

Inhaltsverzeichnis

Seite

Teil 1 NO_x-Minderung durch Brennstofftrennstufung

1	Übersicht.....	1
2	Pyrolyse, Literaturlauswertung und Kenntnisstand zur Entwicklung der Brennstofftrennstufung	2
2.1	Prozeßgrößen der Pyrolyse	2
2.2	Produktverteilung bei der Pyrolyse	6
2.2.1	Teerbildung	7
2.2.2	Pyrolysegasbildung	9
2.2.3	Verteilung des Kohlestickstoffs bei der Pyrolyse.....	10
2.2.4	Auswirkung von Sauerstoff bei der Pyrolyse.....	12
3	NO _x -Bildung und -Reduktion, Literaturlauswertung und Kenntnisstand	14
	zur Entwicklung der Brennstofftrennstufung	
3.1	Stickstoffoxide	14
3.2	Stickstoffoxidbildung bei Verbrennung von Kohle	17
3.2.1	Thermisches NO.....	18
3.2.2	Promptes NO	20
3.2.3	NO aus Brennstoffstickstoff.....	20
3.3	Verringerung und Begrenzung von Stickstoffoxidemissionen	23
3.3.1	Feuerungstechnische Maßnahmen	23
3.3.2	Selektive homogene Reduktion	30
3.3.3	Heterogene Reduktion	32
3.3.4	NO _x -Reduktion in der Rauchgasreinigung.....	33
4.	Kleintechnische Versuchsanlage der Brennstofftrennstufung.....	34
	Planung, Aufbau, Erprobung und Einzelversuche	
	Komponenten- und Detailentwicklung	
4.1	Rohkohledosierung	34
4.1.1	Dosierwaage	36
4.1.2	Rohkohleinjektor	37
4.1.3	Brenner des Entgasungsreaktors	37
4.2	Traggasbereitstellung	39
4.3	Entgasungsreaktor	40
4.4	Heißgasfiltration	42
4.5	Pyrolysegasaufbereitung	44
4.6	Sicherheitskonzept.....	44
4.6.1	Berechnung von Zündgrenzen verschiedener Pyrolysegasgemische.....	45
4.7	Restkohledosierung.....	47
4.8	Kohlenstaubbrenner.....	47
4.9	Verbrennungsreaktor	49
4.10	Eindüsung der Pyrolysegase in den VR.....	50
5	Versuchsmeßtechnik, Probenahmen und Analyseverfahren	52
5.1	Rohkohle- und Restkohleanalyse.....	52
5.2	Gasanalyse.....	52
5.3	Teeranalyse.....	54
6	Versuchsprogramm	58
6.1	Entwicklungsstufen des BTS-Verfahrens.....	58

