

MA-Thesis / Master

Mariana Klaudt

Strom in Deutschland

**Ist die erzeugungsseitige Versorgungssicherheit
bis zum Jahr 2022 gewährleistet?**

Mariana Klaudt

Strom in Deutschland - Ist die erzeugungsseitige Versorgungssicherheit bis zum Jahr 2022 gewährleistet?

Originaltitel der Abschlussarbeit: Entwicklung der erzeugungsseitigen Versorgungssicherheit im deutschen Strommarkt bis 2022

ISBN: 978-3-86341-733-8

Herstellung Bachelor + Master Publishing, ein Imprint der Diplomica® Verlag GmbH, Hamburg, 2012

Zugl. Technische Universität Berlin, Berlin, Deutschland, MA-Thesis / Master, 2011

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

© Bachelor + Master Publishing, ein Imprint der Diplomica® Verlag GmbH, Hamburg, 2012

<http://www.diplom.de>, Hamburg 2012

Printed in Germany

Abstract

Die gesicherte Versorgung mit Elektrizität gehört zu den bedeutendsten Voraussetzungen für Wirtschaftswachstum, Wertschöpfung und eine hohe Lebensqualität. In der Vergangenheit zeichnete sich Deutschland durch eine hohe Versorgungssicherheit aus. Besonders der Rückgang der Kraftwerkskapazitäten durch den Kernenergieausstieg bis 2022 und der geplante Ausbau der erneuerbaren Energien stellen große Herausforderungen für die zukünftige Versorgungssicherheit dar. Die Arbeit beantwortet die Frage, ob die erzeugungsseitige Versorgungssicherheit bis zum Jahr 2022 gewährleistet ist. Die erzeugungsseitige Versorgungssicherheit muss sicherstellen, dass die gesicherte Erzeugungsleistung jederzeit größer ist als die Jahreshöchstlast. Die Entwicklung der gesicherten Erzeugungsleistung wird durch die Addition des Zubaus fossiler Kraftwerken und erneuerbarer Energien sowie der Subtraktion der zukünftig abgeschalteten Kraftwerke ermittelt. Durch den verstärkten Abbau nuklearer Kraftwerkskapazitäten sinkt die gesicherte Leistung besonders stark in den Jahren 2021 und 2022. Die erneuerbaren Energien können zukünftig trotz des starken Ausbaus von Windkraftanlagen und Photovoltaik aufgrund der meteorologischen Abhängigkeiten nur ein Viertel des Zubaus an gesicherten Kapazitäten beitragen. Die Gegenüberstellung der gesicherten Leistung mit der Jahreshöchstlast gibt in vier Szenarien¹ Auskunft über die Entwicklung der erzeugungsseitigen Versorgungssicherheit. Rechnerisch reicht die gesicherte Kraftwerksleistung Deutschlands in drei der vier Szenarien aus, um die Jahreshöchstlast in den Jahren 2011 bis 2022 zu decken. Allein Szenario 1 kann in den Jahren 2021 und 2022 die Versorgungssicherheit nicht gewährleisten. Aus dem Ergebnis der Analyse lassen sich mehrere Ansätze ableiten, die zu einer zusätzlichen Erhöhung der Versorgungssicherheit führen können. Diese bestehen vor allem darin, den Anteil der gesicherten Leistung bei erneuerbaren Energien zu erhöhen (z.B. durch Speicher, virtuelle Kraftwerke), die Jahreshöchstlast abzusenken und neue Investitionsanreize für Kraftwerksneubau zu generieren.

¹ Szenario 1: konstante Last und konservativer Zubau; Szenario 2: konstante Last und progressiver Zubau; Szenario 3: sinkende Last und konservativer Zubau; Szenario 4: sinkende Last und progressiver Zubau;

