

1. Erster Hauptsatz der Wärmelehre

allgemein

$$Q + W = \Delta U$$

Isobarer Prozess (p = konst.)

$$Q = c_p \cdot m \cdot \Delta T$$

Isochorer Prozess (V = konst.)

$$Q = c_v \cdot m \cdot \Delta T$$

Isothermer Prozess (T = konst.)

$$Q = -W$$

Adiabater Prozess

$$Q = 0$$

Kreisprozess

$$\Sigma Q + \Sigma W = 0$$

Q: ausgetauschte Wärmemenge in J

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ Nm}$$

$$1 \text{ tSKE} = 2,93 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

q: ausgetauschte spezifische Wärmemenge in kJ/kg

W: Arbeit in J

w: spezifische Arbeit in kJ/kg

U: innere Energie

T: absolute Temperatur in K (273 K  $\Leftrightarrow$  0°C)

c<sub>p</sub>: spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck

$$\text{in } \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

c<sub>v</sub>: spezifische Wärmekapazität bei konstantem

$$\text{Volumen in } \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

2. Wärme im T,s - Diagramm

$$q = T \cdot \Delta s$$

q: ausgetauschte spezifische Wärmemenge in kJ/kg

T: absolute Temperatur

Δs: Änderung der spezifischen Entropie in kJ/(kg/K)

3. Zustandsänderungen idealer Gase

Allgemeine Gasgleichung

$$\frac{p \cdot V}{T} = \text{konst.} \quad p \cdot V = m \cdot R_i \cdot T$$

Isobarer Prozess

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad W_{12} = -p \cdot \Delta V$$

Isochorer Prozess

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad W_{12} = 0$$

Isothermer Prozess

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$$W_{12} = -m \cdot R_i \cdot T \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} = -m \cdot R_i \cdot T \cdot \ln \frac{p_1}{p_2}$$

Adiabater Prozess

$$p \cdot V^\kappa = \text{konst.} \quad \frac{T_1}{T_2} = \left[ \frac{p_1}{p_2} \right]^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left[ \frac{V_2}{V_1} \right]^{\kappa-1}$$

$$W_{12} = -\frac{m \cdot R_i}{1-\kappa} \cdot [T_2 - T_1] = -\frac{m \cdot R_i \cdot T_1}{1-\kappa} \cdot \left[ \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} - 1 \right] = -\frac{m \cdot R_i \cdot T_1}{1-\kappa} \cdot \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right]$$

p: Druck

V: Volumen

T: absolute Temperatur

m: Masse

R<sub>i</sub>: spezifische Gaskonstante in  $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

W<sub>12</sub>: verrichtete Arbeit bei Zustandsänderung von 1 nach 2

κ: Adiabatenexponent  $\kappa = \frac{c_p}{c_v}$

Gas	c <sub>p</sub>	c <sub>v</sub>	R <sub>i</sub>
Kohlendioxid	0,844	0,655	0,189
Luft	1,005	0,718	0,287
Sauerstoff	0,917	0,658	0,260
Stickstoff	1,038	0,741	0,297

4. Thermischer Wirkungsgrad:  $\eta_{th} = 1 - \frac{|Q_{ab}|}{Q_{zu}} = \frac{W_{Nutz}}{Q_{zu}}$