

N₂O-Bildung bei der Verbrennung von rheinischer Braunkohle in Wirbelschichtfeuerungen

Inhalt

	Seite
1 Einleitung	1
2 Einflüsse von Distickstoffmonoxid auf die Umwelt	3
2.1 Eigenschaften des Distickstoffmonoxids	3
2.2 Bedeutung von N ₂ O hinsichtlich des Treibhauseffektes	4
2.3 Einfluß des N ₂ O auf die Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht	5
2.4 Natürliche und anthropogene N ₂ O-Quellen	9
3 Braunkohleverbrennung in Kraftwerksfeuerungen	12
3.1 Rheinische Braunkohle, Zusammensetzung und Eigenschaften	12
3.2 Verbrennungsanlagen mit Staubfeuerung	12
3.3 Verbrennungsanlagen mit zirkulierender Wirbelschichtfeuerung	14
3.3.1 Brennkammer	15
3.3.2 Externer Feststoffumlauf, Rauchgasabkühlung und Entstaubung	16
3.3.3 Gestufte Luftzugabe und Rauchgasrückführung	16
3.3.4 Brennstoff und Bettmaterial	17
3.3.5 SO ₂ - und NO _x -Emissionen	17

4	N₂O-Bildung und -Abbau bei der Wirbelschichtverbrennung	18
4.1	Chemische und physikalische Grundlagen der Kohleverbrennung	18
4.2	NO _x -Bildung	19
4.3	N ₂ O-Bildung- und -Abbau	20
4.3.1	Homogene Reaktionen	21
4.3.1.1	Homogene N ₂ O-Bildung	21
4.3.1.2	Homogener N ₂ O-Abbau	24
4.3.2	Heterogene Reaktionen	25
4.3.2.1	Heterogene N ₂ O-Bildung	27
4.3.2.2	Heterogener N ₂ O-Abbau	28
4.4	Entwicklungsstand von Berechnungsmodellen zur Entstehung und zum Abbau von N ₂ O bei Verbrennungsprozessen	29
5	Versuchsverbrennungsanlage mit zirkulierender atmosphärischer Wirbelschichtfeuerung	33
5.1	Versuchsbrennkammer	34
5.2	Meß- und Probenahmetechnik	36
5.3	Dosiervorrichtungen	37
6	Meßtechniken zur N₂O-Bestimmung	39
6.1	Meßgasaufbereitung	39
6.2	Infrarotspektroskopie	40
6.3	Gaschromatographie mit ECD	42
6.4	Vergleich der Meßverfahren	42
7	Ermittlung der Abhängigkeit der N₂O-Emission von brennstoff- und feuerungsseitigen Randbedingungen	44
7.1	Brennstoffe	44
7.2	Brennstoff- und feuerungsseitige Parameter	46
7.2.1	Brennkammertemperatur	47
7.2.2	Gesamtluftzahl	47
7.2.3	Verbrennungsluftaufteilung	48
7.2.4	Thermischer Eingang	48
7.2.5	Kalksteindosierung	48
7.3	Ermittlung der N ₂ O- sowie NO-, CO- und SO ₂ -Emissionen	49

7.3.1	Brennkammertemperaturmessungen	49
7.3.2	Einfluß des Brennstoffs auf die N ₂ O-Emission	49
7.3.3	Einfluß der Brennkammertemperatur auf die N ₂ O-Emission	51
7.3.4	Einfluß der Gesamtluftzahl auf die N ₂ O-Emission	53
7.3.5	Einfluß der Verbrennungsluftaufteilung auf die N ₂ O-Emission	56
7.3.6	Einfluß des thermischen Eingangs auf die N ₂ O-Emission	58
7.3.7	Einfluß von zudosiertem Kalkstein auf die N ₂ O-Emission	60
7.4	Messungen von Gaskomponenten in der Brennkammer	62
8	Untersuchungen zur Wirksamkeit von Additiven auf die Bildung und den Abbau von N₂O	66
8.1	Auswahl der Additive	67
8.1.1	Homogene N ₂ O-Bildung	68
8.1.2	Homogener N ₂ O-Abbau	68
8.1.3	Heterogener N ₂ O-Abbau	68
8.2	Ergebnisse zur Additivdosierung	69
8.2.1	Homogene N ₂ O-Bildung	69
8.2.2	Homogener N ₂ O-Abbau	72
8.2.3	Heterogener N ₂ O-Abbau	73
8.3	Eindüsung N ₂ O-bildender Additive in die Sekundärluft	76
9	Bewertung und Analyse von Ergebnissen aus Untersuchungen zur Bildung und zum Abbau von N₂O	79
9.1	Temperatur	79
9.2	Verweilzeit	82
9.3	Verbrennungsluft	84
9.3.1	Gesamtluftzahl	84
9.3.2	Sekundär- zu Primärluft-Verhältnis	86
9.4	Brennstoff	86
9.4.1	Stickstoff- und Flüchtigengehalt	86
9.4.2	Korngröße	88
9.5	Wirbelbettmaterial	89
9.5.1	Zusammensetzung	89
9.5.2	Calcium/Schwefel-Verhältnis	91
9.5.3	Ascherückführung	92

9.6	Gasförmige Komponenten	93
9.6.1	Stickstoffmonoxid	93
9.6.2	Kohlenmonoxid	94
9.6.3	Schwefeldioxid	95
9.6.4	Wasserdampf	96
9.6.5	Reduktionsbrennstoff	97
9.6.6	Cyan- und Aminverbindungen	99
9.6.7	O-, OH- und H-Radikale	100
9.7	Druck	101
10	N₂O-Emissionen aus mit rheinischer Braunkohle gefeuerten Kraftwerkskesseln	103
11	Zusammenfassung	107
12	Literatur	111