

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Abstract.....	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Nomenklatur	VII
Abkürzungen	VII
Formelzeichen	VIII
Verwendete Indizes.....	XIII
Tabellenverzeichnis	XV
Abbildungsverzeichnis	XVIII
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielstellung.....	2
1.3 Stand der Forschung.....	4
1.4 Aufbau der Arbeit	7
2 Grundlagen.....	9
2.1 Lastmanagement	9
2.1.1 Definition	9
2.1.2 Einsatzmöglichkeiten von Lastmanagement	9
2.2 Siedlungen in Deutschland	11
2.2.1 Siedlungstypisierungen	11
2.2.2 Verbreitung der einzelnen Siedlungstypen in Deutschland.....	13
2.3 Mathematische Optimierung	14
3 Methodik.....	18
3.1 Methodische Vorgehensweise	18
3.2 Bewertungsrahmen	20
3.3 Begriffskonventionen	21
3.4 Simulationsumgebungen.....	22
4 Szenarienauswahl und -beschreibung.....	24
4.1 Szenariendefinition.....	24
4.1.1 Auswahl Anwendungsziele	24
4.1.2 Auswahl Siedlungen	25
4.1.3 Synthese zur Auswahl der Szenarien.....	25
4.2 Allgemeine Randbedingungen der Szenarienauswahl	26
4.2.1 Meteorologische Daten	26
4.2.2 Gebäude	26
4.2.3 Versorgungsanlagen	29
4.2.4 Elektrische Energieversorgung	31
4.3 Beschreibung der betrachteten Szenarien.....	32
4.3.1 Szenario I: Glättung der elektrischen Residuallast in einer dörflichen Siedlung	33
4.3.2 Szenario II: Deckung eines elektrischen Bedarfsprofils mit einer MFH-Siedlung	38
4.3.3 Szenario III: Minimierung der CO ₂ -Emissionen in einer EFH-Siedlung	41
4.4 Zusammenfassung der betrachteten Szenarien	45

5	Modellierung der energiebezogenen Inputzeitreihen	47
5.1	Übergeordnete Parameter	47
5.1.1	Meteorologische Daten	47
5.1.2	CO ₂ -Emissionsfaktor der aus dem Stromnetz bezogenen elektrischen Energie	48
5.2	Elektrische Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien	51
5.2.1	Photovoltaik	51
5.2.2	Windenergie	52
5.3	Energiebedarfsprofile der Gebäude	53
5.3.1	Bedarfsprofile elektrische Leistung	55
5.3.2	Bedarfsprofile thermische Leistung Brauchwarmwasser	57
5.3.3	Bedarfsprofile thermische Leistung Heizwärme	58
6	Modellierung und Optimierung der thermischen Versorgungsanlagen	69
6.1	Betriebsweisen der Anlagen in einem Beispielfall	69
6.1.1	Betrieb im Referenzfall	71
6.1.2	Betrieb mit elektrischem Lastmanagement	73
6.1.3	Betrieb mit elektrischem Lastmanagement inklusive Variation der Soltemperatur ..	76
6.1.4	Vergleich der Betriebsweisen	78
6.2	Zielfunktionen der betrachteten Szenarien	79
6.3	Prognosen	82
6.4	Optimierung des gleichzeitigen Einsatzes mehrerer Ausgleichsoptionen	84
6.5	Abbildung der einzelnen Anlagentypen	88
6.5.1	Grundlegende Elemente der Wärmeversorgungssysteme	88
6.5.2	Mikro-KWK-Anlagen	95
6.5.3	BHKW	98
6.5.4	Wärmepumpen	101
6.5.5	Elektrisch betriebene Brauchwarmwasserspeicher	107
6.5.6	Nachtspeicherheizungen	110
6.5.7	Power-to-Heat	114
6.5.8	Anlagen ohne Anbindung an das Stromnetz	117
6.6	Fehlerbehandlung	117
6.7	Diskussion der Modellierung	118
7	Simulation und Auswertung	120
7.1	Szenarienvariation	120
7.1.1	Variation der Randbedingungen	120
7.1.2	Variation der Soltemperatur zur Nutzung der thermischen Trägheit der Gebäude ..	122
7.2	Szenario I	125
7.2.1	Anlagenbetrieb	125
7.2.2	Jahresbilanzen und -verläufe des gesamten Szenarios	129
7.2.3	Szenarienvariation	132
7.3	Szenario II	134
7.3.1	Anlagenbetrieb	135
7.3.2	Jahresbilanzen und -verläufe des gesamten Szenarios	138
7.3.3	Szenarienvariation	140
7.4	Szenario III	143
7.4.1	Anlagenbetrieb	143
7.4.2	Jahresbilanzen und -verläufe des gesamten Szenarios	146
7.4.3	Szenarienvariation	148

7.5	Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse	150
7.5.1	Anlagenbetrieb	150
7.5.2	Jahresbilanzen und -verläufe der gesamten Szenarien	151
7.5.3	Szenarienvariation	153
7.5.4	Hypothesen zur Bewertung der thermischen Energieausgleichsoptionen	154
7.5.5	Gesamtfazit der Simulationsergebnisse	157
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	159
9	Literaturverzeichnis	165
10	Anhang	181
10.1	Modellierung der el. Energieerzeugung auf Grundlage erneuerbarer Energien	181
10.1.1	Photovoltaik.....	181
10.1.2	Windenergie	182
10.2	Ein-Zonen-Modell Heizwärmebedarf	184
10.2.1	Gebäudebezogene Wärmeströme	184
10.2.2	Verwendete Gebäudedaten	190
10.2.3	Angaben zur Validierung/Plausibilisierung	194
10.3	Simulationsparameter der betrachteten Heizungssysteme	198
10.4	Ergebnisse Szenarienauswertungen.....	201
10.4.1	Beispieldaten	201
10.4.2	Szenario I	205
10.4.3	Szenario II	210
10.4.4	Szenario III	215
	Kurzlebenslauf	218