

Inhalt

1. Einleitung und Zielsetzung	1
2. Stand des Wissens	5
2.1 Verfahren zur Synthese von MSA	5
2.1.1 Synthese im Festbettreaktor	6
2.1.2 Wirbelschicht als Synthesereaktor	7
2.1.2.1 Der Mitsubishi-Prozeß	8
2.1.2.2 Der Badger-Prozeß	9
2.1.2.3 ALMA-Prozeß	9
2.1.2.4 Sohio/UCB-Verfahren	10
2.1.3 Verfahren mit Riser/Regenerator-Reaktor	11
2.2 Struktur und Herstellung der VPO-Katalysatoren	13
2.3 Reaktionskinetik der heterogen katalytischen Butanoxidation	15
2.4 Wirbelschichtreaktoren	27
2.4.1 Stationäre Wirbelschicht	33
2.4.1.1 Stoffaustausch in stationären Wirbelschichten	35
2.4.1.2 Modellierung des Wirbelschichtreaktors	39
2.4.2 Zirkulierende Wirbelschicht	48
2.4.2.1 Stoffübergang und Gasvermischung in der ZWS	55
2.4.2.2 ZWS-Reaktorsimulation	57
3. Versuchsaufbau und Meßtechnik	63
3.1 Aufbau	63
3.2 Beheizung	66
3.3 Messung	66
3.4 Meßwerterfassung	67
3.5 Analytik	67
4. Versuchsgüter	71
5. Versuchsergebnisse	76
5.1 Überprüfung der Funktionstüchtigkeit der ZWS-Anlage	76
5.1.1 Tracergasfunktionstests mit HA-HPV und Glaskugeln	76
5.1.2 Tracergastests mit VPO-Katalysator	77
5.2 Stabilisierung des Feststoffkreislaufes	79
5.3 Ermittlung der Feststoffumlaufzeit	83
5.3.1 Korrelationen für die Feststoffrate	85
5.4 Experimente	87
5.4.1 Versuchsablauf	87
5.4.2 Übersicht über die Versuche	88

5.4.3	Einfluß der Betriebsbedingungen auf das Reaktionsergebnis	90
6.	Modellierung des ZWS-Reaktors	96
6.1	Kinetik der Katalysatorregeneration	96
6.2	Reaktormodell	102
6.3	Regeneratormodell	107
6.4	Numerische Behandlung	110
7.	Anwendung der Modellierung auf den ZWS-Laborreaktor	114
7.1	Parameterermittlung	114
7.2	Vergleich von Messung und Rechnung	117
7.3	Simulationsrechnungen	121
8.	Rechnungen zur Maßstabsvergrößerung	124
8.1	Modifizierung in Hinblick auf die Simulation von technischen Anlagen	124
8.2	Weitere zugrundegelegte Annahmen	126
8.3	Einbindung der Großanlagenberechnung in das Simulations- programm	127
8.4	Lage des Großanlagenoptimums	127
8.5	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	133
8.6	Fazit	134
9.	Zusammenfassung und Ausblick	135
10.	Anhang	137
A1	Tabelle der GC-Analysenergebnisse	137
A2	Modellgleichungen für die stationäre Wirbelschicht	138
A2.1	Herleitung der Terme	138
A2.2	Abschätzung für den Fall eines Wirbelschichtreaktors zur MSA-Produktion	141
A3	Berechnung der Reoxidationskonstanten	144
A3.1	Linearer Term des Abschnitts I	144
A3.2	Geschwindigkeitskonstante des Abschnitts II	145
A3.3	Startwert für k_{ox}	145
11.	Literatur	146