

Luftreinhaltepolitik und die zukünftige Energieversorgung¹

Von Alfred Voß und Rainer Friedrich*

Zusammenfassung

Ausgelöst durch die neuartigen Waldschäden sind erheblich verschärfte Umweltschutzaufgaben für Energiewandlungs- und -nutzungsanlagen erlassen worden oder in Vorbereitung. Die volle Realisierung dieser Auflagen würde, bezogen auf das Jahr 1982, zu jährlichen Mehraufwendungen von ca. 20 bis 26 Mrd. DM führen, was etwa 50% der Rohölrechnung der Bundesrepublik Deutschland entspricht. Angesichts derartig hoher umweltschutzbedingter Zusatzkosten sind weitreichende Auswirkungen auf die zukünftige Energieversorgungsstruktur und die Wettbewerbssituation einzelner Energieträger und -techniken zu erwarten, die heute noch nicht überschaubar sind.

Abstract

Environmental control policies and their impact on the energy system

In view of the new forms of forest decline, emission standards for energy-related pollutions have been or will be drastically reduced. However, the total annual costs of fulfilling these new standards are estimated to be in the range of 20 to 26 milliard DM using 1982 as a reference year. This is about half the crude oil import bill of the Federal Republic of Germany in 1982. Air pollution control costs of this magnitude will have a strong impact on the energy supply structure in the future and will alter the economic position of fuels and energy technology to an extent not known today.

DESCRIPTORS

FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY	ENERGY POLICY
AIR POLLUTION ABATEMENT	ENERGY SUPPLIES
AIR POLLUTION CONTROL	FOSSIL-FUEL POWER PLANTS
COST	FLUE GAS
INVESTMENT	DESULFURIZATION
ENVIRONMENTAL POLICY	DENITRIFICATION
	POLLUTION REGULATIONS

1. Einleitung

Nach der ersten Ölpreiskrise im Jahre 1973 und den drastischen Ölpreissteigerungen der Jahre 1979/80 sieht sich die Energiewirtschaft innerhalb eines Jahrzehnts mit einer dritten massiven Herausforderung, und zwar der

* Prof. Dr. Alfred Voß, Dr. Rainer Friedrich, Institut für Kernenergetik und Energiesysteme (IKE), Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 31, D-7000 Stuttgart 80

¹ Herrn Prof. Dr. K.-H. Hocker, Stuttgart, zum 70. Geburtstag gewidmet.

einer schnell wirksamen drastischen Reduktion der Umweltbelastungen, konfrontiert, obwohl die Folgen der beiden Energiepreiseskalationen noch nicht überwunden und die notwendigen strukturellen Anpassungsprozesse noch keineswegs vollzogen sind.

Investitionen in Milliardenhöhe für Anlagen zur Emissionsreduzierung stehen an, und es muß wohl davon ausgegangen werden, daß die neuen Umweltschutzanforderungen die Entwicklung und zukünftige Struktur unserer Energieversorgung ebenso prägend beeinflussen werden, wie dies die Ölpreiskrisen getan haben. Wie aber die durch den Umweltschutz notwendig werdenden Anpassungen und neuen Strukturen der Energieversorgung aussehen werden, welche Energieträger in welchen Bereichen substituiert werden und welchen Energietechniken sich neue Märkte eröffnen, wie denn eigentlich ein den ökonomischen und ökologischen Belangen gleichermaßen gerecht werdendes Energieversorgungssystem aussieht, dies sind Fragen, auf die die gegenwärtig vorherrschende Diskussion um die Senkung der Emissionen um fast jeden Preis keine Antwort gibt.

