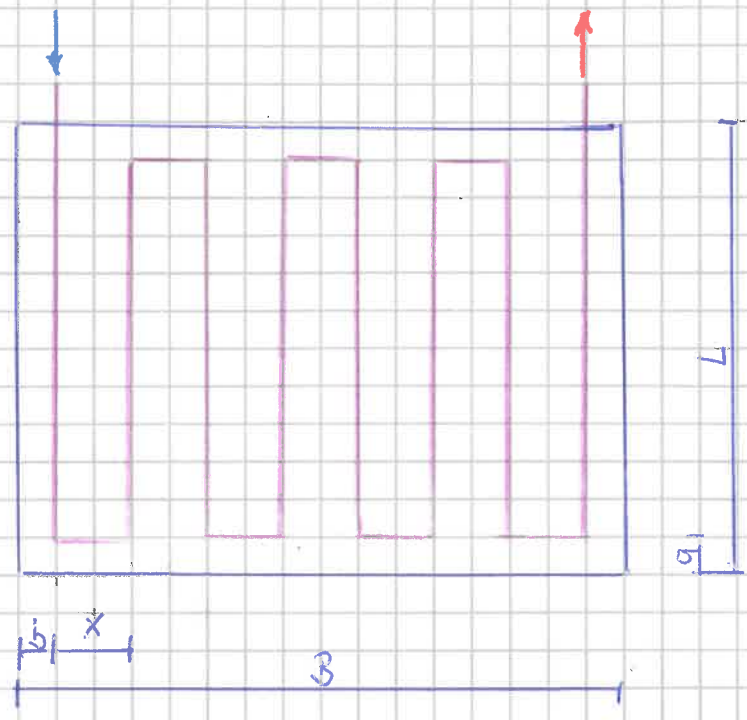


KUEHLPLATTE



$T_{top} = 420 \text{ } ^\circ\text{C}$

$T_{u} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\rho_{st} = 7850 \text{ kg/m}^3$

$c_p = 461 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$

$L = 600 \text{ mm}$

$d = 18 \text{ mm}$

$x = 100 \text{ mm}$

$B = 800 \text{ mm}$

$a = 35 \text{ mm}$

$H = 100 \text{ mm}$

$b = 50 \text{ mm}$

Volumen

$$V = L \cdot B \cdot H - L_{\text{kanal}} \cdot \frac{\pi}{4} d^2$$

$$= 600 \cdot 800 \cdot 100 - 4940 \text{ mm} \cdot \frac{\pi}{4} 18^2$$

$$= 46\,742\,923 \text{ mm}^3$$

Masse

$$m = \rho \cdot V$$

$$= 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,04674 \text{ m}^3$$

$$= 366,9 \text{ kg}$$

Wärmeinhalt

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

$$= 366,9 \text{ kg} \cdot 461 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 395 \text{ K}$$

$$= 66\,812\,472,8 \text{ J}$$

Kanaloberfläche

$$A_k = L_{\text{kanal}} \cdot \pi d = 387\,913,5 \text{ mm}^2$$

Kühlung

Ein Gemisch aus Umgebungsluft und Wasser wird eingeblasen

Luft

$$t_{\text{Luft}} = 25^\circ\text{C}$$

$$\rho_{\text{Luft}} = 1,2041 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$c_{p, \text{Luft}} = 1,01 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$\text{kin } \nu = 15,23 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\text{dyn } \eta = 18,21 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{ms}}$$

Wasser (aus Rückkühler)

$$t_{\text{H}_2\text{O}} = 35^\circ\text{C}$$

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 994,03 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$c_{p, \text{H}_2\text{O}} = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$\text{kin } \nu = 0,658 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\text{dyn } \eta = 652,9 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{ms}}$$

Verdampfungsenthalpie

$$h = 2257 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

In den Kühlkanal der Kühlplatte wird ein Gemisch aus Luft und Wasser eingeleitet.

95 % Luft

5 % Wasser

100 %

$$\dot{V}_L = 11,4 \text{ m}^3/\text{h} = 190 \text{ dm}^3/\text{min}$$

$$\dot{V}_{\text{H}_2\text{O}} = 0,6 \text{ m}^3/\text{h} = 10 \text{ dm}^3/\text{min}$$

$$200 \text{ dm}^3/\text{min}$$

Bei einer reinen Flüssigkeit (Wasser) und einer Temperatur  $\leq 100^\circ\text{C}$  ist mir das Vorgehen klar.

Aber hier Gemisch und hohe Verdampfungsenthalpie des Wassers!!!

Wärmestrom  $\dot{Q} = \rho \cdot \dot{V} \cdot c_p \cdot \Delta t$

Reynolds Zahl  $Re = \frac{c \cdot d}{\nu}$

Prandtl Zahl  $Pr = \frac{\rho}{\alpha} = \frac{\eta \cdot c_p}{\lambda}$

Nusselt Zahl  $Nu_d = 0,012 \cdot (Re^{0,57} - 280) \cdot Pr^{0,4} \cdot \left[1 + \left(\frac{d}{L}\right)^{1/3}\right]$

