

Inhalt

Zusammenfassung	3
Abstract	7
Inhalt	9
Abkürzungen	13
Formelzeichen lateinisch	15
Formelzeichen griechisch	15
Indizes	17
1 Einleitung	19
2 Aufgabenstellung und Lösungsweg	21
3 Grundlagen der Biomassevergasung in dezentraler Kraft-Wärme-Kopplung	23
3.1 Thermochemische Vorgänge bei der Biomassevergasung	24
3.1.1 Brennstofftrocknung	24
3.1.2 Pyrolyse	24
3.1.3 Vergasung.....	25
3.2 Sonstige Vorgänge im Reaktor	27
3.2.1 Teerbildung	27
3.2.2 Ascheschmelzphänomene	28
3.3 Reaktorvarianten.....	29
3.3.1 Festbettreaktor	30
3.3.2 Wirbelschichtreaktor	31
3.3.3 Flugstromreaktor	31
3.4 Verfahrenskette.....	32
3.5 Schadstoffemissionen	33
3.5.1 Feste und flüssige Rückstände.....	33
3.5.2 BHKW-Abgas	34
3.6 Rechtlicher Rahmen	37

3.6.1	Einsatzstoffe.....	37
3.6.2	Abgasemissionen.....	37
3.6.3	Abfallrechtliche Einstufung der Verfahrensrückstände.....	38
3.6.4	Entsorgung des Vergaserkokes.....	40
4	Versuchsanlage zur thermochemischen Vergasung von Holzpellets	43
4.1	Verfahrens- und Messtechnik.....	43
4.1.1	Brennstoffbeschickung.....	43
4.1.2	Gaserzeugung.....	44
4.1.3	Produktgasaufbereitung	45
4.1.4	Produktgasnutzung	45
4.2	Einrichten des Versuchsstands	46
5	Konzepterstellung und Methodenentwicklung.....	49
5.1	Prozesscharakterisierung und Prozessbilanzierung	49
5.2	Bestimmen und optimieren des Betriebsverhaltens.....	50
5.2.1	Phase 1 - Inbetriebnahme von Gaserzeuger und Gasaufbereitung	50
5.2.2	Phase 2 - Optimierung der Prozesse zur Gaserzeugung und -aufbereitung ..	51
5.2.3	Phase 3 - Betrieb des Gaserzeugers und der Gasaufbereitung.....	52
5.2.4	Phase 4 - Betrieb der Anlage in Kraft-Wärme-Kopplung.....	53
5.3	Anpassen von Messmethoden zur Prozesscharakterisierung	54
5.3.1	Nassextraktion der Teerbestandteile aus dem Produktgas	56
5.3.2	Bestimmen des Wassergehalts im Produktgas.....	57
5.3.3	In-situ Messung des Temperaturprofils im Vergasungsreaktor	58
6	Verfahrenstechnische Optimierung und Bestimmung des Anlagenbetriebs.....	61
6.1	Inbetriebnahme des Gaserzeugers und der Gasaufbereitung	61
6.1.1	Kalte Inbetriebnahme	61
6.1.2	Warme Inbetriebnahme	61
6.2	Optimierung der Gaserzeugung und -aufbereitung	66
6.2.1	Verfahrenstechnische Optimierung	66

6.2.2	Anpassen der Prozessleittechnik.....	73
6.3	Bestimmen des Betriebsverhaltens des Gaserzeugers	75
6.3.1	Leistungsbereich	75
6.3.2	Langzeitbetrieb.....	81
6.3.3	Zwischenfazit	94
6.4	Bestimmen des Betriebsverhaltens der Gesamtanlage in Kraft-Wärme-Kopplung 95	
6.4.1	Leistungsgeführter Anlagenbetrieb.....	96
6.4.2	Emissionsgeführter Anlagenbetrieb.....	106
6.5	Diskussion	114
7	Betrachtung der Wirtschaftlichkeit.....	117
7.1	Wirtschaftliche Rahmenbedingungen	117
7.2	Basisdaten	118
7.3	Sensitivitätsanalyse	121
7.4	Diskussion	129
8	Ausblick	131
	Literatur.....	133
	Abbildungen	139
	Tabellen.....	143
	Anhang.....	145