

Timo Jurado Ramírez

Aus der Reihe: e-fellows.net stipendiaten-wissen

e-fellows.net (Hrsg.)

Band 1095

Auswirkungen des Windenergieausbaus in der Nordsee-Region auf den grenzüberschreitenden Stromhandel

Masterarbeit

BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei www.GRIN.com hochladen
und kostenlos publizieren



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Impressum:

Copyright © 2013 GRIN Verlag
ISBN: 9783656880486

Dieses Buch bei GRIN:

<https://www.grin.com/document/287583>

Timo Jurado Ramírez

Aus der Reihe: e-fellows.net stipendiaten-wissen

e-fellows.net (Hrsg.)

Band 1095

Auswirkungen des Windenergieausbaus in der Nordsee-Region auf den grenzüberschreitenden Stromhandel

GRIN - Your knowledge has value

Der GRIN Verlag publiziert seit 1998 wissenschaftliche Arbeiten von Studenten, Hochschullehrern und anderen Akademikern als eBook und gedrucktes Buch. Die Verlagswebsite www.grin.com ist die ideale Plattform zur Veröffentlichung von Hausarbeiten, Abschlussarbeiten, wissenschaftlichen Aufsätzen, Dissertationen und Fachbüchern.

Besuchen Sie uns im Internet:

<http://www.grin.com/>

<http://www.facebook.com/grincom>

http://www.twitter.com/grin_com

Masterarbeit

**Auswirkungen des Windenergieausbaus
in der Nordsee-Region
auf den grenzüberschreitenden Stromhandel**

verfasst von

Timo F. Jurado Ramirez

eingereicht an der

Hochschule Bremerhaven

München, Dezember 2013

Kurzfassung

In der vorliegenden Masterarbeit werden die Zusammenhänge und die Auswirkungen der Windstromeinspeisung in der Nordsee-Region auf den grenzüberschreitenden Day-Ahead Stromhandel untersucht. Dabei umfasst die im Rahmen dieser Arbeit betrachtete Nordsee-Region die Länder Belgien, Deutschland, Frankreich, Niederlande, Großbritannien, Irland, Norwegen und Schweden. Auf Basis realer Zeitreihen aus dem Jahr 2012 werden anhand von Korrelationsanalysen die Zusammenhänge zwischen der Windstromeinspeisung und den grenzüberschreitenden Austauschfahrplänen (CBS), den maximal handelbaren Übertragungskapazitäten (NTC) und den Börsenstrompreisen untersucht. Weiterhin wird ein vereinfachtes Strommarktmodell erstellt, um Stromhandelstendenzen für das Szenariojahr 2020 unter der Berücksichtigung eines zunehmenden Windenergieausbaus abschätzen zu können. Auf Basis der Szenariorechnungen wird anhand der Austauschfahrpläne und gemittelter Grenzauslastungen gezeigt, wie sich der grenzüberschreitende Stromhandel im Jahr 2020 darstellen könnte und welche Veränderungen sich zum Referenzjahr 2012 einstellen.

Schlagwörter: Windenergieausbau, Marktintegration von Windenergie, Strommarktkopplung, grenzüberschreitender Stromhandel

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als Masterand an der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) in München im Rahmen des von dem BMWi geförderten Projektes „Merit Order der Energiespeicher im Jahr 2030“.

Bei meinen Betreuern, Herrn Dipl.-Phys. C. Pellingner von der FfE und Herrn Prof. Dr. rer. nat. H. Hinrichs sowie Herrn Prof. Dipl.-Ing. Henry Seifert von der Hochschule Bremerhaven, möchte ich mich für die kompetente Unterstützung und die Betreuung meiner Arbeit recht herzlich bedanken.

Den Mitarbeitern der FfE danke ich für die bereichernden Gespräche und Anregungen. Ganz herzlich bedanke ich mich bei den zwei Studenten der FfE L. Reyes und M. Waltenberger für die fruchtbaren Diskussionen und Anregungen, die zum Erfolg dieser Abschlussarbeit beigetragen haben.

Weiterhin danke ich meinen Freunden Nathalie Wandelt und Adrian Schips für das Korrekturlesen der Arbeit.

Mein ganz besonderer Dank gilt abschließend meinen Eltern, die mich während des gesamten Studiums nicht nur finanziell unterstützt haben, sondern auch in schwierigen Zeiten immer für mich da waren.

München, Dezember 2013

Timo F. Jurado Ramirez

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis	v
Nomenklatur	vi
1 Einleitung	1
1.1 Zielsetzung der Arbeit	4
1.2 Stand der Forschung und Abgrenzung zu anderen Arbeiten	4
1.3 Aufbau der Arbeit	6
2 Datenerhebung und -aufbereitung	7
3 Grundlagen des europäischen Stromhandels	9
3.1 Struktur des europäischen Verbundnetzes unter dem Dach der ENTSO-E	9
3.2 Meilensteine und Status quo des europäischen Strombinnenmarkts . . .	11
3.3 Strommärkte und deren Marktkopplung	13
3.4 Strompreisbildung und der Merit-Order-Effekt	17
3.5 Physikalische Flüsse und handelbare Übertragungskapazitäten	19
4 Die Nordsee-Region	21
4.1 Geografische Übersicht	21
4.2 Charakteristika der Lastgänge	22
4.3 Charakteristika der Strommärkte und der Börsenstrompreise	24
4.4 Windenergieausbau	27
4.4.1 Status quo 2012	27
4.4.2 Ausbauszenarien für 2020	30
4.5 Netzinfrastuktur	32
4.5.1 Übertragungskapazitäten Stand 2012	32
4.5.2 Geplanter Netzausbau bis 2020	35
5 Grenzüberschreitender Stromhandel in der Nordseeregion im Jahr 2012	36
5.1 Auslastung der Interkonnektoren	36
5.2 Zusammenhang zwischen der Grenzauslastung und der Börsenstrompreise	38

