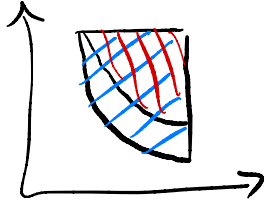


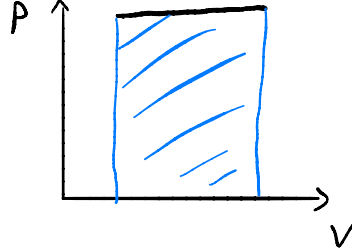
Prozesse Teil 2

③
a)

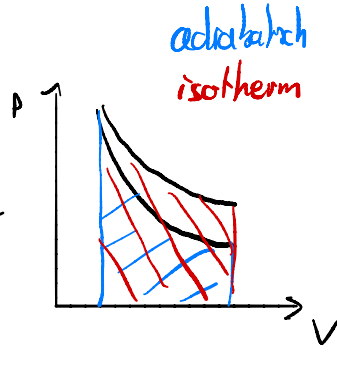




Gesamtarbeit

=



+



Richtung beachten:  oder 

→ Adiabatisch liefert mehr Arbeit

b) Annahme 0: Teilchenzahl konstant, $n = n_A = n_B = n_C$
ideales Gas, entweder T, p, V vom Punkt C
oder vom Punkt B

$$n = \frac{p_0 V_0}{R T_0} = \frac{p_C V_C}{R T_C}$$

c) 1. Bedingungen:

- reversibel
- ideales Gas
- diatomisches Gas ca. Raumtemperatur

2. Tabelle

- Temperatur im Punkt A: $T_A = \frac{p_A V_A}{nR} = 1.28 \cdot 10^3 \text{ K}$
($\approx 1500 \text{ K}$)
- Wärmekapazität: Temperaturbereich hoch genug für
translational + rotational dofs, aber (wahrscheinlich)
zu niedrig für vibrational $\Rightarrow f = 5$
 $\Rightarrow C_V = \frac{1}{2} f nR = \frac{5}{2} nR, C_P = \frac{7}{2} nR$

A \rightarrow B: $dV = 0$, isochor, $q, w, \Delta U, \Delta H$

Ansatz: $\delta w = -p dV = 0$

$\Rightarrow w = 0$

Ansatz: $\delta q = C_V dT$

$\Rightarrow q = C_V \Delta T$

(beachte: ist C_V wirklich
unabhängig von T ?)

Ansatz: $dU = \delta q + \delta w \stackrel{\text{oben}}{=} \delta q = C_V dT$

$\Rightarrow \Delta U = q = C_V \Delta T$

Ansatz: $dH = d(U + pV) = C_V dT + d(pV)$

Vereinfachung: $d(pV) = d(nRT), C_P = C_V + nR$

$\rightarrow dH = C_V dT + nR dT = (C_V + nR) dT$

$$= c_p dT$$

$$\text{Resultat: } \Rightarrow \Delta h = c_p \Delta T$$

$$\underline{B \rightarrow C}: dT = 0$$

⋮

$$\underline{C \rightarrow A}: dp = 0$$

⋮

wie oben vorgehen

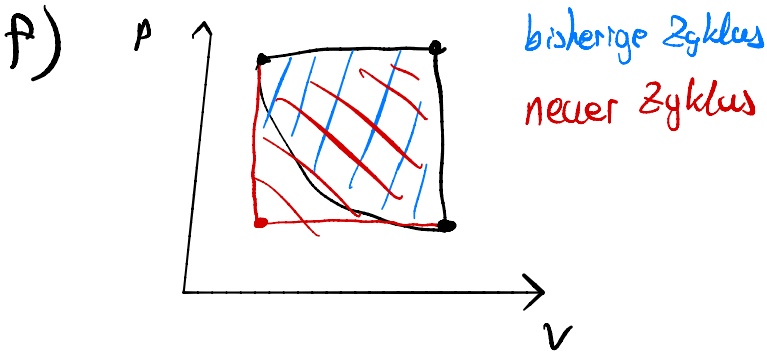
d) Propeller $P_{\text{Propeller}} = 200 \text{ Watt}$ \rightarrow Energie pro Zeit

$$\text{Arbeit vom Zyklus: } W_{\text{tot}} = W_{C \rightarrow A} + W_{B \rightarrow C} + W_{A \rightarrow B}$$

$$\text{Zyklen pro Sekunde} = \frac{P_{\text{Propeller}}}{W_{\text{tot}}} \rightarrow \left[\text{Einheiten} \frac{\frac{J}{s}}{\frac{J}{\text{Zyklus}}} = \frac{\text{Zyklus}}{s} \right]$$

$$\hookrightarrow \text{Zyklen pro Minute} = 6.2 \frac{\text{Zyklus}}{\text{min}}$$

