

$$d_a := 0.076 \text{ m} \quad d_i := 0.068 \text{ m} \quad m_{\text{punkt_dichte}} := 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \quad \lambda_W := 45 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

$$\theta_{F_ein} := 200 \text{ }^\circ\text{C} \quad \theta_s := 270 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\alpha_a := 250 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad \theta_a := 1100 \text{ }^\circ\text{C}$$

Stoffwerte für Wasser Flüssigkeit bei 270 °C

$$c_p := 5126 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \rho_1 := 767.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \lambda_1 := 0.593 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \quad \eta_1 := 97.4 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

$$\nu_1 := 0.127 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \quad Pr_1 := 0.842 \quad \Delta h_V := 1.6046 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$p_s := 5.5051 \text{ MPa} \quad \sigma := 0.02135 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Stoffwerte für Wasser Dampf bei 270 °C

$$\rho_2 := 28.061 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \eta_2 := 18.27 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} \quad \nu_2 := \frac{\eta_2}{\rho_2} = (6.511 \cdot 10^{-7}) \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Gebiet I) einphasiger, konvektiver Wärmeübergang

$$Re := \frac{m_{\text{punkt_dichte}} \cdot d_i}{\nu_1 \cdot \rho_1} = 3.487 \cdot 10^5$$

$$\xi := (1.8 \cdot \log(Re, 10) - 1.5)^{-2} = 0.014$$

$$Nu := \frac{\left(\frac{\xi}{8}\right) \cdot Re \cdot Pr_1}{1 + 12.7 \cdot \sqrt{\frac{\xi}{8}} \cdot \left(Pr_1^{\frac{2}{3}} - 1\right)} = 541.868$$

$$\alpha_{i1} := \frac{Nu \cdot \lambda_1}{d_i} = (4.725 \cdot 10^3) \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$


$$R := \frac{d_i}{d_a \cdot \alpha_a} + \frac{d_i}{2 \cdot \lambda_W} \cdot \ln\left(\frac{d_a}{d_i}\right) = 0.004 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$q_{\text{punkt}} := \frac{\theta_a - \theta_s}{R} = (2.265912 \cdot 10^5) \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

q_punkt=const. !

$$q_{\text{punkt}} = \alpha_{i1} \cdot (\theta_s - \theta_{F_aus}) \quad \theta_{F_aus} := \theta_s - \frac{q_{\text{punkt}}}{\alpha_{i1}} = 222.048 \text{ }^\circ\text{C}$$

Gebiet II) unterkühltes Sieden (Blasen bilden sich an Wand, aber Fluid noch nicht bei Siedetemperatur)

$$\vartheta_F \leq \vartheta_s; \vartheta_W > \vartheta_s$$


Wandtemperatur unbekannt -> iterativ an den Wärmeübergangskoeffizient

$$\theta_{F_m} := \frac{\theta_{F_{aus}} + \theta_s}{2} = 246.024 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \theta_{W_0} := 280 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\alpha_{BS} := 77.8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}} \cdot \left(\frac{\theta_{W_0} - \theta_s}{\text{K}} \right)^{2.57} \cdot \left(\frac{p_s}{\text{MPa}} \right)^{0.857} = (1.247 \cdot 10^5) \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

$$\alpha_{i2} := \sqrt[2]{\alpha_{i1}^2 + \left(\alpha_{BS} \cdot \frac{\theta_{W_0} - \theta_s}{\theta_{W_0} - \theta_{F_m}} \right)^2} = (3.7 \cdot 10^4) \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

$$\theta_{W_1} = \theta_{F_m} + \frac{q_{\text{punkt}}}{\alpha_{i2}} \quad \text{iterativ lösen siehe Excel Studium Repository WSÜ} \quad \text{gelöst mit Daten->Was-Wäre-Wenn-Analyse}$$

$$\theta_{W_{II}} := 275.79 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \alpha_{BS_{II}} := 30662.36 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

Gebiet III) Sieden in gesättigter Flüssigkeit

analog zu Gebiet II: mit ein paar Veränderungen

$$\theta_{W_0} := 275 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\alpha_{i3} = \left(\alpha_{ZP}^{2.5} + \alpha_{BS}^{2.5} \right)^{0.4} \quad \alpha_{ZP} := 0 \quad \text{vernachlässigbar klein}$$

$$\alpha_{i3} = \alpha_{BS}$$

$$\theta_{W_1} = \theta_s + \frac{q_{\text{punkt}}}{\alpha_{i3}} \quad \text{iterativ lösen siehe Excel Studium Repository WSÜ} \quad \text{gelöst mit Daten->Was-Wäre-Wenn-Analyse}$$

$$\theta_{W_{III}} := 276.20 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \alpha_{BS_{III}} := 36537.22 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

Längen

$$m_{punkt} := m_{punkt_dichte} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 = 1.816 \frac{kg}{s}$$

Gebiet I)

$$Q_{punkt_I} := m_{punkt} \cdot c_p \cdot (\theta_{F_aus} - \theta_{F_ein}) = (2.052 \cdot 10^5) \text{ W}$$

$$A_I = \pi \cdot d_i \cdot L_1 \qquad Q_{punkt_I} = q_{punkt} \cdot A_I$$

$$L_1 := \frac{Q_{punkt_I}}{\pi \cdot d_i \cdot q_{punkt}} = 4.24 \text{ m}$$

Gebiet II)

$$Q_{punkt_II} := m_{punkt} \cdot c_p \cdot (\theta_s - \theta_{F_aus}) = (4.463 \cdot 10^5) \text{ W}$$

$$A_{II} = \pi \cdot d_i \cdot L_2 \qquad Q_{punkt_II} = q_{punkt} \cdot A_{II}$$

$$L_2 := \frac{Q_{punkt_II}}{\pi \cdot d_i \cdot q_{punkt}} = 9.221 \text{ m}$$

$$\text{Gebiet III)} \qquad x_A := 0.2 \qquad x_E := 0$$

$$Q_{punkt_III} := m_{punkt} \cdot (x_A - x_E) \cdot \Delta h_V = (5.827 \cdot 10^5) \text{ W}$$

$$A_{III} = \pi \cdot d_i \cdot L_3 \qquad Q_{punkt_III} = q_{punkt} \cdot A_{III}$$

$$L_3 := \frac{Q_{punkt_III}}{\pi \cdot d_i \cdot q_{punkt}} = 12.039 \text{ m}$$

$$L := L_1 + L_2 + L_3 = 25.499 \text{ m}$$