

**Taner Sahin**

# Ökonomische Implikationen der Deckung des Regelenergiebedarfs in Deutschland

**Diplomarbeit**

## **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 © 2004 Diplomica Verlag GmbH  
ISBN: 9783832484576

**Taner Sahin**

# **Ökonomische Implikationen der Deckung des Regelenergiebedarfs in Deutschland**



---

Taner Sahin

# Ökonomische Implikationen der Deckung des Regelenergiebedarfs in Deutschland

Diplomarbeit  
Universität Duisburg-Essen, Standort Essen  
Fachbereich Wirtschaftswissenschaften  
Abgabe August 2004



***Diplom.de***

Diplomica GmbH \_\_\_\_\_  
Hermannstal 119k \_\_\_\_\_  
22119 Hamburg \_\_\_\_\_

Fon: 040 / 655 99 20 \_\_\_\_\_  
Fax: 040 / 655 99 222 \_\_\_\_\_

agentur@diplom.de \_\_\_\_\_  
www.diplom.de \_\_\_\_\_

ID 8457

Sahin, Taner:

Ökonomische Implikationen der Deckung des Regelenergiebedarfs in Deutschland

Hamburg: Diplomica GmbH, 2004

Zugl.: Universität Duisburg-Essen, Standort Essen, Diplomarbeit, 2004

---

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.

Diplomica GmbH

<http://www.diplom.de>, Hamburg 2004

Printed in Germany

---

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Stellenwert der Regelenergie im liberalisierten Elektrizitätsmarkt .....	2
1.1.1	Systemverantwortung des Netzbetreibers .....	3
1.1.2	Mehrkosten für Netznutzer und Stromhändler .....	4
1.1.3	Neues Marktsegment für Kraftwerksbetreiber .....	5
1.2	Problemstellung .....	6
1.3	Aufbau der Arbeit .....	7
2	Einsatz von Regelenergie zur Frequenzhaltung .....	9
2.1	Ablauf der Frequenzregelung .....	10
2.1.1	Primärregelung .....	12
2.1.2	Sekundärregelung .....	12
2.1.3	(Manuelle) Minutenreserve .....	12
2.2	Technische Konzepte zur Erbringung von Regelenergie .....	13
2.2.1	Dampfkraftwerke .....	13
2.2.2	Gasturbinenkraftwerke .....	14
2.2.3	Pumpspeicherkraftwerke .....	15
2.2.4	Abschaltbare Lasten .....	15
2.3	Qualitative Kostenanalyse der Frequenzhaltung .....	16
2.4	Bemessung des Regelenergiebedarfs .....	18
2.4.1	Kriterium des Value-of-Loss-Load .....	19
2.4.2	Zeitliche Entwicklung des Regelleistungsbedarfs .....	21
2.5	Zwischenfazit .....	22
3	Energiewirtschaftlicher Hintergrund des Regelenergiesystems in Deutschland .....	24
3.1	Entflechtung und Netzzugangsmodell .....	24
3.2	Netznutzungsentgelte und Kostenwälzung .....	25
3.2.1	Kosteneffekt der Regelenergie auf die Netznutzungsentgelte .....	27
3.3	Strommärkte .....	28
3.3.1	Terminmarkt .....	28
3.3.2	Spotmarkt .....	28
3.3.3	Ausgleichsmarkt .....	28
3.3.4	Regelmarkt .....	29
3.4	Stromhandel, Fahrpläne und Bilanzkreise .....	31
3.4.1	Fahrplanmanagement .....	31
3.4.2	Bilanzkreismodell .....	32
3.4.3	Stromhandel .....	33
3.5	Bilanzkreisverantwortung .....	34
3.5.1	Bilanzabweichungsrisiko .....	35
3.5.2	Sanktionen bei Missbrauch des Bilanzkreisvertrages .....	35
3.6	Zwischenfazit .....	36

