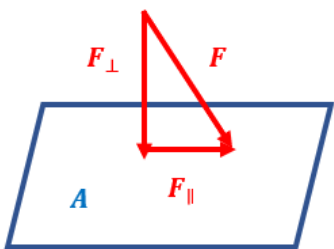
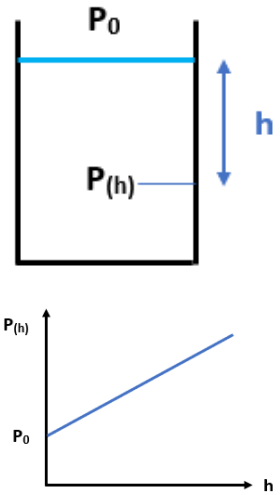


1 Hydrostatik

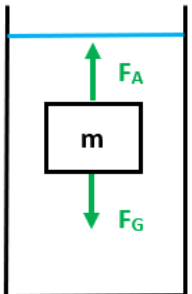
1.1 Druck

Abbildung	Formeln	Einheiten
	<ul style="list-style-type: none"> $p = \frac{F_{\perp}}{A}$ $\tau = \frac{F_{\parallel}}{A}$ $\tau = 0$ für ruhende Fluide 	<ul style="list-style-type: none"> $p = [\frac{N}{m^2}] = Pa$ $\tau = [\frac{N}{m^2}] = Pa$ $\tau = \text{Scherung}$

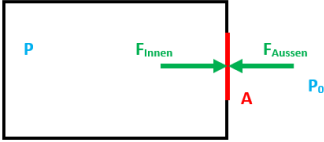
1.2 Schweredruck

Abbildungen	Formeln	Einheiten
	<ul style="list-style-type: none"> $p(h) = p_0 + \rho * g * h$ Wenn der Überdruck gefragt ist, dann ist ohne den Umgebungsdruck zu rechnen, also: $p(h) = \rho * g * h$ Kraft auf eine Fläche (z.B. Fenster) in der Tiefe: $F = p * A$ Als Höhe ist die Mitte der Fläche anzunehmen 	<ul style="list-style-type: none"> $p(h), p_0 = [\frac{N}{m^2}] = Pa$ $p(h)$ = Druck in der Tiefe p_0 = Umgebungsdruck $p_0 = 101325 [Pa]$ $\rho = [\frac{kg}{m^3}]$ $g = 9.81 [\frac{m}{s^2}]$ $h = [m]$ = Tiefe $F = [N]$ $A = [m^2]$

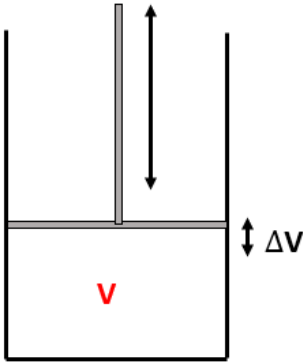
1.3 Auftrieb: Prinzip des Archimedes

Abbildung	Formeln	Einheiten
	<ul style="list-style-type: none"> F_G = Gewichtskraft $F_G = \rho_K * V * g$ F_A = Auftriebskraft $F_G = \rho_F * V * g$ Wenn etwas oben auf schwimmt, herrscht keine Beschleunigung. Dann gilt: $F_A = F_G$ Als Tiefgang wird der Teil des Körpers bezeichnet der im Wasser ist. 	<ul style="list-style-type: none"> $F_A, F_G = [N]$ ρ_K = Dichte Körper ρ_F = Dichte Flüssigkeit $\rho_F, \rho_K = [\frac{kg}{m^3}]$ $V = [m^3]$ $g = 9.81 [\frac{m}{s^2}]$

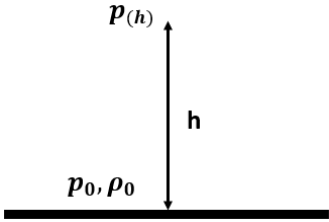
1.4 Druck und Überdruck

Abbildung	Formeln	Einheiten
	<ul style="list-style-type: none"> • $F = F_I - F_A = p * A - p_0 * A$ • $A * (p - p_0) = \Delta p * A$ • $\Delta p = \text{Überdruck}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • $p, p_0, \Delta p = [\frac{N}{m^2}] = Pa$ • $F, F_I, F_A = [N]$ • $A = [m^2]$ • $A = \text{Fläche der Scheibe}$

