

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	XIII
Tabellenverzeichnis.....	XVII
Formelverzeichnis .....	XIX
Abkürzungsverzeichnis .....	XXI
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Problematik und Relevanz des Themas .....	1
1.2 Aufgabenstellung und Forschungsfrage .....	2
1.3 Methodik.....	4
<b>2 Grundlagen Power-to-Heat .....</b>	<b>7</b>
2.1 Definition und Kritik .....	7
2.2 Intelligentes Lastmanagement.....	7
2.3 Funktionsprinzip .....	9
2.4 Einsatzmöglichkeiten .....	12
2.4.1 Elektroheizer für Fernwärmennetze 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 Fernwärmennetzen .....	16
<b>3 Ausbau erneuerbarer Energien .....</b>	<b>19</b>
3.1 Historische Entwicklung .....	19
3.2 Ausbauziele.....	21
3.3 Herausforderungen und Lösungsansätze.....	22
<b>4 Simulation von Stromsystemen .....</b>	<b>25</b>
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	<b>Wärmenachfrage in Deutschland .....</b>	<b>75</b>
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	<b>Status Quo Elektroheizer in Fernwärmenetzen.....</b>	<b>109</b>
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
<b>7 Potential von Power-to-Heat.....</b>	<b>157</b>
7.1 Anzahl nutzbarer Fernwärmenetze .....	158
7.2 Stromüberschuss und zeitgleiche Fernwärmennachfrage.....	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
<b>8 Zusammenfassung und Schlussfolgerung .....</b>	<b>201</b>
<b>9 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>205</b>
<b>10 Anhang .....</b>	<b>215</b>
10.1 Simulation zukünftiger Stromsysteme .....	216
10.2 Potential von Power-to-Heat .....	224
10.2.1 Stromüberschüsse und Fernwärmennachfrage .....	224
10.2.2 Erhöhung des Potentials durch Wärmespeicher .....	233