

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Herausgebers	III
Vorwort des Autors	IV
Kurzfassung	V
Abstract	VI
Nomenklatur	XI
1 Einleitung.....	1
2 Stand der Forschung und Entwicklung	3
2.1 Thermische Energiespeicherung	3
2.2 Thermische Festbettapeicher.....	4
2.2.1 Arten und Anwendungen von thermischen Festbettapeichern.....	5
2.2.2 Berechnungsmethoden für thermische Festbettapeicher	6
2.3 Thermische Speicher in Kombination mit einem ORC	7
2.4 Exergetische Bewertung	10
2.4.1 Exergetische Bewertungsmethoden	11
2.4.2 Exergetische Bewertung von thermischen Speichern	16
3 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	23
4 Entwicklung eines exergetischen Bewertungsverfahrens für TES in Energiesystemen	25
4.1 Beschreibung der auftretenden Exergievernichtungen und Exergieverluste	25
4.2 Einfluss physikalischer Aspekte	29
4.3 Wechselwirkungen im System.....	31
4.4 Vergleich mit alternativen Bewertungsmethoden.....	33
5 Aufbau der Simulationsmodelle	35
5.1 Modell des thermischen Festbettapeichers.....	36
5.1.1 Beschreibende Erhaltungsgleichungen und deren Diskretisierung.....	38
5.1.2 Berechnung des effektiven Wärmeübergangskoeffizienten zwischen Partikeln und Fluid.....	41
5.1.3 Berechnung des Druckverlustes im Festbett	43
5.1.4 Berechnung der effektiven Wärmeleitfähigkeit des Festbetta.....	44
5.2 Modelle der Speicherperipherie.....	46
5.2.1 Beschreibende Gleichungen und deren Diskretisierung	46

5.2.2	Berechnung des Wärmeübergangskoeffizienten zwischen Rohrwand und Fluid.	47
5.2.3	Berechnung des Druckverlustes	47
5.3	Modell des ORC	48
5.4	Modellanpassungen zur Betrachtung physikalischer Aspekte	49
6	Die ORCTES-Demonstrationsanlage als Fallbeispiel	51
6.1	Aufbau der ORCTES-Anlage	51
6.1.1	Thermischer Festbetspeicher und Peripherie	52
6.1.2	ORC	55
6.2	Ermittlung der Stoffdaten	56
6.2.1	Stoffdaten des Speichermaterials	56
6.2.2	Stoffdaten der Wärmedämmung	60
6.3	Rand- und Startbedingungen	61
6.3.1	Versuchsreihen an der ORCTES-Demonstrationsanlage	61
6.3.2	Validierungsrechnungen	62
6.3.3	Netzunabhängigkeitsanalyse und Einschwingverhalten	64
6.3.4	Variationsrechnungen	65
6.3.5	Sensitivitätsanalyse	66
6.3.6	Optimierungsrechnung	68
6.4	Berechnung der Exergie und der Wirkungsgrade	69
7	Ergebnisse	71
7.1	Experimentelle Ergebnisse der ORCTES-Demonstrationsanlage	71
7.2	Validierungsrechnungen	76
7.2.1	Validierung anhand der Ergebnisse von Allen	76
7.2.2	Validierung anhand von Ergebnissen der Versuchsanlage der enolcon GmbH	76
7.2.3	Validierung anhand der Ergebnisse der ORCTES-Demonstrationsanlage	79
7.3	Netzunabhängigkeitsanalyse und Einschwingverhalten des numerischen Modells.	83
7.4	Variationsrechnungen	84
7.4.1	Einfluss der Variationsparameter auf die energetischen Wirkungsgrade	84
7.4.2	Einfluss der Variationsparameter auf die exergetischen Wirkungsgrade	88
7.4.3	Einfluss physikalischer Aspekte auf den exergetischen Wirkungsgrad in Abhängigkeit der Variationsparameter	92
7.5	Sensitivitätsanalyse	102
7.6	Optimierungsrechnung	105

8 Empfehlung für die Auslegung und Bewertung von thermischen Speichern in Energiesystemen	111
8.1 Demonstrationsanlage des Fallbeispiels	111
8.2 Kombination aus thermischem Festbettapeicher und ORC	111
8.3 Bewertungsverfahren	113
9 Zusammenfassung und Ausblick.....	117
10 Summary and outlook	123
11 Literaturverzeichnis	129
Anhang A.....	151
Anhang B.....	153
Anhang C.....	154