

Zukunftsfähige Energietechnologien für die Industrie

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

M. Mohr A. Ziolk D. Gernhardt M. Skiba
H. Unger A. Ziegelmann

Zukunftsfähige Energietechnologien für die Industrie

Technische Grundlagen, Ökonomie, Perspektiven

Mit 104 Abbildungen und 91 Tabellen



Springer

MARKUS MOHR
ANDREAS ZIOLEK
DIRK GERNHARDT
MARTIN SKIBA
HERMANN UNGER
ARKO ZIEGELMANN

Ruhr-Universität Bochum
Universitätsstraße 150
D-44801 Bochum

Redaktionelle Bearbeitung: Yvonne Thalheim, Köln

ISBN 978-3-642-63767-4

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Zukunftsfähige Energietechnologien für die Industrie: Technische Grundlagen, Ökonomie, Perspektiven / von Markus Mohr ... - Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Budapest; Hong Kong; London; Mailand; Paris; Singapur; Tokio: Springer, 1998

ISBN 978-3-642-63767-4 ISBN 978-3-642-58867-9 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-642-58867-9

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk- sendung, 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. Zuwi- derhandlungen 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.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1998

Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1998

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1998

Umschlaggestaltung: de'blik, Berlin

Satz: Reproduktionsfertige Vorlage von Harald Nadolny, Herne

SPIN: 10566456 30/3136 - 5 4 3 2 1 0 - Gedruckt auf säurefreiem Papier

Vorwort

Am 20. Juni 1996 einigte sich der Energieministerrat der Europäischen Union auf eine Richtlinie zur Liberalisierung der Strommärkte, d.h. auf eine schrittweise Öffnung des Energie-Binnenmarktes zunächst für den leitungsgebundenen Energieträger „Strom“. Diese Richtlinie wird 1999 europaweit in nationales Recht umzusetzen sein. Bestehende Demarkationsgebiete sollen abgebaut und damit die Monopolstellung der großen Energieversorgungsunternehmen aufgehoben werden. Das bedeutet, daß insbesondere die Stellung der Energieabnehmer gestärkt wird, die sich nach Inkrafttreten der Richtlinie sowohl über das vorhandene Netz als auch über Durchleitungen von Dritten versorgen lassen können. Darüber hinaus werden z.B. auch Industriebetriebe als Energieversorger zugelassen, die als Energielieferanten am Markt agieren können. Für den leitungsgebundenen Energieträger „Gas“ strebt die Europäische Union ein Äquivalent zur Liberalisierung des Strommarktes an. Einen entsprechenden Vorschlag zur Gas-Richtlinie beziehungsweise einen gemeinsamen Standpunkt sucht der EU-Ministerrat zu erreichen.

Im Vorfeld der gemeinsamen EU-Richtlinie wurde am 20. Oktober 1996 vom Bundestag die Novellierung des Gesetzes über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz EnWG) verabschiedet. *Der Gesetzentwurf* wurde am 28. November 1997 mit den Stimmen der Koalition im Bundestag beschlossen. Die Oppositionsparteien, die einstimmig gegen die Energienovelle votierten, sind jedoch der Auffassung, daß der SPD-dominierte Bundesrat zustimmungspflichtig sei und kündigten eine entsprechende Klage vor dem Bundesverfassungsgericht in Karlsruhe an. Das neue EnWG begrenzt die besondere staatliche Aufsicht über den Energiemarkt (Strom und Gas), wobei jedoch der notwendige Staatseinfluß zur Gewährleistung insbesondere der Ziele „Sicherheit“ und – neu im EnWG etabliert – „Umweltverträglichkeit“ aufrechterhalten wird. Für die ebenfalls im Gesetzentwurf verankerte Preisgünstigkeit der Energie ist speziell für kleine Verbraucher – meist private Haushalte – eine Schutzklausel vorgesehen, die der künftig immer noch sehr starken Stellung der Energieversorgungsunternehmen entgegenwirken soll.

Die neue, wettbewerbliche Ausrichtung des Ordnungsrahmens in Verbindung mit dem Wegfall der §§ 103 und 103a GWB¹ ermöglicht der Industrie unterneh-

¹ Das Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. Februar 1990 (BGBl. I S. 235) wird durch den § 103b ergänzt: „Die §§ 103 und 103a sind auf die Versorgung mit Elektrizität und Gas nicht mehr anzuwenden (für die Versorgung mit Wasser gelten sie bis zur Aufhebung durch Bundesgesetz fort).“

merischen Handlungsspielraum im Hinblick auf die eigene oder auch fremde Energieversorgung. Freier Leitungsbau ist dabei – soweit ökologisch vertretbar – uneingeschränkt möglich. Darüber hinaus wird auch das Wegerecht liberalisiert, indem der Zugang zum Versorgungsnetz auch Dritten gegenüber juristisch unter Berufung auf das allgemeine Mißbrauchs- und Behinderungsverbot nach § 22 Abs. 4 und § 26 Abs. 2 GWB gewährt werden muß. So müssen beispielsweise Gemeinden ihre Wege für die Verlegung und den Betrieb von Leitungen diskriminierungsfrei zur Verfügung stellen.

