

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	xi
------------------------------	-----------

Symbolverzeichnis	xiii
--------------------------	-------------

1 Einleitung	1
1.1 Zielstellung	4
1.2 Aufbau	4
2 Hintergrund	7
2.1 Stromversorgungssystem	7
2.1.1 Entwicklung und Stand	7
2.1.2 Technische und ökonomische Grundlagen	11
2.1.3 Herausforderungen	18
2.2 Sektorenkopplung	24
2.2.1 Wärmesektor	26
2.2.2 Verkehrssektor	28
2.2.3 Herausforderungen	29
2.3 Steuerung im Stromversorgungssystem	31
2.3.1 Smart Grid	31
2.3.2 Führungssysteme	35
2.3.3 Demand Side Management	38
3 Agentenbasierte Steuerung auf Basis spieltheoretischer Methoden	43
3.1 Agenten und Multi-Agenten-Systeme	44
3.1.1 Agentenbegriff und rationale Agenten	44
3.1.2 Klassifizierung rationaler Agenten	45

3.1.3	Umwelt von Agenten	47
3.2	Optimierung mittels Spieltheorie	48
3.2.1	Potenzialspiele	51
3.2.2	Lernmechanismen für Potenzialspiele	52
3.2.3	Anwendung für sektorenkoppelnde Anlagen	56
4	Steuerungskonzept für sektorenkoppelnde Anlagen	67
4.1	Modellierung von Energiesystemen	68
4.1.1	Grundbausteine	69
4.1.2	Anwendung	72
4.2	Optimierte Steuerung	74
4.2.1	Einsatzplanung	75
4.2.2	Echtzeitbetrieb	84
4.3	Implementierung des Steuerungskonzepts	92
5	Simulation ausgewählter Fallstudien	97
5.1	Fallstudie 1: Steuerung von Blockheizkraftwerken	97
5.1.1	Modellierung des Energiesystems	98
5.1.2	Design der Einsatzplanung	109
5.1.3	Design des Echtzeitbetriebs	116
5.1.4	Ergebnisse der Simulationen	122
5.2	Fallstudie 2: Steuerung von Wärmepumpen	131
5.2.1	Modellierung des Energiesystems	132
5.2.2	Design der Einsatzplanung	136
5.2.3	Design des Echtzeitbetriebs	141
5.2.4	Ergebnisse der Simulationen	145
5.3	Fallstudie 3: Steuerung von Elektroautos	154
5.3.1	Modellierung des Energiesystems	154
5.3.2	Design der Einsatzplanung	158
5.3.3	Design des Echtzeitbetriebs	162
5.3.4	Ergebnisse der Simulationen	166

6	Schlussbetrachtung	175
6.1	Zusammenfassung	175
6.2	Fazit	178
6.3	Ausblick	184
	Literaturverzeichnis	187
	Anhang	203
A.1	Dynamische Programmierung	203
A.1.1	Dynamische Programmierung in der Einsatzplanung . .	203
A.1.2	Dynamische Programmierung im Echtzeitbetrieb	205
A.2	Beweis: Konvergenz der dezentralen Optimierung mittels GPP .	208
A.3	Bestimmung der Leistungs- und Energiereserven	210
A.3.1	Steuerung von Blockheizkraftwerken	211
A.3.2	Steuerung von Wärmepumpen	212
A.4	Detaillierte Ergebnisse: Steuerung von Blockheizkraftwerken . .	214
A.5	Detaillierte Ergebnisse: Steuerung von Wärmepumpen	218
A.6	Detaillierte Ergebnisse: Steuerung von Elektroautos	222