



Nordrhein-Westfälische Akademie der Wissenschaften

VORTRÄGE

I 1

Symposium „Zukunft Strom“ –
Aspekte der künftigen Stromversorgung



Symposium am 24. Januar 2001 in Düsseldorf

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist bei
Der Deutschen Bibliothek erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten
© Westdeutscher Verlag GmbH, Wiesbaden, 2001

Der Westdeutsche Verlag ist ein Unternehmen der Fachverlagsgruppe BertelsmannSpringer.



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Gedruckt auf säurefreiem Papier.
Herstellung: Westdeutscher Verlag
Druck und buchbinderische Verarbeitung: B.o.s.s Druck und Medien, Kleve
Printed in Germany
ISBN 3-531-08501-8

Inhalt

<i>Gert Eilenberger, Jülich</i>	
Vorwort	9
<i>Klaus Heinloth, Bonn</i>	
Strombedarf gestern, heute, morgen	13
Strombedarf in der Bundesrepublik Deutschland, gestern – heute – morgen	13
Deckung des Strombedarfs in der Bundesrepublik Deutschland, gestern – heute – morgen	14
<i>Klaus Heinloth, Bonn</i>	
Strom aus Wasserkraft und Biomasse	17
Literatur	19
<i>Dieter Bohn, Nathalie Pöppe, Aachen</i>	
Künftige Kraftwerkstechnik auf Basis fossiler Brennstoffe	20
1. Energieversorgung unter neuen Randbedingungen	20
1.1 Politische Rahmenbedingungen	21
2. Stand der Technik und Potenziale für die zukünftige Energieversorgung	22
2.1 Zentrale Stromerzeugung – Gasturbinentechnologie	23
2.2 Zentrale Stromerzeugung – Dampfturbinentechnologie und Kombiprozesse	28
2.3 Dezentrale Stromerzeugung	30
3. Ausblick	35
Literatur	35
<i>Hermann-Josef Wagner, Essen</i>	
Windenergy – technology and present status	37
1. Different converter types: An overview	37
2. Physical basics	39
2.1 Energy content of the wind	39
2.2 Power coefficients	40

3. Technical design of converters	42
3.1 The classical design	42
3.2 The advanced design	44
4. Connection to the electrical grid	45
5. Use of wind energy	46
5.1 World-wide status	46
5.2 The Federal Republic of Germany	47
5.3 Investment and operation costs	49
6. Outlook	49
 <i>Adolf Goetzberger, Freiburg</i>	
Möglichkeiten und Probleme der Photovoltaik	51
1. Vor- und Nachteile der Photovoltaik	51
2. Stand der Technik	52
3. Die Energieamortisationszeit	53
4. Das Erneuerbare Energien Gesetz (EE-Gesetz)	53
5. Andere Märkte der Photovoltaik	58
6. Das Potential der Photovoltaik in Deutschland	58
7. Zusammenfassung	60
 <i>Andreas Neumann, Köln</i>	
Solarthermische Stromerzeugung	61
Prinzip eines Solarthermischen Kraftwerks	61
Wirkungsgrade	62
Solares Potential	63
Kraftwerke	66
Kosten	72
Markteinführung	74
Zusammenfassung und Ausblick	74
 <i>Kurt Kugeler, Manfred Kugeler, Peter-Wilhelm Phlippen, Jülich</i>	
Zukunft der Kernenergienutzung	76
1. Heutige Situation der Kernenergie	76
2. „Nachhaltigkeit“ bei der Kernenergienutzung als Voraussetzung für den zukünftigen Einsatz	78
3. Anforderungen an die Sicherheit zukünftiger kerntechnischer Anlagen	80
4. Grundsätzliche Wege zur Realisierung von katastrophenfremen Kernkraftwerken	82
5. Weiterentwicklungen bei Leichtwasserreaktoren zur Beherrschung von Kernschmelzereignissen	84

6. Der HTR, ein Reaktorsystem ohne Kernschmelzen	86
7. Entsorgung der abgebrannten Brennelemente, dargestellt am Beispiel des HTR	93
Literatur	98
 <i>Ulrich Samm, Jülich</i>	
Kernfusion	100
1. Einleitung	100
2. Was bis heute erreicht wurde	101
3. Der nächste Schritt – ITER-FEAT	106
4. Plasma-Wand-Wechselwirkung	107
5. Nachhaltigkeit	109
6. Wirtschaftlichkeit und Forschungsaufwand	110
7. Fazit	111
Literatur	111
 <i>Hans-Jürgen Haubrich, Aachen</i>	
Liberalisierte Energiemärkte: Technische und rechtliche Grundlagen des „Strommarktes“	112
 <i>Ulrike Haupt, Wolfgang Pfaffenberger, Bremen</i>	
Wettbewerb auf dem deutschen Strommarkt – Drei Jahre nach der Liberalisierung	118
1. Einleitung	118
2. Erzeugung	119
2.1 Erzeugungsstruktur	119
2.2 Marktstruktur	121
3. Netzzugang	123
4. Stromhandel	125
4.1 Der Großhandelsmarkt	126
4.2 Der Einzelhandelsmarkt	128
4.3 Stromaußenhandel	130
5. Preisentwicklung	132
5.1 Großhandel/Erzeugung	132
5.2 Industrielle Verbraucher	133
5.3 Tarifkunden	133
6. Zukünftige Markttrends	135
Literatur	136

Vorwort

Gert Eilenberger, Jülich

Die Nordrhein-Westfälische Akademie der Wissenschaften legt mit diesem Heft die Vorträge des Symposiums

Zukunft Strom

vor, welches am 24. Januar 2001 im Haus der Wissenschaften in Düsseldorf stattfand.