6.2	Parametervariation Entgasungsreaktor.....	59
6.3	Parametervariation Verbrennungsreaktor	59
6.3.1	Luftstufung	59
6.3.2	Brennstoffstufung	60
6.3.3	Brennstofftrennstufung.....	60
7	Ergebnisse der Untersuchungen am Entgasungsreaktor	61
7.1	Analysen und Kenndaten der eingesetzten Versuchskohle.....	61
7.2	Gasförmige Bestandteile.....	63
7.2.1	Pyrolyse unter inerte Reaktionsatmosphäre	63
7.2.2	Pyrolyse unter teiloxidativer Reaktionsatmosphäre.....	66
7.2.3	Einfluß der Dosierleistung.....	68
7.3	Teerförmige Bestandteile.....	69
7.3.1	Pyrolyse unter inerte Reaktionsatmosphäre	69
7.3.2	Pyrolyse unter teiloxidativer Reaktionsatmosphäre.....	76
7.4	Analyse der Restkohle	82
7.4.1	Thermogravimetrie.....	82
7.4.2	Elementaranalyse.....	92
7.4.3	Korngrößenverteilung	95
7.4.4	Mikroskopische Untersuchung	99
7.5	Stoffbilanz der Pyrolyse	100
7.6	Vergleich der Pyrolyse-Ergebnisse mit Vorstudien und Literatur	103
8	Ergebnisse der Untersuchungen am Verbrennungsreaktor	106
8.1	Analysen und Kenndaten der Einsatzstoffe.....	106
8.2	Berechnung der Luftzahlen und der Verweilzeit.....	107
8.3	Referenzfall und feuerungsspezifische Einflüsse.....	114
8.3.1	Drall der Sekundärluft.....	116
8.3.2	Einfluß der Prozeßtemperaturen.....	117
8.3.3	Einfluß des Kohlenmassenstromes.....	117
8.3.4	Sondenmessungen	118
8.4	Ergebnisse der Luftstufung im Feuerraum	120
8.4.1	Einfluß der Luftzahl in der Leistungsbrennzone	121
8.4.2	Einfluß der Temperatur	123
8.4.3	Einfluß der Verweilzeit	123
8.5	Ergebnisse der Brennstoffstufung.....	124
8.5.1	Einfluß des Leistungsbrennstoffs.....	124
8.5.2	Einfluß der Temperatur	125
8.5.3	Einfluß des Reduktionsmittelzusammensetzung	126
8.5.4	Einfluß der Verweilzeit	127
8.5.5	Einfluß der Luftzahl in der Reduktionszone.....	128
8.5.6	Ergebnisse der Sondenmessungen.....	129
8.6	Ergebnisse der Brennstofftrennstufung	133
8.6.1	Einfluß des Leistungsbrennstoffs.....	133
8.6.2	Einfluß der Temperatur im Verbrennungsreaktor.....	134
8.6.3	Einfluß der Entgasungsbedingungen.....	135
8.6.4	Einfluß der Verweilzeit	135
8.6.5	Einfluß der Luftzahl in der Reduktionszone.....	136
8.6.6	Kombination von Luftstufung und Brennstofftrennstufung	136
8.7	Vergleich Luftstufung, Brennstoffstufung und Brennstofftrennstufung.....	137
8.8	Vergleich der Ergebnisse mit Vorstudien und Literatur.....	142
9	Zusammenfassung der Ergebnisse zur Brennstofftrennstufung	143

Teil 2 NO_x-Minderung mit Rohteer aus Steinkohle

1	Übersicht	145
2	Großtechnische Versuche an der Schmelzkammerfeuerung Fenne III.....	146
2.1	Feuerungsanlage	146
2.2	Brennstoffstufung mit Rohteer	147
2.3	Rohteerversuchsanlage.....	148
3	Kleintechnische Versuchsanlage	150
3.1	Kohlenstaubverbrennungsanlage KSVA.....	150
3.2	Stufungsanordnung	150
3.3	Rohteereindüsung	150
3.4	Rohteerdosierung	153
4	Messungen und Auswertungen.....	154
4.1	Schmelzkammerfeuerung Fenne III.....	154
4.1.1	Betriebliche Rauchgaskonzentrationsmessungen	154
4.1.2	Versuchsmeßtechnik	154
4.1.3	Meßwerterfassung	155
5	V Versuchsergebnisse der Schmelzkammerfeuerung Fenne III.....	157
5.1	Analyse und Kenndaten der Einsatzstoffe.....	158
5.2	Luftzahlberechnung und Kammereinstellung	159
5.3	NO _x -Emissionen und erreichte Minderung.....	60
5.4	Ergebnisse der Sondermessungen.....	163
5.5	Vergleich der Ergebnisse mit Rohteer mit den Untersuchungen der Brennstoffstufung mit Kokereigas	166
6	V Versuchsergebnisse an der KSVA	169
6.1	Analyse und Kenndaten der Einsatzstoffe.....	169
6.2	Parametervariation.....	171
6.3	V Versuchsergebnisse	172
6.4	Interpretation	172
7	V Vergleich und Übertragbarkeit der Ergebnisse	175
8	Zusammenfassung.....	176
	Literaturverzeichnis für Teil 1 und 2	A I
	Größenverzeichnis für Teil 1 und 2, Verwendete Symbole und ihre Bedeutung	A VI