

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

$$\Delta U = \Delta Q_{p_0} - \Delta W_{p_0}$$

p_0 = konstanter Druck

Für das ideale Gas pro Mol:

$$c_{1p} = \frac{\Delta Q_{\text{mol}}}{\Delta T} = \left(\frac{\Delta U_{\text{mol}}}{\Delta T} \right) + \frac{\Delta W_{\text{mol}}}{\Delta T}$$

$$= f \frac{1}{2} R \frac{\Delta T}{\Delta T} + \frac{1}{\Delta T} (p \cdot \Delta V_{\text{mol}})$$

mit Zustandsgleichung $p_0 \Delta V_{\text{mol}} = R \Delta T$

$$\Rightarrow c_{1p} = f \frac{1}{2} R + R$$

Die Molwärme eines idealen Gases bei konstantem Druck ist:

$$c_{1p} = f \frac{1}{2} R + R = c_{1v} + R$$

Das Verhältnis von $\frac{c_{1p}}{c_{1v}}$ nennt man γ : * auch c_p/c_v .

$$\gamma = \frac{c_{1p}}{c_{1v}} = \frac{c_p}{c_v} = \frac{f+2}{f}$$

(! Nicht verwechseln mit der Kompressibilität.)

Anmerkung: zu §

- 1) Der Zusammenhang ist wichtig, da das Verhältnis leicht bestimmbar ist und nicht von der Stoffmenge abhängt.
- 2) Das Verhältnis gibt direkten Einblick in den mikroskopischen Aufbau von Gasen und Gasgemischen wieder.

Zwischenergebnis zum 1. HS:

Bei konstant gehaltenem Volumen wird die zugeführte Wärme vollständig zur Erhöhung der inneren Energie genutzt, was sich ebenfalls in der Zunahme des Drucks manifestiert. Es wird keine Arbeit nach außen geleistet.

Eine Zustandsänderung bei konstantem Druck bedeutet, dass die Energiedichte des Gases konstant gehalten wird. Die dabei auftretende Volumenänderung bedeutet, dass Arbeit nach außen geleistet (gegen den Außendruck) wird.

Die Zunahme der inneren Energie entspricht dann der zugeführten Wärmemenge vermindert um die nach außen geleistete Arbeit:

$$\Delta U = |Q| - |W|$$

c) Dem Gas wird von außen Wärme zugeführt. Der Prozess wird so geführt, dass die Temperatur immer konstant ist:

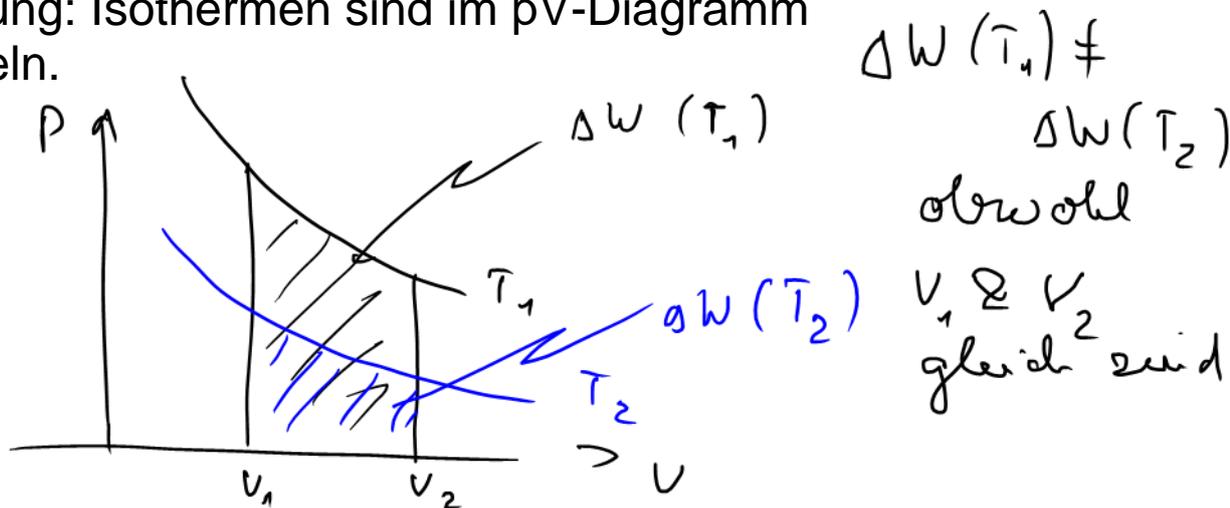
$$\Delta Q > 0, \quad T = \text{konstant}$$

d.i.: Isotherme Zustandsänderung des idealen Gases

$$\text{aus } \Delta T = 0 \quad \text{folgt } \Delta U = 0$$

$$\Delta Q = \Delta W$$

Erinnerung: Isothermen sind im pV-Diagramm Hyperbeln.



