

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	iii
Kurzfassung.....	vii
Abstract.....	ix
1 Einleitung.....	1
1.1 Elektrostahlerzeugung	1
1.2 Problemstellung und Ziele der Arbeit	6
2 Prozessmodellierung und Prozesssimulation	9
2.1 Stand der Forschung.....	10
2.2 LBO-Prozessmodell nach Logar, Dovžan und Škrjanc.....	14
3 Theoretische Grundlagen.....	19
3.1 Energie- und Massenerhaltung	19
3.2 Wärmeübertragung durch Strahlung	21
3.3 Reaktionskinetik von Gasen durch Minimierung der Gibbs-Energie.....	22
3.4 Numerische Lösung gewöhnlicher Differenzialgleichungssysteme	24
4 Modellierung.....	27
4.1 Reimplementierung des Lichtbogenofen Prozessmodells	27
4.1.1 Auswahl numerischer Lösungsverfahren	28
4.1.2 Modellstruktur und Simulationsablauf	32
4.1.3 Modellanpassungen während der Reimplementierung	35
4.2 Einschmelzgeometrie.....	37
4.3 Modellierung der Graphitelektroden.....	41
4.3.1 Energiebilanz der Graphitelektroden	42
4.3.2 Temperaturprofil der Graphitelektroden	44
4.3.3 Elektrodensprühkühlung.....	46
4.4 Modellierung und Detaillierung der Gasphase	47
4.4.1 Chemische Elemente der Gasphase	48
4.4.2 Modellierung der Thermochemie der Gasphase	49
4.4.3 Reaktionsumsatz in der Reaktionszone der Erdgasbrenner	51
4.4.4 Reaktionsumsatz der Einschritt-Bruttoreaktionen der Gasphase	53
4.4.5 Reaktionsumsatz der Gleichgewichtsreaktionen der Gasphase.....	55
4.4.6 Kohlenstoffumsatz.....	56
4.4.7 Eisenverschlackung durch den Einsatz von Brennern.....	58
4.4.8 Kohlenwasserstoffverbindungen	60

4.4.9	Konvektive Durchströmung des Lichtbogenofens	61
4.5	Modellierung der Wärmestrahlung.....	62
4.5.1	Sichtfaktoren.....	62
4.5.2	Emissions- und Absorptionskoeffizienten der Gasphase.....	66
4.5.3	Berechnung der Wärmestrahlung der freien Oberflächen und der Gasphase	68
5	Prozesssimulation.....	71
5.1	Eingabegrößen der Prozesssimulation	72
5.2	Ausgabegrößen der Prozesssimulation	76
5.3	Prozessdaten des betrachteten Lichtbogenofens.....	77
5.4	Modellparametrisierung und Sensitivität	78
6	Ergebnisse und Diskussion	81
6.1	Bilanzierungen	81
6.1.1	Energiebilanz	81
6.1.2	Massenbilanz	84
6.2	Lichtbogenofenabgas.....	85
6.2.1	Abgaszusammensetzung	85
6.2.2	Abgastemperatur	94
6.2.3	Abgasenergie.....	95
6.3	Temperatur der Schmelze	98
6.4	Zusammensetzung der Schmelze und der Schlacke.....	102
6.5	Prozesssimulationsdauer	104
6.6	Ergebnisse der Weiterentwicklungen des Prozessmodells	105
7	Zusammenfassung und Ausblick	109
8	Conclusion.....	113
9	Literaturverzeichnis.....	117
10	Anhang	125