

---

## Messungen an einer Rotafluid-Wirbelschichtfeuerung und Optimierung der Betriebsparameter

Inhaltsverzeichnis.....	V
Verzeichnis der verwendeten Symbole.....	IX

### 1 Einführung und Aufgabenstellung

1.1 Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	1
1.2 Grundprinzipien der Wirbelschichtfeuerungstechnik.....	4
1.3 Aufgabenstellung.....	7

### 2 Beschreibung der Rotafluid-Versuchsanlage

2.1 Konzeptentwicklung.....	8
2.2 Aufbau der Heißanlage.....	10
2.2.1 Reaktor.....	12
2.2.2 Meßeinrichtungen.....	14

### 3 Inbetriebnahme der Versuchsanlage

3.1 Herstellen der Funktionstüchtigkeit.....	16
3.1.1 Aufheizen des Bettmaterials.....	16
3.1.1.1 Anfahrbröner.....	19
3.1.1.2 Luftvorwärmer.....	21
3.1.1.3 Heizöleindüsung.....	23
3.1.2 Beköhlung.....	27
3.1.2.1 Suspensionsaufbereitung.....	28
3.1.2.2 Fördermaschinen.....	29
3.1.3 Kühlsystem.....	31
3.1.4 Meß- und Regelungstechnik.....	32
3.1.5 Brennstoffaustragung.....	32
3.1.5.1 Änderung des Korngrößenspektrums.....	33
3.1.5.2 Feuerfeste Auskleidung im Schichtbereich.....	33
3.2 Betriebsverhalten.....	35

---

## 4 Auswahl und Variation der Betriebsparameter

<b>4.1 Feuerungstechnische Parameter</b> .....	37
4.1.1 Prozeßtemperatur.....	37
4.1.2 Wärmeauskopplung, Brennstoffleistung.....	38
4.1.3 Brennstoffart, Ca/S-Verhältnis.....	40
4.1.4 Kornspektrum des Inertmaterials.....	40
4.1.5 Feuerraumdruck, Luftverhältnis, Fluidisierungszustand.....	42
4.1.6 Luftverteilung.....	43
<b>4.2 Energetische und fluiddynamische Eckdaten der Versuchsanlage</b> .....	43
4.2.1 Zu- und abgeführte Energieströme im Auslegungspunkt.....	43
4.2.2 Fluidisierungszustand.....	44
4.2.2.1 Leerrohr- und Zwischenkorngeschwindigkeiten im Auslegungspunkt...	44
4.2.2.2 Minimalfluidisierungs- und Austragungsgeschwindigkeiten für die vorgesehenen Kornspektren unter Betriebsbedingungen.....	46
4.2.2.3 Charakteristik der Fluidisierung im Auslegungspunkt.....	49

## 5 Schadstoffemissionen und Austragungsdaten

<b>5.1 Schwerpunkte der Untersuchungen</b> .....	51
<b>5.2 Theoretische Abschätzungen</b> .....	52
5.2.1 Gasförmige Emissionen.....	52
5.2.1.1 Stickoxide.....	53
5.2.1.2 Kohlenmonoxid.....	55
5.2.1.3 Schwefeldioxid.....	55
5.2.2 Feststoffemissionen.....	56
5.2.3 Potentiale zur Emissionsreduktion durch das Rotafluid-Prinzip.....	56
<b>5.3 Meßverfahren</b> .....	57
5.3.1 Rauchgasanalytik (Gasförmige Emissionen).....	57
5.3.2 Staubmessungen am Zyklon, Flugstaub (Feststoffemissionen).....	59
5.3.2.1 Ermittlung des im Zyklon abgeschiedenen Staubmassenstromes.....	60
5.3.2.2 Ermittlung der Staubbeladung im Reingas.....	61
<b>5.4 Meßergebnisse</b> .....	63
5.4.1 Gasförmige Emissionen.....	64
5.4.1.1 Stickoxide und Kohlenmonoxid.....	64
5.4.1.1.1 Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ).....	64
5.4.1.1.2 Einfluß der Wirbelschichttemperatur auf CO/NO.....	65
5.4.1.1.3 Einfluß des Luftverhältnisses auf CO/NO.....	67
5.4.1.1.4 Einfluß der Feuerraumdrucks auf CO/NO.....	68
5.4.1.1.5 Einfluß der Luftverteilung auf CO/NO.....	70