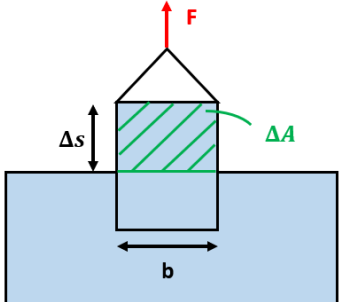
1.5 Kompression

Abbildung	Formeln	Einheiten
	<ul style="list-style-type: none"> • $\frac{\Delta V}{V} = -\kappa * \Delta p$ • $\kappa = -\frac{1}{V} * \frac{\Delta V}{\Delta p}$ • $K = \frac{1}{\kappa}$ • $K = \text{Kompressionsmodul}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • $\Delta p = [\frac{N}{m^2}] = Pa$ • $\kappa = [\frac{1}{Pa}]$ • $V, \Delta V = [m^3]$

1.6 Barometrische Höhenformel

Abbildung	Formeln	Einheiten
	<ul style="list-style-type: none"> • $p(h) = p_0 * e^{-\frac{\rho_0 * g * h}{p_0}}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • $p(h) = [\frac{N}{m^2}] = Pa$ • $p_0 = [\frac{N}{m^2}] = Pa$ • $\rho_0 = [\frac{kg}{m^3}]$ • $g = [\frac{m}{s^2}]$ • $h = [m]$

1.7 Oberflächenspannung

Abbildung	Formeln	Einheiten
	<ul style="list-style-type: none"> • $\sigma = \frac{\Delta W}{\Delta A} = \frac{\Delta W}{\Delta s * b * 2}$ • $\sigma = \frac{F}{2 * b}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • $\sigma = [\frac{N}{m}]$ • $\sigma = \text{Oberflächenspannung}$ • $\Delta W = [Ws]$ • $\Delta A = [m^2]$ • $\Delta s, b = [m]$

Ideale Flüssigkeit \implies reibungsfrei und inkompressibel

Ideales Gas \implies Gesetz von Boyle-Mariotte $= p * V = constant \implies$ Gilt nur für konstante Temperatur T!

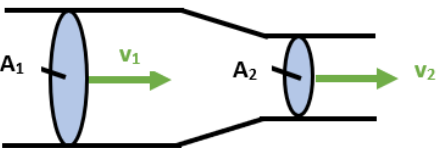
Isotherm = Die Temperatur bleibt gleich (bzw. man lässt genug Zeit zum Temmperturausgleich)

Adiabatisch = Ohne Wärmeaustausch mit der Umgebung

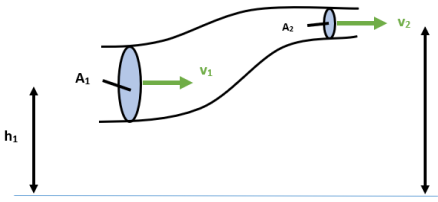
Barotrop = Die Dichte einer Flüssigkeit ist nur von Druck abhängig

2 Hydrodynamik

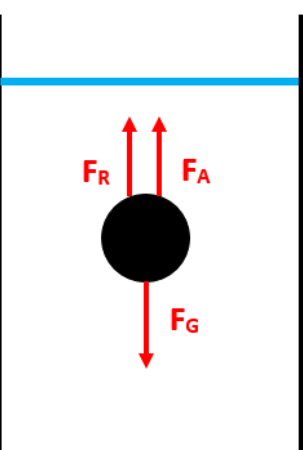
2.1 Kontinuitätsgleichung

Abbildung	Formeln	Einheiten
	<ul style="list-style-type: none"> $A_1 * v_1 = A_2 * v_2$ 	<ul style="list-style-type: none"> $A_1, A_2 = [m^2]$ $v_1, v_2 = [\frac{m}{s}]$