5.3	Korrelationsanalyse zwischen den prognostizierten Windeinspeisungen und ausgewählten Größen	40
5.3.1	Zusammenhang zwischen der Windeinspeisung und CBS	40
5.3.2	Zusammenhang zwischen der Windeinspeisung und NTC	43
5.3.3	Zusammenhang zwischen der Windeinspeisung und Strompreisen	44
5.4	Zwischenfazit	47
6	Abbildung des Strommarktes in einem Optimierungsmodell	48
6.1	Einführung in die Optimierung und allgemeine mathematische Formulierung	48
6.2	Modellbeschreibung und -funktionsweise	50
6.3	Spezifische Formulierung des Strommarktmodells als quadratisches Problem	52
6.3.1	Erstellung und Implementierung der Kostenfunktion	52
6.3.2	Gleichungssystem zur Deckung der Last	54
6.3.3	Matrixstruktur des Optimierungsproblems	56
6.4	Annahmen und Vereinfachungen des formulierten Strommarktmodells	57
6.5	Verifizierung und Validierung des Strommarktmodells	58
6.5.1	Testmodell mit vier Beispielregionen	58
6.5.2	Validierung anhand historischer Daten für das Jahr 2012	60
7	Szenariorechnungen für das Jahr 2020	64
7.1	Modelleingangsdaten für die Szenariorechnungen	64
7.1.1	Kostenfunktionen der konventionellen Kraftwerke	65
7.1.2	Einspeisung der erneuerbaren Kraftwerke	66
7.1.3	Stromverbrauch und Lastgänge	66
7.1.4	Übertragungskapazitäten der Grenzkuppelstellen und Netzausbau	67
7.2	Auswertung der Modellergebnisse	67
7.2.1	Szenario EU2020 Wind	68
7.2.2	Szenario EU2020 W/N	71
8	Zusammenfassung und Ausblick	73
	Literaturverzeichnis	76
	Anhang	79
A	Übersicht der Datenquellen	81
B	Streudiagramme aus Windeinspeisung und Exportsaldo	83
C	Statistische Auswertungen zur Auslastung der Grenzkuppelstellen	85
D	Stromhandelsbilanzen je Region	87
E	Grenzscharfe Import- und Exportfahrplänen sowie deren Bilanz	88

Abbildungsverzeichnis

1.1	Häufigkeitsverteilung der Windgradienten	3
1.2	Aggregierte Jahresdauerlinie der Windeinspeisung	3
2.1	Datentypen und Datenstruktur der aufbereiteten Zeitreihen.	8
3.1	Europäisches Verbundnetz und regionale Gruppen der ENTSO-E	10
3.2	Formen und Märkte des Elektrizitäts-Großhandels	13
3.3	Liquidität verschiedener Strombörsen	14
3.4	Entwicklung der Strommarktkopplung in Europa	16
3.5	Schematische Darstellung der Strompreisbildung	18
3.6	Schematische Darstellung des Merit-Order-Effekts.	18
4.1	Geografische Ausdehnung des Untersuchungsgebiets Nordsee-Region. . .	22
4.2	Jahreslastgänge als gleitender Mittelwert	23
4.3	Börsenstrompreise als gleitender Mittelwert	26
4.4	Installierte Windleistungen und erzeugte Energiemengen im Jahr 2012 .	28
4.5	Windstromeinspeisung als gleitender Mittelwert	29
4.6	Jahresdauerlinien der Windstromeinspeisung	29
4.7	Verlauf der Import- und Exportfahrpläne sowie der Windprognose für DE	30
4.8	Prognostizierte installierte Windleistungen 2020	32
4.9	Topologie der Interkonnektoren in der Nordsee-Region	33
5.1	Jahresdauerlinie der NTC Auslastung der Grenze DE-DKW	37
5.2	Jahresdauerlinie der NTC Auslastung der Grenze	37
5.3	Zeitdauer in Stunden für ausgewählte Auslastungen der Grenzkuppelstellen	37
5.4	Preisdifferenzen über NTC Auslastung an der Grenze DE-DKW.	39
5.5	Preisdifferenzen über NTC Auslastung an der Grenze DE-FR.	39
5.6	Streudiagramm aus Windprognose und Importfahrplänen für DE	41
5.7	Streudiagramm aus Windprognose und Exportfahrplänen für DE	41
5.8	Streudiagramm aus Windprognose und Exportsaldo für DE	42
5.9	Streudiagramm aus Windprognose und Exportsaldo für DKW	42
5.10	Streudiagramm aus Windprognose und Importkapazitäten für DE	44
5.11	Streudiagramm aus Windprognose und Exportkapazitäten für DE	44
5.12	Streudiagramm aus Börsenstrompreise und der Netzlast und Windprognosen	45
5.13	Streudiagramm aus Windprognosen und Day-Ahead Börsenstrompreise	45