

Ethics of Science and Technology Assessment | Volume 32

# Die Regulierung elektrischer Netze

Offene Fragen und Lösungsansätze

U. Steger

U. Büdenbender

E. Feess

D. Nelles

 Springer

**Ethics of Science and Technology Assessment**  
**Volume 32**

---

Book Series of the Europäische Akademie zur Erforschung  
von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen  
Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH  
*edited by Carl Friedrich Gethmann*

Ulrich Steger · Ulrich Büdenbender  
Eberhard Feess · Dieter Nelles

# Die Regulierung elektrischer Netze

Offene Fragen und Lösungsansätze

Unter Mitarbeit von  
Christoph Adamczyk, Ruth Klüser  
Karoline Mätzig, Mirja Schwabe

Mit 33 Abbildungen und 6 Tabellen

*Reihenherausgeber*

Professor Dr. Dr. h.c. Carl Friedrich Gethmann  
Europäische Akademie GmbH  
Wilhelmstraße 56, 53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler

*Für die Autoren*

Professor Dr. Ulrich Steger  
International Institute  
for Management Development IMD  
1001 Lausanne, Schweiz

*Redaktion*

Daniela Peter, Hamburg  
Friederike Wütscher  
Europäische Akademie GmbH  
Wilhelmstraße 56, 53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler

ISBN 978-3-540-68417-6

e-ISBN 978-3-540-68649-1

DOI 10.1007/978-3-540-68649-1

Ethics of Science and Technology Assessment ISSN 1860-4803

© 2008 Springer-Verlag Berlin Heidelberg

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 vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

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.

*Satz:* Köllen Druck + Verlag GmbH, Bonn + Berlin

*Herstellung:* le-tex publishing services oHG, Leipzig

*Einbandgestaltung:* eStudioCalamar S.L., F.Steinen-Broo, Girona, Spanien

Gedruckt auf säurefreiem Papier

9 8 7 6 5 4 3 2 1

springer.com



# EUROPÄISCHE AKADEMIE

zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen

Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH

Direktor: Professor Dr. Dr. h. c. Carl Friedrich Gethmann

## **Die Europäische Akademie**

Die Europäische Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH widmet sich der Untersuchung und Beurteilung wissenschaftlich-technischer Entwicklungen für das individuelle und soziale Leben des Menschen und seine natürliche Umwelt. Sie will zu einem rationalen Umgang der Gesellschaft mit den Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen beitragen. Diese Zielsetzung soll sich vor allem in der Erarbeitung von Empfehlungen und Handlungsoptionen für Entscheidungsträger in der Politik und Wissenschaft sowie die interessierte Öffentlichkeit realisieren. Diese werden von interdisziplinären Projektgruppen, bestehend aus fachlich ausgewiesenen Wissenschaftlern, erstellt.

## **Die Reihe**

Die Reihe „Ethics of Science and Technology Assessment“ (Wissenschaftsethik und Technikfolgenbeurteilung) dient der Veröffentlichung von Ergebnissen aus der Arbeit der Europäischen Akademie und wird von ihrem Direktor herausgegeben. Neben den Schlussmemoranden der Projektgruppen werden darin auch Bände zu generellen Fragen der Wissenschaftsethik und Technikfolgenbeurteilung aufgenommen sowie andere monographische Studien publiziert.

## **Hinweis**

Das diesem Bericht zugrunde liegende Projekt „Die gesellschaftliche Bedeutung elektrischer Energieversorgungsnetze“ wurde mit Mitteln der Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation unter dem Förderkennzeichen 961-386261/655 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

## Geleitwort

Die Europäische Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH widmet sich der Erforschung und Beurteilung wissenschaftlich-technischer Entwicklungen für das individuelle und soziale Leben des Menschen und seine natürliche Umwelt. Sie entwickelt in interdisziplinären Projektgruppen, die aus fachlich ausgewiesenen Wissenschaftlern bestehen, Empfehlungen für Handlungsoptionen. Die Europäische Akademie führt in wissenschaftlicher Unabhängigkeit einen Dialog mit Wirtschaft, Kultur, Politik und Gesellschaft.

