



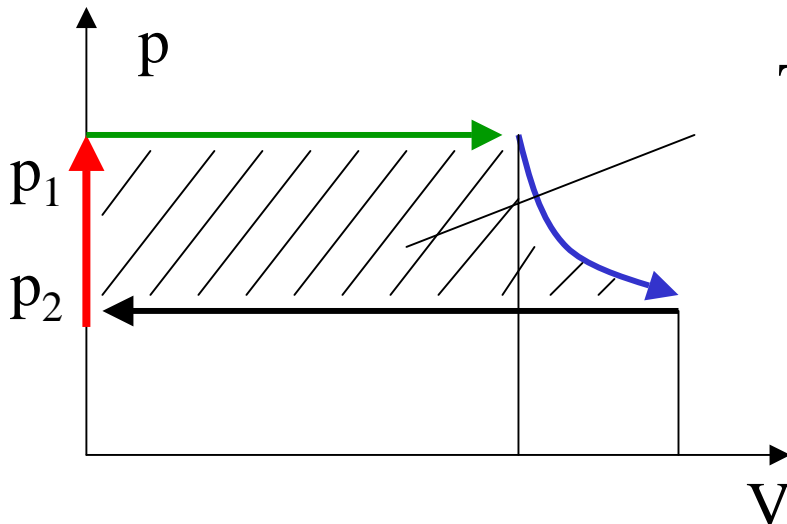


GLEICHGEWICHTS-THERMODYNAMIK

Wärme, Innere Energie, Enthalpie, spezif. Wä-kapazität, 1.Hauptsatz

1. Takt :  Anschließen der Maschine an das Überdruck-Reservoir
2. Takt :  Füllen / Kolbenbewegung mit „Verdrängungsarbeit“ $W_{2,3} = p V$
3. Takt :  Schließen des Gas-Zufuhr-Ventils, reibungsfreie Expansion bis zur max. Kolbenstellung
4. Takt :  Ausstoßen des Gases in Umgebung („Verdrängungsarbeit“ gegen den Atmosphärendruck p_1)



Technisch nutzbare Arbeit

$$dW_{\text{techn.}} = V dp$$

$$W_{\text{techn.}} = \int_{p_1}^{p_2} V dp$$

GLEICHGEWICHTS-THERMODYNAMIK

Wärme, Innere Energie, Enthalpie, spezif. Wä-kapazität, 1.Hauptsatz

Def. : ENTHALPIE H

$$H = U + p V$$

$$dH = dU + p dV + V dp$$

Bei „Gleichdruckprozessen“ ist $p = \text{const.}$ ($dp = 0$)

$$dH = dU + p dV$$



(vgl. : 1.HS : $dQ = dU + p dV$)

GLEICHGEWICHTS-THERMODYNAMIK

Wärme, Innere Energie, Enthalpie, spezif. Wä-kapazität, 1.Hauptsatz

real: reibungsbehaftete, irreversibel ablaufende
Vorgänge :

$$dH = dQ + dW_{\text{techn.}} + dW_{\text{Reib}}$$

$$\Delta H = Q_{1,2} + W_{1,2 \text{ techn}} + W_{\text{Reib } 1,2}$$

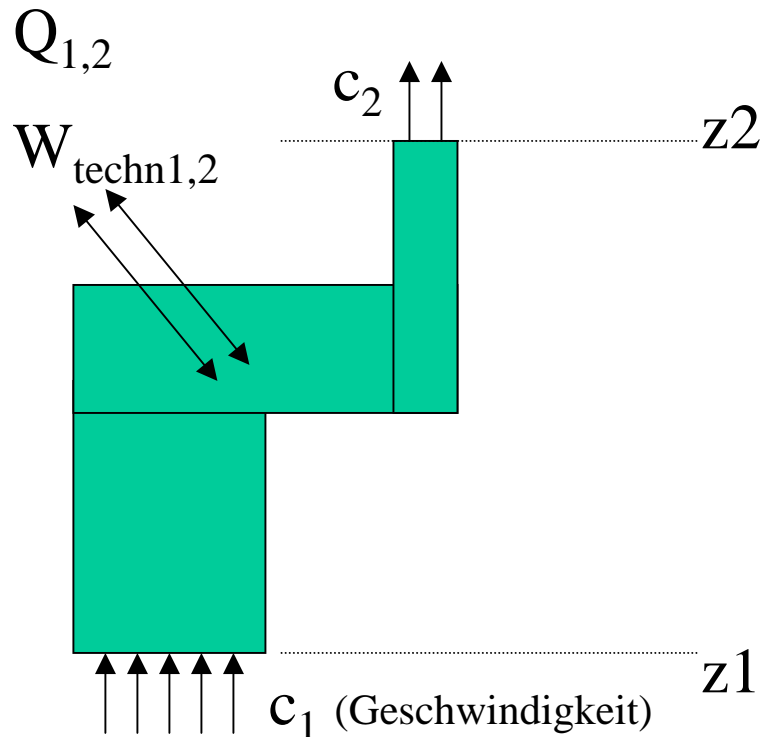
Möglichkeit zur Messung von Reibungsverlusten :

