

# Inhalt

	Seite
1. Einleitung .....	9
2. Problemstellung .....	10
3. Verfahrenstechnik zum Brennen des Zementklinkers .....	12
3.1 Rohstoffaufbereitung .....	12
3.2 Brennverfahren .....	15
3.2.1 Drehrohröfen mit Rostvorwärmer .....	15
3.2.2 Drehrohröfen mit Zyklonvorwärmer .....	16
3.3 Abgasreinigung .....	17
3.3.1 Konditionierung der Ofenabgase .....	17
3.3.2 Abscheidegrade von Elektrofiltern .....	18
4. Stand der Erkenntnisse .....	19
4.1 Reaktionen beim Brennen des Zementklinkers .....	19
4.1.1 Haupt- und Nebenelemente .....	19
4.1.2 Spurenelemente .....	21
4.1.2.1 Bindungsformen .....	21
4.1.2.2 Flüchtigkeit .....	23
4.2 Stoffkreisläufe .....	29
4.3 Emissionen .....	31
4.4 Offene Fragestellungen .....	33
5. Betriebsuntersuchungen .....	35
5.1 Probenahme- und Analysenverfahren .....	35
5.1.1 Feststoffprobenahme .....	35
5.1.2 Probenahme in strömenden Gasen .....	37
5.1.3 Spurenelementanalyse .....	41
5.2 Untersuchte Ofenanlagen .....	43
5.3 Grundlagen der Bilanzierung .....	48
5.4 Ergebnisse und Schlußfolgerungen .....	51
5.4.1 Gehalte an Spurenelementen in den Einsatzstoffen .....	51
5.4.2 Bilanzergebnisse .....	53
5.4.2.1 Drehrohröfen mit Zyklonvorwärmer .....	53
5.4.2.2 Drehrohröfen mit Rostvorwärmer .....	65
5.4.3 Spurenelementreaktionen im Ofensystem .....	71
5.4.4 Abscheidung und Emission .....	74
6. Interpretation der Untersuchungsergebnisse .....	79
6.1 Abscheidung gas-/dampfförmiger Spurenelemente .....	79

6.2	Abscheidung partikelgebundener Spurenelemente .....	82
6.3	Bildung von Elementkreisläufen flüchtiger Spurenelemente .....	84
6.4	Emissionsprognose .....	88
6.5	Kreislaufentlastung .....	92
7.	Zusammenfassung .....	94
8.	Schrifttum .....	97