Die kontinuierliche Bereitstellung von Strom und damit die Gewährleistung von Versorgungssicherheit ist die zentrale Aufgabe eines Energiesystems. Im Elektrizitätsbereich sind stabile elektrische Energieversorgungsnetze Voraussetzung für die Erfüllung dieser Aufgabe und somit ein Thema von hoher gesellschaftlicher Relevanz. In einer Zeit, in der die Elektrizitätswirtschaft vor einer Fülle drängender Herausforderungen und politisch veranlasster Umwälzungen steht, hat sich eine interdisziplinäre Projektgruppe der Europäischen Akademie der Gestaltung und Regulierung der elektrischen Energieversorgungsnetze gewidmet. Die Autoren der Studie legen mit dem vorliegendem Band die Resultate ihrer Arbeit mit der Erwartung vor, dass ihre Überlegungen in die öffentliche Diskussion um die Struktur der Stromversorgung einfließen.

Die Anregung zu diesem Forschungsprojekt geht wesentlich auf Professor Dr. W. L. Geysen (Leuven) zurück, der dem Wissenschaftlichen Beirat der Europäischen Akademie angehört und dem für seinen Anstoß ein herzlicher Dank ausgesprochen sei. Besonderer Dank gebührt den Mitgliedern der Projektgruppe, auf deren Kompetenz und hohem Einsatz die erfolgreiche Durchführung der Studie beruht. Der Arbeitsgruppe gehörten die Professoren Ulrich Steger (Wirtschaftswissenschaften, Lausanne), Ulrich Büdenbender (Rechtswissenschaften, Dresden), Eberhard Feess (Volkswirtschaftslehre, Aachen) und Dieter Nelles (Elektro- und Informationstechnik, Kaiserslautern) an. Deren Arbeit wurde durch die wissenschaftliche Mitarbeit von Frau Karoline Mätzig, Frau Mirja Schwabe und Herrn Christoph Adamczyk unterstützt, deren Einsatz maßgeblich zum Gelingen der Studie beigetragen hat. Die Projektkoordination seitens der Europäischen Akademie wurde von Dr. rer. nat. Ruth Klüser mit großem Engagement durchgeführt. Dem Projektvorsitzenden, Herrn Professor Ste-

ger, gilt mein ausdrücklicher Dank für seine kompetente Betreuung und Unterstützung der Forschungsarbeiten.

Der Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation sei für die finanzielle Förderung des Projektes gedankt.

Bad Neuenahr-Ahrweiler, im April 2008

Carl Friedrich Gethmann

## Vorwort

Die sichere Versorgung der modernen Gesellschaft mit elektrischer Energie ist von enormer Bedeutung. Der Bedarf an unterbrechungsfrei zur Verfügung gestelltem Strom wächst beständig, gleichzeitig dürfen Forderungen nach Wirtschaftlichkeit, Effizienz, Gerechtigkeit in der Kostenverteilung und Umweltschutzbelange nicht ignoriert werden. Es bedarf daher der Regulierung elektrischer Netze als natürliche Monopole, damit sie in diesem komplexen Spannungsfeld funktionieren und ihrer Aufgabe dauerhaft gerecht werden.

Vor dem Hintergrund dieser aktuell und zukünftig bedeutsamen Herausforderungen, mit der die Regulierung der elektrischen Netze konfrontiert ist, hat die Europäische Akademie eine interdisziplinäre Forschungsgruppe ins Leben gerufen, um wissenschaftlich fundierte Empfehlungen zur Regulierung elektrischer Versorgungsnetze zu erarbeiten. Die Ergebnisse der Studie sollen dabei nicht das Ende, sondern die Basis für die Fortführung eines strukturierten und ergebnisorientierten Dialogs in der Wissenschaft und der Öffentlichkeit sein, ganz im Sinne eines beständigen Lernprozesses der Gestaltung unserer technischen Umwelt.