Im folgenden sollen einige der in diesem Kontext wichtigen Aspekte diskutiert und Problembereiche aufgezeigt werden. Zunächst wird am Beispiel der Elektrizitätswirtschaft aufgezeigt, welche Anforderungen und Kosten sich aus der Realisierung der Umweltschutzanforderungen und hier insbesondere der Großfeuerungsanlagen-Verordnung ergeben. Im Anschluß daran wird der Versuch unternommen, die Gesamtkosten abzuschätzen, die bei Realisierung der verabschiedeten und geplanten Maßnahmen zur Minderung der Luftbelastung im Zusammenhang mit der Energiewandlung und -nutzung in den nächsten Jahren anfallen werden, um dann abschließend einige der strukturellen Probleme anzusprechen, die dadurch auf die Energiewirtschaft zukommen.

2. Reduzierung der SO₂- und NO_x-Emissionen in öffentlichen Kraftwerken

Die am 1. Juli 1983 in Kraft getretene Großfeuerungsanlagen-Verordnung sowie die von der Umweltministerkonferenz beschlossenen NO_x-Emissionsgrenzwerte verlangen weitgehende Maßnahmen zur Begrenzung der SO₂-, NO_x- und Staubemissionen bei Neu- und Altanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 50 MW.

Im Prinzip gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten, die SO₂- und NO_x-Emissionen zu reduzieren. Da sind zunächst einmal die Brennstoffschwefelung und der Einsatz schwefelarmer oder schwefelfreier Energieträger sowie die Steuerung des Verbrennungsprozesses, die sog. Primärmaßnahmen zur Minderung der Stickoxidentstehung,

zu nennen, dann die Rauchgasreinigung mit den verschiedenen teils erprobten oder noch in Entwicklung befindlichen Verfahren zur Absorption oder Umwandlung von Schwefeldioxid oder Stickoxid. Neben diesen sehr wirksamen Verfahren der Rauchgasreinigung lassen sich begrenzte emissionsmindernde Effekte aber auch durch ein gezieltes Brennstoff- und Kraftwerkseinsatzmanagement erzielen.

Fig. 1 und 2 zeigen die durch ein Bündel aufeinander abgestimmter Maßnahmen erzielbaren SO_2 - bzw. NO_x -Emissionsreduzierungen am Beispiel der öffentlichen Elektrizitätswirtschaft in Baden-Württemberg [1, 2]. Bis zum Ende dieses Jahrzehnts werden die SO_2 - und NO_x -Emissionen aus öffentlichen Kraftwerken in Baden-Württemberg um jeweils 75%, bezogen auf das Jahr 1983, reduziert, trotz eines Anstiegs der Stromerzeugung in kohlefeuert Kraftwerken.

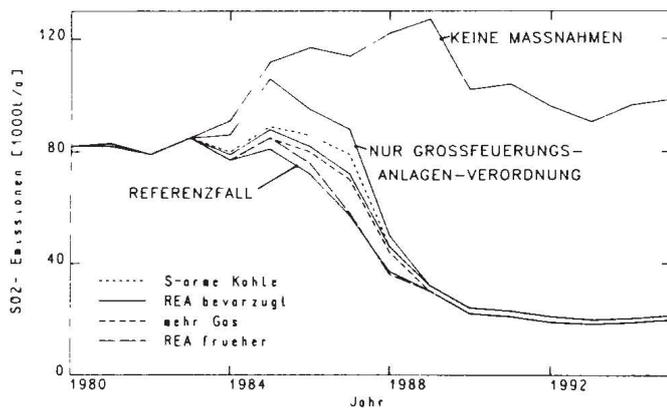


Fig 1 Verschiedene Maßnahmen zur Reduktion der SO_2 -Emissionen in Baden-Württemberg REA Rauchgasentschwefelungsanlage

