

Inhalt

	Seite
Formelzeichen	VIII
Kurzfassung	XXIII
Abstract	XXIV
1 Einführung	1
2 Anlagenbeschreibung	6
2.1 Beschreibung des Wirbelschichtkessels 1 der Bayer AG	6
2.2 Beschreibung der Druckwirbelschicht-Versuchsanlage der LLB Lurgi Lentjes Babcock Energietechnik GmbH	8
2.3 Beschreibung der zirkulierenden Druckwirbelschichtfeuerungsanlage der VEAG-Studie	11
2.4 Strömungsmechanische Einordnung der untersuchten Wirbelschichtanlagen	14
3 Modellbeschreibung	18
3.1 Modellansatz und -struktur	18
3.2 Bilanzierte Prozesse bei der Modellierung von Wirbelschichtfeuerungen	21
3.3 Bilanzierung von Wirbelschichtfeuerungsanlagen mit einem Zellenmodell	26
3.4 Lösung des Bilanzgleichungssystems	37
4 Module des mathematischen Modells der zirkulierenden Wirbelschicht- feuerung	41
4.1 Berechnung der Gas-/Feststoffströmung	41
4.1.1 Berechnung der Leerrohrgeschwindigkeit bei Minimalfluidisation und der Partikelsinkgeschwindigkeit	45
4.1.2 Berechnung der Gas-/Feststoffströme in der Wirbelbrennkammer	48
4.1.3 Berechnung der Gas-/Feststoffströmung im äußeren Wärmeübertrager	59
4.1.4 Modellierung der Gas-/Feststoffströmung im äußeren Wärmeübertrager	61
4.2 Simulation der Partikelgrößenverteilungen der reagierenden Feststoffe	72
4.2.1 Berechnung der Kokspartikelgrößenverteilung	76
4.2.2 Berechnung der Kalksteinpartikelgrößenverteilung	81

4.2.3	Feststoffmassenbilanz für die Wirbelbrennkammer	83
4.2.4	Berechnung des Zyklonabscheidegrads	84
4.3	Simulation der Kohleverbrennung	87
4.3.1	Berechnung der Kohleaufheizung	93
4.3.2	Berechnung der Flüchtigensfreisetzung	99
4.3.3	Berechnung der Zusammensetzung der Entgasungsprodukte	101
4.3.4	Lokale Verteilung der Entgasungsprodukte	104
4.3.5	Berechnung der Koksverbrennung	105
4.3.6	Berechnung der Kokspartikeltemperatur	110
4.3.6.1	Energiestrombilanz am Kokspartikel	111
4.3.6.2	Berechnung der Wärmeübergangskoeffizienten zwischen Wirbelschichtinventar und Kohle/Koks	113
4.3.7	Bilanzierung des Koksumsatzes	118
4.3.8	Bilanzierung des Koksabriebs	120
4.3.9	Berechnung der Umsatzrate von Sauerstoff und der Bildungsraten von Kohlenmonoxid und Kohlendioxid bei der Koksverbrennung	121
4.4	Berechnung der Kohlenmonoxidemission	122
4.5	Berechnung der Stickoxidemission	123
4.6	Berechnung der Schwefeldioxidemission	130
4.6.1	Schwefeldioxideinbindung am Einzelpartikel bei atmosphärischem Druck	135
4.6.2	Schwefeldioxideinbindung am Einzelpartikel bei Überdruck	139
4.6.3	Berechnung der Schwefeldioxideinbindung in der Wirbelschichtfeuerung	143
4.7	Verbrennung der Kohlenwasserstoffe	144
4.8	Berechnung der Wärmeübertragung	145
4.8.1	Berechnung der Wärmeströme	145
4.8.2	Berechnung der Wärmeübergangskoeffizienten	147
4.9	Berechnung der Stoffwerte	151
5	Mathematische Modellierung der Gasturbine	153
5.1	Gasturbinenbeschreibung	153
5.2	Aufbau des mathematischen Modells	155

5.2.1	Energiestrombilanzen	156
5.2.2	Massenstrombilanzen	158
5.2.3	Verknüpfung der Energieumsetzungen mit den kennzeichnenden Variablen	159
5.2.4	Schließen der Kreisprozeßrechnung	160
5.2.5	Charakterisierung des Gasturbinen-Betriebsverhaltens in der Nähe des Auslegungspunktes und bei Leitschaufelverstellung	161
5.2.6	Verknüpfung von reduzierten und natürlichen Größen	163
5.3	Lösungsverfahren für die Gasturbinenberechnung	164
6	Simulationsrechnungen für zirkulierende Wirbelschichtfeuerungen	166
6.1	Modellüberprüfung für den atmosphärischen Fall	167
6.2	Modellüberprüfung für den druckaufgeladenen Fall	171
6.3	Vergleich des stationären Anlagenbetriebs bei Drücken von 1 - 20 bar	180
6.4	Simulation des Vollast- und Teillastverhaltens einer zirkulierenden druckaufgeladenen Wirbelschichtfeuerungsanlage	191
7	Zusammenfassung	201
8	Literaturverzeichnis	204