Der vorliegende Band ist das Ergebnis einer intensiven Zusammenarbeit der Projektgruppe, das im Verlauf von zehn Arbeitssitzungen diskutiert und erarbeitet wurde. Dabei konnten auch Aspekte berücksichtigt werden, die im Rahmen wissenschaftlicher Diskussionsrunden mit externen Experten und zahlreicher Einzeldiskussionen mit Kollegen verschiedener Fachgebiete erörtert wurden. Besonderer Dank gebührt in diesem Zusammenhang: Dr. Hans-Jürgen Brick (Dortmund), Herrn Robert Busch (Berlin), Dr. Jochen Kreusel (Mannheim), Professor Dr. Dieter Schmitt (Essen), Herrn Ernst Schwanhold (Ludwigshafen), Joachim Vanzetta (Dortmund), Dr. Gerrit Volk (Bonn) sowie Professor Dr. Christian von Hirschhausen (Dresden) und Dr. Eberhard Meller (Berlin). Dem Direktor der Europäischen Akademie, Herrn Professor Dr. Dr. h.c. Carl Friedrich Gethmann, gilt der Dank der Gruppe für seine verlässliche Unterstützung der interdisziplinären Forschung sowie seine konstruktiven wissenschaftlichen Anregungen.

Für die mit großer Sorgfalt erstellten Bilder und Grafiken des Anhangs gebührt Herrn Julian Lingner herzlicher Dank.

Im April 2008

Ulrich Steger  
Ulrich Büdenbender  
Eberhard Feess  
Dieter Nelles

# Abkürzungsverzeichnis

Nachfolgend sind die in der vorliegenden Studie verwendeten Abkürzungen erklärt, soweit sie nicht im Text erläutert werden oder als generell bekannt vorausgesetzt werden können.

ABl	Amtsblatt
Abs.	Absatz
AGBG	Gesetz zur Regelung des Rechts der Allgemeinen Geschäftsbedingungen
ARegV	Anreizregulierungsverordnung
AtG	Atomgesetz
AVBEltV	Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Elektrizitätsversorgung von Tarifikunden
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie eV
BETTA	British Electricity Trading and Transmission Arrangements
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BGBI	Bundesgesetzblatt
BGW	Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft
BNA	Bundesnetzagentur
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BRL Strom	Beschleunigungsrichtlinie Strom
BTO Elt	Bundestarifordnung Elektrizität
BVerWG	Bundesverwaltungsgericht
CAPEX	Capital Expenditures
CEER	Council of European Energy Regulators
CRE	Comission de régulation de l'énergie
CREG	Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz
DEWI	Deutsches Windenergie-Institut
DG	Directorate General
dena	Deutsche Energie-Agentur GmbH
DTe	Office of Energy Regulation

EDF	Electricité de France
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EG	Europäische Gemeinschaft
EGV	Vertrag zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft
Elt RL	EU-Binnenmarkttrichtlinie Elektrizität
EMVU	Elektromagnetische Umweltverträglichkeit
EnBW	Energie Baden-Württemberg AG
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
ETSO	European Transmission System Operators
EU	Europäische Union
EU-Deep	European Distributed Energy Partnership
EuroPEX	Association of European Power Exchanges
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EWI	Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln
FACTS	Flexible Alternating Current Transmission Systems
Fn.	Fußnote
Gl.	Gleichung
GG	Grundgesetz
GW	Gigawatt
GWB	Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen
HaftPflG	Haftpflichtgesetz
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstromübertragung
IARC	Internationale Agentur für Krebsforschung
ICNRP	Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
IPP	Independent Power Producer
ISO	Independent System Operator
i.S.v.	im Sinne von
i.V.m.	in Verbindung mit
KOM	Kommission der Europäischen Gemeinschaften
KraftNAV	Kraftwerks-Netzanschlussverordnung
KV	Kilovolt
KW	Kilowatt
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
lit.	litera
MAR	Maximum Allowed Revenue
MW	Megawatt
NAP	Nationaler Allokationsplan

