

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Stand des Wissens	8
2.1	Strömungszustände in vertikalen Gas/Feststoff-Strömungen	8
2.2	Lokale Strömungsstruktur in der zirkulierenden Wirbelschicht	11
2.2.1	Vertikale Feststoffverteilung	11
2.2.2	Horizontale Feststoffverteilung	16
2.2.3	Geschwindigkeiten von Feststoff und Gas	21
2.2.4	Feststoffmassenströme	25
2.2.5	Modelle der lokalen Strömungsstruktur	28
2.3	Gasvermischung in der zirkulierenden Wirbelschicht	36
2.3.1	Axiale Gasvermischung	37
2.3.2	Horizontale Gasvermischung	41
2.3.3	Verknüpfung von axialer und horizontaler Vermischung	45
3	Versuchsanlage, Versuchsgüter und Meßtechnik	48
3.1	Versuchsanlage	48
3.2	Meßtechnik	51
3.2.1	Messung der Gasgeschwindigkeit, Feststoffumlauftrate und vertikalen Feststoffverteilung	51
3.2.2	Messung lokaler Feststoffmassenströme	53
3.2.3	Messung der radialen Gasvermischung	55
3.2.4	Messung der Gasrückvermischung	57
3.3	Versuchsgüter	60

4	Experimentelle Untersuchungen	64
4.1	Vertikale Feststoffverteilung	64
4.2	Radiale Verteilung der lokalen Feststoffmassenströme	66
4.2.1	Einfluß der Winkelposition	67
4.2.2	Einfluß der Partikelgrößenverteilung des Wirbelgutes	68
4.2.3	Einfluß der Gasgeschwindigkeit und der Feststoffumlauftrate	69
4.2.4	Einfluß der Höhe über dem Gasverteiler	71
4.3	Radiale Gasvermischung in der verdünnten Phase	73
4.3.1	Voruntersuchungen	73
4.3.2	Messungen in der zirkulierenden Wirbelschicht	75
4.4	Gasrückvermischung	79
4.4.1	Voruntersuchungen	79
4.4.2	Messungen in der zirkulierenden Wirbelschicht	80
5	Modellierung der zirkulierenden Wirbelschicht	84
5.1	Modellierung der lokalen Strömungsstruktur	84
5.1.1	Unterteilung der zirkulierenden Wirbelschicht in 4 axiale Zonen	84
5.1.2	Zweidimensionale Modellierung der Rezirkulationszone	85
5.2	Modellierung der Gasvermischung in der Rezirkulationszone	90
5.2.1	Erläuterung der Transportmechanismen	90
5.2.2	Bilanzierung an einem differentiellen Volumenelement	91
6	Auswertung der Messungen und Berechnung der lokalen Strömungsgrößen und der Vermischungskoeffizienten	96
6.1	Entwicklung eines empirischen Ansatzes zur Berechnung der lokalen Feststoffmassenströme	96
6.2	Berechnung der lokalen Strömungsgrößen	106
6.3	Berechnung des radialen Dispersionskoeffizienten des Gases in der verdünnten Phase	113
6.4	Berechnung der Gasvermischung und des Stoffaustausches in der gesamten Rezirkulationszone	120

7	Anwendung des Modellkonzeptes	131
7.1	Berechnung der radialen Feststoffverteilung und Vergleich mit Messungen mit einem faseroptischen Sensor	131
7.2	Berechnung der lokalen Strömungsgrößen in der ZWS-Feuerung der Chalmers University in Göteborg	134
7.2	Berechnung der lokalen Strömungsgrößen in der ZWS-Feuerung der Stadtwerke Flensburg	138
8	Zusammenfassung	143
9	Anhang	145
A.1	Messungen der vertikalen Druckverteilung und daraus berechnete Profile der vertikalen Feststoffverteilung	145
A.2	Messungen radialer Feststoffmassenstromprofile	148
A.3	Gasvermischungsmessungen	149
A.4	Lösung des partiellen Differentialgleichungssystem zur Berechnung der Gasvermischung	154
A.5	Erweiterung des zweidimensionalen Modells für die Rezirkulationszone bei Abwärtsströmung des Feststoffes in der Anlagenmitte	159
10	Literatur	164