

Die Bedeutung der Kerntechnik für die Bewältigung der Energie-, Umwelt- und Klimaprobleme

Prof. Dr.-Ing. A. Voß VDI, Stuttgart

Eine klimaverträgliche Begrenzung der Treibhausgasemissionen wird wohl nur erreicht werden können, wenn die dafür verfügbaren, begrenzten Aufwendungen streng nach dem ökonomischen Prinzip verwendet werden, mit jeder aufgewendeten Mark eine möglichst hohe Treibhausgasmin- derung zu realisieren. Dies ist ein zentrales Kriterium für die Erarbeitung von Strategien und Kon- zepten zur Abwendung der Klimagefahren. Die Kernenergie könnte insgesamt bis zum Jahr 2005 etwa 150 Mio. t CO₂ vermeiden, dies sind 20 % der gegenwärtigen gesamten CO₂-Emissionen in Westdeutschland, ohne daß auf die Volkswirtschaft zusätzliche Kostenbelastungen zukommen würden. Jedoch kann auch der Ausbau der Kernenergie bis zum Jahr 2005 nur einen begrenzten Beitrag zur Minderung der CO₂-Emissionen leisten, der allein die Minderungsziele nicht erreichen läßt.

1. Einleitung

Verfolgt man die Aussagen auf kerntechnischen Konferenzen und Tagungen der letzten Zeit sowie die Kommentare in den Fachzeitschriften, so muß man den Eindruck gewinnen, daß die Kernenergie wieder im Aufwind ist. Da wird davon gesprochen, daß in vielen Staaten der industrialisierten Welt ein Umdenkprozeß in Sachen Kernenergie eingesetzt hat, daß Neubauplä- ne aufgelegt und Ausstiegsbeschlüsse revidiert werden. Als wesentlicher Grund für die Neube- wertung der Kernenergie wird dabei das Klimaproblem genannt. Für unser Land kommt als weiterer Aspekt noch die gerade aus Umweltschutzgründen notwendige Modernisierung des Kraftwerkssystems in den neuen Bundesländern hinzu. Dies weckt Hoffnungen auf baldige Entscheidungen zum Bau neuer Kernkraftwerke.

Es sind jedoch Zweifel daran angebracht, ob gerade in unserem Land und hier in den politischen Parteien und wichtigen gesellschaftlichen Gruppen ein Prozeß der Neubewertung der Kern- energie wirklich schon in Gang gekommen ist. Bisher sind keine Anzeichen für eine neue Nach- denklichkeit zu sehen, ob Engagement für die Umwelt und Ablehnung der Kernenergie mitein- ander vereinbar sind.

Vielmehr ist zu befürchten, daß es noch erheblicher Zeit und vieler Anstrengungen bedarf, ideologisch bestimmte Grundpositionen und parteipolitische Ausstiegsbeschlüsse in Frage zu

stellen und eine wirkliche Neubewertung, basierend auf einer umfassenden Gesamtabwägung von Möglichkeiten und Risiken, einzuleiten.

In diesem Kontext ist der Hinweis von Bedeutung, daß für die Bewertung der Kernenergie das Klimaproblem nur ein zusätzlicher, aber keineswegs der allein ausschlaggebende Gesichtspunkt sein kann. Nach wie vor sind die seit langem bekannten energiepolitischen Problembereiche weiter existent, die wesentliche Gründe für die Entwicklung der Kernenergie darstellen. Die Kernenergie sollte entsprechend den energiepolitischen Zielen zur Verwirklichung einer Energieversorgung beitragen, die ein auf die Bedürfnisse der Menschen ausgerichtetes, ausreichendes Energieangebot sicherstellt, mit der Energie effizient umgeht, so daß die langfristigen volkswirtschaftlichen Gesamtkosten möglichst gering sind, die Umwelt, sowie die Gesundheit der Menschen möglichst wenig beeinträchtigt, mit der sozialen Ordnung und Entwicklung verträglich ist und den Belangen der Völker der Dritten Welt sowie den zukünftigen Generationen Rechnung trägt.

Aus globaler Sicht ergeben sie sich aus der folgenden, unstrittigen Faktenlage:

1. Die mit vertretbarem Aufwand zu gewinnenden fossilen Energieträger, insbesondere von Erdöl und Erdgas sind begrenzt, auch wenn die Reserven in den letzten Jahren zugenommen haben. Mit der Verbrennung der begrenzten fossilen Energieträger leben wir, wie keine Generation vor uns, auf Kosten zukünftiger Generationen, woraus eine besondere Verpflichtung erwächst, Alternativen zum fossilen Feuer zu entwickeln und verfügbar zu machen.
2. Energiemangel und Hunger sowie das Bevölkerungswachstum in den Ländern der Dritten Welt haben zu einer stetig zunehmenden Waldvernichtung geführt, deren ökologische Konsequenzen gravierender Natur sind. Die Abholzung von Wäldern als Energiequelle ist so schnell wie möglich zu stoppen.
3. Auch aus diesem Grund, aber insbesondere wegen des Bevölkerungswachstums und zur Beseitigung inhumaner Lebensumstände in den Ländern der Dritten Welt wird der weltweite Energiebedarf weiter steigen. Hierfür ist Vorsorge zu treffen.
4. Die Umweltbelastung durch Energienutzung ist auf ein für die Ökosysteme und die Natur verträgliches Ausmaß zurückzuführen. Hierzu sei z. B. auf die Umweltsituation in den neuen Bundesländern und in den anderen osteuropäischen Staaten verwiesen.

Diese Situationsanalyse macht aber deutlich, daß es auch bei Nichtexistenz des Klimarisikos gewichtige Gründe für die Nutzung der Kernenergie gibt. Die Vermeidung nicht tolerierbarer Klimaveränderungen tritt gegebenenfalls noch als ein weiterer hinzu.

Die Energieversorgung ist, wie die zuvor angesprochenen Problembereiche zeigen, ein globales, weltumspannendes Problem, und Lösungen können wohl nicht allein aus einer länderbezogenen, regionalen Betrachtung gewonnen werden. Dies heißt, daß auch bei der Beurteilung der Bedeutung der Kernenergie die globale Dimension der Energieprobleme eine wesentliche Rolle spielen muß. Einige dieser globalen Aspekte wurden zuvor schon angesprochen.

Die weiteren Ausführungen beschränken sich jedoch bei der Diskussion der Bedeutung der Kernenergie für die Bewältigung der Energie-, Umwelt- und Klimaprobleme auf die Bundesrepublik Deutschland, denn es werden wohl die Industrieländer sein, in denen die Kernenergie als Option zur Lösung der Energieprobleme zunächst relevant wird.

2. Ausgangssituation in der Bundesrepublik Deutschland

Der Primärenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland (Stand nach dem 3. Oktober 1990) beträgt im Jahr 1990 insgesamt 14,5 EJ oder 494 Mio. t SKE. Der Rückgang des Primärenergieverbrauchs von 3,3 % gegenüber 1988 wurde vor allem dadurch ausgelöst, daß der Energieverbrauch Ostdeutschlands aufgrund des wirtschaftlichen Einbruchs um 18 % zurückgegangen ist. Die Höhe und die Struktur des Primärenergieverbrauchs ist in Abbildung 1 getrennt für die alten und die neuen Bundesländer dargestellt.