NAV	Niederspannungsanschlussverordnung
Ofgem	Office of Gas and Electricity Markets
OLG	Oberlandesgericht
OMC	Open Market Coupling
OPEX	Operating Expenditures
OVG	Oberverwaltungsgericht
ProdHaftG	Produkthaftungsgesetz
PTR	Physical Transmission Rights
Rn.	Randnummer
ROG	Raumordnungsgesetz
RTE	Réseau de Transport d'Electricité
RWE	Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerke
SO	System Operator
STATCOM	Static Synchronous Compensator
StromHVO	Stromhandelsverordnung
StromNEV	Stromnetzentgeltverordnung
StromNZV	Stromnetzzugangsverordnung
StVG	Straßenverkehrsgesetz
TCR	Thyristor Controlled Reactor
TKG	Telekommunikationsgesetz
TO	Transmission Asset Owner
TSC	Thyristor Switched Capacitor
UCTE	Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity
UmweltHG	Umwelthaftungsgesetz
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
UPFC	Unified Power Flow Controller
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informations- technik eV
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDN	Verband der Netzbetreiber
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz
VwVG	Verwaltungsvollstreckungsgesetz
WHO	Weltgesundheitsorganisation
ZPO	Zivilprozessordnung

# Inhaltsverzeichnis

<b>Geleitwort</b> .....	VII
<b>Vorwort</b> .....	IX
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	XI
<b>I Executive Summary</b> .....	1
I.1 The Technical Imperatives of Electricity Grid Regulation .....	2
I.2 The Regulatory Dynamics: Evolution of Regulatory Concepts .....	2
I.3 Is there an Information Asymmetry? .....	4
I.4 Balancing Security of Supply with Low Prices .....	6
I.5 Selected Topics Concerning the New Regulatory Framework (Chapter 3) .....	7
I.5.1 Responsibility for Investment Estimates and the “Right Decisions” (3.1) .....	7
I.5.1.1 Interruptible Contracts .....	9
I.5.1.2 Options for an Interactive Relationship between Regulator and Regulated Company .....	10
I.5.2 In Search of a New Innovation Model (3.2) .....	10
I.5.3 Ensuring High Safety and Reliability (3.3) .....	11
I.5.4 Coordination of Power Plant Sites and Electricity Grid Requirements (3.4) .....	12
I.5.4.1 The Common Market for Electricity (3.5) .....	13
I.5.5 No Need for Ownership Unbundling (3.6)? .....	14
I.6 Conclusion, Recommendations and Open Questions (Chapter 4) .....	15
<b>1 Einleitung</b> .....	19
1.1 Zwölf Jahre Deregulierung der Elektrizitätswirtschaft: Wo stehen wir in der Diskussion? .....	19
1.2 Zielsetzung der Arbeit .....	22
1.3 Inhalt und Aufbau des Buches .....	23
1.4 Gegenwärtige Herausforderungen und die Situation der elektrischen Energieversorgungsnetze .....	24

1.4.1	Strommarkt und Strombedarf im Wandel .....	25
1.4.2	Elektrizitätsversorgungsnetze und Stromhandel in Europa ..	27
1.4.3	Planung von Netztrassen .....	29
1.4.4	Umweltaspekte .....	30
1.4.5	Einspeisung von regenerativ erzeugter Energie .....	32
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Analyse .....</b>	<b>37</b>
2.1	Technische Besonderheiten des elektrischen Energieversorgungsnetzes .....	37
2.1.1	Elektrische Energie.....	37
2.1.2	Stromerzeugung.....	38
2.1.3	Verbund- und Verteilnetze.....	40
2.1.4	Monopolstrukturen .....	41
2.1.5	Pflichten der Netzbetreiber .....	41
2.1.6	Netzverluste .....	42
2.2	Status quo und Geschichte des Energiewirtschaftsrechts .....	43
2.2.1	Energiewirtschaftsrecht bis 1998.....	43
2.2.2	Energierrechtsreform 1998 und 2003.....	45
2.2.3	Energierrechtsreform 2005 – Status quo des Energiewirtschaftsrecht .....	49
2.3	Regulierung aus ökonomischer Perspektive .....	54
2.3.1	Notwendigkeit und Modelle einer Netzregulierung aus ökonomischer Sicht .....	54
2.3.2	Ausgewählte Erfahrungen mit der Regulierung der Elektrizitätsversorgungsnetze in Europa.....	58
2.3.3	Deutsches Konzept der Anreizregulierung .....	62
2.3.4	Einige offene Fragen zur Anreizregulierung aus ökonomischer Sicht .....	64
2.4	Informationsverteilung zwischen Netzbetreiber und Regulierungsbehörde .....	65
2.4.1	Informationsasymmetrie und Regulierungstheorie in den Wirtschaftswissenschaften .....	65
2.4.2	Ineffizienzen der Staatsaufsicht vor der EnWG-Novelle 2005.....	66
2.4.3	Beseitigung der Ressourcenasymmetrien durch das EnWG 2005.....	67
2.4.4	Informationsasymmetrien und -gleichgewichte in der kostenorientierten Entgeltregulierung .....	69
2.4.5	Informationsasymmetrien und -gleichgewichte in der Anreizregulierung .....	73

