

Florian Witzler

## **Strategien einer dezentralen Energieversorgung auf Basis regenerativer Energiequellen**

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

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.

Copyright © 2008 Diplomica Verlag GmbH  
ISBN: 9783842814042

**Florian Witzler**

**Strategien einer dezentralen Energieversorgung auf  
Basis regenerativer Energiequellen**



Florian Witzler

## **Strategien einer dezentralen Energieversorgung auf Basis regenerativer Energiequellen**

Florian Witzler

**Strategien einer dezentralen Energieversorgung auf Basis regenerativer Energiequellen**

ISBN: 978-3-8428-1404-2

Herstellung: Diplomica® Verlag GmbH, Hamburg, 2011

Zugl. Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg, Nürnberg, Deutschland,

Diplomarbeit, 2008

---

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 der Verlag, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

© Diplomica Verlag GmbH

<http://www.diplomica.de>, Hamburg 2011

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>Umrechnungseinheiten</b>	<b>IX</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Erläuterung zur Vorgehensweise der Analyse	1
1.2. Nachfrage nach Energie - Der Energieverbrauch in Deutschland und der Welt	2
<b>2. Struktur des derzeitigen Systems der Energieversorgung in Deutschland</b>	<b>3</b>
2.1. Entwicklung des Systems der zentralistisch organisierten Energieversorgung	3
2.1.1. Anfänge der Kraftwerkskapazität und des Netzausbaus	3
2.1.2. Politische Weichenstellungen	5
2.2. Wirtschaftliche Gesichtspunkte / Kennzeichnung zentralisierter Energieversorgung	7
2.2.1. Ausprägungen der Liberalisierung des Energiemarktes	7
2.2.2. Anbieter, Mengen, Preise und Umsätze in der Energieversorgung	9
2.3. Supply Chain der zentralisierten Energieversorgung	13
<b>3. Wegweiser einer Energiewende</b>	<b>17</b>
3.1. Globale Einflussfaktoren auf die Struktur der Energieversorgung	17
3.1.1. Exogen herbeigeführter Klimawandel	17
3.1.2. Politische Krisen und ethische Verantwortung	20
3.1.3. Ressourcenknappheit	21
3.2. Globale und regionale Auswirkungen zentraler Strukturen der Energieversorgung	21
3.2.1. Beispiele für Umweltverschmutzung und ihre Folgen	21
3.2.2. Ursachen für ungenutzte regionale Potentiale der Energiegewinnung	23
3.3. Wandel im Zielsystem der Energieversorgung	23
3.3.1. Sicherheit der Energieversorgung	23
3.3.2. Preisgünstigkeit der Energieversorgung	24
3.3.3. Verbraucherfreundlichkeit der Energieversorgung	25
3.3.4. Effizienz der Energieversorgung	26
	<b>I</b>

3.3.5. Umweltverträglichkeit der Energieversorgung	28
3.4. Prognosen der Zukünftigen Energiesituation	29
<b>4. Strategien zur Umsetzung einer dezentral organisierten Energieversorgung</b>	<b>32</b>
4.1. Grundlegende Strukturverhältnisse einer dezentralen Energieversorgung	32
4.2. Wichtige Wirtschaftspolitische Maßnahmen: Ziele, Umsetzung und Folgen	33
4.2.1. Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	33
4.2.2. Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG)	36
4.2.3. Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG)	37
4.2.4. Kraftwerks-Netzanschlussverordnung (KraftNAV)	39
4.3. Nutzung regionaler Potentiale der Energiegewinnung	39
4.4. Volkswirtschaftliche Substitutionsbewegungen	41
4.4.1. Stärkung regionaler Strukturen und Versorgungssysteme	41
4.4.2. Substitution von Boden durch Arbeit und Kapital	45
<b>5. Bedingungen einer Struktur dezentraler Energieversorgung</b>	<b>46</b>
5.1. Technische Dimensionen der dezentralen Energiegewinnung unter Wirtschaftlichen Gesichtspunkten	46
5.1.1. Erneuerbare Energien	47
5.1.1.1. Bioenergie	47
5.1.1.1.1. Feste Biomasse	47
5.1.1.1.2. Biogas	49
5.1.1.1.3. Biogene Kraftstoffe	51
5.1.1.2. Windenergie	51
5.1.1.3. Solarenergie	52
5.1.1.3.1. Solarthermie	52
5.1.1.3.2. Photovoltaik	53
5.1.1.4. Wasserkraft	54
5.1.1.5. Geothermie	55
5.1.2. Kraft-Wärme-Kopplung	57
5.1.2.1. Blockheizkraftwerk	57
5.1.2.2. Brennstoffzelle und Wasserstoff	59
5.1.3. Speichertechnologien	60
5.2. Nutzung von Informationstechnologie zur regionalen Organisation von Angebot und Nachfrage nach Energie	62
5.2.1. Virtuelles Kraftwerk	62

