

Inhaltsverzeichnis

Teil 1	Motivation, Ziel und Lösungsansätze	1
1	Einleitung	3
2	Mikrostrukturierte Apparatekonzepte	7
2.1	Mikromischer	11
2.2	Mikroreaktoren	16
2.3	Mikrostrukturierte Wärmeübertrager	20
2.4	Mikrostrukturierte Trennapparate	22
2.5	Konzepte zur Maßstabsvergrößerung	25
3	Herausforderungen bei der Maßstabsvergrößerung mikrostrukturiert er Apparate	29
3.1	Herausforderungen im Bereich einphasiger Reaktionen	31
3.1.1	Mischungssensitive Reaktionen	31
3.1.2	Temperatursensitive Reaktionen	32
3.2	Herausforderungen im Bereich Mehrphasenreaktionen	34
3.2.1	Grenzflächensensitive Reaktionen	34
3.2.2	Grenzflächenlimitierte temperatursensitive Reaktionen	35
4	Beispiele für skalierbare mikrostrukturierte Apparatekonzepte	37
4.1	Anwendungsbeispiele für einphasige Reaktionen	37

Dipl.-Chem. Kathrin D. Rodermund
Untersuchungen zur Skalierbarkeit mikrostrukturierter Mischer für chemische Synthesen

4.1.1	Mikromischer als Einphasenkontakoren für mischungs-sensitive Reaktionen	37
4.1.2	Mikrostrukturierte Wärmetauscher für stark exotherme Reaktionen	40
4.2	Lösungsansätze für Mehrphasenreaktionen	43
4.2.1	Mikromischer als Dispergierapparate für grenzflächen-sensitive Mehrphasenreaktionen	43
4.2.2	Mixer-Settler-Konzepte	48
4.2.3	Mehrkanalreaktor mit vorgeschaltetem Mikromischer als Konzept zur Durchführung grenzflächensensitiver Reaktionen	52
4.2.4	Mikrowärmetauscher als Verweilzeitmodule für temperatursensitive Mehrphasenreaktionen	54

Teil 2 Mikromischer als untersuchter Beispielapparat 55

5 Einphasige Mischercharakterisierung 57

5.1	Makro- und Mikrovermischung	57
5.2	Zur Beschreibung von Mikromischern nötige strömungsmechanische Größen	59
5.2.1	Strömungsform	59
5.2.2	Druckverlust	61
5.3	Bestimmung der Energiedissipationsrate	63
5.4	Charakterisierungsmethoden	64
5.4.1	Physikalische Methoden	65
5.4.2	Chemische Methoden	65
5.5	Ansätze zur Bestimmung der Mischzeit	70
5.5.1	Direkte experimentelle Bestimmung der Mischzeit	74

6	Numerische Simulationsstudien zur Strömung in einem Multilaminiationsmischer	79
6.1	Geometrie und Mischprinzip	79
6.2	Strömungssimulation	83
6.2.1	Zugrunde gelegte Geometrien	85
6.2.2	Randbedingungen	89
6.3	Ergebnisse der Strömungssimulationen	92
7	Experimentelles Vorgehen und Ergebnisse	101
7.1	Versuchsaufbau und Entwicklung der Methode	102
7.2	Ergebnisse	110
7.2.1	Druckverlustmessungen	110
7.2.2	Ergebnisse zur Mischzeitbestimmung	117
7.2.3	Vergleichende Betrachtung der Effizienz von LH2 und T-Mischern	127
7.2.4	Einordnung der Ergebnisse in den Stand der Forschung	132
8	Weiteres Forschungspotential	139
9	Zusammenfassung	143
Teil 3	Verzeichnisse und Anhänge	147
Literatur		149
	Zitierte Literaturstellen	149
	Eigene Vorveröffentlichungen	166
	In diese Dissertation eingegangene studentische Arbeiten	168
Abbildungsverzeichnis		176

Tabellenverzeichnis	178
A Symbole und Abkürzungen	179
B Chemikalien und Geräte	183
C Parameter für die Strömungssimulation	185
D Curriculum Vitae	187