5.4.1.2 Schwefeldioxid, Schwefelemissionsgrad.....	71
5.4.1.2.1 Einfluß der Wirbelschichttemperatur auf SO <sub>2</sub> .....	71
5.4.1.2.2 Einfluß des Luftverhältnisses auf SO <sub>2</sub> .....	72
5.4.1.2.3 Einfluß der Luftverteilung auf SO <sub>2</sub> .....	73
5.4.1.2.4 Schwefelemissionsgrad.....	74
5.4.1.3 Kohlenwasserstoffe.....	74
5.4.2 Feststoffemissionen.....	75
5.4.2.1 Staubaustrag, Austragsrate.....	75
5.4.2.2 Ausbrand, Verbrennungswirkungsgrad.....	77
<b>5.5 Vergleich von vorausgerechneten Werten, an Kaltmodellen ermittelten Werten und Meßwerten der Heianlage.....</b>	<b>79</b>
5.2.1 Gasförmige Emissionen.....	79
5.2.1 Feststoffemissionen.....	80
<b>6 Wärmeübergang</b>	
<b>6.1 Fluiddynamische Grundlagen.....</b>	<b>82</b>
<b>6.2 Entwicklung der Meßsonde.....</b>	<b>84</b>
6.2.1 Randbedingungen.....	85
6.2.2 Konstruktive Ausführung.....	85
6.2.3 Berechnung des äußeren Wärmeübergangskoeffizienten aus den Wassertemperaturen im Ringspalt.....	87
6.2.4 Unterkühltes Sieden.....	89
<b>6.3 Messungen .....</b>	<b>91</b>
6.3.1 Axialer Verlauf des Wärmeübergangskoeffizienten in Abhängigkeit vom Tangentialluftanteil.....	92
6.3.2 Mittelwerte und lokale Maxima des Wärmeübergangskoeffizienten.....	95
<b>6.4 Auswertung und Schlußfolgerung.....</b>	<b>97</b>
6.4.1 Vergleich mit Kaltmodellmessungen und theoretischen Modellen.....	97
6.4.2 Ausblick.....	99
<b>7 Bewertung der Versuchsergebnisse</b>	
<b>7.1 Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Emissionsgrenzwerte.....</b>	<b>100</b>
<b>7.2 Stand der Technik bei druckaufgeladenen Wirbelschicht- feuerungen und Einordnung der RVA.....</b>	<b>103</b>

---

7.2.1	Vergleich der Rauchgasemissionen .....	103
7.2.2	Vergleich der verfahrensspezifischen Wärmeübergangseigenschaften .....	106
<b>7.3</b>	<b>Beurteilung der Rauchgasqualität im Hinblick auf das Nachschalten einer Leistungsgasturbine.....</b>	<b>107</b>
7.3.1	Gasturbinen - maximale Staubbeladungen.....	107
7.3.2	Heißgasentstaubung.....	108
<b>7.4</b>	<b>Einsatzoptionen und Optimierungsvorschläge.....</b>	<b>109</b>
7.4.1	Querschnittsverjüngung zum Düsenboden.....	109
7.4.2	Anhebung des Systemdruckes.....	110
7.4.3	Tangentialluft-Vorwärmung.....	111
7.4.4	Reduktion des Brennstoff-Wassergehalts.....	111
7.4.5	Anhebung der Gasturbinen-Eintrittstemperatur.....	112
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>114</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>117</b>