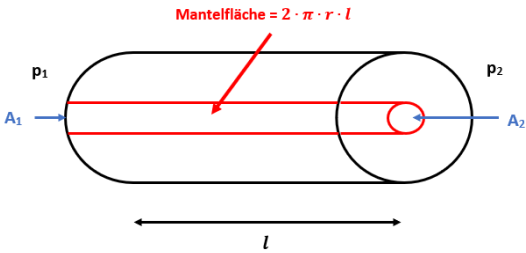
2.2 Bernoulli-Gleichung

Abbildung	Formeln	Einheiten
	<ul style="list-style-type: none"> $p_1 + \rho * \frac{v_1^2}{2} + \rho * g * h_1 = p_2 + \rho * \frac{v_2^2}{2} + \rho * g * h_2$ $p_{1,2}$ = Statischer Druck $\rho * \frac{v_{1,2}^2}{2}$ = Dynamischer Druck $\rho * g * h_{1,2}$ = Schweredruck 	<ul style="list-style-type: none"> $p_{1,2} = [\frac{N}{m^2}] = Pa$ $v_{1,2} = [\frac{m}{s}]$ $\rho = [\frac{kg}{m^3}]$

2.3 Formel von Stokes - Kugelfallviskosimeter

Abbildung	Formeln	Einheiten
	<ul style="list-style-type: none"> Im Gleichgewicht: $F_G = F_A + F_R$ $F_{Gewicht} = \frac{4}{3} * \pi * r^3 * \rho_{Körper} * g = m * g$ $F_{Auftrieb} = \frac{4}{3} * \pi * r^3 * \rho_{Fluessigkeit} * g = m * g$ $F_{Reib} = 6 * \pi * r^3 * \eta * r * v$ $\eta = \text{Viskosität} = \frac{2 * r^2 * g * (\rho_K - \rho_F)}{9 * v}$ 	<ul style="list-style-type: none"> $F_G, F_A, F_R = [N]$ $r = [m]$ $\rho_K, \rho_F = [\frac{kg}{m^3}]$ $g = [\frac{m}{s^2}]$ $m = [kg]$ $\eta = [\frac{N*s}{m^2}]$

2.4 Laminare Rohrströmung

Abbildung	Formeln	Einheiten
 <p>Mantelfläche = $2 \cdot \pi \cdot r \cdot l$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • $F_{Reib} = F_{Druck1} - F_{Druck2}$ • $\tau = \pi * r^2 * (p_1 - p_2) + 2 * \pi * r * l * \eta * \frac{dv}{dr}$ • $\tau = \text{Schubspannung}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • $\tau, p_1, p_2 = [Pa]$ • $r, l = [m]$ • $F = [N]$ • $\eta = \text{Viskosität} = [\frac{kg}{m * s}] = [Pa * s]$

2.5 Gesetz von Hagen Poiseuille

Formeln	Einheiten
<ul style="list-style-type: none"> • $\dot{V} = \frac{V}{t} = \frac{\pi * \Delta p * r^4}{8 * \eta * l} = \frac{\pi * (p_2 - p_1) * r^4}{8 * \eta * l}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • $\Delta p, p_2, p_1 = [\frac{N}{m^2}] = [Pa]$ • $\dot{V} = [m^3]$ • $P = [W]$ • $F = [N]$ • $A = [m^2]$ • $s = [m]$ • $\eta = \text{Viskosität} = [\frac{kg}{m * s}] = [Pa * s]$

2.6 Pumpenleistung

Formeln	Einheiten
<ul style="list-style-type: none"> • $P = \frac{W}{t * \eta} = \frac{F * s}{t * \eta} = \frac{p * A * s}{t * \eta} = \frac{p * V}{t * \eta}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • $p = [\frac{N}{m^2}] = Pa$ • $V = [m^3]$ • $P = [W]$ • $F = [N]$ • $A = [m^2]$ • $s = [m]$ • $\eta = \text{Wirkungsgrad} = [1]$

2.7 Reynolds-Zahl

Formeln	Einheiten
<ul style="list-style-type: none"> • $Reynoldszahl = Re = \frac{\rho * v * d}{\eta} = \frac{\rho * \dot{V} * 4}{d * \pi * \eta}$ • $v = \frac{\dot{V}}{A}$ • $Re > 2320 \Rightarrow$ Bei Rohrströmung Turbulenz • $Re < 2320 \Rightarrow$ Keine Turbulenz 	<ul style="list-style-type: none"> • $\rho = [\frac{kg}{m^3}]$ • $\eta = \text{Viskosität} = [\frac{kg}{m * s}] = [Pa * s]$ • $v = [\frac{m}{s}]$ • $d = [m]$ • $A = [m^2]$ • $\dot{V} = [\frac{m^3}{s}]$

