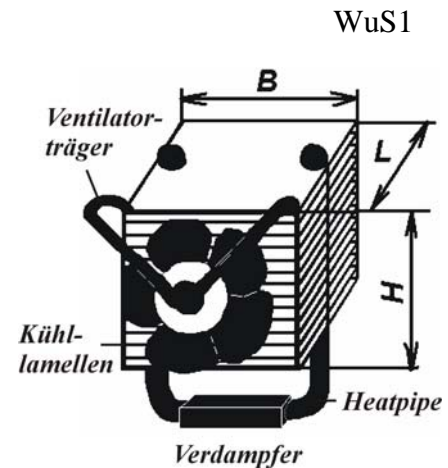


Wärmeübertragung I

10. Übung (Wärmeübertragung bei Konvektion I)

1. Aufgabe (Klausuraufgabe)

Ein moderner CPU-Kühler besteht aus zwei so genannten Heatpipes (Wärmerohre), deren Verdampfungsseite mit dem Prozessor in Kontakt kommt. In den verschlossenen Röhren siedet Wasser, das bei dort herrschendem Unterdruck eine Siedetemperatur von T_S hat. An der Kondensationsseite werden die Heatpipes mit Umgebungsluft abgekühlt. Um die Austauschfläche mit der Luft zu vergrößern, sind die Wärmeröhre mit 40 dünnen Kupferlamellen versehen (s. Skizze), zwischen denen ein Lüfter die Luft fördert. Laut Angaben des Herstellers ist der Kühler für Ihren Prozessor (Verlustleistung \dot{Q}_p) geeignet.



Berechnen Sie den maximalen, theoretischen Wärmestrom, der von den Lamellen an die Umgebung abgeführt werden kann. Gehen Sie von einer Kanalströmung mit ausgeglichenem Geschwindigkeitsprofil zwischen den Lamellen aus (die Rohre werden hier vernachlässigt). Der Wärmestrom über die Außenflächen kann gegenüber dem Wärmestrom in den Kanälen vernachlässigt werden. Dank der hohen Wärmeleitfähigkeit des Kupfers haben die Rohrwände und die Lamellen überall die gleiche Temperatur T_S .

Allgemeine Angaben:

Verlustleistung des Prozessors	\dot{Q}_p	= 60 W
Siedetemperatur des Wassers in den Rohren	T_S	= 30 °C
Maximaler Luftdurchsatz des Lüfters	\dot{V}_L	= 55 m ³ /h
Umgebungstemperatur	T_U	= 20 °C
Abmessungen der Lamellen (Länge x Breite x Dicke)	$LxBxS$	= 70x80x0,5 mm
Höhe der Kondensationsseite der Rohre	H	= 80 mm
Außenoberfläche der Verdampfungsseite	A_V	= 0,005 m ²

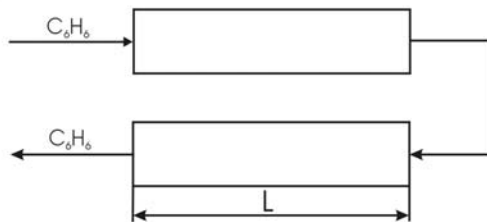
Stoffwerte Luft (20°C):

Kinematische Viskosität	ν_L	= 153,5 · 10 ⁻⁷ m ² /s
Wärmeleitfähigkeit	λ_L	= 25,69 · 10 ⁻³ W/mK
Prandtl-Zahl	Pr	= 0,7148

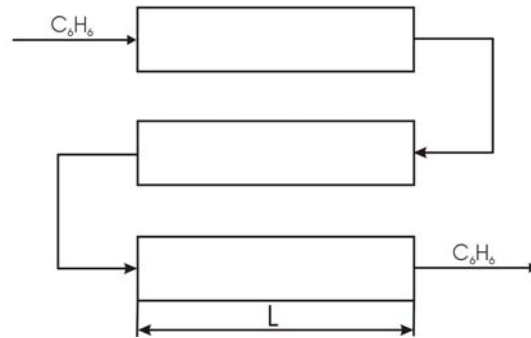
2. Aufgabe

Mit Hilfe von Kältemitteldampf, der bei $T_0 = 45^\circ\text{C}$ kondensiert, sollen $\dot{M} = 2 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ Benzol (C_6H_6) von $T_{\text{ein}} = 10^\circ\text{C}$ auf $T_{\text{aus}} = 30^\circ\text{C}$ erwärmt werden. Dafür stehen zwei unterschiedliche Apparateanordnungen zur Verfügung, die jeweils aus mehreren (2 bzw. 3) hintereinandergeschalteten Rohrbündelwärmeübertragern bestehen (siehe Skizze).

①



②



In jedem Rohrbündel:

Rohranzahl $z = 40$

Rohrlänge $L = 1 \text{ m}$

Rohrabmessung $10 \times 1 \text{ mm}$

Rohranzahl $z = 85$

Rohrlänge $L = 1,25 \text{ m}$

Rohrabmessung $25 \times 2,5 \text{ mm}$

In beiden Apparateanordnungen kondensiert der Kältemitteldampf auf der Außenseite der vom Benzol durchströmten Rohre.

Welche der beiden Apparateanordnungen ist dazu geeignet, das Benzol auf die geforderte Austrittstemperatur von (mindestens) $T_{\text{aus}} = 30^\circ\text{C}$ zu erwärmen?

Hinweis:

Die Wärmeübergangswiderstände auf der Kondensatseite und in der Rohrwand können vernachlässigt werden. Es kann mit mittleren Stoffwerten bei $T_m = \frac{T_{\text{ein}} + T_{\text{aus}}}{2}$ gerechnet werden. Wärmeverluste an die Umgebung werden vernachlässigt.

Stoffwerte: (von Benzol bei $T_m = 20^\circ\text{C}$)

- Wärmeleitfähigkeit

$$\lambda = 0,153 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$$

- Dichte

$$\rho = 879 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Wärmekapazität

$$c_p = 1,74 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

- Kinematische Viskosität

$$\nu = 0,74 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$