2.4.6	Untersuchungsergebnis zur Informationsverteilung .....	75
2.5	Standards der Versorgungssicherheit – Sicherheitsbedarf und Kosten .....	76
2.5.1	Stromausfall – der öffentliche Druck bzgl. Versorgungs- sicherheit.....	77
2.5.2	Netzstörungen im Lichte von Kosten-Nutzen-Überlegungen .....	78
2.5.3	Netzausfälle durch Terrorismus .....	81
2.5.4	Können Netzbetreiber Stromausfälle managen? .....	83
2.6	Zusammenfassung zu Kapitel 2 .....	84
<b>3</b>	<b>Zielkonflikte in der Netzregulierung</b> .....	<b>87</b>
3.1	Konkretisierungskompetenz für das Volumen von Netzinvestitionen .....	87
3.1.1	Analyse geltenden Rechts.....	88
3.1.2	Rechtsfortentwicklung unter juristischer und ökonomischer Perspektive .....	99
3.1.3	Nachfrageprognose als Konsens zwischen Netzbetreiber und Regulierungsbehörde .....	109
3.1.4	Fazit zu 3.1 .....	119
3.2	Anreize zur Steigerung von Innovation und Effizienz .....	120
3.2.1	Analyse des Anreizsystems .....	121
3.2.2	Fazit zu 3.2 .....	124
3.3	Sicherstellung der Versorgungsqualität in den Stromversorgungsnetzen .....	125
3.3.1	Analyse geltenden Rechts.....	126
3.3.2	Rechtsfortentwicklung unter juristischer und ökonomischer Perspektive .....	133
3.3.3	Fazit zu 3.3 .....	135
3.4	Konflikte zwischen Kraftwerks- und Netzbetreiber im Bereich der Standortkoordinierung .....	135
3.4.1	Analyse geltenden Rechts.....	137
3.4.2	Zukünftige Rechtsfortentwicklung unter juristischer und ökonomischer Perspektive .....	149
3.4.3	Fazit zu 3.4 .....	155
3.5	Kurzfristige Wettbewerbsprozesse vs. langfristige Investitionsentscheidungen .....	156
3.5.1	Analyse geltenden Rechts.....	158
3.5.2	Rechtsfortentwicklung unter juristischer und ökonomischer Perspektive .....	173

3.5.3	Fazit zu 3.5 .....	184
3.6	Erforderlichkeit eines Ownership Unbundlings? .....	185
3.6.1	Konzeptionelle Ausgestaltung des Ownership Unbundlings bzw. unabhängigen Netzbetreibers im Richtlinienentwurf .....	186
3.6.2	Analyse der Erforderlichkeit eines Ownership Unbundling bzw. ISO.....	188
3.6.3	Alternativen zum Ownership Unbundling .....	200
3.6.4	Fazit zu 3.6 .....	200
<b>4</b>	<b>Fazit, Handlungsempfehlungen und offene Fragen</b> .....	<b>203</b>
4.1	Ergebnisse aus Kapitel 2 (Grundlagen der Analyse) .....	203
4.2	Ergebnisse aus Kapitel 3 (Zielkonflikte in der Netzregulierung) ....	204
4.3	Handlungsoptionen und Empfehlungen.....	209
4.4	Offene Fragen .....	210
 <b>Anhang</b>		
	Anhang A: Physikalische und technische Grundlagen von elektrischen Energieversorgungsnetzen .....	211
	Anhang B: Berechnungsbeispiel zu Abschnitt 3.4.2.4 .....	247
	Anhang C: Im Bau oder in Planung befindliche Kraftwerke mit einer Netto-Leistung ab 20 Megawatt (VDEW) .....	249
	<b>Literatur</b> .....	<b>253</b>
	<b>Autorenverzeichnis</b> .....	<b>259</b>