

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen, Indizes und Abkürzungen	IX
1 Einleitung	1
1.1 Stand der Technik.....	2
1.2 Ziel und Aufbau der Arbeit.....	8
2 Methodik	11
2.1 Grundlagen zur Verwendung von Modellierung und Simulation	11
2.1.1 Anforderungen an Modellierung und Simulation	15
2.1.2 Klassifizierung von Simulationszwecken in der Kraftwerkstechnik.....	18
2.1.3 Praxisprobleme bei der Anwendung von Modellierung und Simulation für Vergleichsstudien.....	20
2.2 Formulierung eines Leitsatzes zur Anwendung von Modellierung und Simulation	23
2.3 Vorgehen bei der Technologievergleichsstudie dieser Arbeit	26
2.3.1 Auswahl der Vergleichsleistungsgröße der Prozesse	28
2.3.2 Auswahl einer geeigneten Simulationssoftware.....	30
3 Vorausgehende Festlegungen und Erläuterungen	35
3.1 Gewählte Bilanzgrenzen und Randbedingungen.....	35
3.1.1 Zusammensetzung der trockenen Luft	38
3.1.2 Brennstoffzusammensetzungen	39
3.1.3 CO ₂ -Produktstrom bei Kraftwerksprozessen mit CO ₂ -Abtrennung.....	42
3.2 Auswahl und Modellierung der Grundprozessschaltungen	42
3.2.1 Durchgeführte Prozessparameteroptimierungen	44
3.2.2 Definition des Verbrennungsluftverhältnisses im Zusammenhang mit der Rauchgasrückführung.....	51
3.3 Teilprozessmodelle und deren Parametrierung.....	54
3.3.1 Kohlemühe	55
3.3.2 Trockenbraunkohle-Erzeugung.....	60
3.3.3 Zwei-Zonen-Dampferzeugermodell für kohlebefeuerte Dampfkraftwerke.....	73
3.3.4 SCR-DeNO _x	82
3.3.5 Regenerativ-Luftvorwärmer	84
3.3.6 Elektrofilter.....	85
3.3.7 Rauchgasentschwefelungsanlage.....	86
3.3.8 Festlegung der Wirkungsgradmodelle von Strömungsmaschinen	89
3.3.9 Dampfturbinenmodellierung und -parametrierung.....	94

3.3.10 Dampfbeheizte Vorwärmer im Wasser-/Dampfkreislauf	99
3.3.11 Black-Box-Modellierung für CO ₂ -Abtrennungsverfahren	103
3.3.12 Hochtemperaturmembran-Luftzerlegungsanlage.....	116
3.3.13 Kühlwassersystem	119
3.4 Parametrierung von Stoffströmen.....	121
3.5 Verwendete Stoffwertemodelle.....	123
3.6 Definition der Ergebnisgrößen der Gesamtsimulation	124
3.6.1 Definitionsmöglichkeiten des elektrischen Wirkungsgrads.....	125
3.6.2 Definition der CO ₂ -spezifischen Ergebnisgrößen	132
3.6.3 Zwischenergebnisgrößen.....	133
3.7 Vorgenommene Vereinfachungen bei der Modellierung	135
4 Durchgeführte Untersuchungen	139
4.1 Basismodelle Dampfkraftwerke.....	141
4.1.1 Steinkohlebefeuetes Dampfkraftwerk nach dem Stand der Technik.....	141
4.1.2 Braunkohlebefeuetes Dampfkraftwerk nach dem Stand der Technik	147
4.2 Wirkungsgradsteigerungsmaßnahmen konventioneller Dampfkraftwerke	150
4.2.1 Braunkohledampfkraftwerk mit integrierter Brennstoffvortrocknung	151
4.2.2 Steinkohledampfkraftwerk mit Dampfparametern der 700-°C-Technologie.....	157
4.2.3 Braunkohledampfkraftwerk mit Dampfparametern der 700-°C-Technologie	160
4.3 Dampfkraftwerke mit CO ₂ -Abtrennung	162
4.3.1 Dampfkraftwerk mit CO ₂ -Abtrennung durch eine Aminwäsche nach der Verbrennung	163
4.3.2 Oxyfuel-Kraftwerk mit kryogener Luftzerlegungsanlage.....	167
4.3.3 Oxyfuel-Kraftwerk mit Hochtemperaturmembran-Luftzerlegungsanlage.....	172
4.4 Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerke	182
4.5 Vergleich der untersuchten Kraftwerksprozesse.....	188
5 Zusammenfassung	197
Quellennachweise	201
A Anhang	228
A.1 Begriffsbestimmungen	228
A.2 Eigenschaften und Zusammensetzung der getrockneten Kohlen.....	231
A.3 Heiz- und Brennwert in Abhängigkeit von der Bezugstemperatur	232
A.4 Verlauf des el. Wirkungsgrads als Funktion der Anzapfdrücke.....	232
A.5 Umrechnungsvorschriften für das Verbrennungssauerstoffverhältnis und die Rauchgasrückführungsrate.....	236

A.6	Nomogramme zur Abschätzung der Heizwertänderung bei Trocknungsvorgängen.....	236
A.7	Diagramm zur Bestimmung des isentropen Wirkungsgrads von Dampfturbinen.....	238
A.8	Einfluss der Temperatur der Luftansaugung auf den Wirkungsgrad.....	239
A.9	Zwischenergebnisgrößen der Simulationen für Dampfkraftwerke.....	240
A.10	Zwischenergebnisgrößen der Simulationen für GuD-Kraftwerke.....	244
A.11	Abschätzung der Schwefelsäuretaupunkttemperatur.....	246