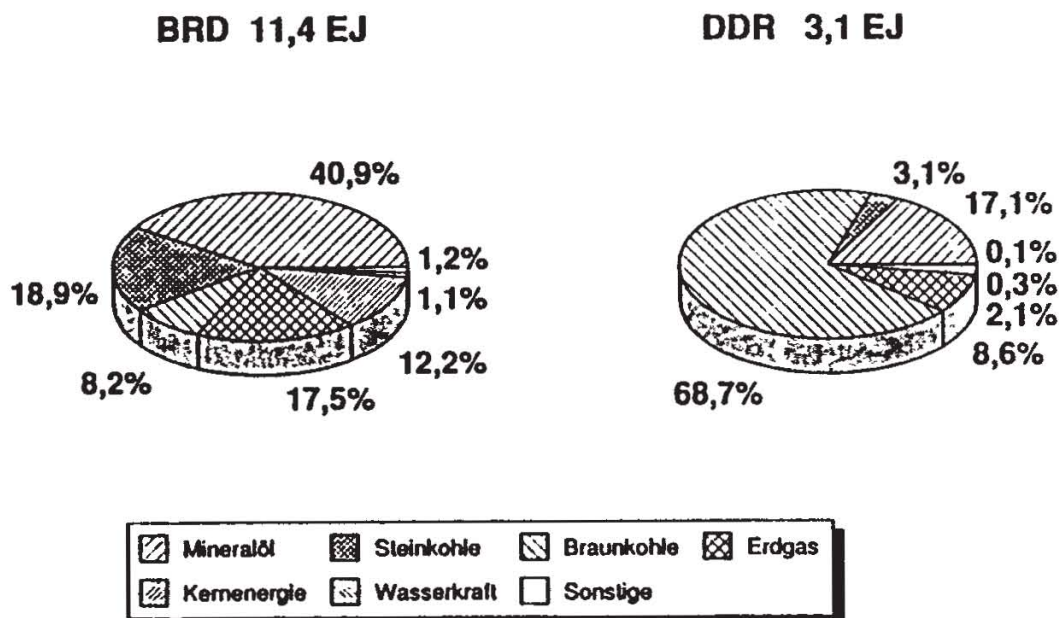


Abb. 1: Primärenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1990 nach Energieträgern

In Westdeutschland dominiert weiterhin das Mineralöl mit einem Anteil von 41 %, die Braunkohle hat dagegen hier nur einen Anteil am Primärenergieverbrauch von 8,2 %. Demgegenüber erreicht die Braunkohle in Ostdeutschland einen Anteil von 68,7 % und das Mineralöl nur einen Anteil von 17 %. Die Kernenergie hat in Westdeutschland einen Anteil am Primärenergieverbrauch von 12,2 % und in Ostdeutschland von 2,1 %. Insgesamt trägt die Kernenergie zu 10 % zum Primärenergieverbrauch im vereinten Deutschland bei. Durch die Abschaltung der Kernkraftwerke in Greifswald ging der Anteil der Kernenergie am Primärenergieverbrauch in Ostdeutschland von 4,1 % auf 2,1 % zurück.

Die Abbildung 2 zeigt die Struktur der Bruttostromerzeugung nach Energieträgern in den alten und in den neuen Bundesländern im Jahr 1990. Deutlich wird die einseitige Erzeugungsstruktur in Ostdeutschland mit einem Anteil der Braunkohle von 79 % an der Bruttostromerzeugung. Demgegenüber gibt es in Westdeutschland eine diversifizierte Erzeugungsstruktur mit Anteilen von 33 % für die Kernenergie, von 31 % für die Steinkohle und von 18 % für die Braunkohle. Der Stromverbrauch ist in Ostdeutschland zwischen 1988 und 1990 um 14,8 % zurückgegangen, während er in Westdeutschland im gleichen Zeitraum um 2 % gestiegen ist.

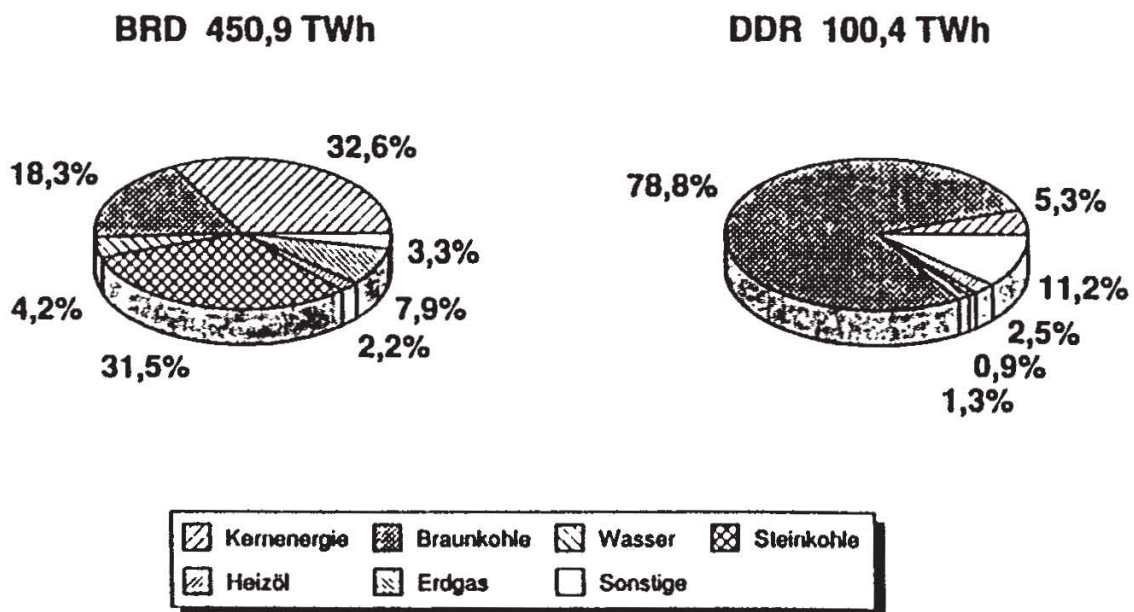


Abb. 2: Bruttostromerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1990 nach Energieträgern

Die Abbildung 3 zeigt die Aufteilung der Bruttoengpaßleistung der Kraftwerke getrennt für die alten und die neuen Bundesländer im Jahr 1989 nach Energieträgern. Insgesamt sind in den alten Bundesländern 104 GW_e und in den neuen Bundesländern 24,2 GW_e im Jahr 1989 installiert. Die vier Blöcke des Kernkraftwerks Greifswald und die 70 MW_e Anlage in Rheinsberg

sind 1990 abgeschaltet worden. Ob in Greifswald die Blöcke 5 bis 8 und ob die 1000 MW_e-Anlage in Stendal fertiggestellt und in Betrieb gehen werden, ist wenig wahrscheinlich. Ähnlich wie die Primärenergieversorgung ist auch die Stromversorgung in den neuen Bundesländern sehr einseitig auf die Braunkohle ausgerichtet. Der Anteil der Leistung der Braunkohlekraftwerke an der gesamten Bruttoengpaßleistung beträgt 75 %. Des weiteren ist der Kraftwerkspark Ostdeutschlands stark überaltert. So sind z. B. 50 % der Dampferzeuger älter als 20 Jahre. Hieraus resultiert auch ein hoher spezifischer Brennstoffverbrauch, der um 18 % höher liegt als in Westdeutschland. Ebenso wird dadurch auch eine umfassende Sanierung, Nachrüstung mit Rauchgasreinigungsanlagen sowie Ersatzbauten notwendig.

