

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 Einleitung</b>                                                                       | <b>1</b>  |
| 1.1 Problemstellung und Stand des Wissens                                                 | 2         |
| <b>2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit</b>                                                | <b>7</b>  |
| <b>3 Wissensbasierte Systeme zur Konfigurierung verfahrenstechnischer Apparate</b>        | <b>9</b>  |
| 3.1 Einordnung der Problemstellung                                                        | 9         |
| 3.2 Systemkomponenten und Systementwicklung                                               | 11        |
| 3.2.1 Systemkomponenten                                                                   | 11        |
| 3.2.2 Systementwicklung                                                                   | 12        |
| 3.3 Wissensakquisition                                                                    | 12        |
| 3.3.1 Wissenserwerb zur Konfigurierung von Rohrbündelwärmeübertragern                     | 13        |
| 3.3.2 Problemlösungsmethoden und Entscheidungstabellen                                    | 14        |
| 3.3.2.1 Bewertung von apparatetechnischen Alternativen                                    | 15        |
| 3.3.2.2 Gewichtung von Einflußkriterien                                                   | 17        |
| 3.3.2.3 Auswertungsverfahren                                                              | 17        |
| <b>4 Konfigurierung von Rohrbündelwärmeübertragern</b>                                    | <b>19</b> |
| 4.1 Problemstruktur                                                                       | 19        |
| 4.2 Einteilung der Wärmeübertrager                                                        | 20        |
| 4.3 Verfahrenstechnische Kriterien zur Auswahl und Konfigurierung von<br>Wärmeübertragern | 22        |
| 4.3.1 Prozeßdaten                                                                         | 23        |
| 4.3.2 Stoffdaten und -eigenschaften                                                       | 25        |
| 4.3.3 Randbedingungen                                                                     | 26        |
| 4.4 Rohrbündelwärmeübertrager ohne Phasenwechsel                                          | 28        |
| 4.4.1 Apparatestruktur                                                                    | 28        |
| 4.4.2 Wahl des TEMA-Grundtyps                                                             | 31        |
| 4.4.2.1 TEMA- Baugruppen                                                                  | 31        |
| 4.4.2.2 Eignung der Baugruppen                                                            | 34        |

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.4.3 Geometrische Parameter .....                                             | 39        |
| 4.4.4 Thermische und fluiddynamische Berechnung .....                          | 47        |
| 4.4.5 Analyse und Optimierung .....                                            | 48        |
| 4.4.5.1 Analyse .....                                                          | 48        |
| 4.4.5.2 Optimierung der geometrischen Parameter .....                          | 52        |
| 4.5 Verdampfer .....                                                           | 56        |
| 4.5.1 Einteilung der Verdampfer .....                                          | 57        |
| 4.5.2 Verdampferbauarten .....                                                 | 59        |
| 4.5.3 Auswahlkriterien .....                                                   | 63        |
| 4.5.3.1 Prozeß- und Betriebsbedingungen .....                                  | 63        |
| 4.5.3.2 Stoffeigenschaften .....                                               | 65        |
| 4.5.3.3 Allgemeine Bedingungen .....                                           | 67        |
| 4.5.4 Verdampferauswahl .....                                                  | 69        |
| 4.5.5 Weitere Bearbeitungsschritte .....                                       | 71        |
| 4.6 Kondensatoren .....                                                        | 72        |
| 4.6.1 Kondensatorklassifikation .....                                          | 73        |
| 4.6.2 Kondensatortypen .....                                                   | 74        |
| 4.6.3 Auswahlkriterien .....                                                   | 78        |
| 4.6.3.1 Prozeß- und Betriebsbedingungen .....                                  | 78        |
| 4.6.3.2 Stoffeigenschaften .....                                               | 80        |
| 4.6.3.3 Allgemeine Bedingungen .....                                           | 81        |
| 4.6.4 Apparateauswahl .....                                                    | 82        |
| 4.6.5 Weitere Bearbeitungsschritte .....                                       | 84        |
| 4.7 Alternativen zu Rohrbündelwärmeübertragern .....                           | 84        |
| 4.7.1 Bauformen .....                                                          | 85        |
| 4.7.2 Auswahl des Wärmeübertragergrundtyps .....                               | 88        |
| 4.8 Wirtschaftliche Fluidgeschwindigkeiten in Rohrbündelwärmeübertragern ..... | 89        |
| 4.9 Abschätzung der Investitionskosten .....                                   | 94        |
| <b>5 Programmtechnische Realisierung .....</b>                                 | <b>97</b> |
| 5.1 Ziele und Anforderungen .....                                              | 97        |
| 5.2 Entwicklungsumgebung .....                                                 | 97        |
| 5.3 Systemkomponenten .....                                                    | 98        |

---

|                                                                                |         |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 5.3.1 Wissensrepräsentation . . . . .                                          | 98      |
| 5.3.2 Erklärungskomponente und Regelinterpretier . . . . .                     | 100     |
| 5.3.3 Bewertungskomponente und -mechanismus . . . . .                          | 100     |
| 5.4 Programmstruktur . . . . .                                                 | 102     |
| 5.5 Systemumfang . . . . .                                                     | 105     |
| 5.6 Beispiele . . . . .                                                        | 106     |
| 5.6.1 Wärmeübertragung ohne Phasenwechsel . . . . .                            | 106     |
| 5.6.2 Auswahl von Verdampfern und Kondensatoren . . . . .                      | 106     |
| <br>6 Ausblick . . . . .                                                       | <br>128 |
| <br>7 Zusammenfassung . . . . .                                                | <br>130 |
| <br>8 Anhang                                                                   |         |
| A1 Optimierung der Druckverluste von Rohrbündelwärmeübertragern . . . . .      | 132     |
| A2 Abschätzung der Investitionskosten von Rohrbündelwärmeübertragern . . . . . | 137     |
| <br>9 Literaturverzeichnis . . . . .                                           | <br>141 |