---

4	Konzeption einer wirtschaftlich effizienten und wettbewerbskonformen Bereitstellung von Regelenergie im liberalisierten Elektrizitätsmarkt.....	37
4.1	Modellgrundlagen für den Markt für Regelenergie.....	37
4.1.1	Nachfragefunktion nach Regelenergie.....	39
4.1.2	Angebotsfunktion für Regelenergie.....	39
4.1.3	Modellkritik .....	41
4.1.4	Fixkostendeckung .....	42
4.2	Wirtschaftliche und wettbewerbspolitische Kriterien der Bereitstellung der Regelenergie .....	43
4.2.1	Wettbewerbliche Beschaffung von Regelenergie .....	43
4.2.2	Effiziente Preisbildung für Regelenergie.....	44
4.2.3	Verminderung der Auswirkungen marktbeherrschender Stellungen .....	48
4.3	Zwischenfazit.....	49
5	Öffnung des Marktes für Regelenergie für den Wettbewerb.....	51
5.1	Gegebenheiten vor der Marktöffnung.....	51
5.1.1	Preisstellung und Abrechnung für Regelenergie gemäß VV II .....	51
5.1.2	Kritik an der Preisstellung für Regelenergie.....	53
5.2	Auflagen des Bundeskartellamtes gegenüber RWE und E.ON .....	54
5.2.1	Inhalt und Begründung der Auflagenerteilung .....	54
5.2.2	Fahrplan der Auflagenumsetzung .....	56
5.3	Umsetzung der Auflagen durch die Netzbetreiber .....	58
5.3.1	Präqualifikation.....	58
5.3.2	Ausschreibungsmarkt.....	59
5.3.3	Abrechnung mit Bilanzkreisen.....	60
5.3.4	Zusammenhänge der Erlös- und Kostenzuordnung .....	61
5.4	Entwicklung der Preise für Regelenergie .....	62
5.4.1	Preisentwicklung Primärregelung.....	62
5.4.2	Preisentwicklung Sekundärregelung.....	63
5.4.3	Preisentwicklung Minutenreserve .....	63
5.5	Begründung der Netzbetreiber für steigende Beschaffungskosten für Regelenergie .....	65
5.5.1	Gestiegene Händleraktivitäten .....	65
5.5.2	Zunahme der Windenergie- Einspeisungen.....	68
5.5.3	Abbau von Kraftwerkskapazitäten .....	71
5.5.4	Spekulative Bilanzkreisverantwortliche .....	72
5.6	Zwischenfazit.....	72
6	Wettbewerbliche Schwächen im Aufbau des Beschaffungsmarktes für Regelenergie .....	74
6.1	Präqualifikation .....	74
6.1.1	Festlegung von Mindestangebotsleistungen.....	75
6.1.2	Regelzonenüberschreitende Erbringung .....	76
6.1.3	Sonstige Festlegungen .....	77
6.2	Rahmenvertrag .....	77
6.3	Ausschreibung.....	78
6.3.1	Verfügbarkeitsanforderungen und Fristen .....	78
6.3.2	Angebotsstrukturen .....	79

---

6.4	Auswahl der Anbieter .....	80
6.5	Dispatching der Regelenergie .....	80
6.6	Vergütung der Anbieter .....	81
6.7	Veröffentlichung der Ausschreibungsergebnisse .....	82
6.7.1	Dateninkonsistenzen .....	83
6.8	Zwischenfazit .....	84
7	Schlussfazit .....	86
Anhang I (Regelzonen) .....		88
Anhang II (Mengenbedarf) .....		89
Anhang III (Netznutzungspreise) .....		91
Anhang IV (Bilanzabweichungen: Messung und Preise) .....		93
Anhang V (Handelsmodalitäten) .....		95
Anhang VI (Regelenergiepreise) .....		97
Bibliographie .....		99