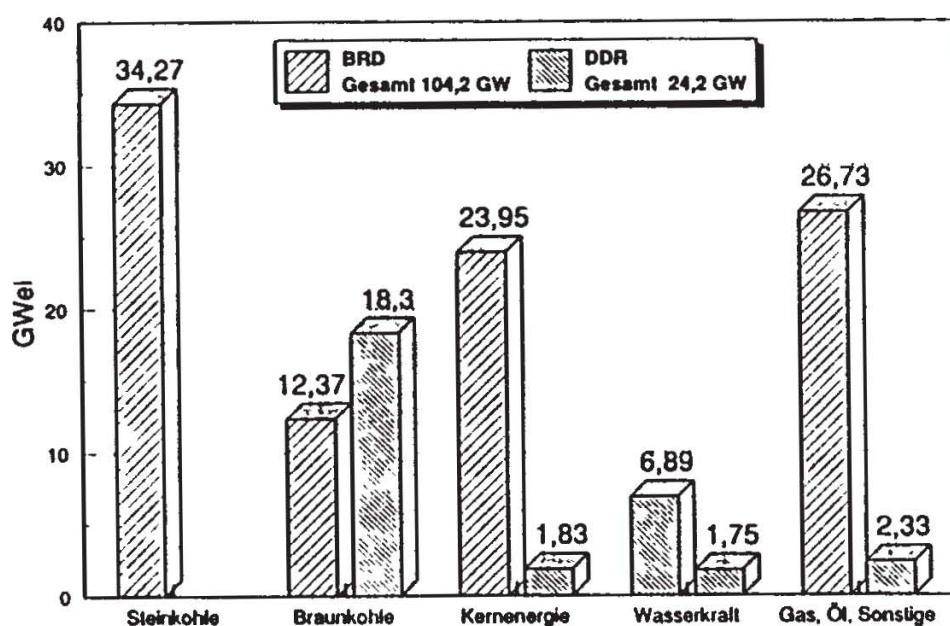


Abb. 3: Bruttoengpaßleistung der Kraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1989 nach Energieträgern

Die energiebedingten Umweltbelastungen sind zu einer neuen Herausforderung für die Energiepolitik und Energiewirtschaft geworden. In Tabelle 1 ist die Situation bei den Luftschadstoffemissionen im Jahr 1989 dargestellt. Bei den SO₂-Emissionen konnte in Westdeutschland aufgrund der Erfolge der Rauchgasentschwefelung und der Reduktion des Schwefelgehaltes der Brennstoffe ein Rückgang von 3 auf rd. 1 Mio. t erzielt werden. Die Pro-Kopf-Emissionen in der ehemaligen DDR sind um fast einen Faktor 20 höher als in der alten Bundesrepublik. Obwohl in der ehemaligen DDR ein geringerer Fahrzeugbestand und geringere Verkehrsleistungen vorliegen, sind die NO_x-Emissionen pro Kopf in Ostdeutschland höher. Die CO₂-Emissionen betragen insgesamt im vereinten Deutschland rd. 1000 Mio. t/a im Jahr 1989 (etwa 1050 Mio. t/a im Jahr 1987). Dabei sind die Pro-Kopf-Emissionen in der ehemaligen DDR wegen dem starken Braunkohleanteil sehr hoch.

Tabelle 1

Luftschadstoffemissionen in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1989

	Emissionen in Mio. t		Emissionen je Einwohner in kg	
	BRD	DDR	BRD	DDR
SO ₂	1,05	5,2	17	313
NO _x	2,7	1,0	44	60
CO ₂	683,8	315,5	11.030	19.000

Die Herausforderung der Realisierung einer umwelt- und klimaverträglichen Energieversorgung soll im folgenden am Beispiel der Treibhausgase verdeutlicht werden.

3. Treibhausgasreduktionsnotwendigkeiten

Um die Klimaänderungen und ihre Konsequenzen auf ein tolerierbares Maß zu begrenzen, hat die Weltkonferenz "The Changing Atmosphere" von Toronto gefordert, die weltweiten CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005 um 20 % und bis zum Jahr 2050 um 50 % gegenüber dem Niveau des Jahres 1987 zu reduzieren und die zweite Weltklimakonferenz von Genf weist darauf hin, daß es notwendig wäre, die weltweiten CO₂-Emissionen kontinuierlich um 1 % pro Jahr zu reduzieren, um bis zur Mitte des nächsten Jahrhunderts den Anstieg der atmosphärischen CO₂-Konzentration auf ein Niveau zu begrenzen, das 50 % über dem der vorindustriellen Zeit liegt. In ähnlicher Weise sind auch die Freisetzungen der anderen Treibhausgase zu vermindern.

Diese Reduktionen der globalen CO₂-Emissionen bzw. die damit verbundenen Einschränkungen des Verbrauchs fossiler Energieträger sind dabei vor dem Hintergrund zu sehen, daß nahezu alle Energieprognosen von einem weiteren Anstieg des weltweiten Verbrauchs an fossilen Energieträgern ausgehen /1/.

Was aber bedeuten diese globalen Minderungsziele für die einzelnen Staaten? Welche Treibhausgasemissionsminderungen resultieren daraus für die Bundesrepublik Deutschland, damit sie ihren Beitrag zur Erreichung der globalen Ziele leistet?

Einen allgemein akzeptierten Schlüssel zur Ableitung nationaler Treibhausgasminderungsziele gibt es bisher nicht. Angesichts des Faktums, daß die energiebedingte Freisetzung von Treibhausgasen in der Vergangenheit nahezu ausschließlich durch die Industrieländer erfolgt ist, die

auch heute noch für rund 75 % der CO₂-Emissionen verantwortlich sind, werden sie den Hauptbeitrag zur Minderung der Treibhausgasemissionen leisten müssen.

Eine erste Orientierung über die Größenordnung der CO₂-Reduktion in unserem Land, um die zuvor genannten globalen Minderungsziele zu erreichen, mag die folgende einfache Überlegung geben /2/. Entsprechend der Toronto-Konferenz-Forderung wären die weltweiten CO₂-Emissionen des Jahres 1987 in Höhe von rd. 20,5 Mrd t bis zum Jahr 2005 auf rd. 16,4 Mrd t/a und bis 2050 auf 10,25 Mrd t/a zu verringern. Bei rd. 6,5 Mrd. Menschen im Jahr 2005 und rd. 10 Mrd Menschen im Jahr 2050 würden diese Minderungsziele bedeuten, daß im Weltdurchschnitt jeder Erdenbürger dann 2,5 bzw. 1 t CO₂ pro Jahr durch die Nutzung fossiler Energieträger freisetzen dürfte.

In der Bundesrepublik Deutschland betragen die CO₂-Emissionen je Einwohner im Jahr 1987 rd. 12 t und in der ehemaligen DDR rd. 21 t. Gleiches Emissionsrecht vorausgesetzt, müßten wir also unsere CO₂-Emissionen bis 2005 um weit mehr als 50 % und bis zur Mitte des nächsten Jahrhunderts um mehr als 90 % reduzieren. Diese Zahlen mögen zum einen die Dimension der notwendigen Umstrukturierung unserer vornehmlich auf fossilen Energieträgern beruhenden Energieversorgung zur Verwirklichung eines klimaverträglichen Energiesystems umreißen und zum anderen andeuten, mit welchen Reduktionsforderungen an die Industrieländer, z. B. von Seiten der Entwicklungsländer, im Rahmen der bevorstehenden internationalen Verhandlungen zur Vereinbarung einer Konvention über den Schutz der Erdatmosphäre zu rechnen ist.

Unter Berücksichtigung der berechtigten Belange der Entwicklungsländer ergibt sich, daß die von der Bundesregierung angestrebte Minderung der CO₂-Emissionen um 25 + x % bis zum Jahr 2005 /3/ bzw. die von der Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" geforderte Reduktion um 30 % /4/ nicht ausreichen werden, um die weltweiten Zielvorgaben der Toronto-Konferenz zu erreichen.

Die für eine Internationale Konvention zum Schutz der Erdatmosphäre notwendige Festlegung nationaler Reduktionsvorgaben, d. h. des Umfangs und des Tempos der national erforderlichen Begrenzungen der energiebedingten Treibhausgasemissionen ist noch zu leisten. Diese schwierige Aufgabe wird wohl nur gelingen, wenn für die einzelnen Länder bzw. Ländergruppen fundierte Informationen über die jeweiligen Minderungsmöglichkeiten und ihre Konsequenzen vorliegen, um die Belastungen der notwendigen tiefgreifenden Umstrukturierung der Energieversorgung gerecht verteilen zu können.

Unabhängig von dem letztendlich notwendigen Umfang der Treibhausgasminderung kommt bei der Formulierung von energiepolitischen Strategien und Konzepten zur Erreichung einer klimaverträglichen Energieversorgung der Differenzierung zwischen dem technisch Möglichen, dem wirtschaftlich Darstellbaren und dem ökologisch Effizienten eine besondere Bedeutung zu.

