

Inhaltsverzeichnis

Vorwort und Danksagung	I
Kurzfassung	III
Abstract	V
Nomenklatur	XII
1. Einleitung	1
1.1. Zukünftige Energiekonzepte und die Rolle thermischer Solarkraftwerke	1
1.2. Zielsetzung der Arbeit	3
1.3. Struktur der Arbeit	4
2. Stand der Technik	5
2.1. Thermische Solarkraftwerke	5
2.2. Wärmeträgermedien für thermische Solarkraftwerke	8
2.3. Speicher für thermische Solarkraftwerke	9
2.3.1. Klassifizierung der Speicher	10
2.3.2. Technische Speicherlösungen	11
2.3.3. Speichermaterialien	18
2.4. Simulation von thermischen Solarkraftwerken	20
2.5. Bewertung von Speichern für thermische Solarkraftwerke	21
3. Untersuchte Kraftwerkskonzepte	25
3.1. Auslegung der Komponenten	27
3.1.1. Solarfeld	27
3.1.2. Speicher	29
3.1.3. Kraftwerksblock	30
3.2. Referenzkraftwerk mit Thermoöl	33
3.3. Direktsalzschnmelze-Kraftwerke	33
3.4. Direkt verdampfendes Kraftwerk	35
3.5. Gefrierschutzstrategie	40
3.6. Betriebsstrategie	41
3.6.1. Systemsimulationen	43
3.6.2. Netzsimulationen	43
3.7. Standort	44
4. Modellbildung	47
4.1. Solarfeld	47
4.1.1. Parabolrinnenkollektor	47
4.1.2. Fresnel-Kollektor	49
4.1.3. Direkt verdampfender Kollektor	49

4.2.	Kraftwerksblock	50
4.2.1.	Dampferzeuger	51
4.2.2.	Turbinenstufen	53
4.2.3.	Luftgekühlter Kondensator	54
4.2.4.	Speisewasservorwärmer	55
4.3.	Salzschmelzespeichersysteme	56
4.3.1.	Tank	56
4.3.2.	Schichttank	56
4.3.3.	Wärmeübertrager	58
4.4.	Allgemeine Komponenten	58
4.4.1.	Pumpen	58
4.4.2.	Rohre	59
4.4.3.	Verzweigungen und Mischstellen	60
4.4.4.	Drossel	61
4.4.5.	Zuführen von Hilfsenergie	61
4.5.	Simulationsumgebung	61
4.5.1.	Annahmen und Einschränkungen	61
4.5.2.	Verifikation des Simulationsmodells zur Systemsimulation	63
4.5.3.	Netzmodell	66
4.6.	Kostenrechnung	66
4.6.1.	Komponentenkosten	67
4.6.2.	Berechnungsmethode	67
5.	Vergleich der simulierten Kraftwerkskonfigurationen	71
5.1.	Kumulierter Ertrag im Jahresverlauf	71
5.2.	Speicherauslastung im Jahresverlauf	76
5.3.	Gefrierschutz im Jahresverlauf	79
5.4.	Zusammenfassung der Simulationsergebnisse	82
6.	Wirtschaftlichkeit und Bewertung	85
6.1.	Investitions- und Stromgestehungskosten	85
6.1.1.	Investitionskosten	87
6.1.2.	Strom- und Wärmegestehungskosten	91
6.1.3.	Optima der Stromgestehungskosten am Standort Guadix	92
6.2.	Kapazitätsfaktor	95
6.3.	Teilnahme am Strommarkt	97
6.4.	Zusammenfassung und Bewertung	100
7.	Zusammenfassung der Arbeit und Ausblick	103
A.	Auslegungsparameter der Dampferzeuger und Turbinen	107
A.1.	Referenzkraftwerk mit Thermoöl	107
A.2.	Direktsalzschnmelze-Kraftwerke mit Solar Salt	108
A.3.	Direktsalzschnmelze-Kraftwerke mit HITEC	109
A.4.	Direktverdampfendes Kraftwerk	110
A.5.	Berechnungsgrundlage zu den Druckverlustbeiwerten	111
B.	Randbedingungen zu den Netzsimulationen	112

C. Verifikation des Simulationsmodells	114
D. Kostenindex, Kostenfunktionen und Sensitivitätsanalyse	117
D.1. Chemical Engineering's Plant Cost Index	117
D.2. Kostenfunktionen der Komponenten	118
D.3. Sensitivitätsanalyse	121
E. Weiterführende Erklärungen zu den Boxplots	124
Literatur	125