

# Wärmelehre

## Grundlagen

Mol:  $1 \text{ mol} = N_A \text{ Atome} = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ Teilchen}$

Atomar mass unit:  $1u = 1.66053 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Größe Atom:  $\approx 1 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

## Thermodynamik Idealer Gase

Ideale Gase:

Boltzmann Konstante:  $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{K}}$

mittlere quadratische Geschwindigkeit:  $\frac{1}{2} k_B \cdot T$  Abstand von Atomen unter Normaldruck:  $5 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

Mittlere Geschwindigkeit:  $v = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Mittlere Kinetische Energie:  $E = \frac{3}{2} m_{\text{teilchen}} v^2$

Allg. Gasgleichung:  $p \cdot V = N \cdot K_B \cdot T$

TODO:  $N = \frac{n}{V}$

Druck:  $p = \frac{F}{A}$

Druck in einer Flüssigkeit:  $p(h) = \rho \cdot h \cdot g$

Gleichverteilungssatz:  $E_{\text{kin}} = E_{\text{tra}} + E_{\text{rot}} = \frac{f}{2} \cdot K_B \cdot t$

Barom. Höhenformel:  $p(h) = p_0 \cdot e^{-\frac{h}{h_0}}$

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

Innere Energie:  $U = \frac{f}{2} K_B \cdot T \cdot N$

Isentropenkoeffizient:  $\kappa = 1 + \frac{2}{f}$

|                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| Isotherme Zustandsänderung: | Isochore Zustandsänderung: |
|-----------------------------|----------------------------|

$T = \text{const}$

$\Delta W = -N K_b T \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$

$\Delta Q = -\Delta W = N K_b T \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$

$\Delta U = 0$

$\Delta S = N K_b \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$

$V = \text{const};$

$\Delta W = 0$

$\Delta Q = \frac{f}{2} N K_b \Delta T = \frac{f}{2} \cdot V \Delta p$

$\Delta U = \frac{f}{2} N K_b \Delta T = \frac{f}{2} \cdot V \Delta p$

$\Delta S = \frac{f}{2} N K_b \rightarrow \text{const.}$

Isobare Zustandsänderung:

$p = \text{const};$

$\Delta W = -p dV = N K_b \Delta T$

$\Delta Q = \left(\frac{f}{2} - 1\right) p \Delta V$

$\Delta U = \frac{f}{2} N K_b \Delta T = \frac{f}{2} p \Delta V$

$\Delta S = \left(\frac{f}{2} - 1\right) p \frac{\Delta V}{T}$

Adiabate Zustandsänderung:

$p \cdot V^\kappa = \text{const}$

$\Delta W = p_1 V_1 \frac{f}{2} \left( \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{\frac{f}{2}} - 1 \right)$

$\Delta Q = 0$

$\Delta U = 0$

$\Delta S = 0$

Wirkungsgrad:  $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{W_{ab}}{W_{zu}} = \frac{|\Delta W|}{|\Delta Q_h|}$

Carnot Wirkungsgrad:  $\frac{T_h - T_t}{T_h}$

Entropie:  $S = K_b \ln(W), \Delta S = K_b \ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right) = \frac{\Delta Q}{T}$

Satz v. Stirling:  $\ln(N!) = N \ln(N)$  für  $N \gg 0$

## Thermodynamik Realer Gase

Van der Waals Gleichung:  $NK_bT = (P + aN^2\frac{1}{V^2}) \cdot (V - Nb) \rightarrow p = \frac{NK_bT}{V-Nb} - \frac{N^2a}{V^2}$

## Wärmeleitung und Wärmeausdehnung

Wärmekapazität  $v = \text{const}$ :  $c_K = \frac{f}{2} \cdot N_A K_B$

Wärmekapazität  $p = \text{const}$ :  $c_K = (\frac{f}{2} + 1)N_A K_B$

Wärmestrom:  $Q'_{(t)} = q' A = -\lambda \cdot \frac{dT}{dx}$

Dulong-Petit'sche Regel:  $c_K = 3N_A K_B$

Wärmeausdehnung linear:  $\Delta L = \alpha L \Delta T$

Wärmeausdehnung Kubisch:  $\Delta V = \beta V \Delta T, \beta = 3\alpha$

Richmannsche Mischungsregel: TODO

Richmannsche Mischungsregel mit Wärmemengen: TODO

# Wellen und Optik

## Wellengleichung

Allg. Wellengleichung:

Lsg für ebene Wellen im  $R^1$ :  $A_{(x,t)} = A_0 \cdot \cos(\omega t - k \cdot x_0)$ ,  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ ,  $\omega = \frac{2\pi}{T}$

Lsg für ebene Wellen im  $R^3$ :

Lsg für Kreiswellen:  $A(x, y, t) = \frac{A_0}{\sqrt{r}} \cdot \cos(\omega t - |k| \cdot \sqrt{x^2 + y^2})$

Lsg für Zylinderwellen:

Lsg für Kugelwellen:  $A(x, y, t) = \frac{A_0}{r} \cdot \cos(\omega t - |k| \cdot \sqrt{x^2 + y^2 + z^2})$

Wellenlänge:  $\lambda = c \cdot T$

## Interferenz

Interferenz:

## Doppler Effekt

Quelle ruht, Empfänger bewegt:  $f_E = f_Q \left(1 - \frac{v_E}{c}\right)$

Empfänger ruht, Quelle bewegt:  $f_E = f_Q \cdot \left(\frac{1}{1 - \frac{v_Q}{c}}\right)$