Rein technisch gesehen stehen uns zumindest auf längere Sicht sehr weitgehende Treibhausgas-minderungsmöglichkeiten zur Verfügung. Aber nicht alles was technisch machbar ist, ist auch wirtschaftlich darstellbar und schon gar nicht effizient im Sinne der Nutzung knapper verfügbaren Ressourcen zur Vermeidung von Klimaveränderungen.

Eine Politik, die die Klimagefahren auf ein tolerierbares Maß eingrenzen will, ist auf ein gleichge-richtetes Handeln aller Staaten angewiesen. Dies wird wohl nur zu erreichen sein, wenn die Lasten gerecht verteilt und so gering wie möglich sind, damit insbesondere die Länder der Dritten Welt auch ihre anderen, ihnen derzeit viel wichtigeren Entwicklungsziele erreichen können. Aus diesem Grund gewinnen kosteneffiziente CO₂-Reduktionsmaßnahmen ihre große Bedeutung. Anders ausgedrückt, eine klimaverträgliche Begrenzung der Treibhausgasemissionen wird wohl nur erreicht werden können, wenn die dafür verfügbaren, begrenzten Aufwendungen streng nach dem ökonomischen Prinzip verwendet werden, mit jeder aufgewendeten Mark eine möglichst hohe Treibhausgas-minderung zu realisieren. Dies ist ein zentrales Kriterium für die Erarbeitung von Strategien und Konzepten zur Abwendung der Klimagefahren.

Im folgenden wird nun auf den möglichen Beitrag, den die Kernenergie zu einer umwelt- und klimaverträglichen Energieversorgung in der Bundesrepublik Deutschland (ohne die Gebiete der ehemaligen DDR) leisten kann, näher eingegangen. Dabei werden Untersuchungsergebnisse verwendet, die im Rahmen eines Studienprogramms für die Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages /4/ erarbeitet wurden, an dem die Autoren beteiligt waren. Als Bezugszeitpunkte für quantitative Aussagen dienen dabei die Jahre 1987 und 2005.

4. CO₂-Minderungsmöglichkeiten durch Kernenergie

Die Kernenergie trug im Jahr 1989 mit einer Stromerzeugung von 149 TWh zu einem Drittel zur gesamten Bruttostromerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland bei. Würde diese Strom-erzeugung in Kohlekraftwerken erfolgen, so bedeutet dies eine zusätzliche CO₂-Emission in Höhe von ca. 130 Mio. t/a.

Mit dem derzeit erreichten Stand der Kerntechnik sind aber weder ihre technischen bzw. sicherheitstechnischen noch ihre ökonomischen Entwicklungsmöglichkeiten sowie ihr Potential zur Deckung des Energiebedarfs und zur CO₂-Minderung ausgeschöpft.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird die Kernenergie fast ausschließlich zur Stromerzeugung eingesetzt. Die Wärmeauskopplung aus Kernkraftwerken, in Entwicklung befindliche kleine Heizreaktoren sowie der Hochtemperaturreaktor ermöglichen es mittelfristig aber auch, daß die Kernenergie einen Beitrag zur Versorgung des nichtelektrischen Energiemarktes leisten könnte.

Bei Betrachtung der CO₂-Minderungsmöglichkeiten ist zwischen dem technischen Potential der CO₂-Minderung und den Kosten der Reduktion zu differenzieren. Unter dem technischen Potential ist dabei der technisch mögliche Beitrag zu verstehen, der realisiert würde, wenn keine politischen oder sonstigen Hemmnisse den Ausbau der Kernenergie behindern würden.

Kurzfristig könnte eine Erhöhung der Auslastung der bestehenden Kernkraftwerke einen Beitrag zur CO₂-Minderung in der Höhe von 18 bis 27 Mio. t CO₂/a leisten, wenn die Stromerzeugung in Kohlekraftwerken entsprechend zurückgefahren würde. Mittelfristig sind weitergehende CO₂-Reduktionen nur durch den Zubau von Kernkraftwerken zu erreichen.

Das technische CO₂-Minderungspotential durch einen Ausbau der Kernenergie bis zum Jahr 2005, worunter die unter Außerachtlassung von Wirtschaftlichkeitsaspekten und Hemmnissen technisch möglichen Reduktionen von CO₂-Emissionen zu verstehen sind, ist in Tabelle 2 aufgeführt /5/.

Das größte Einzelpotential der Kernenergie zur CO₂-Minderung liegt im Bereich der Stromerzeugung, wenn im Rahmen des Ersatz- und Erweiterungsbedarfs Kernkraftwerke anstelle von Kohlekraftwerken zugebaut würden. Würden 2 Kernkraftwerke pro Jahr, beginnend im Jahr 1997, zugebaut werden, so wäre im Jahr 2005 insgesamt eine Kernkraftwerksleistung von rd. 45 GW_n installiert, was einem Anteil von 41 % an der gesamten installierten Leistung entsprechen würde. Die technischen CO₂-Minderungspotentiale bis zum Jahr 2005 der nuklearen Fernwärme- und Prozeßwärmeerzeugung sind mit bis zu 15 bzw. 35 Mio. CO₂/a deutlich kleiner. Zur Prozeßdampferzeugung müßte jeweils ein HTR-Modul (200 MW_n) an dreißig Industriestandorten mit einem Dampfbedarf von mehr als 200 t/h gebaut werden. Insgesamt wären zur Ausschöpfung des technischen Potentials etwa 40 HTR-Doppelblockanlagen zu zubauen (insgesamt 16.400 MW_n installiert).

Tabelle 2

**Technisches CO₂-Minderungspotential der Kernenergie Im Jahr 2005
sowie verbundene Minderung anderer Luftschadstoffe**

Bereich/Maßnahme	Mio. t/a	kt/a		
	CO ₂	NO _x	SO ₂	CH ₄ ¹
Stromerzeugung				
• Zubau 1 KKW/a (maximal) Ersatz von Braunkohle normaler/CO ₂ -minimierender Betrieb	50 - 88	36 - 64	28 - 72	71 - 126
• Zubau 1 KKW/a (maximal) Ersatz von Steinkohle normaler/CO ₂ -minimierender Betrieb	24 - 95	17 - 47	19 - 72	134 - 362
• Zubau 2 KKW/a (maximal) Ersatz von Braunkohle normaler/CO ₂ -minimierender Betrieb	88 - 149	63 - 107	57 - 100	214 - 450
• Zubau 2 KKW/a (maximal) Ersatz von Steinkohle normaler/CO ₂ -minimierender Betrieb	63 - 143	45 - 102	48 - 95	347 - 554
Öffentl. Nah- und Fernwärmeversorgung				
• Auskopplung aus KKW (LWR)	5 - 13	5 - 13	6 - 16	22 - 54
• Einsatz von Kernheizwerken	7 - 16,5	7 - 16	8 - 19	23 - 58
Ind. Prozeßdampf- u. Prozeßwärmeerzeugung				
• Prozeßdampf	30	46	76	83
• Prozeßwärme	5	5	28	11
¹ einschließlich der vorgelagerten Stufen				

Das maximal technisch mögliche CO₂-Minderungspotential der Kernenergie ergibt sich bis zum Jahr 2005 zu rd. 200 Mio. t CO₂/a, was etwa 25 % der gesamten CO₂-Emissionen des Jahres 1987 in den alten Bundesländern entspricht. Die Erschließung dieses gesamten CO₂-Minderungspotential in den verschiedenen Bereichen ist natürlich mit unterschiedlichen Minderungskosten verbunden.