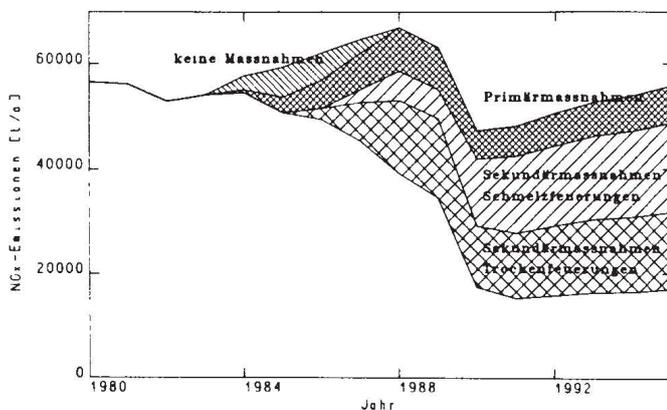


Fig 2 NO_x -Emissionen aus öffentlichen Kraftwerken in Baden-Württemberg

Die Kosten-Effektivität der verschiedenen Maßnahmen zur Minderung der SO_2 - und NO_x -Emission, definiert als der Kostenaufwand pro Einheit Schadstoffreduktion, schwankt dabei von 0,5 bis 6 DM je kg von nicht emittiertem SO_2 und weniger als 1 bis 8 DM je kg von nicht emittiertem NO_x . Die Kosten der Rauchgasreinigung hängen dabei stark von der Anlagengröße, der Auslastung, der Feuerungsart des Kraftwerks und den jeweiligen Retrofitkosten ab

Von den Elektrizitätsversorgungsunternehmen in Baden-Württemberg werden zur Durchführung der geplanten Schadstoffminderungsmaßnahmen in den nächsten Jahren Investitionen in Höhe von fast 1,75 Mrd. DM getätigt

werden. Davon entfallen ca. 1 Mrd. DM auf die Rauchgasentschwefelungsanlagen und 0,75 Mrd. DM auf die De- NO_x -Anlagen. Gegen Ende dieses Jahrzehnts sind jährlich etwa 300 Mio. DM für die Entschwefelung und 180 Mio. DM für die Entstickung an Kapital- und Betriebskosten aufzuwenden. Landesweit führen die gesamten Aufwendungen für die Minderung der SO_2 - und NO_x -Emissionen zu einer durchschnittlichen Erhöhung der Stromerzeugungskosten in Kohlekraftwerken von ca. 3,7 DPf/kWh und, bezogen auf den gesamten in Baden-Württemberg erzeugten Strom, zu Mehrkosten von durchschnittlich 1,1 DPf/kWh, wobei etwa 0,7 DPf/kWh auf die Schwefeldioxidminderung und etwa 0,4 DPf/kWh auf die Stickoxidminderung entfallen. Letztere Angaben dürfen aber nicht darüber hinwegtäuschen, daß bei Elektrizitätsversorgungsunternehmen, die ihren Strom überwiegend aus Steinkohle erzeugen, die Mehrkosten der Emissionsminderungsmaßnahmen in voller Höhe durchschlagen.

Für die gesamte öffentliche Elektrizitätswirtschaft der Bundesrepublik Deutschland liegen ähnlich detaillierte Untersuchungen über die Kosten und Wirkungen der Emissionsminderungsmaßnahmen bis heute nicht vor. Eine Umfrage der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW) bei 51 Unternehmen im Juni 1984 ergab, daß eine Kraftwerksleistung von 36 400 MW mit Rauchgasentschwefelungsanlagen nachgerüstet und eine Kraftwerksleistung von ca. 8650 MW auf schwefelärmere Brennstoffe umgerüstet werden soll [3]. Allein die für den Bau der Entschwefelungsanlagen notwendigen Investitionen belaufen sich dabei auf mehr als 10 Mrd. DM.