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	
Tabellenverzeichnis	
Abkürzungsverzeichnis	
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Methodik und Aufbau	2
2 Grundlagen der deutschen Stromerzeugung.....	3
2.1 Technologien der Stromerzeugung.....	3
2.2 Marktstruktur	7
2.2.1 Eigenschaften der Ware Strom.....	7
2.2.2 Marktteilnehmer	8
2.2.3 Ökonomische Bedingungen	10
2.2.4 Ökologische Anforderungen	12
2.3 Politisch-rechtliche Rahmenbedingungen.....	14
2.3.1 Europäische Rahmenbedingungen.....	14
2.3.2 Nationale Rahmenbedingungen	15
2.3.3 Energiepolitisches Zieldreieck	18
2.4 Zusammenfassung	19
3 Gewährleistung der Versorgungssicherheit.....	20
3.1 Versorgungssicherheit entlang der Wertschöpfungsstufen	20
3.2 Gesetzliche Grundlagen und Verantwortlichkeiten	21
3.3 Marktdesigns zur Erhöhung der Versorgungssicherheit	23
3.3.1 Status quo in Deutschland: Regelenenergiemarkt.....	23
3.3.2 Wandel der Randbedingungen	24
3.3.3 Weiterentwicklung des Marktdesigns.....	25
3.3.4 Internationale Erfahrungen	26
3.4 Zusammenfassung	27
4 Entwicklung der gesicherten Kapazitäten bis 2022	28
4.1 Vorgehensweise	28
4.2 Gesicherte Kapazitäten bestehender fossiler und nuklearer Kraftwerke	29
4.3 Gesicherte Kapazitäten durch geplante fossile Kraftwerke	31
4.3.1 Konservatives Zubauszenario.....	34
4.3.2 Progressives Zubauszenario	35
4.4 Gesicherte Kapazitäten bestehender erneuerbarer Energien	36
4.5 Gesicherte Kapazitäten durch geplante erneuerbare Energien.....	37

4.5.1	Sterbelinie bestehender konventioneller Kraftwerke.....	40
4.6	Zusammenfassung und Bewertung	44
5	Entwicklung der erzeugungs. Versorgungssicherheit.....	46
5.1	Vorgehensweise	46
5.2	Entwicklung der Last.....	47
5.3	Kennzahlen zur Bewertung der Versorgungssicherheit.....	50
5.4	Zusammenfassung und Bewertung	52
6	Instrumente zur Erhöhung der Versorgungssicherheit	53
6.1	Erhöhung der gesicherten Leistung an erneuerbaren Energien	53
6.1.1	Speichertechnologien	53
6.1.2	Virtuelle Kraftwerke.....	55
6.2	Absenkung der Jahreshöchstlast.....	56
6.2.1	Erhöhung der Energieeffizienz.....	56
6.2.2	Lastmanagement	57
6.3	Investitionsanreize für Kraftwerksneubau	58
6.4	Zusammenfassung	59
7	Fazit	59
7.1	Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse	60
7.2	Ausblick.....	62
8	Literaturverzeichnis.....	64
9	Anhang: Zubau an Leistung nach Kraftwerken.....	70

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kraftwerkskapazität und Nettostromerzeugung in Deutschland	3
Abbildung 2: Einteilung der Lastprofile	4
Abbildung 3: Marktteilnehmer entlang der Wertschöpfungsstufen	8
Abbildung 4: Unternehmen auf dem deutschen Markt für Stromerzeugung 2009.....	9
Abbildung 5: Übertragungsnetzbetreiber in Deutschland	10
Abbildung 6: Merit Order in Deutschland	12
Abbildung 7: Spezifische CO ₂ -Emissionen der Stromerzeugungstechnologien	13
Abbildung 8: Versorgungssicherheit entlang der Wertschöpfungsstufen	20
Abbildung 9: Ermittlung der gesicherten Kraftwerkskapazität	21
Abbildung 10: Länder mit Kapazitätsmärkten	26
Abbildung 11: Konservatives Zubauszenario der summierten gesicherter Leistung	35
Abbildung 12: Progressives Zubauszenario der summierten gesicherter Leistung	36
Abbildung 13: Zubau der gesicherten Leistung (erneuerbare Energien).....	40
Abbildung 14: Entwicklung der Sterbelinie bis 2022.....	43
Abbildung 15: Entwicklung der gesicherten Kapazitäten bis 2022	45
Abbildung 16: Methodik zur Ermittlung der erzeugungs. Versorgungssicherheit	46
Abbildung 17: Entwicklung der Stromnachfrage in Deutschland	48
Abbildung 18: Entwicklung der Jahreshöchstlast	49
Abbildung 19: Kennzahlen zur Bewertung der erzeugungs. Versorgungssicherheit....	51