5. CO₂-Minderungskosten der Kernenergie

Die spezifischen CO₂-Minderungskosten sind ein Maß für die Effizienz von Umweltschutzmaßnahmen. Hierbei bedeuten negative Minderungskosten, daß auch die Energiegestehungskosten niedriger sind als in der Vergleichsanlage, d. h. es wird nicht nur CO₂ vermieden, sondern es werden auch noch Mittel eingespart. Die im folgenden wiedergegebenen Minderungskosten der Kernenergie gelten für das Jahr 2005, wenn z. B. in der Stromerzeugung anstelle von modernen Kohlekraftwerken Kernkraftwerke eingesetzt werden würden. Für die Braunkohle wird dabei ein Brennstoffpreis von 3,7 DM/GJ, für die importierte Steinkohle von 4,7 DM/GJ und für die heimische Steinkohle von 10,5 DM/GJ für das Jahr 2005 unterstellt.

In der Abbildung 4 sind die spezifischen CO₂-Minderungskosten für den Einsatz der Kernenergie in der Stromerzeugung in Abhängigkeit von der Anlagenauslastung des substituierten Stroms aus fossilen Kraftwerken dargestellt. Der hier wiedergegebene Vergleich der spezifischen CO₂-Minderungskosten der Kernenergie gegenüber der Stromerzeugung aus Braunkohle, importierter Steinkohle und heimischer Steinkohle stützt die Feststellung, daß durch eine Ausweitung der Stromerzeugung in Kernkraftwerken, um die Stromerzeugung in Kohlekraftwerken zu reduzieren bzw. zu vermeiden, eine nennenswerte Minderung der energiebedingten CO₂-Emissionen möglich ist, ohne die Gesamtkosten der Stromerzeugung zu erhöhen.

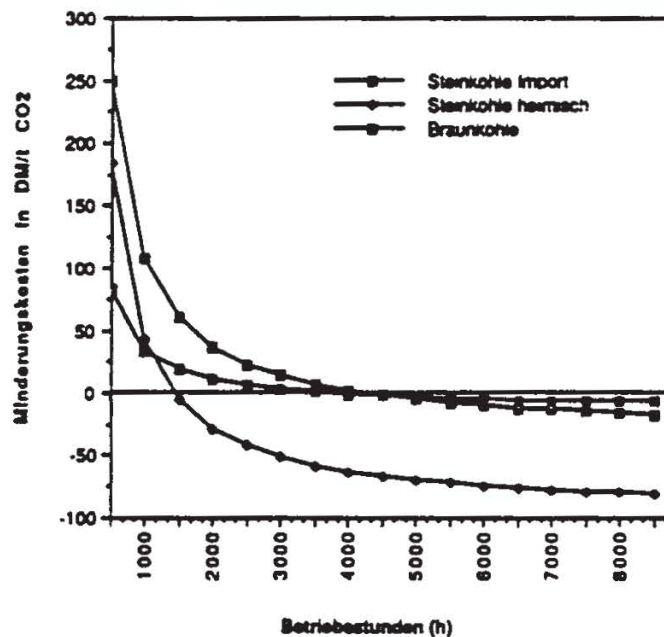


Abb. 4: Spezifische CO₂-Minderungskosten durch Kernenergie in der Stromerzeugung in Abhängigkeit von der Anlagenauslastung

Eine andere Darstellungsform für die spezifischen Minderungskosten sind sogenannte Kosten-Potential-Funktionen [6], bei denen das Potential zur CO₂-Minderung in Abhängigkeit von den spezifischen Minderungskosten aufgetragen wird. Als Beispiel sind in der Abbildung 5 die Kosten-Potential-Funktionen für die CO₂-Minderung im Bereich der Fernwärmeerzeugung aufgetragen. Im oberen Teil der Abbildung 5 sind die Kosten-Potential-Funktionen für die Fernwärmeauskoppelung aus Kernkraftwerken dargestellt. Es zeigt sich, daß bei Ersatz von Importkohle nur an wenigen Stellen wirtschaftliche Auskopplungsmöglichkeiten vorhanden sind. Tendenziell sind dies die Möglichkeiten mit kurzer Transportentfernung und hoher Leistung. Das wirtschaftliche CO₂-Minderungspotential liegt zwischen 0,5 und 1,5 Mio. t. Bei Ersatz von heimischer Steinkohle ergeben sich für mehrere Maßnahmen wirtschaftliche Bedingungen. Das wirtschaftliche CO₂-Minderungspotential beträgt dann etwa 3,5 Mio. t. Im unteren Teil der Abbildung 5 ist die Kosten-Potential-Funktion für den Einsatz von Kernheizwerken zur Fernwärmeerzeugung wiedergegeben.

Bei Vergleich der Wärmeerzeugung in Kernheizwerken mit der Erzeugung in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen unter Einsatz von Importkohle sind einige Maßnahmen wirtschaftlich, z. B. die Substitution kohlegefeuerter Heizkraftwerke mit einer Fernwärmeleistung zwischen 50 und 200 MW durch Kernheizwerke entsprechender Leistung. Das gesamte wirtschaftliche CO₂-Minderungspotential für das Jahr 2005 bei Ersatz von Importkohle liegt zwischen 1,5 und 4,5 Mio. t CO₂. Bei Ersatz von heimischer Steinkohle ergeben sich außer für sehr kleine Heizkraftwerke für die meisten Maßnahmen wirtschaftliche Bedingungen. Das wirtschaftliche CO₂-Minderungspotential liegt dann bei ca. 5,5 Mio. t.

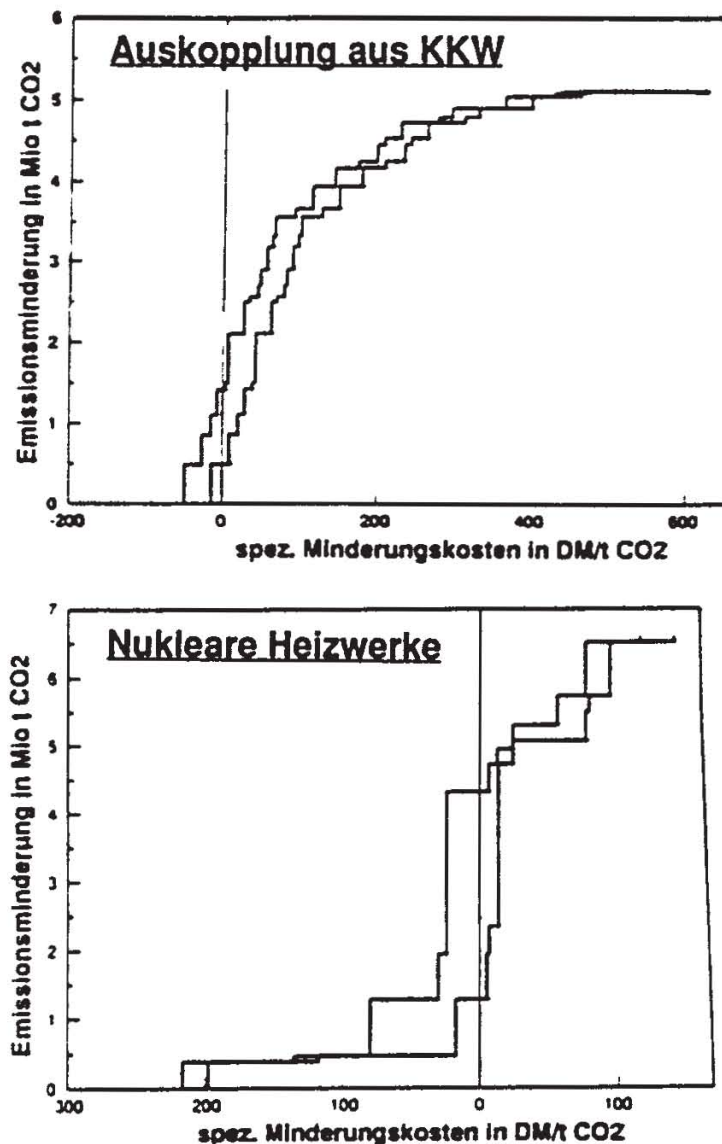


Abb. 5: Kosten-Potential-Funktionen der CO₂-Minderung durch nuklear erzeugte Fernwärme

