

Zur weiteren Verwendung der Kennzahlen für mehrere Apparate ist es sinnvoll, die Struktur und Betriebscharakteristik der Rippenrohrbündelwärmeübertrager in vektorieller bzw. Matrizenform darzustellen. In der Berechnung wird jede Rohrreihe als einzelner Apparat betrachtet. Nachfolgend wird der Aufbau der Vektoren und Matrizen beispielhaft für zwei seriell verschaltete Apparate gezeigt.

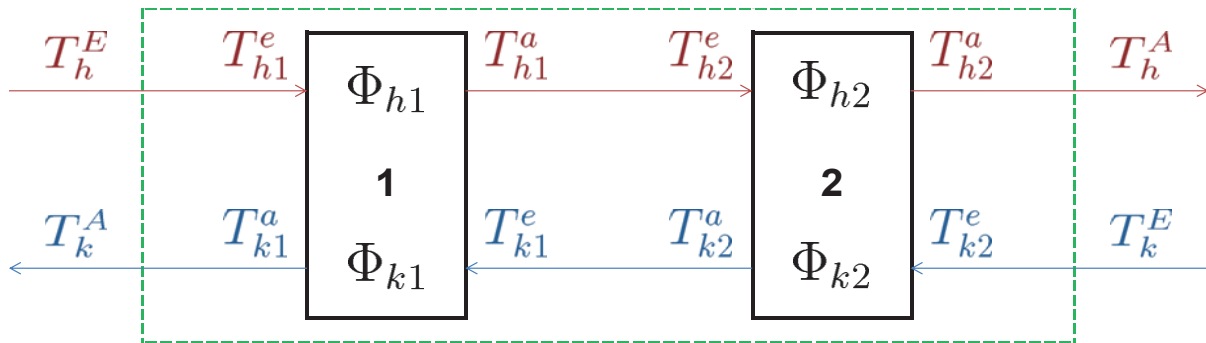


Abbildung 11: Temperaturen der Prozess- und Apparateströme

$$\underline{T}^E = \begin{pmatrix} T_h^E \\ T_k^E \end{pmatrix} \quad \underline{T}^e = \begin{pmatrix} T_{h1}^e \\ T_{h2}^e \\ T_{k1}^e \\ T_{k2}^e \end{pmatrix} \quad \underline{T}^a = \begin{pmatrix} T_{h1}^a \\ T_{h2}^a \\ T_{k1}^a \\ T_{k2}^a \end{pmatrix}$$

$$\underline{\Phi} = \begin{pmatrix} 1 - \Phi_{h1} & 0 & \Phi_{h1} & 0 \\ 0 & 1 - \Phi_{h2} & 0 & \Phi_{h2} \\ \Phi_{k1} & 0 & 1 - \Phi_{k1} & 0 \\ 0 & \Phi_{k2} & 0 & 1 - \Phi_{k2} \end{pmatrix}$$

$$\underline{S} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \underline{I} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \underline{O} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\underline{E} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Die so erzeugten Matrizen und Vektoren werden in die Strukturmodelle eingesetzt.

$$\underline{T}^a = \underline{\Phi} \cdot \underline{T}^e$$

Strukturmodell (1)

$$\underline{T}^e = \underline{S} \cdot \underline{T}^a + \underline{I} \cdot \underline{T}^E$$

Strukturmodell (2)

(1) in (2) einsetzen

$$\begin{aligned} \underline{T}^a &= \underline{\Phi} \cdot \underline{T}^e = \underline{\Phi} \cdot (\underline{S} \cdot \underline{T}^a + \underline{I} \cdot \underline{T}^E) \\ &= \underline{\Phi} \cdot \underline{S} \cdot \underline{T}^a + \underline{\Phi} \cdot \underline{I} \cdot \underline{T}^E \\ \implies (\underline{E} - \underline{\Phi} \cdot \underline{S}) \cdot \underline{T}^a &= \underline{\Phi} \cdot \underline{I} \cdot \underline{T}^E \end{aligned}$$

Das Ergebnis ist ein Gleichungssystem, das jetzt noch gelöst werden muss, um den Vektor der Austrittstemperaturen zwischen den Apparaten und somit auch der beiden Prozessströme zu erhalten.

$$\underline{T}^A = \underline{O} \cdot \underline{T}^a$$

Eine Berechnung des Rippenrohrbündelwärmeübertragers ist nur iterativ möglich. Aus diesem Grund wird eine Berechnungsroutine für Microsoft Excel erstellt. Im Grunde wird in dieser Routine der Wärmeübertrager in kleine Abschnitte unterteilt und zwar werden die Zustandsänderungen in jeder Rohrreihe bestimmt. Um die nötigen Stoffdaten für die einzelnen Berechnungsschritte zu erhalten, werden in der Firma Omnical bereits vorhandene VBA-Routinen genutzt und erweitert. Am Anfang der Berechnung müssen die Rauchgaseintrittsparameter, die Wassereintrittsparameter und die Rippenrohrgeometrie gegeben bzw. gewählt werden. Es wird angenommen, dass es sich um einseitig quervermischten Kreuzstrom handelt, wobei sich das Rauchgas quervermischen kann. Die einzelnen Rohrreihen werden nach folgender Systematik berechnet:

---

<sup>32</sup> Vgl. Prof. Dr.-Ing. Stelow, Olaf: Mitschrift der Vorlesung Wärmeübertrager, THM