

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungen	III
Tabellen	IX
Symbole, Formelzeichen, Abkürzungen und Indizes	XI
1 Einleitung	1
1.1 Zielsetzung	2
1.2 Methodik	2
2 Stand des Wissens	5
2.1 Grundlagen der Zementherstellung nach dem Trockenverfahren	5
2.2 Grundkonzepte der CO ₂ -Abtrennung	7
2.3 Stand des Wissens für CCS in der Zementherstellung	10
2.3.1 Grundlagen und Stand des Wissens bei der Post-Combustion- CO ₂ -Capture (PCC)	10
2.3.2 Grundlagen und Stand des Wissens bei der Oxyfuel- CO ₂ -Capture (OCC)	19
3 Allgemeine Berechnungs- und Vergleichsgrundlagen	29
3.1 Physikalische und chemische Eigenschaften der beteiligten Stoffkomponenten	29
3.2 Randbedingungen und Prozessparameter	31
4 Referenzkonzept	35
4.1 Modellierung der Mahltrocknung für das Rohmehl	36
4.2 Modellierung der Zyklonvorwärmstufen	38
4.2.1 Vorgehen bei der Modellierung der CaCO ₃ -Calciniierung und der CaO-Recarbonatisierung	41
4.2.2 Vorgehen bei der Modellierung der MgCO ₃ -Calciniierung	44
4.2.3 Berücksichtigung der Nebenreaktionen	44
4.2.4 Verhalten des Rohmehls bezüglich Calciniierungsgrad	45
4.3 Modellierung des Calcinator	46
4.4 Modellierung des Drehrohrofens	50
4.5 Modellierung des Klinkerkühlers	53

4.6	Modellierung der Verbrennung	55
4.7	Berechnungsergebnisse für das Referenzkonzept	57
5	Post-Combustion-CO₂-Capture (PCC)	63
5.1	Zusätzliche Anlagenkomponenten und Modifikationen	63
5.2	Zementwerk mit PCC-Anlage – Reboilerwärme aus Abwärme	66
5.3	Zementwerk mit PCC-Anlage – Reboilerwärme aus Abwärme und Zusatzfeuerung	68
5.4	Zementwerk mit PCC-Anlage – Reboilerwärme aus Abwärme und Heizkraftwerk	70
5.5	Berechnungsergebnisse zur PCC	74
6	Full-Oxyfuel-CO₂-Capture (FOCC)	81
6.1	Zusätzliche Anlagenkomponenten und Modifikationen	81
6.2	Zementwerk mit FOCC und indirekter Rückgewinnung der Klinkerkühlerabwärme	83
6.3	Zementwerk mit FOCC und direkter Rückgewinnung der Klinkerkühlerabwärme bei Rezirkulationsabzweig vor Rauchgaskühlung	91
6.4	Zementwerk mit FOCC und direkter Rückgewinnung der Klinkerkühlerabwärme bei Rezirkulationsabzweig nach REA	96
6.5	Berechnungsergebnisse zur FOCC	100
7	Partial-Oxyfuel-CO₂-Capture (POCC)	103
7.1	Zementwerk mit POCC und verschiedenen Konzepten zur Rückgewinnung der Klinkerkühlerabwärme	103
7.2	Berechnungsergebnisse zur POCC	109
8	Kombination von POCC und PCC	115
8.1	Zementwerk mit Kombination aus POCC und PCC	115
8.2	Berechnungsergebnisse zur Kombination aus POCC und PCC	118
8.3	Untersuchung von Optimierungsmöglichkeiten	125
9	Schlussbetrachtung	129
	Literaturverzeichnis	133
A	Anhang: Ergänzende Tabellen	141