

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Problemstellung	1
1.1	Beispiele für den Einsatz von Rechenmodellen für Rohrbündel-Wärmeübertrager	1
1.2	Einordnung der Rechenmodelle in Klassen	2
1.3	Gegenstand und Ziel der Arbeit	3
2	Die mantelseitige Strömung in Rohrbündel-Wärmeübertragern	5
3	Instationärer Stoff- und Energietransport in Strömungen	7
3.1	Einleitende Bemerkungen	7
3.2	Örtlich eindimensionale Kontinuumsmodelle	8
3.2.1	Axiale Dispersionsmodelle	8
3.2.2	Der Grenzfall reiner Pfropfenströmung	11
3.2.3	Die Methode der finiten Volumen bei Kontinuumsmodellen	12
3.2.4	Mengen- und Energiebilanzen für finite Volumen	13
3.3	Kompartimentmodelle	21
3.3.1	Ketten- und netzförmige Kompartimentgefüge	21
3.3.2	Mengen- und Energiebilanzen für Kompartimente in kettenförmigen Gefügen	24
3.3.3	Mengen- und Energiebilanzen für Kompartimente in netzförmigen Gefügen	27
3.4	Umwandlung von Kontinuums- in Kompartimentmodelle	29
3.5	Verknüpfung von Kontinuums- und Kompartimentmodellen	30
3.5.1	Abschnittweise Beschreibung des Strömungsweges einzelner Fluidströme .	30
3.5.2	Abschnittweise Beschreibung der Stromführung gekoppelter Fluidströme	31

4	Modellsynthese	33
4.1	Kurzbeschreibung und Auswahl der Modellvarianten	33
4.2	Grundlegende Annahmen	34
4.3	Das axiale Dispersionsmodell	35
4.3.1	Unterteilung des Apparates	35
4.3.2	Teilmodell für den Mantelraum	35
4.3.3	Teilmodell für den Rohrraum	38
4.3.4	Wärmespeicherung in den Bauteilen des Apparates	41
4.3.5	Vergleich mit bisherigen Modellen	44
4.4	Das Zellenkettenmodell	46
4.4.1	Unterteilung des Apparates	46
4.4.2	Teilmodell für den Mantelraum	49
4.4.3	Teilmodell für den Rohrraum	50
4.4.4	Wärmespeicherung in den Bauteilen des Apparates	50
4.4.5	Vergleich mit bisherigen Modellen	54
4.5	Das Zellennetzmodell	55
4.5.1	Unterteilung des Apparates	55
4.5.2	Teilmodell für den Mantelraum	57
4.5.3	Teilmodelle für den Rohrraum und die Apparatebauteile	67
4.5.4	Vergleich mit bisherigen Modellen	67
5	Berechnung der Wärmeübergangskoeffizienten	69
5.1	Überblick über die verwendeten Korrelationen	69
5.2	Weitere Einflußparameter	70
5.2.1	Einfluß der Zusammensetzung von Fluidgemischen	70
5.2.2	Einfluß von axialer Dispersion	71
5.2.3	Zeitabhängigkeit des Wärmeübergangskoeffizienten	72
5.2.4	Richtungsabhängigkeit des Wärmeübergangskoeffizienten	75

6	Anmerkungen zur numerischen Lösung der Modellgleichungen	77
6.1	Zielsetzung und Überblick	77
6.2	Approximation von Zwischenwerten	77
6.3	Approximation von Ortsableitungen	80
7	Simulationsergebnisse	82
7.1	Einleitende Bemerkungen	82
7.2	Vergleiche mit Ergebnissen anderer Autoren	82
7.2.1	Das axiale Dispersionsmodell. Vergleich mit Meßwerten von Roetzel und Xuan	82
7.2.2	Das Strömungsmodell. Vergleich mit Meß- und Rechenergebnissen anderer Autoren	83
7.3	Mantelseitige Stromverteilung beim Zellennetzmodell	86
7.3.1	Stromverteilung bei isothermer Strömung	86
7.3.2	Stromverteilung bei nicht-isothermer Strömung und bei Fluidgemischen	88
7.4	Vergleiche zwischen Zellenketten- und Zellennetzmodell	90
7.4.1	Temperaturverlauf bei leckfreier Strömung im Mantelraum	91
7.4.2	Temperaturverlauf bei Strömung mit Leckage	93
7.4.3	Rückvermischung beim Zellenkettenmodell	94
7.5	Zustandsänderungen nach einer impulsförmigen Änderung der Gemischzusammensetzung	96
7.5.1	Zeitverläufe der Ausgangsgrößen	96
7.5.2	Ortsprofile der Wärmestromdichten	98
7.5.3	Der Einfluß von Mischungsgrößen	101
8	Bewertung der Modelle und Ausblick	104
9	Anhang	106
A	Herleitung der Bilanzgleichungen für finite Volumen	106
B	Mantelseitige Parameter des Zellennetzmodells	111
C	Druckabfall in durchströmten Ringspalten	116

VIII

D	Stoffwerte flüssiger Isopropanol-Wasser- Gemische	126
E	Einfluß der Gemischzusammensetzung auf den Wärmeübergang in Rohren und an Rohrbündeln	133
F	Lage der Stützstellen innerhalb der finiten Volumen	136
9	Literatur	138