Zusammenfassend läßt sich zu den CO₂-Minderungspotentialen der Kernenergie und den dazugehörigen Minderungskosten feststellen, daß für die Stromerzeugung aus Kernenergie sich durchweg negative spezifische CO₂-Minderungskosten ergeben, selbst wenn man gegen die

Importkohle und nicht gegen die teure heimische Steinkohle rechnet. Im Bereich der Fernwärme- sowie Prozeßdampf- und Prozeßwärmeerzeugung wären dagegen die Minderungspotentiale nur mit zusätzlichen Kosten auszuschöpfen. Die Wasserstofferzeugung mittels Kernenergie wäre mit sehr hohen Minderungskosten behaftet. Insgesamt könnte die Kernenergie bis zum Jahr 2005 etwa 150 Mio. t CO₂ vermeiden, dies sind 20 % der gegenwärtigen gesamten CO₂-Emissionen in Westdeutschland, ohne daß auf die Volkswirtschaft zusätzliche Kostenbelastungen zukommen würden. Jedoch kann auch der Ausbau der Kernenergie bis zum Jahr 2005 nur einen begrenzten Beitrag zur Minderung der CO₂-Emissionen leisten, der allein die Minderungsziele nicht erreichen läßt.

Es gibt natürlich auch noch andere Treibhausgasminderungsmöglichkeiten, die in durchaus beachtliches Minderungspotential aufweisen. Hierbei weisen jedoch die spezifischen CO₂-Minderungskosten eine erhebliche Bandbreite auf:

Wärmemarkt

- Wärmedämmung	- 120 bis	+ 190	DM/t CO ₂
- Solare Warmwasserbereitung (25 %)	+ 150 bis	+ 300	DM/t CO ₂
- Brennwertkessel	- 90 bis	+ 55	DM/t CO ₂

Stromerzeugung

- Ersatz Steinkohle durch Erdgas	- 90 bis	+ 20	DM/t CO ₂
- Ausweitung der Kernenergie	- 100 bis	0	DM/t CO ₂
- Wirkungsgradsteigerung fossiler Kraftwerke	- 155 bis	+ 290	DM/t CO ₂
- Photovoltaik (nach 2000)	+ 220 bis	+ 290	DM/t CO ₂

Diese große Bandbreite bedeutet, daß man mit dem selben Aufwand, je nach durchgeführter Maßnahme, also viel oder wenig Minderung des CO₂-Ausstoßes erreichen kann. So stellt z. B. die Photovoltaik bis zum Jahr 2005 einen technisch machbaren Weg, jedoch wohl keinen effizienten Weg dar im Vergleich mit den sonstigen Möglichkeiten bei der Stromerzeugung.

Im Zusammenhang mit der Wirtschaftlichkeit von Kernenergie und fossilen Energieträgern wird oft behauptet, daß eine Berücksichtigung der "externen Kosten" das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsanalyse erheblich verändern würde. Unter den externen Kosten sind hierbei alle diejenigen Schäden zu verstehen, die nicht der Produzent sondern Dritte oder die Allgemeinheit zu tragen haben, z. B. Schäden durch Luftverschmutzung. Die Zielsetzung müßte hierbei sein, die externen Kosten entsprechend dem Verursachungsprinzip zu internalisieren, um zu einer Vollkostenrechnung zu gelangen. Die heute noch offene Frage ist, wie hoch die externen Kosten bei der

Stromerzeugung tatsächlich sind. Aussagen, daß die externen Kosten fossiler und nuklearer Stromerzeugung höher sind als die betriebswirtschaftlich errechneten Stromgestehungskosten /7/, sind gegenwärtig wissenschaftlich nicht haltbar. Die externen Kosten, die heute quantifizierbar sind, liegen unter 10 % der betriebswirtschaftlich kalkulierten Kosten /8/, was die Werte der Tabelle 3 bestätigen. Hierbei sind jedoch die externen Kosten einer möglichen Klimaveränderung nicht enthalten.

Tabelle 3

Externe Kosten ausgewählter Stromerzeugungsanlagen

Kostenkategorie	Pf_{ext}/kWh_{el}			
	Steinkohle	Kernenergie	Wind	Photovoltaik
Gesundheitsbeeinträchtigungen	0,18 - 0,19	0,02 - 0,06	0,02 - 0,05	0,06 - 0,09
hypothetische Unfälle	-	0,01	-	-
Umweltbeeinträchtigungen				
Wald	0,19	-	-	-
Sonst. Flora u. Fauna	0,02	-	-	-
Material	0,05 - 0,08	-	-	-
Lärm	-	-	0 - 0,01	-
Ressourcenverzehr	0 - 0,03	0 - 0,03	-	-
Subventionen	0 - 0,58	0 - 0,03	-	-
Forschung und Entwicklung	0 - 0,06	0 - 0,45	0 - 0,34	0 - 1,25
Summe der externen Kosten	0,44 - 1,15	0,03 - 0,64	0,02 - 0,40	0,06 - 1,34

6. CO₂-Reduktionsstrategien

Im Rahmen der Arbeiten für die Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" sind aufbauend auf den Einzelanalysen der verschiedenen CO₂-Minderungsoptionen erste Überlegungen bezüglich der Ausgestaltung von Strategien zur Verminderung energiebedingter CO₂-Emissionen angestellt worden. Nach Vorgabe der Enquete-Kommission waren dabei drei Reduktionsszenarien für das Jahr 2005 zu erarbeiten, die sich an dem Ziel einer etwa 30 %-igen CO₂-Minderung (bezogen auf die Emissionen des Jahres 1987) orientieren und unterschiedliche energiepolitische Auffassungen reflektieren sollten. In einem ersten Szenario "Hemmnisabbau und Preispolitik" sollten der Energieeinsparung Priorität gegeben werden. Die Kernkraftwerkskapazität sollte auf dem gegenwärtigen Niveau eingefroren, aber höher ausgelastet werden und der

Erdgaseinsatz sollte um nicht mehr als 30 % zunehmen. In einem zweiten Szenario "Kernenergieausstieg" sollten die CO₂-Minderungen unter der Annahme eines Verzichts auf die Nutzung der Kernenergie ab dem Jahr 2005 untersucht werden. Schließlich war ein drittes Szenario mit Ausbau der Kernenergie zu erstellen.

Allen Szenarien gemeinsam ist die Annahme einer Bevölkerungszahl von 60 Mio. im Jahr 2005 (Bundesrepublik Deutschland, ohne das Gebiet der ehemaligen DDR) und eines Wachstums des Bruttoinlandproduktes von durchschnittlich 2,4 %/a bis 2005.

Die durchgeführten Szenarioanalysen beschränkten sich auf die Abschätzung der energie-, emissions- und soweit möglich kostenseitigen Aspekte. Andere für die Bewertung von Minderungsstrategien wichtige Bereiche, wie die Auswirkungen auf die Wirtschafts- und Wirtschaftsstrukturentwicklung, auf die Wettbewerbsfähigkeit und die Beschäftigung wurden ebensowenig untersucht wie die Fragen der Durchsetzbarkeit und der Robustheit der Ergebnisse hinsichtlich unsicherer Annahmen. Insofern können die Ergebnisse nur eine erste Orientierung liefern.