Für die Industrie stellt sowohl die Richtlinie der EU als auch das neue EnWG in Verbindung mit der Änderung des GWB eine Chance dar, ihre Energie mit hohem Wirkungsgrad preisgünstig und umweltgerecht zu gestehen, da leitungsgebundene Energie den Gesetzen des Wettbewerbs unterliegen wird. Einzelne Industriebetriebe können ihre Energieversorgungsanlagen optimieren, indem auch größere Anlagen dauerhaft betrieben werden, da die Betriebsweise vom eigentlichen Produktionsprozeß entkoppelt ist. Die Überschußenergie kann veräußert werden, wobei jedoch darauf geachtet werden muß, daß die Übertragung des Anwendungsbereiches des EnWG und GWB vorerst nicht auf andere Energieträger (insbesondere Fernwärme) vorgesehen ist. Das heißt, daß die Einspeisung thermischer Energie in Fernwärmenetze nur bedingt möglich sein wird.

Fortschrittliche Energietechnologien wie Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen können unter den veränderten Rahmenbedingungen leichter als bisher in die Industrie eingebracht werden. Auch für die kleine und mittelständische Industrie, die vorerst (mind. bis zum Jahr 2003) nicht von der Liberalisierung des ausländischen Strombezugs profitieren kann², bietet das neue EnWG die Möglichkeit, ihre Energieversorgung auch unter ökonomischen Gesichtspunkten zu optimieren.

Das vorliegende Buch bietet hierzu seine Hilfe an, indem es die zahlreichen Möglichkeiten zur Optimierung der betrieblichen Energieversorgung unter individuellen Randbedingungen übersichtlich darstellt sowie betriebswirtschaftlich, energetisch und ökologisch einordnet.

Zunächst werden die Grundlagen des industriellen Energieeinsatzes diskutiert, um das notwendige Problembewußtsein beim betrieblichen Umgang mit Energie zu schärfen. Informationen zu verschiedenen Energieträgern (von Kohle bis zur Windenergie) und detaillierte Beschreibungen moderner Energieumwandlungstechnologien unterstützen die Konzeptionierung möglicher betrieblicher Energieversorgungsstrukturen. Ausgeführte Anlagenbeispiele und Kontaktadressen runden das Informationsangebot ab. Eine Betrachtung der Kernenergie, die auch bei der Versorgung der Industrie eine erhebliche Rolle spielt (ca. 30 % des elektrischen Stroms werden über Kernreaktoren erzeugt), wird nicht vorgenommen, da

² Die Liberalisierung erfolgt in 3 Stufen. Zunächst sollen ab Anfang 1997 industrielle Großkunden mit einem jährlichen Energieverbrauch von 40 Millionen kWh ihren Strom auch außerhalb Deutschlands einkaufen dürfen, bevor im Jahr 2000 der Mindestverbrauchswert um die Hälfte auf 20 Million kWh/a gesenkt wird. Eine weitere Reduktion des Schwellenwertes auf 9 Million kWh ist 2003 vorgesehen, so daß – heutigen Stand vorausgesetzt – ca. 2.800 Betriebe ihre elektrische Energieversorgung über internationale Märkte sicherstellen können.

vor allem dezentrale Energiesysteme diskutiert werden. Stromzukauf aus dem öffentlichen Versorgungsnetz ist zwar für Industriebetriebe oftmals interessant (z.B. Wärmeführung von KWK-Anlagen), die 'vorgelagerten' Energieprozesse sind für die Betriebe jedoch nur vor dem Hintergrund des Kostenniveaus relevant.

Insgesamt gesehen stellt der neue Ordnungsrahmen eine richtige und für alle Beteiligten sicherlich vorteilhafte Option dar. Die einzelnen Verbände reagieren zwar sehr unterschiedlich auf das Regelwerk, im Kern jedoch ist man sich einig. Die Änderung des EnWG, welches 1935 als „Gesetz zur Wehrhaftmachung der deutschen Energiewirtschaft“ verabschiedet wurde, ist überholt. Einig ist man sich auch über die Verankerung des Ziels „Umweltverträglichkeit“, welches gleichberechtigt in den Zielkatalog aufgenommen worden ist. Für die Industrie hat sich energiepolitisch eine Chance entwickelt, die sie konsequent nutzen sollte.

Die Inhalte des Buches sind am Institut für Energietechnik der Ruhr-Universität Bochum (RUB) unter anderem in Forschung und Lehre, wie z.B. in der Vorlesung "Erneuerbare und Nukleare Energiesysteme I-III" von Herrn Prof. Dr.-Ing. H. Unger, langjährig vertreten. Dem Manuskript liegen die Erfahrungen und Ergebnisse verschiedener F&E-Aktivitäten des o.g. Institutes zugrunde. Die Autoren bedanken sich recht herzlich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Heiner Pfof, der mit seinem Fachwissen insbesondere die Kapitel über Gas- und Dampfanlagen (GuD) bereicherte. Weiterhin bedanken wir uns bei Stephan Becker, Christian Münch, Udo Reckels und Roland Schmied, welche durch ihren hohen Einsatz zum Gelingen des Buches beigetragen haben. Ebenfalls gilt unser Dank Frau Yvonne Thalheim, die die gesamtredaktionelle Bearbeitung des Manuskriptes übernommen hat.