3. Abschätzung der Gesamtkosten zur Reduktion der Luftschadstoffemissionen bei der Energienutzung

Neben der Elektrizitätswirtschaft sind natürlich auch die anderen Bereiche der Energiewirtschaft, Industrie, Kleinverbraucher und private Haushalte, also alle Bereiche, wo bei der Energiewandlung und Energienutzung Emissionen entstehen, von den bereits verabschiedeten oder geplanten Umweltschutzauflagen mehr oder weniger betroffen. Als die in diesem Kontext wesentlichen bereits verabschiedeten oder geplanten Umweltschutzverordnungen und Umweltschutzinitiativen sind zu nennen:

1. die Großfeuerungsanlagenverordnung (GFAVO),
2. die neuen Abgasgrenzwerte für Automobile,
3. die dritte Novelle zur technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft),
4. die Reduktion des Schwefelgehaltes beim leichten Heizöl und Dieselkraftstoff.

Die Erfüllung dieser für die verschiedenen Bereiche und Energieträger durchaus unterschiedlichen Umweltschutzauflagen oder, genauer gesagt, Emissions- und Schadstoffgrenzwerte erfordert differenzierte und damit auch unterschiedlich teure Maßnahmen, die vom Einsatz schadstoffarmer Brennstoffe über relativ teure Rauchgasreinigungstechniken bis zu verbrennungstechnischen Maßnahmen reichen. Genaue Angaben über die insgesamt notwendigen Aufwendungen und Kosten aller dieser Maßnahmen liegen bisher nicht vor. Es soll deshalb versucht werden, die Kostenbelastung für die Energiewirtschaft, die Industrie und letztlich den Verbraucher abzuschätzen. Diese Abschätzung kann dabei nur als Orientierung über die Größenordnung der zu erwartenden Zusatzbelastungen durch diese Umweltschutzmaßnahmen dienen. Detailliertere Untersuchungen sind notwendig. Als Basis für die Abschätzung soll das Jahr 1982 dienen.

Unterstellt man, daß die zuvor aufgelisteten Umweltschutzaufgaben voll realisiert würden, so würde dies, bezogen auf das Jahr 1982, bedeuten, daß die SO₂-Emissionen in Höhe von 3,0 Mio. t um etwa 75 % und die NO_x-Emissionen in Höhe von 3,1 Mio. t um etwa 70 % geringer wären. Welche Kosten sind nun mit dieser durchaus drastischen Absenkung der SO₂- und NO_x-Emissionen verbunden?

In der Tabelle sind die jährlichen Kosten für die einzelnen betroffenen Sektoren dargestellt. Es sei zunächst angemerkt, daß die aufgeführten Kostenangaben grobe Schätzwerte sind, die aber auf optimistischen Kostennahmen, d. h. unteren Werten der Kostenbandbreite der verschiedenen Emissionsminderungsmaßnahmen, beruhen. Die Wahrscheinlichkeit, daß die tatsächlichen jährlichen Aufwendungen höher liegen als hier angegeben, ist damit größer als umgekehrt.

Tabelle: Abschätzung der jährlichen Gesamtkosten eingeleiteter und geplanter Emissionsminderungsmaßnahmen
Mrd. DM

Sektor	SO ₂	NO _x	Gesamt
Verkehr	ca. 0,25	12...15	12...15
Haushalte und Kleinverbraucher	ca. 0,7	.	0,7
Industrie	1,5...2	0,1...0,2	1,6...2,2
Kraftwerke	4,5...6	1,8...2,4	6,3...8,4
			20,6...26,3

*keine Minderungsmaßnahmen unterstellt

Die gesamten jährlichen Kosten für die Umweltschutzmaßnahmen liegen zwischen 20 und 26 Mrd. DM. Die größten Einzelaufwendungen entfallen auf den Verkehrssektor und den Kraftwerksbereich mit 12 bis 15 bzw. 6,3 bis 8,4 Mrd. DM.

Es soll nun nicht darüber spekuliert werden, ob dieser Mehraufwand von der Volkswirtschaft oder den einzelnen Sektoren zu verkraften ist, oder gar, ob dieser Aufwand für die Reduzierung der Luftschadstoffe SO₂ und NO_x angemessen ist oder nicht, sondern es sollen diese beträchtlichen Mehraufwendungen zunächst einmal etwas anschaulicher gemacht werden.