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Echtzeit-Ausgleich von Verbrauch und Erzeugung .....	3
Abbildung 1-3: Abgrenzung von Regel- und Ausgleichsenergie aus Sicht des ÜNB .....	7
Abbildung 2-1: Ursachen für Leistungsbilanzungleichgewichte.....	9
Abbildung 2-2: Typischer Frequenzverlauf nach einer 1300-MW-Störung.....	11
Abbildung 2-3: Idealtypischer Ablauf der Frequenz-Wirkleistungs-Regelung .....	11
Abbildung 2-4: Auswirkungen der Reservehaltung in Form „rotierender Reserve“ .....	18
Abbildung 2-5: Defizitwahrscheinlichkeit bei Gesamtregelleistung der RWE Net .....	19
Abbildung 3-1: Entbündelung der Wertschöpfungskette .....	24
Abbildung 3-2: ‚Regelenergieeinfluss‘ in der Mittelspannung .....	27
Abbildung 3-3: Zeitlicher Ablauf von Handelsgeschäften in Finnland und Schweden.....	29
Abbildung 3-4: Merit Order und Preisbildung im Regelmarkt .....	30
Abbildung 3-5: Systematik der Saldierung und Abrechnung von Bilanzabweichungen ..	33
Abbildung 3-6: Portfolioübersicht von Strombeschaffungsprodukten .....	34
Abbildung 4-1: Preisbildung im Nordpool.....	38
Abbildung 5-1: Abrechnung von Bilanzabweichungen gemäß VV II .....	52
Abbildung 5-2: Abrechnung von Ausgleichsenergie auf ¼h-Basis .....	60
Abbildung 5-3: Kosten- /Erlöszuordnung aus Regelenergie .....	61
Abbildung 5-4: Preisentwicklung Primärregelung .....	62
Abbildung 5-5: Leistungspreisentwicklung Sekundärregelung .....	63
Abbildung 5-6: Histogramm Regelzonensaldo EnBW, 2002-2003 .....	67
Abbildung 5-7: Histogramm Regelzonensaldo E.ON, 2002-2003 .....	68
Abbildung 5-8: Anteil der Windenergie am Stromverbrauch in Deutschland.....	68
Abbildung 6-1: Prozedur der Beschaffung von Regelenergie.....	74
Abbildung 6-2: Anzahl der Marktteilnehmer im RWE- und E.ON- Markt .....	79
Abbildung I-1: Die nationalen Regelzonen.....	88
Abbildung II-1: Entwicklung des Regelleistungsbedarfs $P_{\text{Sek+Min}}$ im RWE-Gebiet .....	89
Abbildung II-2: Entwicklung des Regelleistungsbedarfs $P_{\text{Sek+Min}}$ im E.ON-Gebiet.....	90
Abbildung II-3: Entwicklung des Regelleistungsbedarfs $P_{\text{Sek+Min}}$ im EnBW-Gebiet .....	90
Abbildung II-4: Entwicklung des Regelleistungsbedarfs $P_{\text{Sek+Min}}$ im Vattenfall-Gebiet....	90
Abbildung IV-1: Bilanzabweichungen des BKV auf der Erzeugungsseite .....	93
Abbildung IV-2: Bilanzabweichungen des BKV auf der Entnahmeseite .....	93
Abbildung IV-3: Preise für Ausgleichsenergie, E.ON .....	94
Abbildung IV-4: Preise für Ausgleichsenergie im Tagesverlauf, E.ON .....	94
Abbildung VI-1: Zeitreihen mittlerer Leistungspreise für pos. Minutenreserve, E.ON.....	97
Abbildung VI-2: Zeitreihen mittlerer Leistungspreise für neg. Minutenreserve, E.ON .....	97
Abbildung VI-3: Arbeitspreise für positive Minutenreserve, E.ON.....	98

