

Dipl.-Ing. Bettina Burkhardt M. Sc., Krefeld

# **Verweilzeitverhalten in Rektifizierkolonnen**

Reihe **3**: Verfahrenstechnik

Nr. **497**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Ziel</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Stand des Wissens</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Experimentelle Untersuchung des Verweilzeitverhaltens in kontinuierlich durchströmten Apparaten</b> .....	<b>8</b>
<b>3.2</b>	<b>Strömungs- und Verweilzeitverhalten in kontinuierlich durchflossenen Apparaten</b> .....	<b>11</b>
<b>3.3</b>	<b>Einfluß des Verweilzeitverhaltens auf das Ergebnis und den Ablauf chemischer Reaktionen</b> .....	<b>16</b>
<b>3.4</b>	<b>Einfluß des Verweilzeitverhaltens auf chemische Reaktionen in Rektifizierkolonnen</b> .....	<b>20</b>
<b>3.5</b>	<b>Rechentechnische Simulation von Rektifiziervorgängen</b> .....	<b>21</b>
3.5.1	Das Gleichgewichtsstufenmodell.....	22
<b>3.6</b>	<b>Modellbildung für das Verweilzeitverhalten in Gegenstromstoffaustauschapparaten</b> .....	<b>25</b>
<b>3.7</b>	<b>Literaturübersicht</b> .....	<b>29</b>
3.7.1	Theoretische Ansätze .....	30
3.7.1.1	Bilanzierungsansätze .....	30
3.7.1.2	Holdup-Ansätze .....	33
3.7.1.3	Fluiddynamische Ansätze.....	36
3.7.1.4	Time Delay Modell.....	38
3.7.1.5	Zusammenfassende Bewertung der theoretischen Ansätze.....	38
3.7.2	Experimentelle Arbeiten .....	40
3.7.2.1	Salztracering der Flüssigphase.....	40
3.7.2.2	Farbtracering der Flüssigphase .....	42
3.7.2.3	Tracering der Dampfphase.....	43
3.7.2.4	Radioaktive Tracer.....	43
3.7.2.5	Zusammenfassende Bewertung der experimentellen Arbeiten .....	43

<b>4</b>	<b>Vorgehensweise .....</b>	<b>47</b>
<b>5</b>	<b>Experimentelle Arbeiten .....</b>	<b>51</b>
5.1	Versuchsaufbau .....	51
5.2	Testgemisch.....	55
5.3	Wärmeverluste der Versuchskolonne .....	55
5.4	Versuchsparameter .....	56
5.5	<b>Verweilzeituntersuchungen ohne Berücksichtigung des Stoffüberganges.....</b>	<b>56</b>
5.5.1	Aufbau und Funktionsweise der Meßeinrichtung.....	57
5.5.2	Tracer.....	59
5.5.3	Versuchsdurchführung.....	59
5.5.4	Versuchsergebnisse.....	60
5.5.4.1	Einführung eines Ersatzschaltbildes.....	64
5.6	<b>Verweilzeituntersuchungen unter Berücksichtigung des Stoffüberganges .....</b>	<b>66</b>
5.6.1	Aufbau und Funktionsweise der Meßeinrichtungen.....	67
5.6.1.1	Flüssigkeitsprobennahme .....	68
5.6.1.2	Dampfprobennahme .....	70
5.6.1.3	Verwendete Apparate der Probennahmeeinrichtungen.....	70
5.6.1.4	Tracerungseinrichtung.....	71
5.6.2	Tracer.....	72
5.6.3	Analytik .....	75
5.6.4	Versuchsplanung.....	76
5.6.5	Versuchsdurchführung.....	77
5.6.6	Versuchsauswertung.....	79
5.6.7	Versuchsergebnisse.....	82
<b>6</b>	<b>Verweilzeitmodell.....</b>	<b>85</b>
6.1	<b>Lösungsverfahren für die rechnerische Behandlung von Verweilzeitfrage-</b>	<b>85</b>
	<b>stellungen.....</b>	
6.2	<b>Anwendung des Lösungsverfahrens auf die durchgeführten Versuche.....</b>	<b>90</b>
6.2.1	Größe der Stoffaustauschfläche auf den Böden.....	97
6.2.2	Größe der Übergangskoeffizienten.....	103

<b>6.3</b>	<b>Modellerweiterungen.....</b>	<b>105</b>
6.3.1	Beschreibung der Flüssigphase durch eine Anzahl von gleich großen Rührkesseln.....	105
6.3.2	Beschreibung der Flüssigphase durch ein Ersatzschaltbild mit Seitenkompartiment .....	106
6.3.3	Einführung eines Rückvermischungsstromes in der Flüssigphase .....	107
6.3.4	Verschaltung der Dampf- und Flüssigphase auf einem Boden.....	109
6.3.5	Ergebnisse von Rechnungen mit Modellerweiterungen .....	111
<b>6.4</b>	<b>Ergebnisse der Modellrechnungen.....</b>	<b>111</b>
<b>6.5</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse .....</b>	<b>112</b>
<b>7</b>	<b>Bestimmung von Übergangskoeffizienten aus Experimentaldaten .....</b>	<b>118</b>
<b>8</b>	<b>Rekapitulation und Ausblick.....</b>	<b>127</b>
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>134</b>
<b>10</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>138</b>
A.1	Stoffdaten von Toluol und Chlorbenzol .....	138
A.2	Weitere Meßergebnisse der Farbstofftracering.....	141
A.3	Holdup, Wirkungsgrad, Wärmeverluste und Druckverlust einer Laborbodenkolonie DN 50.....	142
A.4	Darstellung der stationären Betriebszustände der Versuche mit isotonenmarkierten Tracern.....	145
A.5	Ergebnisse der Versuche mit isotonenmarkierten Tracern.....	152
A.6	Programm RTC_METH - Fließdiagramm .....	159
A.7	Programm - Quelltexte.....	164
A.8	Regel für die Matrizenmultiplikation .....	194
<b>11</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>195</b>