$$W_{\text{Reib } 1,2} = \Delta H - W_{\text{techn}} = \Delta U - W_{1,2} \quad \left(W_{1,2} = -\int_1^2 p \, dV \right)$$

GLEICHGEWICHTS-THERMODYNAMIK

Wärme, Innere Energie, Enthalpie, spezif. Wä-kapazität, 1.Hauptsatz

Energiebilanz für stationäre Strömung im Offenen System



Die Formulierungen
des 1. HS

$$dU = dQ + dW$$

$$dH = dQ + dW_{\text{techn}}$$

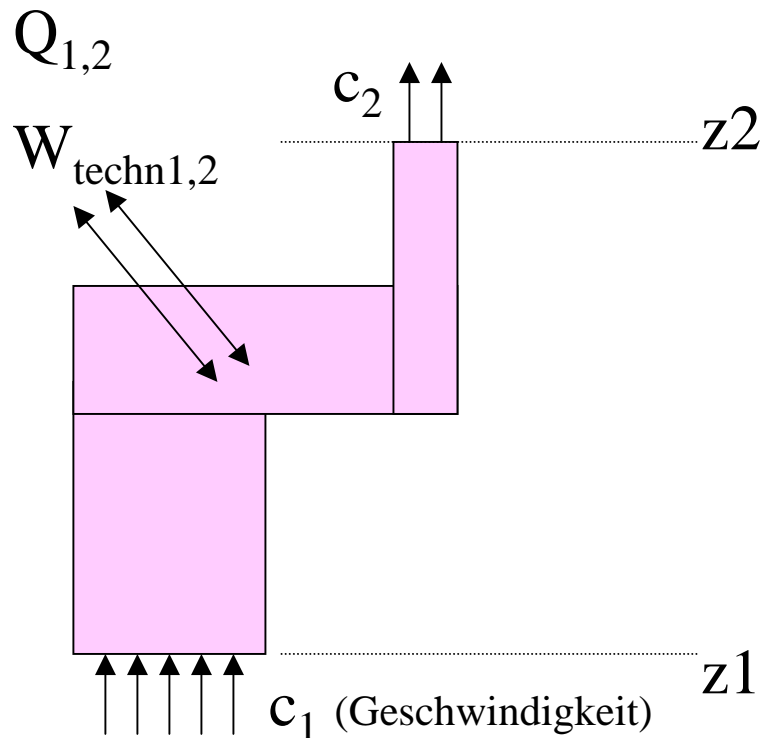
berücksichtigen den

Inneren Systemzustand

GLEICHGEWICHTS-THERMODYNAMIK

Wärme, Innere Energie, Enthalpie, spezif. Wä-kapazität, 1.Hauptsatz

Energiebilanz für stationäre Strömung im Offenen System




Die Berücksichtigung der Geschwindigkeiten c (W_{kin}) und der Höhen z (W_{pot}) führt zur Ermittlung des **Äußeren Systemzustandes** (Gesamtenergie)

GLEICHGEWICHTS-THERMODYNAMIK

Wärme, Innere Energie, Enthalpie, spezif. Wä-kapazität, 1.Hauptsatz

$$dH = h \, dm$$

$$dH = dQ + dW_{\text{techn}}$$


$$\left(h_2 + \frac{1}{2} c_2^2 + g z_2 \right) dm - \left(h_1 + \frac{1}{2} c_1^2 + g z_1 \right) dm = dQ + dW_{\text{techn}}$$

$$\left(h_2 + \frac{1}{2} c_2^2 + g z_2 \right) \dot{m} - \left(h_1 + \frac{1}{2} c_1^2 + g z_1 \right) \dot{m} = \dot{Q} + \dot{W}_{\text{techn } 1,2}$$

(vgl. Bernoulli mit $h = u + pv$)