Bezieht man die Mehraufwendungen für die Reduktion der Luftschadstoffe auf den Verbraucher, der ja letztlich zu zahlen hat, so ergeben sich je privaten Haushalt Mehraufwendungen von 800 bis 1000 DM pro Jahr. Für die von den Umweltschutzaufgaben im wesentlichen betroffenen Energieträger Kohle und Mineralöl bedeuten diese Mehrkosten fiktive durchschnittliche Verteuerungen von 2,5 bis über 3 DM/GJ, d. h. Verteuerungen um bis zu 35 % bei einzelnen Energieträgern. Als letzter Vergleich sei angemerkt, daß die Umweltschutzaufwendungen etwa 50 % der Roholrechnung der Bundesrepublik Deutschland des Jahres 1982 entsprechen.

4. Auswirkungen auf die Energiewirtschaft und Energieversorgung

Es ist unmittelbar einsichtig, daß Mehraufwendungen für die Luftreinhaltung im Zusammenhang mit der Energienutzung von mehr als 20 Mrd. DM/a, wobei in diesen Zahlen die Kosten für eine vorzeitige Stilllegung von Altanlagen noch nicht enthalten sind, einen gravierenden Einfluß auf die Energiewirtschaft, die Wettbewerbsfähigkeit

einzelner Energieträger und auf das produzierende Gewerbe haben werden.

Zu nennen sind hier z. B. die Auswirkungen der umweltbedingten Energiepreiserhöhungen auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit der energieintensiven Industrie. Von größerer Bedeutung aber werden die durch die Umweltschutzaufgaben induzierten strukturellen Veränderungen innerhalb des Systems der Energieversorgung selbst sein, auf die abschließend noch kurz eingegangen werden soll.

Beginnen wir mit dem Kraftwerksbereich. Die notwendige Entschwefelung und Entstickung von Kohlekraftwerken führt durch die damit verbundenen Kosten dazu, daß die Vorteile des Kernenergiestroms nicht nur im Grundlastbereich, sondern auch im Mittellastbereich gegenüber dem Kohlestrom noch größer werden. Nicht nur aus Elektrizitätswirtschaftlicher, sondern auch aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ist deshalb die Frage zu stellen, ob denn die vorgesehene Verstromung heimischer Steinkohle die sinnvollste, d. h. mit dem geringsten Subventionsbedarf verbundene Verwendung einer aus Versorgungssicherheitsgründen notwendigen Nutzung heimischer Steinkohle ist. Ist unter diesem Gesichtspunkt ein verstärkter Einsatz heimischer Steinkohle im Wärmebereich, gegebenenfalls mit neuen Techniken wie z. B. der Wirbelschichtfeuerung, nicht der sinnvollere Weg, zumal sie hier mit dem teuren Heizöl und Erdgas konkurriert?

Für die Mineralölwirtschaft, die sich zur Zeit in einem durch die hohen Ölpreise erzwungenen schmerzlichen Anpassungsprozeß befindet, bringen die verschärften Umweltauflagen, insbesondere beim schweren Heizöl, neue Probleme. Von den 14 Mio. t Heizöl S, die 1982 abgeliefert wurden, waren 17,5 % schwefelarm (1 % Schwefel), und rund 82 % waren Normalware mit einem Schwefelgehalt von 1,8 bis 2 %. Steigende Mengen von Rohölen mit niedrigem Schwefelgehalt stehen auf den Weltmärkten nicht zur Verfügung, die Entschwefelung von Atmosphären- oder Vakuumrückständen ist mit Kosten von 110 bis 230 DM/t sehr teuer, und Entschwefelungsverfahren für Konversionsrückstände sind noch nicht entwickelt. Die durch die verschärften Emissionsgrenzwerte erheblich erschwerte Verwendung von schwerem Heizöl mit Schwefelgehalten bis zu 2 %, welches ja als Koppelprodukt bei der Mineralölverarbeitung anfällt, kann für die Raffinerien existenzbedrohende Konsequenzen haben. Eine Frage, die sich in diesem Zusammenhang stellt, ist, ob nicht die Verstromung des schweren Heizöls in entschwefelten Kraftwerken die kostengünstigste und umweltfreundlichste Verwendung dieses Produkts wäre. Wenn ja, wäre über das Verbot des Baus von Ölkraftwerken neu nachzudenken.

