

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	xv
Abbildungsverzeichnis	xxiii
Tabellenverzeichnis	xxv
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2 Forschungsfrage und Forschungsziel	3
1.3 Forschungsmethodik und Aufbau	4
2 Stand des Wissens	7
2.1 Energetische Grundbegriffe	7
2.1.1 Energie und Leistung	8
2.1.2 Thermische Energie	10
2.2 Grundlagen industrieller Energiesysteme	12
2.2.1 Energieeinsatz in der Industrie	13
2.2.2 Industrielle Wärme- und Kälteversorgung	16
2.2.3 Industrielle Abwärmenutzung	21
2.3 Energiewirtschaftlicher Rahmen	23
2.3.1 Aspekte der Planung industrieller Energiesysteme	24
2.3.2 Strukturwandel in der Fernwärmeversorgung	28
2.3.3 Ökonomische und ökologische Rahmenbedingungen	33
2.4 Einordnung in die Optimierung	38
2.4.1 Optimierung industrieller Energiesysteme	39
2.4.2 Herausforderungen und problemspezifische Methoden	44
2.5 Stand der Forschung	48
2.5.1 Betrachtungsbereich	49
2.5.2 Konzeptualisierung	51
2.5.3 Suche und Filterung	54
2.5.4 Analyse und Synthese	56
2.6 Diskussion und Zwischenfazit	59
3 Optimierungsmethodik	63
3.1 Forschungskonzept	63
3.1.1 Lösungsansatz	63
3.1.2 Anforderungen	64
3.2 Deskriptives Modell	66
3.2.1 Zielstellungen der Zielgruppen	66
3.2.2 Technische Energiesystemgrenze	67
3.2.3 Handlungsrahmen der Investitions- und Einsatzplanung	72
3.2.4 Integration von Transformationsszenarien	75
3.2.5 Integration von Partizipationsmodellen	77

3.3	Optimierungsmodell	80
3.3.1	Gesamtübersicht	81
3.3.2	Grundmodell der Einsatzplanung	83
3.3.3	Grundmodell der Investitionsplanung	90
3.3.4	Modellierung der Transformationsszenarien	97
3.3.5	Modellierung der Partizipationsmodelle	100
3.4	Vorgehensmodell	102
3.4.1	Schritt 1: Vorbereitung	102
3.4.2	Schritt 2: Systemkonfiguration	105
3.4.3	Schritt 3: Datenvorbereitung	106
3.4.4	Schritt 4: Modellierung und Lösung	110
3.4.5	Schritt 5: Ergebnisanalyse	112
3.4.6	Schritt 6: Bewertung und Kommunikation	115
3.4.7	Schritt 7: Weitere Schritte	117
3.5	Softwarekonzept	118
3.5.1	Prototypische Umsetzung	118
3.5.2	Verwertungskonzept	121
3.6	Diskussion und Zwischenfazit	124
4	Anwendung und Evaluation	127
4.1	Anwendungs- und Evaluationsvorgehen	127
4.2	Modell- und Methodentests	128
4.2.1	Beschreibung des Anwendungsfalls	128
4.2.2	Auswertung der Grundmodelle	134
4.2.3	Auswertung der Transformationsszenarien	136
4.2.4	Auswertung der Partizipationsmodelle	140
4.3	Industrieanwendung	144
4.3.1	Vorbereitung	144
4.3.2	Systemkonfiguration	145
4.3.3	Datenvorbereitung	147
4.3.4	Modellierung und Lösung	149
4.3.5	Ergebnisanalyse	150
4.3.6	Bewertung und Kommunikation	151
4.3.7	Weitere Schritte	153
4.4	Diskussion und Zwischenfazit	154
5	Fazit	157
5.1	Zusammenfassung	157
5.2	Ausblick	159
	Literaturverzeichnis	161
A	Anhang	185
A.1	Ergänzungen zum Stand des Wissens	185
A.1.1	Ergänzungen zu energiewirtschaftlichen Vorgaben	185
A.1.2	Ergänzungen zur Literaturrecherche	186

A.2	Ergänzungen zur Optimierungsmethodik	187
A.2.1	Systemmodelle von Energiewandlern	187
A.2.2	Systemmodelle von thermischen Energienetze und -speicher	190
A.2.3	Lineares Problem und Reformulierung	192
A.2.4	Systemaufbau industrielles Energiesystem	197
A.2.5	Clustering	198
A.2.6	Normen und Richtlinien zur Planung thermischer Energiesysteme	200
A.3	Ergänzungen zur Anwendung und Evaluation	201
A.3.1	Ergänzungen zu den Modell- und Methodentests	201
A.3.2	Ergänzungen zur Industrieanwendung	218
	Veröffentlichungen und studentische Arbeiten	223