

Inhaltsverzeichnis

Erklärung	I
Danksagung	II
Abstract	III
Kurzzusammenfassung	IV
Abkürzungsverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	XIII
1 Ausgangslage	1
1.1 Dezentrale Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien.....	1
1.2 Sektorkopplung zwischen Strom und Wärme	1
1.3 Potenziale elektrischer Wärmepumpen zum Lastmanagement	4
1.4 Stand der Technik und Forschung	5
2 Problemstellung und Zielsetzung.....	7
2.1 Problemstellung	7
2.2 Zielsetzung	8
2.3 Gliederung der Arbeit	9
3 Grundlagen	10
3.1 Begriffe und Definitionen	10
3.2 Thermische Speicher in Gebäuden.....	11
3.3 Stromerzeugung aus EE und Stromverbrauch in Wolfhagen	14
3.4 Potenzial zur Kopplung von Stromerzeugung aus EE und Wärmebereitstellung mit Wärmepumpen.....	18
3.5 Netzdienlicher Wärmepumpenbetrieb.....	19
3.5.1 Wärmegeführter Wärmepumpenbetrieb mit technischen Speichern	21
3.5.2 Netzgeführter Wärmepumpenbetrieb mit technischen Speichern.....	22
3.5.3 Netzgeführter Wärmepumpenbetrieb mit Gebäudemassen.....	23
3.6 Vorgang der zeitlichen Lastverschiebung	25
4 Bewertungsmethodik	27
4.1 Energetische Bewertung.....	27
4.2 Primärenergetische Bewertung	30
4.3 Bewertung des thermischen Raumkomforts	33
4.4 Wirtschaftliche Bewertung	35
4.5 Gesamtbewertung.....	38
5 Lastmanagement mit einer Wärmepumpe in einem Beispielgebäude.....	39
5.1 Software zur dynamischen Gebäudesimulation.....	39
5.2 Wetterdaten	40
5.3 Simulationsmodell.....	40
5.3.1 Interne Wärmegewinne.....	42
5.3.2 Trinkwarmwasserprofil.....	43
5.3.3 Wärmeübergabesysteme	44
5.3.4 Wärmepumpenanlage	45
5.3.5 Heizungsufferspeicher	47
5.3.6 Trinkwarmwasserspeicher	48
5.3.7 Lüftung.....	49
5.4 Parameterstudie für die Bewertung der netzdienlichen Betriebsführung.....	50

5.4.1	Parametervariationen	50
5.4.2	Referenzfall – Wärmegeführter Wärmepumpenbetrieb ohne Sperrzeiten	53
5.4.3	Wärmegeführter Wärmepumpenbetrieb mit Sperrzeiten	58
5.5	Netzdienlicher Wärmepumpenbetrieb.....	61
5.5.1	Energetische Bewertung bezogen auf die Endenergie	61
5.5.2	Energetische Bewertung bezogen auf die Primärenergie	65
5.5.3	Bewertung des thermischen Komforts	67
5.5.4	Wirtschaftliche Bewertung	68
5.5.5	Gesamtbewertung.....	75
6	Analyse des netzdienlichen Wärmepumpenbetriebs auf Quartiersebene	78
6.1	Problemstellung und Zielsetzung	78
6.2	Simulationsmodell.....	79
6.3	Ergebnisse.....	81
7	Zusammenfassung.....	83
8	Ausblick.....	85
9	Literaturverzeichnis.....	86
10	Anhang	94
10.1	Baukonstruktion.....	94
10.2	EXCEL-Tool nach DIN EN 1264.....	98
10.3	Simulationsmodell in TRNSYS	99