Die langfristig gesicherte Bereitstellung ausreichender Energiedienstleistungen für eine weiterhin anwachsende Weltbevölkerung ist eines der drängenden Probleme unserer Zeit. Die Akademie, zu deren Aufgaben ja insbesondere die fachkundige Beratung von Politik und Öffentlichkeit in Fragen der Wissenschaft und Technik gehört, hat nun mit diesem Symposium eingeladenen Vertretern der Landespolitik, der Medien und nicht zuletzt ihren eigenen Mitgliedern einen Überblick über die verschiedenen Aspekte dieser Problematik gegeben, mit der wohlerwogenen Beschränkung auf *elektrische* Energie. Die öffentliche wie die politische Diskussion der Energieproblematik ist ja gekennzeichnet durch Schlagworte, ideologische Scheuklappen und gelegentlich haarsträubende Problemverkürzungen, die auch – wenn auch nicht ausschließlich – auf mangelnder Sachkenntnis beruhen.

Eine faktenbezogene, für naturwissenschaftlich vorgebildete Laien verständliche Aufbereitung der technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekte der Energiebereitstellung ist deshalb nicht etwa eine „akademische“ Übung, sondern ein sehr notwendiger Beitrag zur Versachlichung der Diskussion. Die Vielfalt der Detailprobleme zukünftiger Energieversorgung machte die Beschränkung auf einen Teilaspekt unumgänglich. Es gibt zwar sehr drängende Aufgaben der Energieversorgung, welche derzeit noch nicht durch elektrische Energie gelöst werden können: zum Beispiel für den Wärmebedarf – insbesondere auch zur Nahrungszubereitung in nicht industrialisierten Ländern – und für den Individualverkehr. Die wichtigste und zukunftsträchtigste Form von Nutzenergie ist aber zweifellos die elektrische wegen ihrer Über-

tragbarkeit und feinen Steuerbarkeit – auch wenn die mangelnde Speicherbarkeit ein nicht zu übersehender Nachteil ist.

Die Klasse für Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften der Akademie, die das Symposium ausrichtete, hatte eine Reihe von Fachleuten für die verschiedenen Aspekte derzeitiger und zukünftiger Stromerzeugung um einen Beitrag gebeten. Diese im folgenden abgedruckten Beiträge zeigen, mit welchem Engagement die Vortragenden die Aufgabe angenommen haben; die lebhafteste, wenn auch wenig kontroverse Diskussion belegte das große Interesse der Teilnehmer an der Thematik.

Der einführende Vortrag über realistische Möglichkeiten und Szenarien künftiger Elektrizitätsversorgung von Professor Heinloth, Bonn, zeigte eindrücklich, dass man in absehbarer Zukunft und weltweit auf *keine* der Optionen zur Stromerzeugung wird verzichten können; Wasserkraft und Biomasse allein – wie gelegentlich gefordert – werden auf keinen Fall ausreichen. Dies war überzeugend im Detail belegt, aber für Ingenieure und Naturwissenschaftler, die ja in Größenordnungen zu denken gelernt haben, keine große Überraschung.

Danach kamen Spezialisten zu Wort, um der Reihe nach die Möglichkeiten und Probleme spezifischer Stromerzeugungsarten – auch unter Beachtung ökologischer, klimarelevanter Aspekte – zu beleuchten. *Alle* diese Möglichkeiten: fossile Brennstoffe (Professor Bohn, Aachen), Windenergie (Professor Wagner, Essen), Photovoltaik (Professor Götzberger, Freiburg), Solarthermische Erzeugung (Professor Neumann, Köln), und, last but not least, katastrophensfreie Kerntechnik (Professor Kugeler, Jülich) werden ihren Anteil beisteuern müssen.

Ob die Kernfusion (Professor Samm, Jülich) wird beitragen können, bleibt abzuwarten, doch sind die Perspektiven hoffnungsvoll genug, dass wir es unseren Kindern und Enkeln unbedingt schuldig sind, diese Möglichkeit mit allem Nachdruck auszuloten.

Abschließend kamen wirtschaftswissenschaftliche Aspekte der Energiemärkte zur Sprache. Trotz der lebhaften und informativen Diskussionsrunde der Professoren Haubrich (Aachen), Ströbele (Münster) und Pfaffenberger (Bremen), eingeführt durch Übersichtsvorträge der beiden ersteren, kam der wirtschaftswissenschaftliche Teil der Thematik nach meiner Auffassung ein wenig zu kurz neben den ausführlicheren Darstellungen der naturwissenschaftlich-technischen Notwendigkeiten und Möglichkeiten. Zugegeben, technologische Entwicklungslinien sind wohl leichter abzuschätzen und in die Zukunft zu extrapolieren als volks- und betriebswirtschaftliche; es entstand aber auch der Eindruck, daß die wirtschaftlichen Fragen der Energiebereitstellung in der wirtschaftswissenschaftlichen Forschung insgesamt ein eher gerin-

ges Gewicht haben. Oder ist es meine Voreingenommenheit als Physiker, zu glauben, dass Energie mindestens so viel bewegt, wie, sagen wir, Geld?

Insgesamt war das Symposium aus der Sicht des Diskussionsleiters eine schöne, lebhafte, informative und spannende Veranstaltung, über deren Inhalte die Teilnehmer noch lange werden nachdenken können.

Allen Beitragenden sei herzlich gedankt.