3 Wärmelehre

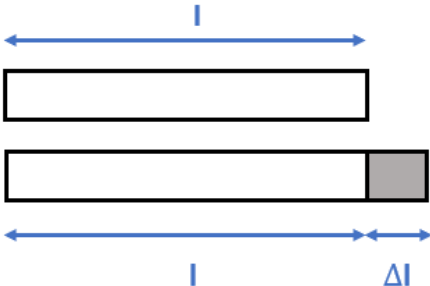
3.1 Temperatureinheiten

Formeln	Einheiten
<ul style="list-style-type: none"> $^{\circ}\text{C} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{1.8}$ $^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} * 1.8 + 32$ $^{\circ}\text{C} = K - 273.15$ $K = ^{\circ}\text{C} + 273.15$ 	<ul style="list-style-type: none"> $^{\circ}\text{C}$ = Temperatur in Celsius $^{\circ}\text{F}$ = Temperatur in Fahrenheit K = Temperatur in Celsius

3.2 Molare Masse, Molmasse

Formeln	Einheiten
<ul style="list-style-type: none"> $M = \frac{m}{n} = N_A * m_M$ 	<ul style="list-style-type: none"> $m = [kg]$ $n = [mol]$ $M = [\frac{kg}{mol}]$ $N_A = 6.022 * 10^{23} [\frac{1}{mol}]$ $m_M = [kg]$


3.3 Längen und Volumenänderung

Abbildung	Formeln	Einheiten
	<ul style="list-style-type: none"> $\Delta l = \alpha * l * \Delta T$ $\Delta V = \gamma * V * \Delta T$ $\alpha, \gamma = \text{Ausdehnungskoeffizienten}$ $\gamma = 3 * \alpha$ (Gilt bei isotopen Materialien) Isotrop = In allen Richtungen gleiche Eigenschaften 	<ul style="list-style-type: none"> $\Delta l, l = [m]$ $\Delta V, V = [m^3]$ $\alpha, \gamma = [\frac{1}{K}]$ $\Delta T = [K]$

3.4 Thermische Spannung, Hookesches Gesetz

Thermodynamische Systeme

- ⇒ offen = Austausch von Energie und Austausch von Material (z.B. Wärmetauscher, Kompressor, Gasturbine)
- ⇒ geschlossen = Austausch von Energie und kein Austausch von Material (z.B. Heizkreislauf, Kühlschrank)
- ⇒ abgeschlossen = kein Austausch von Energie und kein Austausch von Material (z.B. Ideale Thermosflasche)
- ⇒ adiabatisch = kein Wärmeaustausch, kein Materialaustausch, aber Energieaustausch (z.B. Kompressor)

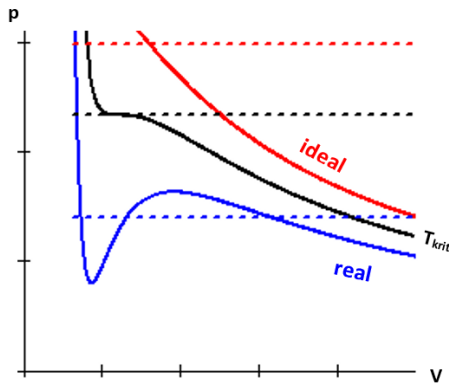
Abbildung	Formeln	Einheiten
	<ul style="list-style-type: none"> • Ohne Behinderung: $\Delta l = \alpha * l * \Delta T$ • Mit Behinderung: $\Delta l = 0$ • $\sigma = E * \frac{\Delta l}{l}$ • $\sigma = E * \alpha * \Delta T$ • E = Elastizitätsmodul • σ = Thermische Spannung 	<ul style="list-style-type: none"> • $E = [\frac{N}{m^2}] = Pa$ • $\sigma = [\frac{N}{m^2}] = Pa$ • $\Delta l, l = [m]$ • $\Delta V = [m^3]$ • $\alpha = [\frac{1}{K}]$ • $\Delta T = [K]$