In Abbildung 6 ist der Versuch gemacht worden wesentliche Ergebnisse der Reduktionsszenarien im Vergleich darzustellen. Die mit "Trend" bezeichnete Entwicklung der CO₂-Emissionen beruht auf der Annahme, daß die gegenwärtigen Rahmenbedingungen der Energieversorgung im wesentlichen unverändert fortbestehen. Insbesondere werden keine speziellen Eingriffe zur Minderung der CO₂-Emissionen unterstellt. Unter diesen Status-quo-Bedingungen bleiben die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005 nahezu unverändert auf dem Niveau des Jahres 1987 (Reduktion um 4 %). In Anbetracht des im Jahr 2005 gut 50 % höheren Bruttoinlandsproduktes und einer gestiegenen Energiedienstleistungsnachfrage bedeutet dies aber, daß die dem Trend-szenario zugrundeliegenden Effizienzsteigerungen und Energieträgersubstitutionen bereits zu einer deutlichen Minderung des spezifischen CO₂-Ausstoßes geführt haben. Diese implizite CO₂-Minderung, die ja aus heutiger Sicht auch noch zu leisten ist, läßt sich näherungsweise quantifizieren, wenn man die energetischen Nutzungsgrade und die Energieträgerstruktur des Jahres 1987 bis zum Jahr 2005 festschreibt. Unter dieser Annahme der "frozen efficiency" würde sich für das Jahr 2005 ein Anstieg der CO₂-Emissionen auf rund 920 Mio. t CO₂ ergeben. Die Differenz zu den CO₂-Emissionen der Trendentwicklung in Höhe von 240 Mio. t CO₂ ist als Minderungsbedarf mit zu beachten, wenn man die angestrebte CO₂-Minderung, d. h. die Minderungsziele, an dem CO₂-Emissionsniveau des Jahres 1987 orientiert.

Wenden wir uns nun den Reduktionsszenarien zu. Im Reduktionsszenario "Hemmnisabbau und Energiepolitik" nehmen die CO₂-Emissionen im Vergleich zu 1987 um rund 205 Mio. t, d. h. um 28,7 % auf 510 Mio. t CO₂/a ab. Diese CO₂-Minderung ist zurückzuführen auf eine weitgehende

Ausschöpfung der Einsparmöglichkeiten in allen Endverbraucherbereichen, eine Verlagerung und Reduktion von Verkehrsleistung, eine erhebliche Ausweitung der Strom- und Wärmeerzeugung mittels erneuerbaren Energiequellen, nahezu eine Verdoppelung der KWK-Erzeugung und einen um 20 % zunehmenden Erdgaseinsatz. Des weiteren werden CO₂-Emissionen in Höhe von 27 Mio. t CO₂ durch eine bessere Auslastung der bestehenden Kernkraftwerke vermieden.

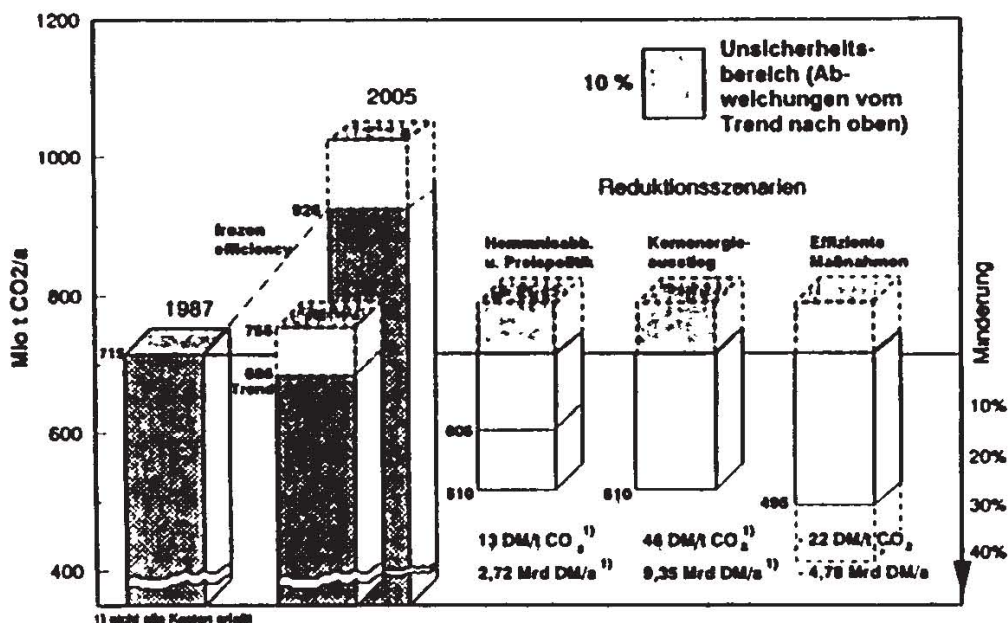


Abb. 6: CO₂-Reduktionsszenarien im Vergleich

Das Reduktionsszenario "Kernenergieausstieg" weist mit 510 Mio. t CO₂ dieselben CO₂-Emissionen und damit auch dieselben Emissionsreduktionen wie das Szenario "Hemmnisabbau und Energiepolitik" aus. Um dies zu erreichen, wären aufgrund der Beendigung der Nutzung der Kernenergie im Jahr 2005 die Energieeinsparungen weiter zu verstärken, die Nutzung der erneuerbaren Energiequellen auszuweiten und der Erdgaseinsatz zu erhöhen. Die dazu notwendigen Maßnahmen seien an einigen Beispielen verdeutlicht. Für den Raumwärmebereich wird unterstellt, daß nahezu 40 % des Altbaubestandes wärmetechnisch so saniert werden, daß der durchschnittliche Heizenergieverbrauch um zwei Drittel absinkt und alle Neubauten bis zum Jahr 2005 im Durchschnitt einen spez. Nettoheizenergiebedarf von 40 kWh/m²a bei Einfamilienhäusern bzw. 25 kWh/m²a bei Mehrfamilienhäusern aufweisen. Die Stromerzeugung in der Kraft-Wärme-Kopplung müßte etwa 2,8 mal so hoch sein wie 1987. Die Stromerzeugungskapazität auf Basis erneuerbarer Energiequellen wäre bis 2005 um etwa 11,3 GW_e auszuweiten, allein auf die Windkraft entfielen davon 5,2 GW_e. Letztlich sei noch erwähnt, daß der Erdgaseinsatz um insgesamt 50 % zunehmen müßte und die Stromerzeugung in erdgasgefeuerten Kondensationskraftwerken müßte von 21,5 TWh in 1987 auf 103,6 TWh in 2005, d. h. um fast 500 % ansteigen.

Im Reduktionsszenario mit Ausbau der Kernenergie sind die einzelnen CO₂-Minderungsmaßnahmen weitgehend nach den Effizienzkriterien ausgewählt worden. Im Sinne einer effizienzorientierten CO₂-Minderungsstrategie werden dabei alle im Rahmen der erwarteten Energiepreissteigerungen aus volkswirtschaftlicher Sicht sinnvollen Energieeinsparmöglichkeiten, auch durch eine verstärkte Kraft-Wärme-Kopplung, ebenso genutzt, wie die diesbezüglichen Potentiale der erneuerbaren Energiequellen. Die Kernenergie trägt sowohl im Bereich der Stromerzeugung wie auch durch die Bereitstellung von Fern- und Prozeßwärme zur CO₂-Minderung bei. Mit vermiedenen CO₂-Emissionen in Höhe von fast 92 Mio. t CO₂/a entfällt der bei weitem größte Anteil der durch den Ausbau der Kernenergie reduzierten CO₂-Emissionen auf eine Ausweitung der Stromerzeugung in Kernkraftwerken. Dabei wird unterstellt, daß sich die installierte Bruttoengpaßleistung der Kernkraftwerke von heute 23,6 GW_e auf 36,6 GW_e im Jahr 2005 erhöht. Der Anteil der Kernenergie an der gesamten Stromerzeugung würde dann im Jahr 2005 rd. 56 % betragen.

Insgesamt ergeben sich in diesem effizienzorientierten Reduktionsszenario mit Kernenergieausbau CO₂-Emissionen im Jahr 2005 in Höhe von 495 Mio. t. Dies entspricht einer Minderung um 220 Mio. t CO₂ oder 31 % gegenüber dem Jahr 1987.