e) siehe Lösung



Fläche (= Arbeit) vom neuen Zyklus > bisheriger
Zyklus

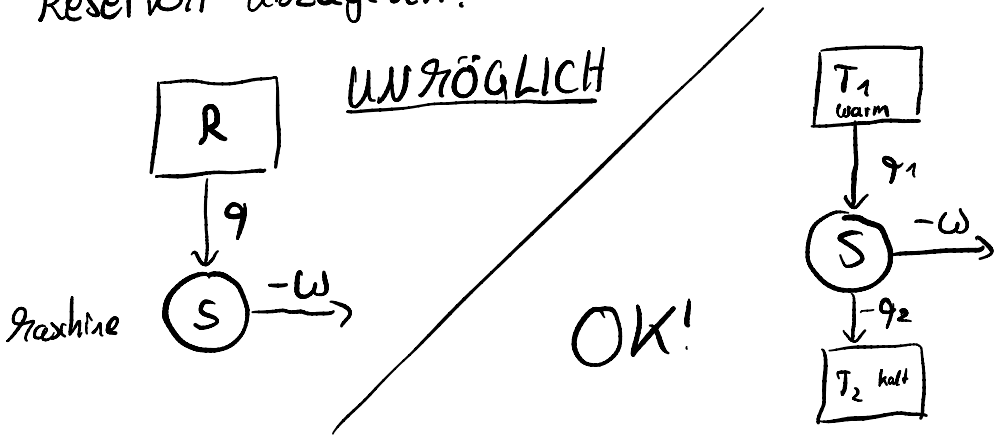
Challenge: Findet Aufgaben, die sich nicht mit den
Methoden von Kapital & berechnen lassen.

Zweiter Hauptsatz

Setting: wollen Wärme in Arbeit umwandeln

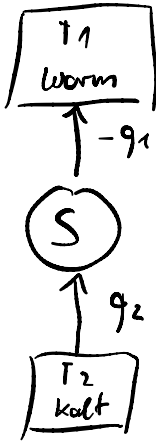
Zwei Aussagen: Kelvin, Clausius

- Kelvin: "unmöglich für zyklische Systeme, Wärme aus einem Reservoir in Arbeit umzuwandeln ohne etwas Wärme an ein kälteres Reservoir abzugeben."

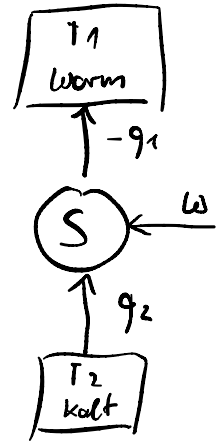


- Clausius: "zyklische Systeme, bei denen Wärme vom kalten Reservoir aufgenommen wird und ins warme Reservoir abgegeben wird, können nur existieren, wenn etwas Arbeit in Wärme um-

geändert wird."



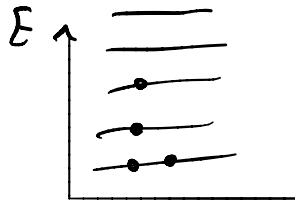
UNMÖGLICH



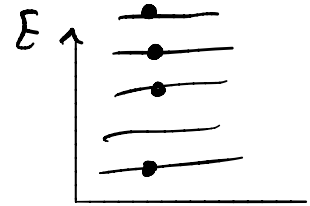
OK!

- Zirkroskopisches Bild von Wärme & Arbeit

Wärme

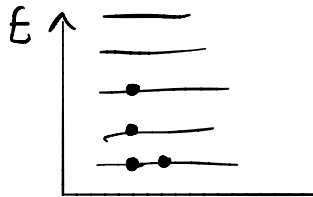


Zufuhr
von Wärme

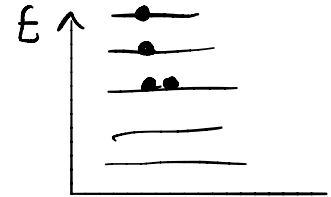


→ Verändert Anzahl mikroskopischer Zustände, die energetisch besetzt werden können

Arbeit



Zufuhr
von Arbeit



→ Verändert die Anzahl Mikrozustände nicht, die energetisch besetzt werden können

- ② • Entnahme von Wärme \rightarrow Verminderung Anzahl Zustände
- Umkehrung in Arbeit verändert Anzahl \neq nicht
 - \rightarrow Vermehrung Anzahl Zustände
 - \rightarrow Negative Änderung der Entropie
 - \rightarrow nicht möglich