3.5 Thermische Zustandsgleichung, ideales Gas


Formeln	Einheiten
<ul style="list-style-type: none"> • $p * V = N * k * T$ • $p * V = n * R * T$ • $p * V = \frac{m}{M} * R * T$ • $R = N_A * k$ • $n = \frac{m}{M}$ • R = Universelle Gaskonstante • k = Boltzmann-Konstante • N_A = Avogadro-Zahl • 1 atü = 98066.5 [Pa] • 1 Torr = 133.322 [Pa] = 1[mm] * g * ρ_{Hg} 	<ul style="list-style-type: none"> • $p = [\frac{N}{m^2}] = Pa$ • $V = [m^3]$ • $N = [1] = \text{Anzahl Moleküle}$ • $n = [1] = \text{Anzahl Mole}$ • $M = [\frac{kg}{mol}] = \text{Molare Masse}$ • $T = [K]$ • $k = 1.381 * 10^{-23} [\frac{J}{K}]$ • $R = 8.314 [\frac{J}{mol * K}]$ • $N_A = 6.022 * 10^{23} [\frac{1}{mol}]$ • $\rho_{Hg} = 13595 [\frac{kg}{m^3}]$ • $g = 9.81 [\frac{m}{s^2}]$

Ideales Gas \Rightarrow **1.)** ($p * V = const$) Teilchen sind Massepunkte **2b.)** Teilchen üben keine gegenseitigen Kräfte aus
Reales Gas \Rightarrow **1.)** Teilchen dehnen sich aus \rightarrow Volumen ist jetzt: (V-b) **2.)** Teilchen wirken Kräfte aus ($p = p_0 + \frac{a}{V^2}$)

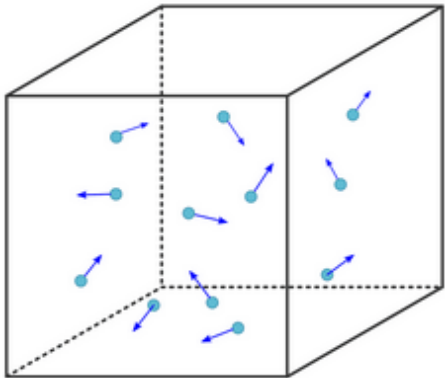
3.6 Van der Waal'sche Zustandsgleichung, reale Gase

Abbildung	Formeln	Einheiten
	<ul style="list-style-type: none"> • (allg.): $p = \frac{n * R * T}{V_m - b} - n^2 * \frac{a}{V_m^2}$ • (1 mol): $p = \frac{R * T}{V_m - b} - n^2 * \frac{a}{V_m^2}$ • $V = V_m * n$ • a = Kohäsionsdruck (material-abhängig) • b = Kovolumen (material-abhängig) 	<ul style="list-style-type: none"> • $p = [\frac{N}{m^2}] = Pa$ • $V = [m^3]$ • $n = [1] = \text{Anzahl Mole}$ • $V_m = [\frac{m^3}{mol}] = \text{molares Volumen}$ • $T = [K]$ • $a = [\frac{10^{-3} * Pa * m^6}{mol^2}]$ • $b = [\frac{10^{-6} * m^3}{mol}]$

3.7 Mittlere freie Weglänge

Abbildung	Formeln	Einheiten
	<ul style="list-style-type: none"> • $\bar{l} = \frac{1}{\sqrt{2} * n * \pi * d^2} = \frac{R * T}{\sqrt{2} * \pi * d^2 * p * N_A}$ • $n = \frac{N}{V} = \frac{p * N_A}{R * T}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • $\bar{l} = [m]$ • $n = \frac{\text{Teilchen}}{\text{Volumen}} = [\frac{1}{m^3}]$ • $d = [m]$ • $N = [1]$ • $V = [m^3]$ • $p = [Pa]$ • $T = [K]$ • $N_A = 6.022 * 10^{23} [\frac{1}{mol}]$ • $R = 8.314 [\frac{J}{mol * K}]$

3.8 kinetische Gastheorie

Abbildung	Formeln	Einheiten
	<ul style="list-style-type: none"> $p = \frac{F}{A} = \frac{1}{3} * \frac{N_A * v^2 * m}{V}$ $E_{kin} = \frac{m * v^2}{2} = \frac{3}{2} * k * T$ 	<ul style="list-style-type: none"> $p = [\frac{N}{m^2}] = Pa$ $F = [N]$ $A = [m^2]$ $V = [m^3]$ $m = [kg]$ $v = [m \frac{m}{s}]$ $T = [K]$ $k = 1.381 * 10^{-23} [\frac{J}{K}]$ $N_A = 6.022 * 10^{23} [\frac{1}{mol}]$