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einsatzbereiche von Kraftwerken	5
Tabelle 2: Typischer Anteil der gesicherten Leistung von Kraftwerken	29
Tabelle 3: Installierte und gesicherte Kraftwerkskapazitäten (fossil, nuklear)	30
Tabelle 4: Kraftwerksprojekte in Bau oder bereits genehmigt bis 2022.....	33
Tabelle 5: Kraftwerksprojekte im Genehmigungsverfahren bis 2022	34
Tabelle 6: Kraftwerksprojekte geplant 2016 bis 2022.....	35
Tabelle 7: Typischer Anteil der gesicherten Leistung erneuerbarer Energien.....	37
Tabelle 8: Installierte und gesicherte Kraftwerkskapazitäten (erneuerbare Energien) .	37
Tabelle 9:Zubau der inst. Leistung erneuerbarer Energien bis 2022 (kumuliert).....	39
Tabelle 10:Zubau der gesichrt. Leistung erneuerbarer Energien bis 2022 (kumuliert).	39
Tabelle 11: Typische Kraftwerksnutzungsdauer.....	41
Tabelle 12: Sterbelinie fossiler Kraftwerke (installierte Leistung)	41
Tabelle 13: Sterbelinie fossiler Kraftwerke (gesicherte Leistung).....	42

Tabelle 14: Stilllegungszeitpunkte bestehender Kernkraftwerke	43
Tabelle 15: Überblick über die Entwicklung der gesicherten Kapazitäten bis 2022	44
Tabelle 16: Entwicklung der Stromnachfrage und der Jahreshöchstlast.....	49
Tabelle 17: Kennzahlen zur Bewertung der erzeugungs. Versorgungssicherheit	51

Abkürzungsverzeichnis

a	annum
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DIN	Deutsche Industrienorm
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EU	Europäische Union
ENTSO-E	European Network of Transmission System Operators Electricity
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EVU	Energieversorgungsunternehmen
GuD	Gas- und Dampfkraftwerk
GW	Gigawatt
h	Stunde
i.d.R	in der Regel
ISO	Internationale Organisation für Standardisierung
MW	Megawatt
NREAP	nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energien
§	Paragraph

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Das deutsche Energiewirtschaftsgesetz fordert in §1 eine „[...] möglichst sichere, preisgünstige, verbraucherfreundliche, effiziente und umweltverträgliche leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit Elektrizität und Gas“.² Die gesicherte Versorgung mit Elektrizität ist eine der bedeutendsten Voraussetzungen für Wirtschaftswachstum und Wertschöpfung in einer Volkswirtschaft und beeinflusst die Lebensqualität aller Verbraucher entscheidend. Deutschland zeichnete sich in der Vergangenheit, unter anderem bedingt durch die monopolistisch gewachsenen Strukturen, durch Überkapazitäten und ein hohes Maß an Versorgungssicherheit aus.³

Derzeit steht Deutschland vor einem grundlegenden Umbau der Energieversorgung. Die Reaktorkatastrophe in Fukushima führte zu einer Neubewertung der zukünftigen Nutzung von Kernenergie in Deutschland. Die deutsche Bundesregierung hat im Juni 2011 Grundlagen für die zukünftige Energiepolitik beschlossen. Dazu gehören vor allem der Kernenergieausstieg bis zum Jahr 2022 sowie ein schnellerer Ausbau von erneuerbaren Energien. Bis 2020 soll der Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch mindestens 35% betragen, bis 2030 werden 50% angestrebt, und bis 2050 sollen 80% erreicht werden.⁴

Neben dem Rückgang der Kraftwerkskapazitäten durch den Kernenergieausstieg stellt der Ausbau der erneuerbaren Energien eine besondere Herausforderung für die zukünftige Versorgungssicherheit dar. Erneuerbare Energien, insbesondere Wind- und Solarenergie, sind aufgrund ihrer meteorologischen Abhängigkeiten unbeständig. Aus Gründen der Versorgungssicherheit muss jedoch gewährleistet sein, dass die Stromnachfrage zu jedem Zeitpunkt gedeckt werden kann.⁵ Dazu müssen zu jeder Zeit ausreichende und angemessene Kapazitäten für die Stromerzeugung und Stromverteilung zur Verfügung stehen.⁶

Will Deutschland das hohe Niveau der Versorgungssicherheit beibehalten, so muss der Kraftwerkspark unter Berücksichtigung des Ausbaus von erneuerbaren Energien sowie

² EnWG (2011), §1

³ Vgl. BMWi (2008), S. II

⁴ Vgl. EEG-Erfahrungsbericht, 2011

⁵ Vgl. BMWi, (2011), S.9

⁶ Vgl. BMWi (Mai 2011)