Die Arbeit, die geleistet wird, ist (schraffierte Fläche):

$$|\Delta W| = \int_{v_1}^{v_2} p(v) dv = \int_{v_1}^{v_2} \frac{nRT}{v} dv$$

$$\boxed{|\Delta W(T)| = nRT \ln \frac{v_2}{v_1}}$$

d) Das Gas wird expandiert oder komprimiert, ohne dass Wärme zugeführt wird. Ein Wärmeaustausch mit der Umgebung findet nicht statt.

$$\Delta Q = 0$$

d.i. Adiabatische Zustandsänderung des idealen Gases

$$\Delta Q = 0 \quad \Rightarrow \text{mit 1. HS}$$

$$\boxed{\Delta U = \Delta W}$$

Es folgt für die adiabatische Zustandsänderung die Poisson-Gleichungen:

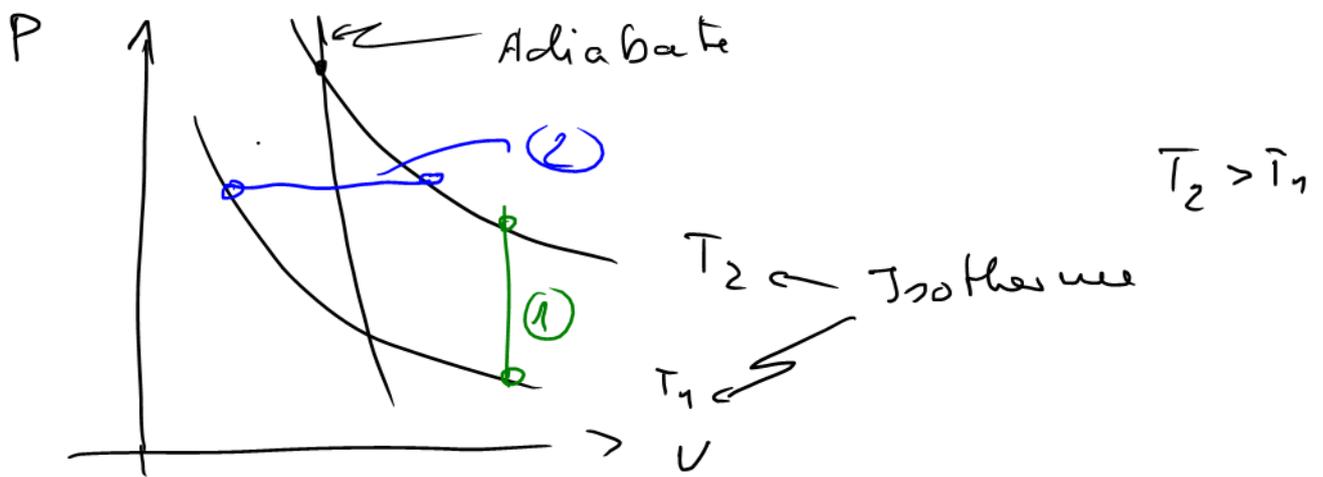
$$\begin{array}{l} T \cdot V^{\gamma-1} = \text{Konstant}^* (p_0) \quad (1) \\ p \cdot V^{\gamma} = \text{Konstant}^{**} (T_0) \quad (2) \\ \frac{T^{\gamma}}{p^{\gamma-1}} = \text{Konstant}^{***} (V_0) \quad (3) \end{array}$$

Beachte: Die Konstanten sind nicht mehr einfache Funktionen der dritten Zustandsgröße, sie können jeweils aus dem Anfangszustand (Integrationskonstante) berechnet werden. Damit kann dann ausgehend von einem Punkt z.B. im pV-Diagramm die Adiabate beschrieben werden.

z.B. folgt aus (2)

$$p = \frac{\text{Konst}}{V^{\gamma}}, \quad \text{da } \gamma = \frac{f+2}{f} > 1$$

\Rightarrow die Adiabate verläuft im p/V-Diagramm immer steiler als eine Hyperbel, d.h. also steiler als die Isotherme durch den gleichen Punkt.



Im Diagramm:

- ① Isochore: $V = \text{const}$
- ② Isobare: $p = \text{const}$

D) Der Carnot Kreisprozess

- Ein Kreisprozess ist eine Zustandsänderung, die in den Anfangszustand zurückführt.
- Jede periodisch arbeitende Maschine vollführt einen Kreisprozess (z.B. Verbrennungsmotoren, Kühlschrank)

Eine Idealisierung eines solchen Kreisprozesses ist, wenn der Prozess reversibel verläuft. Es handelt sich um eine Idealisierung, die in der Natur nicht vorkommt.

→ Ein solcher idealisierter, reversibler Kreisprozess ist der **Carnot Kreisprozess**.

Beachte:

- Ein reversibler Prozess ist in jedem Augenblick umkehrbar.

Der Carnot Kreisprozess ist einfach zu berechnen, da als Medium das ideale Gas verwendet wird. Er besteht aus folgenden Teilprozessen:

- 1) isotherme Expansion $T_1 : V_1, P_1 \rightarrow V_2, P_2$
- 2) adiabatische Expansion $T_1 \rightarrow T_2 ; V_2, P_2 \rightarrow V_3, P_3$
- 3) isotherme Kompression $T_2 : V_3, P_3 \rightarrow V_4, P_4$
- 4) adiabatische Kompression $T_2 \rightarrow T_1 ; V_4, P_4 \rightarrow V_1, P_1$