Klassischer
Aufgabentyp
von Barnes

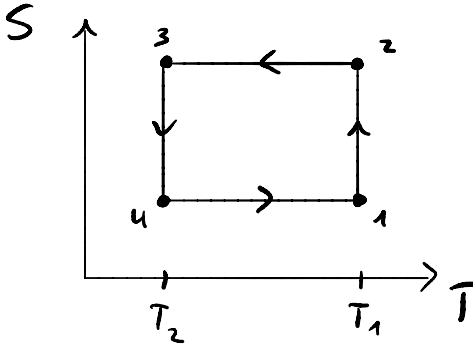
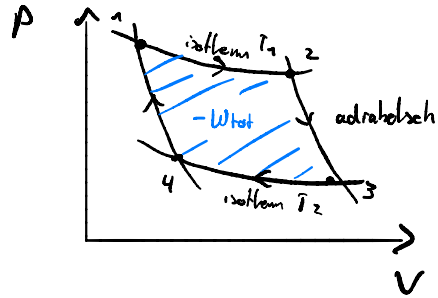
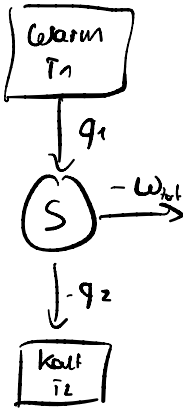
Bemerkung: Entropie ändert sich mehr, wenn bei niedrigeren Temperaturen ausgetauscht für die gleiche Wärmemenge

In Formeln " $\frac{q}{T_{\text{kalt}}} > \frac{q}{T_{\text{heiss}}}$ "

Carnot-Maschine

2)

a)



b) \rightarrow Effizienz $\epsilon = \frac{\text{das, was ihr bekommt}}{\text{das, was es kostet}} = \frac{-W_{\text{tot}}}{q_1}$

$$= 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Rightarrow -W_{\text{tot}} = q_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = \dots \text{ Watt}$$

c) \rightarrow Tabelle abschreiben

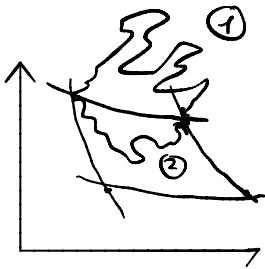
d) In c) berechne ΔS_{System}

bei reversibel: $\Delta S_{\text{univesum}} = 0$

$$\Delta S_{\text{univesum}} = \Delta S_{\text{system}} + \Delta S_{\text{umgebung}}$$

$$\Rightarrow \Delta S_{\text{umgebung}} = -\Delta S_{\text{system}}$$

e)



bei irreversibel: $\Delta S_{\text{univesum}} > 0$

$$\Delta S_{\text{univesum}} = \Delta S_{\text{system}} + \Delta S_{\text{umgebung}}$$

$$\Rightarrow \Delta S_{\text{umgebung}} > -\Delta S_{\text{system}}$$

f)

nur umformen

$$0 = \Delta U = W_{\text{tot}} + q_1 + q_2$$

$$\epsilon = \frac{-W_{\text{tot}}}{q_1} = \frac{q_1 + q_2}{q_1} = 1 + \frac{q_2}{q_1}$$

$$\left(\frac{V_2}{V_3}\right)^{\gamma-1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_4}\right)^{\gamma-1}$$

$$\Rightarrow \frac{V_2}{V_3} = \frac{V_1}{V_4} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$$

$$\xi = 1 + \frac{q_2}{q_1} = 1 + \frac{nRT_2 \log \frac{V_2/V_1}{V_3/V_4}}{nRT_1 \log \frac{V_4/V_3}{V_2/V_1}}$$

$$= 1 + \frac{T_2}{T_1} \frac{\log \frac{V_2/V_1}{V_3/V_4}}{\log \frac{V_4/V_3}{V_2/V_1}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \frac{\log \frac{V_4/V_3}{V_2/V_1}}{\log \frac{V_4/V_3}{V_2/V_1}}$$

Anmerkung: bessere Art

$$0 = \Delta S = \frac{q_1}{T_1} + \frac{q_2}{T_2} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = -\frac{T_2}{T_1}$$

g) \rightarrow 2. Hauptsatz

\rightarrow Mikroskopische Aufgabe im Kapitel zur 2. HS

Entropie

Clausius Theorem

Ideen

$$\left\{ \begin{array}{l} dS = \frac{\delta q_{\text{rev}}}{T} \quad \checkmark \\ \oint \frac{\delta q_{\text{rev}}}{T} \leq 0 \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} \Delta S = 0 \leftrightarrow \text{reversibel} \\ \Delta S > 0 \leftrightarrow \text{irreversibel} \end{array}$$

für isolierte Systeme

Variante 1

$$\underbrace{\oint \frac{\delta q}{T} \leq 0}$$

Variante 2

$$dS \geq \frac{\delta q}{T}$$

↳ NICHT Entropie

- δq muss nicht reversibel sein

$$\Delta S = \int \frac{\delta q_{\text{rev}}}{T}$$

- Entropie im Allgemeinen nicht nur für geschlossene Pfade

2. HS



Clausius inequality $\oint \frac{\delta q}{T} \leq 0 \Leftrightarrow$ Carnot-Theorem



Clausius inequality $dS \geq \frac{\delta q}{T}$

Prozess / System	isoliert	geschlossen/offen
reversibel	$dS = 0$	$dS = \frac{\delta q_{rev}}{T} = \frac{\delta q}{T}$
irreversibel / spontan	$dS > 0$	$dS = \frac{\delta q_{rev}}{T} > \frac{\delta q}{T}$

→ Praktische Zusammenfassung von 2. HS