

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Motivation	7
1.2	Zielsetzung	9
1.3	Gliederung der Arbeit	10
2	Grundlagen und Stand der Technik	13
2.1	Gasseite des luftgefeuerten Prozesses	13
2.1.1	Charakterisierung	13
2.1.2	Gasseitige Betriebsstörungen	14
2.1.3	Berichte über Schäden nach Betriebsstörung	16
2.1.4	Instationäre Simulationsmodelle	17
2.1.5	Zusammenfassung der charakteristischen Einflussgrößen	26
2.2	Gasseite des Oxyfuelprozesses	28
2.2.1	Charakterisierung	28
2.2.2	Instationäre Simulationsmodelle	31
3	Charakterisierung der Anlage	37
3.1	Kreislauf der Wasser-/Dampfseite	37
3.2	Kreislauf der Gasseite	38
3.3	Feuerungssystem	40
4	Modellaufbau	42
4.1	Modellplattform Apros	42
4.2	Modellarchitektur des Oxyfuelmodells	44
4.3	Kreislauf der Wasser-/Dampfseite	46
4.3.1	Modellumfang und -grenzen	46
4.3.2	Diskretisierung der Wärmeübertrager-Einheiten	47
4.3.3	Wärmeübertragermodell	48
4.4	Ventilatoren	52
4.4.1	Modellierung des Kennfeldes	53
4.4.2	Berücksichtigung der Temperaturerhöhung	53
4.4.3	Auslaufverhalten	55
4.5	Regenerativer Gasvorwärmer	58

4.5.1	Ersatzmodell	59
4.5.2	Modellannahmen	60
4.5.3	Äquivalenzgeometrie	60
4.6	REA-Wärmeübertrager	61
4.6.1	Ersatzmodell	62
4.6.2	Modellannahmen	62
4.7	Entstickungsanlage	63
4.7.1	Ersatzmodell	63
4.7.2	Modellannahmen	63
4.7.3	Äquivalenzgeometrie	64
4.8	Elektrostatischer Partikelfilter	64
4.8.1	Ersatzmodell	65
4.8.2	Modellannahmen	65
4.9	Entschwefelungsanlage	66
4.9.1	Ersatzmodell	66
4.9.2	Modellannahmen	67
4.10	Rauchgaskondensator	67
4.10.1	Ersatzmodell	68
4.10.2	Modellannahmen	68
4.10.3	Äquivalenzgeometrie	68
4.11	Indirektes Feuerungssystem	70
4.11.1	Entwicklung der Übertragungsfunktion	70
4.11.2	Herleitung der Zeitkonstanten	71
5	Instationäre Simulationen	72
5.1	Gasseitige Betriebsstörungen	72
5.1.1	Ausgangsszenario Feuer-Not-Aus	72
5.1.2	Sensitivitätsanalyse	77
5.1.3	Optimiertes Szenario Feuer-Not-Aus	86
5.1.4	Ausfall des Rezirkulationsventilators	88
5.1.5	Ausfall der Transportgaskompressoren	91
5.1.6	Totaler Stromausfall (Schwarzfall)	94
5.1.7	Zusammenfassung der gasseitigen Betriebsstörungen	98
5.2	Umschalten der Betriebsweise	100
5.2.1	GPU-Teilmodell	100
5.2.2	Umschalten von Luft- in Oxyfuelbetrieb	101
5.2.3	Umschalten von Oxyfuel- auf Luftbetrieb	104
5.3	Lastwechselverhalten	107
5.3.1	Laständerung von 85 auf 100 % BMCR	107
5.3.2	Variante 1: Laständerung von 70 auf 100 % BMCR mit gekoppeltem O ₂ -Strom	109
5.3.3	Variante 2: Laständerung von 70 auf 100 % BMCR mit entkoppeltem O ₂ -Strom	111

5.3.4 Zusammenfassung Lastwechselsimulation	114
6 Zusammenfassung	115
7 Ausblick und Folgearbeiten	119
Literaturverzeichnis	121
A Thermodynamische Prozessgrößen	132
B Prozesstechnik	133
B.1 Leittechnische Ausgangsparameter FNA-Szenario	133
B.2 Gestaffelte Brennstoffreduktion	135
B.3 Ersatzkennfeld GPU-Verdichter	135
B.4 Bildungsvorschrift der bezogenen Größen	136