

Sebastian Lehnhoff

# Dezentrales vernetztes Energiemanagement

Ein Ansatz auf Basis eines verteilten  
adaptiven Realzeit-Multiagentensystems

VIEWEG+TEUBNER RESEARCH

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungen</b>	<b>XI</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>XIII</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>XV</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Zielsetzung . . . . .	3
1.3 Verwandte Arbeiten . . . . .	8
1.4 Aufbau und Gliederung der Arbeit . . . . .	13
<b>2 Das europäische Energieversorgungssystem</b>	<b>17</b>
2.1 Stand der Technik . . . . .	17
2.2 Energiewirtschaftliche Entwicklung . . . . .	30
2.3 Herausforderungen an eine verteilte Regelung dezentraler Energieumwandlungsanlagen . . . . .	34
<b>3 Verteilte Verhandlungen in einem dezentralen Agentensystem</b>	<b>37</b>
3.1 Agentenmodell . . . . .	38
3.2 Verhandlungsarchitektur . . . . .	41
3.3 Preisbildung . . . . .	45
3.4 Anpassen von Geboten und Angeboten . . . . .	49
3.5 Modellsimulationen zum Einfluss der <i>similarity</i> und der Preismengröße . . . . .	67
3.6 Kommunikation über Ticket Distributoren . . . . .	71
3.7 Komplexität und Skalierbarkeit des Verhandlungsalgorithmus . . . . .	73
<b>4 Dezentrales Netzmanagement</b>	<b>87</b>
4.1 Bedingte Konsumenten/Produzenten . . . . .	88
4.2 Peak Demand and Supply Management in DEZENT . . . . .	97
4.3 Virtuelle Konsumenten/Produzenten . . . . .	111

4.4	Komplexität und Skalierbarkeit des erweiterten Verhandlungsalgorithmus . . . . .	123
<b>5</b>	<b>Verteiltes Lernen</b>	<b>129</b>
5.1	Reinforcement Learning . . . . .	130
5.2	Kooperatives Lernen in DEZENT . . . . .	131
5.3	Modellsimulation des DECOLEARN-Algorithmus . . . . .	137
5.4	Komplexität und Skalierbarkeit von DECOLEARN . . . . .	143
<b>6</b>	<b>Experimentelle Untersuchungen</b>	<b>145</b>
6.1	Qualitätsmerkmale und Systemparameter in DEZENT . . . . .	148
6.2	Experimentelle Vorgehensweise . . . . .	149
6.3	Erzeugen einer Klasse realitätsnaher Konfigurationen . . . . .	153
6.4	Aufbau des experimentellen Beispielnetzes . . . . .	159
6.5	Experimentelle Untersuchung von DEZENT ohne Peak Management	166
6.6	Experimentelle Untersuchung von DEZENT mit Peak Management	185
6.7	Zusammenfassung der fallstudienhaften Untersuchung . . . . .	199
<b>7</b>	<b>Dezentrale Betriebsführung</b>	<b>205</b>
7.1	Leitungsüberlastungen durch veränderte Versorgungskonfigurationen . . . . .	207
7.2	Spannungsprofil in einem strahlenförmigen Netz . . . . .	210
7.3	Herkömmliche Verfahren zur Bewertung von Betriebszuständen . . . . .	213
7.4	Stable State Recognition . . . . .	216
<b>8</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>241</b>
8.1	Fazit . . . . .	241
8.2	Ausblick . . . . .	244
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>249</b>
A.1	Lastgangkurven Einzelhaushalte . . . . .	249
A.2	Lastgangkurve Photovoltaik . . . . .	252
A.3	Lastgangkurve Windkraft . . . . .	253
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>255</b>