3.9 Thermodynamik

Formeln	Einheiten
<ul style="list-style-type: none"> Erster Hauptsatz der Thermodynamik: $dU = \delta W + \delta Q$ $\Delta Q = m * c * \Delta T$ $m * c = C$ $\Delta T = T_2 - T_1 \Rightarrow$ So, dass es positives ΔT gibt $Q_{ab} = Q_{zu}$ $Q_s = \text{Schmelzwärme} = q_s * m$ $Q_v = \text{Verdampfungswärme} = q_v * m$ $q_s = \text{spez. Schmelzwärme}$ $q_v = \text{spez. Verdampfungswärme}$ $T_M = \text{Mischtemperatur zweier Stoffe}$ $T_M = \frac{m_1 * c_1 * T_1 + m_2 * c_2 * T_2}{m_1 * c_1 + m_2 * c_2}$ 	<ul style="list-style-type: none"> $dU = \text{innere Energie} = [J]$ $\delta W = \text{Arbeit} = [Ws]$ $\delta Q, \Delta Q = \text{Wärme} = [J]$ $m, m_1, m_2 = [kg]$ $c, c_1, c_2 = \text{spez. Wärmekapazität} = [\frac{J}{kg * K}]$ $C = \text{Wärmekapazität} = [\frac{J}{K}]$ $\Delta T, T_1, T_2, T_M = [K]$ $c_{Wasser} = 4182 [\frac{J}{kg * K}]$ $c_{Eis} = 2060 [\frac{J}{kg * K}]$ $Q_s, Q_v = [J]$ $q_s, q_v = [\frac{J}{kg}]$ $q_{s,Eis} = 333700 [\frac{J}{kg}]$ $q_{v,Wasser} = 2257000 [\frac{J}{kg}]$

Gründe für eine höhere Wärmekapazität:

- 1.) Anzahl Freiheitsgrade
- 2.) Grössere Anzahl an Teilchen (kleinere Dichte)

Anomalie des Wassers:

Höchste Dichte bei 4 °C \Rightarrow Volumenzunahme bei Erhöhung und Verminderung der Temperatur

3.10 Wärmetransport

Formeln	Einheiten
<ul style="list-style-type: none"> • $k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_s \frac{d_s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_a}}$ • $k_{\text{zylindrisch}} = \frac{1}{r_a} * \frac{1}{\frac{1}{r_i * \alpha_i} + \sum_s \frac{1}{\lambda_s} * \ln(\frac{r_{sa}}{r_{si}} + \frac{1}{r_a * \alpha_a})}$ • $P_H = \text{Heizleistung} = k * A * \Delta T$ • $P_K = \text{Kühlleistung} = k * A + \underbrace{c_L * \rho_L * \frac{V}{t}}_{\text{Lueftung}} * \Delta T$ • Auch hier gilt die Wärmebilanz $Q_{ab} = Q_{zu}$. Hier können die Aufgaben meist über den Vergleich der Heizleistungen gelöst werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • $\alpha_i, \alpha_a = \text{Wärmeübergangszahl} = [\frac{W}{m^2 * K}]$ • $k = \text{Wärmedurchgangszahl} = [\frac{W}{m^2 * K}]$ • $d_s = \text{Wanddicke} = [m]$ • $\lambda_s = \text{Anzahl Wandschichten} = [1]$ • $r = \text{Wandradien} = [m]$ • $P_H, P_K = [W]$ • $A = \text{Wandfläche} = [m]$ • $c_L = 1005 [\frac{J}{Kg * K}]$ • $\rho_L = 1.2041 [\frac{kg}{m^3}]$ • $V = \text{Raumvolumen} = [m^3]$ • $t = [s]$ • $\Delta T = [K]$

3.11 Freiheitsgrade

Atommodell	Translation	Rotation	Oszillation	Gesamt
Massenpunkt	3	0	0	3
Starre Hantel	3	2	0	5
Schwingende Hantel	3	2	1 * 2	7
Mehratomig starr	3	3	0	6
Kristall	0	0	3 * 2	6