

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort.....	V
Vorwort.....	VII
Inhaltsverzeichnis.....	IX
Abbildungsverzeichnis.....	XIII
Tabellenverzeichnis.....	XVII
Abkürzungsverzeichnis.....	XIX
Symbolverzeichnis.....	XXI
1 Einleitung.....	1
1.1 Gegenstand der Arbeit.....	2
1.2 Aufbau der Arbeit.....	4
2 Handel mit Strom aus erneuerbaren Energien.....	7
2.1 Überblick über den deutschen Strommarkt.....	8
2.1.1 Die Liberalisierung des Strommarktes.....	9
2.1.2 Grundlegende Elemente des Handels mit Strom.....	10
2.1.2.1 Bilanzierung von Handelsgeschäften.....	11
2.1.2.2 Ausgleich von Marktungleichgewichten mit Regelernergie.....	13
2.1.3 Grundsätze der Preisbildungsmechanismen.....	16
2.1.4 Darstellung der verschiedenen Segmente des Großhandelsmarktes.....	17
2.1.4.1 Der Terminmarkt für Strom.....	18
2.1.4.2 Der Spotmarkt für Strom.....	20
2.1.4.3 Der Intradaymarkt für Strom.....	22
2.2 Gesetzliche Förderung erneuerbarer Energien.....	23
2.2.1 Arten von erneuerbaren Energien.....	24
2.2.2 Entwicklung der gesetzlichen Förderung.....	27
2.2.3 Die Fördermechanismen im EEG 2012.....	29
2.2.3.1 Die Einspeisevergütung.....	30
2.2.3.2 Das Marktprämienmodell.....	32
2.2.3.3 Das Grünstromprivileg.....	35
2.3 Vermarktung von Strom aus erneuerbaren Energien.....	37
2.3.1 Vermarktung bei Einspeisevergütung und Marktprämienmodell.....	38
2.3.1.1 Vermarktung durch den ÜNB.....	38

2.3.1.2 Anreize bei der Vermarktung für den ÜNB.....	41
2.3.1.3 Direktvermarktung nach dem Marktprämienmodell.....	43
2.3.2 Vermarktung von Ökostrom im Rahmen des Grünstromprivilegs.....	44
2.3.3 Auswirkungen der Vermarktung auf den Großhandelsmarkt.....	47
2.3.3.1 Auswirkungen auf den Spotmarkt.....	48
2.3.3.2 Auswirkungen auf den Intradaymarkt.....	50
2.3.3.3 Auswirkungen auf die Ausgleichsenergiepreise.....	53
2.3.4 Bedeutung von Prognosen für die Vermarktungserlöse.....	54
3 Prognose der Stromerzeugung aus fluktuierenden Energiequellen.....	59
3.1 Zusammenhang von Wetter und Erzeugung am Beispiel Windkraft.....	60
3.1.1 Grundlagen der Entstehung von Wind.....	61
3.1.2 Von der Windenergie zur elektrischen Energie.....	65
3.1.3 Verlauf der Windstromerzeugungsleistung.....	68
3.2 Wettervorhersage mit numerischen Modellen.....	70
3.2.1 Grundzüge der Wettermodellierung.....	71
3.2.2 Unterschiedliche Modellansätze.....	74
3.3 Verfahren der Leistungsprognose.....	77
3.3.1 Grundzüge von Leistungsprognoseverfahren.....	78
3.3.1.1 Prognosehorizont und zeitliche Auflösung.....	78
3.3.1.2 Messung der Prognosequalität.....	80
3.3.1.3 Referenzverfahren.....	84
3.3.2 Überblick über verschiedene Verfahrensansätze.....	86
3.3.2.1 Zeitreihenverfahren.....	87
3.3.2.2 Fundamental-physikalische Verfahren.....	89
3.3.2.3 Statistische Verfahren mit numerischen Wettervorhersagen.....	91
3.3.2.4 Verknüpfung unterschiedlicher Ansätze.....	93
3.3.3 Großräumige Prognose.....	93
4 Kombination von Prognosen.....	97
4.1 Grundzüge der Kombination von Prognosen.....	98
4.1.1 Theoretische Grundlagen.....	99
4.1.2 Grundmodell zur Kombination von Prognosen.....	101
4.1.3 Ausgestaltung der Verlustfunktion.....	103

4.1.4 Auswahl der zu kombinierenden Prognosen.....	104
4.2 Verfahren zur Kombination von Punktprognosen.....	105
4.2.1 Varianz-Kovarianz-Verfahren.....	106
4.2.1.1 Theoretische Betrachtung.....	106
4.2.1.2 Parameterschätzung.....	110
4.2.2 Regressionsverfahren zur Kombination von Prognosen.....	111
4.2.2.1 Interpretation der Prognosekombination als Regression.....	112
4.2.2.2 Varianten zur Schätzung der Regressionskoeffizienten.....	115
4.2.2.3 Zeitliche Variation der Gewichtungsfaktoren.....	118
4.2.3 Ungewogene Kombination.....	123
4.2.4 Überblick über weitere Verfahren.....	124
4.2.5 Wesentliche Ergebnisse empirischer Studien.....	127
4.3 Kombination von Leistungsprognosen.....	129
4.3.1 Grundlagen der Kombination von Leistungsprognosen.....	130
4.3.2 Vorstellung ausgewählter empirischer Studien.....	131
4.4 Kombination von probabilistischen Prognosen.....	133
5 Ein Verfahren zur Kombination von Leistungsprognosen beim Stromhandel.....	137
5.1 Vorstellung und Analyse der verwendeten empirischen Daten.....	138
5.1.1 Zeitreihe der Stromerzeugungsleistung.....	139
5.1.2 Zeitreihen der Einzelprognosen.....	141
5.1.2.1 Datenaufbereitung und Überblick.....	142
5.1.2.2 BIAS der Einzelprognosen.....	145
5.1.2.3 RMSE der Einzelprognosen.....	147
5.1.2.4 Volatilität der Einzelprognosen.....	149
5.2 Entwicklung des Kombinationsverfahrens.....	151
5.2.1 Empirische Prognoseleistung dargestellter Verfahren.....	153
5.2.1.1 Verfahren mit zeitkonstantem Gewichtungsvektor.....	154
5.2.1.2 Verfahren mit zeitvariablem Gewichtungsvektor.....	159
5.2.2 Berücksichtigung von Echtzeitwerten.....	164
5.2.2.1 Autoregression der Einzelprognosefehler.....	165
5.2.2.2 Ansatz zur Kombination mit Echtzeitwerten.....	168
5.2.2.3 Empirische Ergebnisse verschiedener Verfahren.....	170

5.2.3 Berücksichtigung der Kosten von Prognoseschwankungen.....	173
5.2.3.1 Modellierung einer Verlustfunktion.....	173
5.2.3.2 Bewertung dargestellter Prognosen und Verfahren.....	178
5.2.3.3 Empirische Ergebnisse verschiedener Verfahren.....	180
5.2.4 Finale Kombination der kombinierten Prognosen.....	185
5.3 Fallstudie zur Photovoltaik-Leistungsprognose.....	189
6 Schlussbetrachtung.....	197
6.1 Zusammenfassung.....	197
6.2 Ausblick.....	201
Literaturverzeichnis.....	203