



INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis.....	I
Nomenklatur.....	III
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation.....	2
1.2 Ziel und Abgrenzung der Arbeit.....	3
1.3 Vorgehensweise	4
2 Stand von Wissenschaft und Technik	5
2.1 Weltweite Aktivitäten	5
2.2 Mitverbrennung nicht torrefizierter Biomasse.....	7
2.3 Mitverbrennung torrefizierter Biomasse	11
3 Grundlagen der Torrefizierung von Biomasse	15
3.1 Brennstoff Biomasse.....	16
3.1.1 Makromolekularer Aufbau.....	16
3.1.2 Kurz- und Elementaranalyse.....	18
3.2 Prozess der Torrefizierung.....	20
3.2.1 Thermochemische Vorgänge bei der Torrefizierung	21
3.2.2 Produkte der Torrefizierung.....	23
3.2.3 Eigenschaften der festen Torrefizierungsprodukte	24
3.2.4 Sinnvolle Prozessparameter	30
3.3 Reaktortypen.....	32
4 Betrachtete Szenarien und Kennzahlen.....	35
4.1 Betrachtete Szenarien.....	35
4.2 Energetische Effizienz.....	38
5 Modellbildung	39
5.1 Kraftwerk.....	39
5.1.1 Gesamtprozess.....	40
5.1.2 Dampferzeuger	40
5.2 Mühlen	42
5.3 Trockner	46



5.4 Torrefizierungsreaktor.....	48
5.4.1 Reaktormodell	50
5.4.2 Thermochemisches Modell.....	56
5.5 Kühler.....	60
5.6 Pelletierung.....	60
5.7 Transport.....	61
5.8 Brennstoffe.....	64
5.9 Integration der Teilmodelle.....	66
5.9.1 Allgemeines.....	66
5.9.2 Integration in den Kraftwerksprozess	69
5.9.3 Eigenständige Anlagen zur Pelletproduktion	74
6 Ergebnisse.....	77
6.1 Ergebnisse der Teilmodelle	77
6.1.1 Dampfkraftwerk.....	77
6.1.2 Torrefizierungsreaktor.....	84
6.2 Vorbehandlung in Einzelanlagen.....	87
6.3 Vorbehandlung integriert in den Kraftwerksprozess	89
6.3.1 Dampfbeheizte Torrefizierung	90
6.3.2 Rauchgasbeheizte Torrefizierung	96
6.3.3 Auswirkungen der einzelnen Prozessschritte.....	100
6.4 Energetische Effizienz.....	101
6.5 CO ₂ -Bilanz.....	103
6.5.1 CO ₂ -Bilanz der untersuchten Brennstoffe.....	103
6.5.2 CO ₂ -Bilanz der untersuchten Varianten	106
6.6 Abschließende Bewertung	107
7 Zusammenfassung	111
Literaturverzeichnis.....	115
Anhang	127