

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen	V
1 Einleitung	1
1.1 Der deutsche Strommarkt	1
1.2 Strategisches Bietverhalten	2
1.3 Simulation von Strommärkten	3
1.3.1 Fundamentale Simulationsverfahren	4
1.3.2 Spieltheoretische Ansätze	5
1.3.3 Agentenbasierte Simulationsverfahren	6
1.4 Fragestellungen	7
1.5 Stand der Forschung	8
1.6 Ziel und Aufbau der Arbeit	10
2 Analyse der Aufgabenstellung	11
2.1 Handelsentscheidungen am Strommarkt	11
2.2 Strommärkte	13
2.2.1 Überblick	13
2.2.2 Terminmarkt	14
2.2.3 Spotmarkt	14
2.2.4 Regelleistungsmärkte	18
2.2.5 Präqualifikationsanforderungen	29

|

2.2.6	Ausgleichsenergie	31
2.2.7	Handelsabfolge	32
2.3	Marktteilnehmer	33
2.3.1	Vermarktungsportfolios	34
2.3.2	Konventionelle und nukleare thermische Kraftwerke	36
2.3.3	EE-Anlagen	41
2.3.4	Speicher	43
2.3.5	Stromnachfrage	46
2.4	Bietverhalten in Auktionen	48
2.4.1	Einheitspreisauktion am Day-Ahead-Markt	48
2.4.2	Gebotspreisauktion am Regelleistungsmarkt	52
2.5	Ableitung aus der Analyse	54
2.5.1	Modellierungsansatz	54
2.5.2	Systemischer Betrachtungsbereich	54
2.5.3	Zeitlicher Betrachtungsbereich	55
2.5.4	Zielgrößen der Simulation	55
3	Modellbildung und Verfahren	57
3.1	Simulationsverfahren	57
3.1.1	Überblick über das Simulationsverfahren	58
3.1.2	Ablauf der Gebotsermittlung	61
3.1.3	Einsatz- und Vermarktungsoptimierung von Anlagenportfolios	63
3.1.4	Preiserwartungen der Agenten	66
3.1.5	Fundamentalmodell des Spot- und Regelleistungsmarktes	68
3.2	Modellierung der Agenten	72
3.3	Modellierung der Auktionen	72
3.3.1	Regelleistungsauktionen	72
3.3.2	Day-Ahead-Auktion	74
3.4	Modellierung der Gebote für Regelleistung	75

3.4.1	Kosten für Vorhaltung und Abruf	76
3.4.2	Aggregation der kostenbasierten Teilgebote auf Gebote über ganze Produktzeiträume	88
3.4.3	Arbeitspreismarkup	90
3.4.4	Leistungspreismarkup	94
3.5	Modellierung der Gebote für die Day-Ahead-Auktion	99
3.5.1	Kostenbasierte Gebote	100
3.5.2	Preismarkup	104
4	Exemplarische Untersuchungen	107
4.1	Untersuchungsprogramm	107
4.1.1	Modellierte Agenten	108
4.1.2	Nachfrage und Must-Run in Day-Ahead-Auktion	109
4.1.3	Nachfrage und präqualifizierte Leistung in Regelleistungsauktionen	110
4.1.4	Untersuchungsvarianten	111
4.2	Day-Ahead-Auktion	113
4.2.1	Modellvergleich – Kraftwerkseinsatz aus Fundamental- und Agentenmodell	114
4.2.2	Einfluss von Bietverhalten auf Day-Ahead-Preise	116
4.3	PRL-Auktion	120
4.4	SRL-Auktion	124
4.5	MRL-Auktion	129
5	Zusammenfassung	133
6	Literaturverzeichnis	137
7	Betreute Abschlussarbeiten	153
8	Eigene Publikationen zur Thematik	157
9	Abbildungsverzeichnis	159

A Anhang	163
A.1 Historischer Verlauf der Leistungspreise für SRL getrennt nach HT und NT	163
A.2 Historische Entwicklung der gebotenen Arbeitspreise	165
A.3 Regelverfahren thermischer Kreisprozesse	168
A.4 Vereinfachtes Optimierungsproblems zur Einsatzoptimierung von Speichern	173
A.5 Am Regelleistungsmarkt modellierte Bietstrategien	176
A.6 Umlage vermiedener Startkosten thermischer Kraftwerke auf Minimalleistungsgebote	177
A.7 Umlage von Startkosten thermischer Kraftwerke auf Normalgebote	178
A.8 Aufteilung der präqualifizierten Regelleistung auf Agentenportfolios	179