

Dipl.-Math. Stefan Artlich, Köln

# **Zweidimensionale Simulation der Kohle- verbrennung in Druck- wirbelschichtfeuerungen**

Reihe **6**: Energietechnik

Nr. **346**

# Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	VIII
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Kohleverbrennung in Wirbelschichtfeuerungen</b>	<b>4</b>
2.1 Grundlagen von Wirbelschichtsystemen . . . . .	4
2.2 Bauarten von Wirbelschichtfeuerungen . . . . .	7
2.3 Kohleverbrennung in stationären Druckwirbelschichtfeuerungen . . . . .	9
2.3.1 Das ABB-PFBC-200-Konzept . . . . .	9
2.3.2 Brennstoffzufuhr in Druckwirbelschichtfeuerungen . . . . .	13
2.3.3 Die Babcock 15 MW <sub>th</sub> -Druckwirbelschicht-Pilotanlage . . . . .	16
<b>3 Bisherige Arbeiten zur Modellierung von Wirbelschichtfeuerungen</b>	<b>19</b>
3.1 Strömungsmechanik und Stoffvermischung in der stationären Wirbelschicht	19
3.2 Kohleverbrennung . . . . .	22
3.3 Wärmetransport im Wirbelbett . . . . .	26
3.4 Modelle zur Simulation von Wirbelschichtfeuerungsanlagen . . . . .	28
<b>4 Verwendete Modelle für Temperaturverteilung und Brennstoffzufuhr in Druckwirbelschichtfeuerungen</b>	<b>33</b>
4.1 Modelle für die Stoffkonzentrations- und Temperaturverteilung in Druckwirbelschichtfeuerungen . . . . .	34
4.1.1 Kohlenstoffbilanz . . . . .	36
4.1.2 Sauerstoffbilanz . . . . .	38
4.1.3 Enthalpiebilanz . . . . .	39
4.1.4 Anfangs- und Randbedingungen für Kohlenstoff-, Sauerstoff- und Enthalpiebilanz . . . . .	43
4.2 Modellierung der Brennstoffzufuhr in Druckwirbelschichtfeuerungen . . . . .	48

4.2.1	Brennstoffausbreitungsbilanz . . . . .	49
4.2.2	Verbindung zwischen Brennstoffausbreitungsmodell und Verbrennungsmodell . . . . .	51
<b>5</b>	<b>Mathematische Methoden bei der Modellsimulation</b>	<b>56</b>
<b>6</b>	<b>Anwendungen des Reaktorsimulationsmodells</b>	<b>63</b>
6.1	Verfahrenstechnische Modellvalidierung und Sensitivitätsuntersuchungen . . . . .	63
6.1.1	Vergleich mit eindimensionalen Simulationsergebnissen . . . . .	63
6.1.2	Einfluß der Temperaturabhängigkeit der Reaktionskinetik . . . . .	65
6.1.3	Einfluß der Brennstofftrocknung . . . . .	66
6.1.4	Simulation eines Referenzversuchs . . . . .	68
6.1.5	Einfluß der Trocknungszeit . . . . .	72
6.1.6	Einfluß des Verdampfungsenthalpiestroms . . . . .	74
6.2	Verfahrenstechnische Anwendungen . . . . .	76
6.2.1	Simulation von Teillastfällen . . . . .	76
6.2.2	Reaktor-Scale-Up bei einer Kohlezufuhrstelle . . . . .	78
6.2.3	Reaktor-Scale-Up bei zwei Kohlezufuhrstellen . . . . .	84
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>86</b>
 <b>Anhang</b>		
<b>A</b>	<b>Darstellung des Simulationsprogramms</b>	<b>88</b>
A.1	Simulation des Verbrennungsmodells . . . . .	88
A.1.1	Numerische Lösung der Teilprobleme . . . . .	88
A.1.2	Kopplung der Teillöser . . . . .	94
A.1.3	Vergleich der Kopplungsalgorithmen . . . . .	100
A.1.4	Anmerkungen zur Implementierung des Reaktorsimulationsprogramms	102

A.1.4.1	Gittergenerierung . . . . .	102
A.1.4.2	Grad der Ansatzfunktionen . . . . .	102
A.1.4.3	Quadraturformeln . . . . .	103
A.1.4.4	Abbruchkriterien . . . . .	105
A.1.4.5	Konvergenzkriterien . . . . .	107
A.1.4.6	Startwerte . . . . .	107
A.1.4.7	Globalisierungsstrategien . . . . .	109
A.1.4.8	Validierung des Source-Codes . . . . .	113
A.1.5	Numerische Beispiele . . . . .	119
A.2	Simulation des Brennstoffausbreitungsmodells . . . . .	123
<b>B</b>	<b>Zusammenstellung der in der Simulation verwendeten Eingabedaten</b>	<b>126</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>128</b>