

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XIII
Tabellenverzeichnis.....	XVII
Formelverzeichnis	XIX
Abkürzungsverzeichnis	XXI
1 Einleitung	1
1.1 Problematik und Relevanz des Themas	1
1.2 Aufgabenstellung und Forschungsfrage	2
1.3 Methodik.....	4
2 Grundlagen Power-to-Heat	7
2.1 Definition und Kritik	7
2.2 Intelligentes Lastmanagement	7
2.3 Funktionsprinzip	9
2.4 Einsatzmöglichkeiten	12
2.4.1 Elektroheizer für Fernwärmenetze und Industrie.....	14
2.4.2 Elektrische Speicherheizungen	14
2.4.3 Elektrische Warmwasserbereitung	15
2.4.4 Hybride Heizsysteme	16
2.5 Energieflüsse bei Elektroheizern in Fernwärmenetzen	16
3 Ausbau erneuerbarer Energien	19
3.1 Historische Entwicklung	19
3.2 Ausbauziele.....	21
3.3 Herausforderungen und Lösungsansätze.....	22
4 Simulation von Stromsystemen	25
4.1 Prämissen und Annahmen.....	26
4.2 Gegenwärtiges Stromsystem	28
4.2.1 Methodik	28
4.2.2 Bruttostromverbrauch	31
4.2.3 Wind und Photovoltaik	34
4.2.4 Biomasse	37
4.2.5 Geothermie	37

4.2.6	Wasserkraft.....	38
4.2.7	Ergebnisse Gesamtsystem.....	43
4.3	Zukünftige Stromsysteme	48
4.3.1	Methodik	49
4.3.2	Ausbaupfade	50
4.3.3	Bruttostromverbrauch	53
4.3.4	Biomasse, Geothermie, Laufwasser.....	54
4.3.5	Wind	55
4.3.6	Photovoltaik	60
4.3.7	Wasserkraft Speicher	64
4.3.8	Ergebnisse Gesamtsystem.....	68
5	Wärmenachfrage in Deutschland	75
5.1	Endenergieverbrauch nach Nutzungsart	75
5.2	Energieverbrauch in Fernwärmenetzen.....	76
5.3	Verbrauchsprofile von Fernwärmenetzen	78
5.4	Anlagenbestand zur Deckung des Fernwärmebedarfs.....	83
5.5	Zukünftige Entwicklung des Fernwärmebedarfs.....	85
5.6	Stündlicher Fernwärmelastgang Deutschland	87
5.6.1	Methodik	87
5.6.2	Temperatur	89
5.6.3	Jährliche Fernwärmenetzeinspeisung	93
5.6.4	Tägliche Fernwärmenetzeinspeisung	94
5.6.5	Stündliche Fernwärmenetzeinspeisung.....	102
6	Status Quo Elektroheizer in Fernwärmenetzen.....	109
6.1	Elektrodenheißwasserkessel	109
6.1.1	Kesselarten und Funktionsweise	109
6.1.2	Hydraulische Einbindung und Netzanschluss	111
6.1.3	Regelbarkeit.....	112
6.1.4	Kosten.....	114
6.1.5	Realisierte Anlagen.....	116
6.2	Thermische Wärmespeicher	117
6.2.1	Physikalische Grundlagen	117
6.2.2	Speicherarten und Größen	118
6.2.3	Kosten.....	120

6.2.4	Rechtliche Aspekte	123
6.3	Einsatz von Elektroheizern am Großhandelsmarkt	125
6.4	Einsatz von Elektroheizern am Regelenergiemarkt.....	127
6.4.1	Grundlagen zu Regelenergie.....	127
6.4.2	Der Markt für Regelenergie	129
6.4.3	Eignung Elektroheizer für Regelenergie.....	132
6.4.4	Analyse SRL-Markt Österreich und Deutschland.....	133
6.4.5	Simulation Vermarktung Elektroheizer am SRL Markt ..	144
7	Potential von Power-to-Heat.....	157
7.1	Anzahl nutzbarer Fernwärmenetze.....	158
7.2	Stromüberschuss und zeitgleiche Fernwärmenachfrage.....	159
7.3	Nutzbare Stromüberschüsse	163
7.4	Wirtschaftlichkeit	166
7.4.1	Vollkostenrechnung und Wärmegestehungskosten	166
7.4.2	Prinzip des Bewertungsansatzes Vollkosten.....	167
7.4.3	Investitionskosten	170
7.4.4	Betriebskosten, Zinssatz, Nutzungsdauer.....	172
7.4.5	Wärmegestehungskosten Elektrokessel	172
7.5	Primärenergieeinsparung.....	175
7.6	Erhöhung Potential durch Wärmespeicher	177
7.6.1	Methodik	177
7.6.2	Zusätzlich nutzbare Stromüberschüsse	184
7.6.3	Wirtschaftlichkeit.....	187
7.7	EHK im Gesamtsystem der flexiblen KWK	195
7.8	Prämissen für Potentialberechnung.....	198
8	Zusammenfassung und Schlussfolgerung	201
9	Literaturverzeichnis.....	205
10	Anhang	215
10.1	Simulation zukünftiger Stromsysteme.....	216
10.2	Potential von Power-to-Heat	224
10.2.1	Stromüberschüsse und Fernwärmenachfrage	224
10.2.2	Erhöhung des Potentials durch Wärmespeicher	233