Wärmeübertragung  $\dot{Q} = \alpha \cdot A \cdot \Delta t$

Formel von Darcy / Druckverlust

$$\gamma_v = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{c^2}{2}$$

Druckverlust umlenkung

$$\gamma_v = \xi \cdot \frac{c^2}{2}$$

Druckverlustzahl

$$\xi = 1,3 \quad [\text{Rechteckkrümmer}]$$

(Prandtl) Rohrreibungszahl

$$\lambda = \frac{0,309}{(\lg Re - 0,845)^2}$$

- ① Ansatz für Stoffgemisch? Berechnung?
- ② Enthalpie?
- ③ Abkühlrate der Kühlplatte?
- ④ Dauer bis Kühlplatte  $100^\circ\text{C}$  erreicht hat?
- ⑤ Temperaturabfall der Kühlplatte Einlauf / Auslauf?
- ⑥ Druckverlust des Medium bei drucklosem Rücklauf?
- ⑦ Option: Bei einer Temperaturdifferenz von  $\Delta t \geq 50^\circ\text{K}$  zwischen Einlauf Kühlplatte und Auslauf Kühlplatte ( $\Delta t$  der Kühlplatte) wird die Durchströmung umgedreht (Einlauf und Auslauf getauscht)

Berechnung nur hinreichend genau!!! (XLS)

# Dampf tabel für Wasser

$\vartheta$ °C	p bar	$v'$ dm <sup>3</sup> /kg	$v''$ m <sup>3</sup> /kg	$h'$ kJ/kg	$h''$ kJ/kg	r kJ/kg	$s'$ kJ/kgK	$s''$ kJ/kgK
0,01	0,006112	1,0002	206,2	0,00	2501,6	2501,6	0,00	9,1575
5	0,008718	1,0000	147,2	21,01	2510,7	2489,7	0,0762	9,0269
10	0,01227	1,0003	106,4	41,99	2519,9	2477,9	0,1510	8,9020
15	0,01704	1,0008	77,98	62,94	2529,1	2466,1	0,2243	8,7826
20	0,02337	1,0017	57,84	83,86	2538,2	2454,3	0,2963	8,6684
25	0,03166	1,0029	43,40	104,77	2547,3	2442,5	0,3670	8,5592
30	0,04241	1,0043	32,93	125,66	2556,4	2430,7	0,4365	8,4546
40	0,07375	1,0078	19,55	167,45	2574,4	2406,9	0,5721	8,2583
50	0,12335	1,0121	12,05	209,26	2592,2	2382,9	0,7035	8,0776
60	0,19920	1,0171	7,679	251,09	2609,7	2358,6	0,8310	7,9108
70	0,31160	1,0228	5,046	292,97	2626,9	2334,0	0,9548	7,7565
80	0,47367	1,0292	3,409	334,92	2643,8	2308,8	1,0753	7,6132
90	0,7011	1,0361	2,361	376,94	2660,1	2283,2	1,1925	7,4799
100	1,0133	1,0437	1,6730	419,1	2676,0	2256,9	1,3069	7,3554
110	1,4327	1,0519	1,2010	461,3	2691,3	2230,0	1,4185	7,2388
120	1,9854	1,0606	0,8915	503,7	2706,0	2202,3	1,5276	7,1293
130	2,701	1,0700	0,6681	546,3	2719,9	2173,6	1,6344	7,0261
140	3,614	1,0800	0,5085	589,1	2733,1	2144,0	1,7390	6,9284
150	4,760	1,0908	0,3924	632,2	2745,4	2112,2	1,8416	6,8358
160	6,181	1,1022	0,3068	675,5	2756,7	2081,2	1,9425	6,7475
170	7,920	1,1145	0,2426	719,1	2767,1	2048,0	2,0416	6,6630
180	10,027	1,1275	0,1938	763,1	2776,3	2013,2	2,1393	6,5819
190	12,551	1,1415	0,1563	807,5	2784,3	1976,8	2,2356	6,5036
200	15,549	1,1565	0,1272	852,4	2790,9	1938,5	2,3307	6,4278
210	19,077	1,173	0,1042	897,5	2796,2	1898,7	2,4247	6,3539
220	23,198	1,190	0,08604	943,7	2799,9	1856,2	2,5178	6,2817
230	27,976	1,209	0,07145	990,3	2802,0	1811,7	2,6102	6,2107
240	33,478	1,229	0,05965	1037,6	2802,2	1764,6	2,7020	6,1406
250	39,776	1,251	0,05004	1085,8	2800,4	1714,6	2,7935	6,0708
260	46,934	1,276	0,04213	1134,9	2796,4	1661,5	2,8848	6,0010
270	55,058	1,303	0,03559	1185,2	2789,9	1604,6	2,9763	5,9304
280	64,202	1,332	0,03013	1236,8	2780,4	1543,6	3,0683	5,8586
290	74,641	1,366	0,02554	1290,0	2767,6	1477,6	3,1611	5,7848
300	85,927	1,404	0,02165	1345,0	2751,0	1406,0	3,2552	5,7081
310	98,700	1,448	0,01833	1402,4	2730,0	1327,6	3,3512	5,6278
320	112,89	1,500	0,01548	1462,6	2703,0	1241,1	3,4500	5,5423
330	128,63	1,562	0,01299	1526,5	2670,2	1143,6	3,5528	5,4990
340	146,05	1,639	0,01078	1595,5	2626,2	1030,7	3,6616	5,3427
350	165,35	1,741	0,00880	1671,9	2567,7	895,7	3,7800	5,2177
360	186,75	1,896	0,00694	1764,2	2485,4	721,3	3,9210	5,0600
370	210,54	2,214	0,00497	1890,2	2342,8	452,6	4,1108	4,8144
374,15	221,20	3,170	0,00317	2107,4	2107,4	0,0	4,4429	4,4429