

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Problemstellung</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht</b>	<b>9</b>
2.1	Typen von Mehrphasenreaktoren . . . . .	9
2.2	Dynamische Eigenschaften . . . . .	10
2.3	Stoffübergang und chemische Reaktion . . . . .	11
2.4	Theorie der Mehrphasen-Reaktoren . . . . .	13
2.5	Analogiebetrachtungen an Wärmetauschern und elektrischen Regelkreislaufgliedern . . . . .	14
<b>3</b>	<b>Beschreibung der Modelle</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Mathematische Behandlung der Modelle</b>	<b>20</b>
4.1	Aufstellung der Massenbilanzgleichungen und Formulierung der Rand- bzw. Anfangsbedingungen . . . . .	20
4.2	Einführen dimensionsloser Kenngrößen . . . . .	21
<b>5</b>	<b>Der Gleichstromreaktor</b>	<b>25</b>
5.1	Ausgangsgleichungen . . . . .	25
5.2	Lösung des Differentialgleichungssystems für den stationären Betriebszustand . . . . .	25
5.3	Lösung des Differentialgleichungssystems für die instationäre Konzentrationsverteilung . . . . .	30
5.3.1	Der homogene instationäre Gleichstrom . . . . .	31
5.3.2	Der inhomogene instationäre Gleichstrom . . . . .	35
5.3.2.1	Konstantenvariation . . . . .	36
5.3.2.2	Die Lösung des Gleichstroms im Laplace-Raum . . . . .	41
5.4	Rücktransformation der instationären Gleichstromlösungen . . . . .	43
5.4.1	Zusammenfassung der Laplace-abhängigen Glieder . . . . .	44
5.4.2	Rücktransformation der ersten beiden Terme von Phase 1 . . . . .	45
5.4.3	Rücktransformation des 3. Terms von Phase 1 . . . . .	49

5.4.4	Rücktransformation des 4. Terms von Phase 1 . . . . .	52
5.4.5	Rücktransformation des 5. und 6. Terms von Phase 1 . . .	59
5.4.6	Rücktransformation des 7. und 8. Terms von Phase 1 . . .	72
5.4.7	Rücktransformation der ersten beiden Terme von Phase 2 .	76
5.4.8	Rücktransformation des 3. Terms von Phase 2 . . . . .	77
5.4.9	Rücktransformation des 4. Terms von Phase 2 . . . . .	79
5.4.10	Rücktransformation des 5. und 6. Terms von Phase 2 . . .	79
5.4.11	Rücktransformation des 7. und 8. Terms von Phase 2 . . .	80

## **6 Der Gegenstromreaktor . . . . . 85**

### **6.1 Ausgangsgleichungen . . . . . 85**

### **6.2 Lösung des Differentialgleichungssystems für den stationären Betriebszustand . . . . . 85**

### **6.3 Lösung des Differentialgleichungssystems für den instationären Gegenstromreaktor . . . . . 88**

#### **6.3.1 Der homogene instationäre Gegenstrom . . . . . 89**

#### **6.3.2 Der inhomogene instationäre Gegenstrom . . . . . 91**

##### **6.3.2.1 Konstantenvariation . . . . . 91**

##### **6.3.2.2 Die Lösung des Gegenstroms im Laplace-Raum . . 97**

#### **6.3.3 Rücktransformation der instationären Gegenstromlösung durch Reihenentwicklung in negative Exponenten für kurze Zeiten . . . . . 99**

##### **6.3.3.1 Zusammenfassung der Laplace-abhängigen Funktionen . . . . . 99**

##### **6.3.3.2 Rücktransformation der ersten beiden Terme von Phase 1 . . . . . 102**

##### **6.3.3.3 Rücktransformation des 3. Terms von Phase 1 . . 103**

##### **6.3.3.4 Rücktransformation des 4. Terms von Phase 1 . . 109**

##### **6.3.3.5 Rücktransformation des 5. und 6. Terms von Phase 1 . . . . . 114**

##### **6.3.3.6 Rücktransformation des 7. und 8. Terms von Phase 1 . . . . . 123**

6.3.3.7	Rücktransformation der ersten beiden Terme von Phase 2 . . . . .	131
6.3.3.8	Rücktransformation des 3. Terms von Phase 2 . . . . .	131
6.3.3.9	Rücktransformation des 4. Terms von Phase 2 . . . . .	135
6.3.3.10	Rücktransformation des 5. und 6. Terms von Phase 2 . . . . .	139
6.3.3.11	Rücktransformation des 7. und 8. Terms von Phase 2 . . . . .	147
6.3.4	Rücktransformation der instationären Gegenstromlösungen für lange Zeiten nach dem Residuensatz . . . . .	155
6.3.4.1	Anwendung des Heaviside'schen Entwicklungssatzes auf Phase 1 . . . . .	155
6.3.4.2	Rücktransformation der ersten beiden Terme von Phase 1 . . . . .	157
6.3.4.3	Rücktransformation der Terme 3 bis 8 von Phase 1 . . . . .	157
6.3.4.4	Polstellenbestimmung . . . . .	162
6.3.4.5	Faltung und Endergebnis der Rücktransformation von Phase 1 für lange Zeiten . . . . .	167
6.3.4.6	Anwendung des Heaviside'schen Entwicklungssatzes auf Phase 2 . . . . .	168
6.3.4.7	Rücktransformation der ersten beiden Terme von Phase 2 . . . . .	170
6.3.4.8	Rücktransformation der Terme 3 bis 8 von Phase 2 . . . . .	171
6.3.4.9	Faltung und Endergebnis der Rücktransformation von Phase 2 für lange Zeiten . . . . .	173
<b>7</b>	<b>Graphische Darstellungen und Diskussion</b>	<b>175</b>
7.1	Mathematische Diskussion der Differentialgleichungssysteme . . . . .	175
7.2	Allgemeine Erläuterungen . . . . .	180
7.3	Graphische Darstellung des instationären Gleichstromreaktors . . . . .	185
7.4	Diskussion des instationären Gleichstromreaktors . . . . .	198

7.5	Graphische Darstellung des instationären Gegenstromreaktors . . .	201
7.6	Diskussion des instationären Gegenstromreaktors . . . . .	213
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>216</b>
<b>9</b>	<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>218</b>
9.1	Dimensionsbehaftete Größen . . . . .	218
9.2	Dimensionslose Größen . . . . .	220
9.3	Relativgrößen . . . . .	220
9.4	Abkürzungen der instationären Massenbilanzausgangsgleichungen . . . . .	221
9.5	Funktionen . . . . .	221
9.5.1	Allgemeine Funktionen . . . . .	221
9.5.2	Zusammengefaßte Funktionen des Gleichstromreaktors . . .	222
9.5.3	Zusammengefaßte Funktionen des Gegenstromreaktors . . .	222
9.6	Matrizen . . . . .	225
9.6.1	Zusammengefaßte Matrizen des Gleichstroms . . . . .	225
9.6.2	Zusammengefaßte Matrizen des Gegenstroms . . . . .	226
9.7	Zusammengefaßte Größen und Abkürzungen des Gleichstroms . . . . .	227
9.7.1	Lateinische Buchstaben . . . . .	227
9.7.2	Griechische Buchstaben . . . . .	229
9.8	Zusammengefaßte Größen und Abkürzungen des Gegenstroms . . . . .	230
9.8.1	Lateinische Buchstaben . . . . .	230
9.8.2	Griechische Buchstaben . . . . .	232
9.9	Lauf- und Integrationsvariablen . . . . .	232