5.2.2. Lastmanagement mit Hilfe eines bidirektionalem Energiemanagement Interface (BEMI)	63
<b>6. Fazit</b>	<b>65</b>
<b>7. Anhang</b>	<b>66</b>
7.1. Schema der deutschen Energiebilanz	66
7.2. Der deutsche Kraftwerkspark ab 100 MW Leistung sowie das deutschen Höchstspannungsnetzes im Jahr 2008	67
7.3. Strom und Brennstoffverbrauch pro Bezugseinheit nach Anwendungszwecken	68
7.4. Neuerungen im EEG ab 01.01.2009	69
7.5. Energetische Verwendungsarten von Biomasse	71
7.6. Übersicht der Brennstoffzellentypen	72
<b>8. Literaturverzeichnis</b>	<b>73</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1: Energieproduktivität und Wirtschaftswachstum in Deutschland	3
Abb. 2-1: Struktur der deutschen Stromversorgungsunternehmen	10
Abb. 2-2: Netto-Kraftwerksleistung nach Energieträgern	10
Abb. 2-3: Preisentwicklung wichtiger Energieträger	11
Abb. 2-4: Zusammensetzung der Strom- und Gaspreise für Haushaltskunden	12
Abb. 2-5: Wirtschaftliche Entwicklung der Stromversorger	13
Abb. 2-6: Herkunftsländer und Verbrauchsmengen wichtiger Energierohstoffe	14
Abb. 2-7: Reichweite wichtiger Energieträger	14
Abb. 2-8: Entwicklung des spezifischen Brennstoffeinsatzes und des Gesamtnutzungsgrades der Stromerzeugung in Deutschland	15
Abb. 2-9: Struktur des Energieverbrauchs (in PJ)	16
Abb. 2-10: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern (in PJ)	16
Abb. 3-1: Konkurrierende Einflussfaktoren der Klimavariabilität	18
Abb. 3-2: Klimaänderung - ein ganzheitliches System	19
Abb. 3-3: Durchschnittliche Preise ausgewählter, teilweise potentieller Energieerzeugung	24
Abb. 3-4: Kosteneinteilung bei Energieumwandlungsanlagen	25
Abb. 3-5: Langfristig realisierbares Nutzungspotenzial Erneuerbarer Energien in Deutschland	31
Abb. 4-1: Struktur einer dezentralen Energieversorgung auf Basis regenerativer Energiequellen	32
Abb. 4-2: Förderungen nach dem EEG auf Basis von Zahlen aus 2004	34
Abb. 4-3: Durchschnittliche Auswirkung der EEG-Umlage auf ausgewählte Stromverbrauchergruppen im Jahr 2005	34
Abb. 4-4: Vorgehensweise zur Potentialbewertung	40
Abb. 4-5: Quellen erneuerbarer Energien	41
Abb. 4-6: Akteursanalyse zum regionalen Strukturaufbau	43
Abb. 4-7: Stärken kommunaler Unternehmen	45
Abb. 5-1: Holzpellet-Preisentwicklung auf Monatsbasis für die Jahre 2004-2008	48
Abb. 5-2: Einsatzmöglichkeiten von Biomasse nach Anlagendimension	49
Abb. 5-3: Ausgewählte Kraft-Wärme-Kopplungssysteme mit möglichen Energieträgern	57
Abb. 5-4: Technologien zur Speicherung elektrischer Energie	61