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Zeitliche Hierarchie physischer Strommärkte.....	31
Tabelle 5-1: Preise für Regelenergie, Stand Juni 2000 .....	53
Tabelle 5-2: Zeitplan der Marktöffnung .....	58
Tabelle II-1: Bedarf Primärregelung ( $P_{Pr}$ ), BRD .....	89
Tabelle II-2: Bedarf Sekundärregelung ( $P_{Sek}$ ) und Minutenreserve ( $P_{Min}$ ), BRD .....	89
Tabelle III-1: Netznutzungsentgelte EnBW Transportnetze AG.....	91
Tabelle III-2: Netznutzungsentgelte E.ON Netz GmbH.....	91
Tabelle III-3: Netznutzungsentgelte RWE Net AG .....	92
Tabelle V-1: Ausgestaltungsmerkmale deutscher Primärregelmärkte .....	95
Tabelle V-2: Ausgestaltungsmerkmale deutscher Sekundärregelmärkte .....	95
Tabelle V-3: Ausgestaltungsmerkmale deutscher Minutenreservemärkte .....	96

# 1 Einleitung

Aufgrund der bedingten Speicherfähigkeit von Elektrizität ist in einem Elektrizitätsversorgungssystem für ein stetiges Gleichgewicht zwischen eingespeister und entnommener elektrischer Energie zu sorgen. Diese Aufgabe wird von den nach der Liberalisierung des nationalen Energiemarktes aus den Verbundunternehmen hervorgegangenen Übertragungsnetzbetreibern (ÜNB) wahrgenommen. Unabhängig vom Grad der Marktöffnung oder der Marktstruktur benötigen sie Kraftwerkskapazitäten (Regelreserve), um auftretende Leistungsschwankungen unverzüglich auszuregeln.

Jeder ÜNB ist dabei für ein abgegrenztes Gebiet (Regelzone) verantwortlich.<sup>1</sup> Als reine im Zuge der Entflechtung vom Erzeugungsbereich getrennte Netzgesellschaften verfügen die ÜNB jedoch über keine eigenen Kraftwerke, um ihren Regelenergiebedarf zu decken. Bisher wurde die benötigte Regelenergie ausschließlich über im Konzern verbundene bzw. langfristig verpflichtete Kraftwerksunternehmen beschafft, die somit über ein faktisches Monopol für Regelenergie verfügten. Dies konnte auf Dauer nicht mit dem Kartellrecht vereinbart werden.

Auf Druck der Kartellbehörden mussten die ÜNB ihre Beschaffungspraxis zugunsten einer marktkonformen Lösung aufgeben. Nachdem Vattenfall Europe aufgrund fusionsbedingter Verzögerungen erst im September 2002 nachziehen konnte, haben inzwischen alle ÜNB ihre Beschaffungsmärkte für andere Anbieter geöffnet. Seitdem wird der gesamte deutsche Regelenergiebedarf öffentlich ausgeschrieben und unter Wettbewerbsbedingungen gedeckt.

Die Kartellbehörden verfolgen mit der Einführung von Auktionen im Wesentlichen zwei Ziele: Zum einen soll der Ausschreibungswettbewerb Preisdruck unter den Anbietern der Regelenergie auslösen und damit die Beschaffungskosten der ÜNB senken. Zum anderen sollen sich die realen Herstellungskosten im Sinne der gewünschten Allokationseffizienz in den Abrechnungspreisen widerspiegeln, die von den ÜNB für die Regelenergiebereitstellung verlangt werden. Kosteneinsparungen bzw. Effizienzgewinne, welche die ÜNB im Rahmen ihrer Ausschreibungen erzielen, dürfen sie demzufolge ihren Kunden (Netznutzer und Bilanzkreisverantwortliche) nicht vorenthalten. Gemäß Verursacherprinzip tragen diese Kunden die eigentliche Kostenlast. Das wettbewerbspolitische Kalkül ist einfach: Die Netzkunden sollen dort finanziell entlastet werden, wo ihnen in der Vergangenheit unangemessen hohe Preise in Rechnung gestellt wurden. Unterstützt werden die wettbewerbspolitischen Motive durch die Richtlinien der Verbändevereinbarung. In den dortigen Preisfindungsansätzen sind die Grundsätze der Kostengerechtigkeit und Kos-

---

<sup>1</sup> Siehe Anhang I.