Was das Erdgas betrifft, so kann kein Zweifel daran bestehen, daß sich seine Wettbewerbsposition durch die verschärften Emissionsvorschriften verbessern wird. Stehen aber ausreichende Erdgasmengen zur Verfügung, um die aus Umweltschutzgründen steigende Nachfrage befriedigen zu können? Und in welchen Bereichen sollte das Erdgas aus Umweltgesichtspunkten bevorzugt eingesetzt werden?

Antworten auf diese Fragen stehen ebenso aus wie auf die Frage, ob sich durch die verschärften Umweltauflagen für die Kernenergie neue Marktchancen im Prozeß- und Fernwärmemarkt ergeben werden. Und nicht zuletzt ist heute noch unklar, ob nicht andere Energieträger wie Methanol oder Wasserstoff und neuartige Energiesysteme, die z. B. die fossilen Energieträger vor der Verbren-

nung zerlegen und reinigen, um dann die so gewonnenen Produkte Kohlenstoff und Wasserstoff mit Sauerstoff energetisch umzusetzen, der langfristig sinnvollere Weg zur Minimierung der Emissionen sind.

Die Liste der hier angesprochenen Probleme und aufgeworfenen Fragen ist sicher nicht vollständig. Sie soll nur einige der sich im Zusammenhang mit der Emissionsminderung bei der Energienutzung neu stellenden Problemfelder umreißen

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die bereits verabschiedeten und noch geplanten Umweltschutzvorschriften die Emissionen der Luftschadstoffe SO_2 , NO_x und Staub drastisch reduzieren werden. Die damit verbundenen Kosten werden aber beachtlich sein.

Man hätte sich gewünscht, daß die ökonomischen und strukturellen Konsequenzen der Umweltschutzgesetzgebung vor ihrer Verabschiedung genauer analysiert worden wären, um für jede aufzuwendende Mark den größtmöglichen umweltentlastenden Effekt zu erzielen und um unerwünschte Auswirkungen auf die Energieversorgung zu vermeiden oder so gering wie möglich zu halten. Da es um Kosten in Milliardenhöhe geht und die energie- und gesamtwirtschaftlichen Konsequenzen weitreichend sein

können, können sorgfältige und umfassende Abschätzungen der Folgen von Umweltmaßnahmen auch heute noch großen Nutzen bringen und zu einer effektiven, sowohl die ökonomischen wie ökologischen Belange berücksichtigenden Umwelt- und Energiepolitik beitragen. In diesem Zusammenhang wäre dann auch die Frage zu untersuchen, ob die gegenwärtige, vornehmlich auf Vorschriften und Grenzwertvorgaben aufbauende Umweltpolitik der geeignete Weg ist oder ob sich die umweltpolitischen Ziele nicht effektiver, d. h. mit geringerem volkswirtschaftlichem Aufwand, durch andere marktwirtschaftliche Instrumente erreichen lassen.

(Eingegangen am 5 August 1985)

Literatur

- [1] Bericht der Arbeitsgruppe »Energiebedarf – Umwelt – Kraftwerksbetrieb« Stuttgart: Staatsministerium Baden-Württemberg 1983
- [2] Staatsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.): Bericht der Kommission »Minderung von Stickoxidemissionen aus Kohlekraftwerken in Baden-Württemberg«, Stuttgart, 1984
- [3] Davids, P., et al Luftreinhaltung bei Kraftwerks- und Industriefeuerungen Brennstoff, Wärme, Kraft 37 (1985) 4