Welche Leistung hat dieser Stirlingmotor, wenn er 250 Umdrehungen je Minute ausführt?

Lösungen:

- 1→2: isobare Expansion
 - 2→3: isochore Abkühlung mit Druckabnahme
 - 3→4: isobare Kompression
 - 4→1: isochore Erwärmung mit Druckanstieg



$$T_1 = 473,14\text{K} \quad T_2 = T_1 \cdot \frac{V_2}{V_1} = 2365,7\text{K}$$

$$T_4 = T_1 \cdot \frac{p_4}{p_1} = 157,7\text{K}$$

$$T_3 = T_4 \cdot \frac{V_3}{V_4} = 788,7\text{K}$$

$$W_{1,2} = -p_1 \cdot \Delta V = -1,2\text{kJ} \quad W_{3,4} = p_3 \cdot \Delta V = +400\text{J} \quad W_{\text{Nutz}} = -800\text{J}$$

- | | p | V | T |
|---|----------|-------------------|------|
| A | 4,5bar | 0,5m ³ | 600K |
| B | 1,125bar | 2,0m ³ | 600K |
| C | 1,125bar | 0,5m ³ | 150K |

$$W_{AB} = -p_A \cdot V_A \cdot \ln\left(\frac{V_B}{V_A}\right) \approx -312\text{kJ} \quad W_{BC} = -p_B \cdot \Delta V = +168,75\text{kJ} \quad W_{\text{Nutz}} = -143,25\text{kJ}$$

- Fläche vergrößern z.B. durch:
 - höhere Arbeitstemperatur
 - stärkere Kompression

- (1) isotherme ZÄ: $p_B = p_A \cdot \frac{V_A}{V_B} = 1,8\text{bar}$
 - (4) isochore ZÄ: $T_D = T_A \cdot \frac{p_D}{p_A} = 311,1\text{K}$
 - (2) isotherme ZÄ: $p_C = p_B \cdot \frac{T_C}{T_B} = 0,8\text{bar}$

	p	V	T
A	4,5bar	0,2m ³	700K
B	1,8bar	0,5m ³	700K
C	0,8bar	0,5m ³	311,1K
D	2,0bar	0,2m ³	311,1K

$$W_{\text{Nutz}} = W_1 + W_3 = -p_A \cdot V_A \cdot \ln\left(\frac{V_B}{V_A}\right) + (-p_C \cdot V_C \cdot \ln\left(\frac{V_D}{V_C}\right)) = -82,466\text{kJ} + 36,651\text{kJ} = -45,8\text{kJ}$$

$$P = \frac{W_{\text{ges}}}{t} = \frac{250\text{-W}}{60\text{s}} \approx 191\text{kW}$$