Die Autoren

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	13
2	Energieverbrauchsstrukturen in der Industrie	16
2.1	Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe	19
2.1.1	Eisenschaffende Industrie	21
2.1.2	Chemische Industrie	24
2.1.3	Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden	27
2.1.4	Zellstoff-, Holzschliff, Papier- und Papperzeugung	30
2.1.5	NE-Metallerzeugung, -halbzeugwerke und -gießereien	33
2.1.6	Eisen-, Stahl- und Tempergießereien	36
2.1.7	Gummiverarbeitung	38
2.1.8	Ziehereien und Kaltwalzwerke	40
2.1.9	Übriges Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe	42
2.2	Investitionsgüter produzierendes Gewerbe	46
2.3	Verbrauchsgüter produzierendes Gewerbe	51
2.3.1	Herstellung und Verarbeitung von Glas und Feinkeramik	52
2.3.2	Textil- und Bekleidungs-gewerbe, Ledererzeugung und -verarbeitung	57
2.3.3	Herstellung von Kunststoffwaren	66
2.3.4	Holzverarbeitung	68
2.3.5	Übriges Verbrauchsgüter produzierendes Gewerbe	72
2.4	Nahrungs- und Genußmittelindustrie	74
2.5	Übriger Bergbau	78
2.6	Vergleichende Zusammenfassung der Ergebnisse	78
3	Relevante Umweltschutzaufgaben	86
3.1	Genehmigungsvorschriften	87
3.2	Regelungen zur Begrenzung von Luftschadstoffen	88
3.2.1	Erste Verordnung zum Bundes- Immissionsschutzgesetz (1. BImSchV)	89

3.2.2	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft).....	90
3.2.3	Dreizehnte Verordnung zum Bundes- Immissionsschutzgesetz (13. BImSchV)	96
3.3	TA Lärm	98
3.4	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz	101
3.4.1	Grundzüge des Gesetzes	101
3.4.2	Das untergesetzliche Regelwerk zum Krw-/AbfG	103
4	Energieträger	107
4.1	Konventionelle Energieträger.....	107
4.1.1	Kohle	107
4.1.2	Öl	112
4.1.3	Gas	113
4.1.4	Elektrizität	115
4.1.5	Fernwärme	118
4.2	Biogene Energieträger und deren Aufbereitung	118
4.2.1	Mechanische Aufbereitung fester Biomassen	119
4.2.1.1	Holz aus Kurzumtriebsplantagen sowie Wald- und Industrierestholz	119
4.2.1.2	Reststroh, Energiepflanzen und sonstige feste biogene Industriereststoffe	122
4.2.2	Vergasung fester Biomassen	125
4.2.2.1	Der Wamsler-Thermo-Prozessor	127
4.2.2.2	Der Flugstromvergaser von Noell	128
4.2.2.3	Die Wirbelschichtvergasung von Lurgi	128
4.2.3	Anaerobe Fermentation feuchter Biomasse (Vergärung, Biogaserzeugung)	129
4.2.3.1	Biogasgestehung	129
4.2.3.2	Kosten der biologischen Konversion von feuchter Biomasse.....	132
4.2.4	Aerobe Zersetzung feuchter Biomasse (Kompostierung)	137
4.2.5	Treibstoffgewinnung (Äthanolherzeugung).....	139
4.3	Erneuerbare Energiequellen	139
4.3.1	Solare Strahlungsenergie	140
4.3.2	Windenergie	146
4.3.3	Wasserenergie	150
5	Energieumwandlungssysteme	154
5.1	Primärenergiesparende Energieumwandlungssysteme	154
5.1.1	Blockheizkraftwerke	155
5.1.2	Gasturbinenanlagen	164

5.1.3	Heizkraftwerke	170
5.1.4	GuD-Anlagen	185
5.1.5	Biomasse-Heizwerke	191
5.1.6	Wärmepumpen	195
5.1.7	Brennstoffzellen	205
5.2	Energieumwandlungssysteme auf der Basis regenerativer Energiequellen	216
5.2.1	Solarthermische Anlagen und Speichersysteme	216
5.2.2	Photovoltaische Anlagen	230
5.2.3	Windkraftanlagen	238
5.2.4	Wasserkraftwerke	250
6	Marktchancen, Hemmnisse und Verfügbarkeiten	261
7	Vergleichende Zusammenfassung der Energieumwandlungssysteme	271
8	Abschließende Beurteilung	273
A	Anhang	261
Abb. 1-30	Endenergienachfrage im Anwendungsbereich "Prozeßwärme" im "Übrigen Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe" der Bundesrepublik Deutschland (1993) Beispiele ausgeführter primärenergiesparender Anlagen und deren Randbedingungen Beispiele ausgeführter Anlagen auf Basis erneuerbarer Energieträger und deren Randbedingungen	275
Literatur		307
Stichwortverzeichnis		326
Abbildungsnachweis		331