Vergleicht man nun die drei Reduktionsszenarien untereinander, so ergeben sich trotz der in der Größenordnung vergleichbaren CO₂-Minderungen doch einige wesentliche Unterschiede. Sie liegen einmal in dem unterschiedlichen Kostenaufwand für die Erreichung der CO₂-Minderung. Die jährlichen Nettokosten für die CO₂-Minderungsmaßnahmen belaufen sich im Falle des Reduktionsszenarios "Hemmnisabbau und Energiepolitik" auf rd. 2,7 Mrd. DM/a und im Fall des Reduktionsszenarios "Kernenergieausstieg" auf mehr als 9 Mrd. DM/a, wobei hier wegen fehlender Daten nicht alle Zusatzkosten erfaßt werden konnten und im Falle des Kernenergieausstiegs z. B. auch die Kapitalvernichtung durch die vorzeitige Stilllegung der Kernkraftwerke nicht bewertet worden ist.

Die Minderung der CO₂-Emissionen im effizienzorientierten Reduktionsszenario mit Ausbau der Kernenergie wäre dagegen mit einer Kostenentlastung der Volkswirtschaft von rund 4,8 Mrd DM/a verbunden. Der Beitrag der verschiedenen Maßnahmen zur Minderung der CO₂-Emissionen und die damit verbundenen Kosteneinsparungen (bzw. Kosten) sind in Abbildung 7 dargestellt. Im Vergleich zum Kernenergieausstiegsszenario ergäbe sich damit bei einer CO₂-Minderung von rd. 30 % eine jährliche Kostendifferenz von mehr als 15 Mrd. DM.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied zwischen den drei Reduktionsstrategien besteht im Hinblick auf ihre Möglichkeiten, falls notwendig, weitergehende CO₂-Minderungsziele zu erreichen. Diese sind im Falle des Kernenergieausstiegs wohl nicht vorhanden. Würde man hingegen bei der

Reduktionsstrategie mit Ausbau der Kernenergie, die in den beiden anderen Szenarien unterstellten weitergehenden Maßnahmen im Bereich der Energieeinsparung, der Ausweitung der Nutzung erneuerbarer Energiequellen und von Erdgas auch durchführen, so ließen sich die CO₂-Emissionen um weitere 65 Mio. t/a reduzieren.

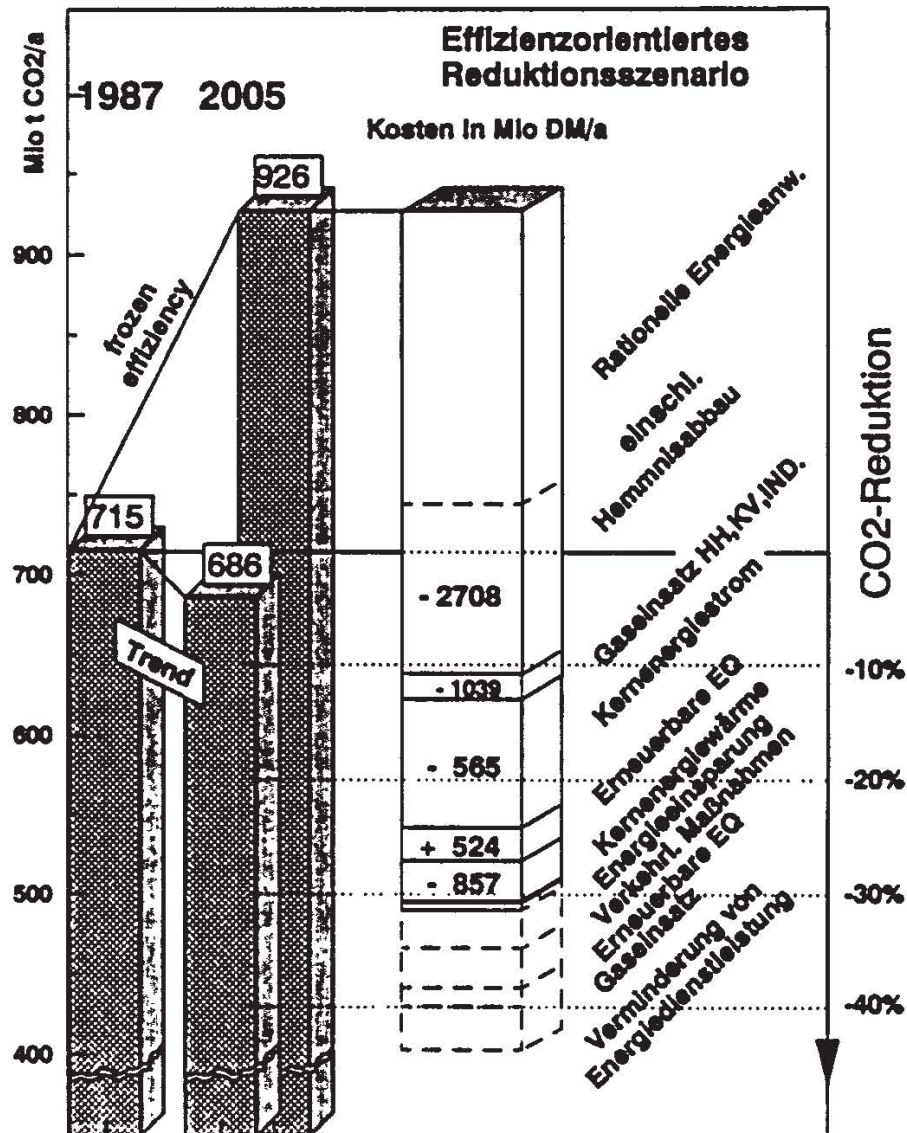


Abb. 7: Effizienzorientiertes Szenario mit Ausbau der Kernenergie

Letztlich sei noch darauf hingewiesen, daß sich die drei Reduktionsszenarien auch hinsichtlich der notwendigen politischen Eingriffstiefe zu ihrer Umsetzung unterscheiden, wobei die CO₂-Minderung mit gleichzeitigem Kernenergieausstieg wohl den größten politischen Eingriffs- und Regelungsbedarf hat.

7. Einordnung und Fazit

Faßt man das bisher Gesagte zusammen, so läßt sich feststellen, daß, wenn keine Hemmnisse die verstärkte Nutzung der Kernenergie behindern oder verzögern würden, aus technischer Sicht bis zum Jahr 2005 eine Minderung der CO₂-Emissionen von bis zu 200 Mio. t/a erreichbar wäre, was etwa 27 % der derzeitigen gesamten CO₂-Emissionen der Bundesrepublik Deutschland entspricht. Eine Ausnutzung eines großen Teils dieses CO₂-Minderungspotentials durch eine Vermeidung fossiler Energieerzeugung wäre dabei aus gegenwärtiger Sicht möglich, ohne die Kosten der Energiebereitstellung zu erhöhen. Dabei würden auch die Emissionen an anderen Luftschadstoffen deutlich gesenkt.

Die zukünftige Nutzung der Kernenergie wird, wie wir aus der nun schon zwei Jahrzehnte andauernden Kernenergiekontroverse in unserem Land wissen, nicht nur durch ihre technischen Möglichkeiten und Ihre wirtschaftlichen Vorteile bestimmt, und auch die zuvor aufgezeigten Möglichkeiten einer effizienten Luftschadstoff- und Treibhausgasminderung werden bestehende Vorbehalte in der Bevölkerung und bei verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen und Parteien wohl nicht sobald revidieren und eine allgemeine Akzeptanz schaffen.

Damit ist eine Kernfrage angesprochen, die die zukünftige Rolle der Kernenergie, zumindest in unserem Land, entscheidend mitbestimmt. Die Nutzung der Kernenergie ist, wie jede andere Energieerzeugung auch, mit Risiken verbunden. Nach den besten gegenwärtig verfügbaren Kenntnissen, wissen wir, daß die Risiken für das menschliche Leben und die Gesundheit, die der Kernenergienutzung insgesamt, daß heißt von der Urangewinnung über den Kraftwerksbetrieb bis zur Endlagerung der radioaktiven Abfälle, zuzuordnen sind, kleiner sind als die der gegenwärtig wichtigsten Energieträger Öl und Kohle und in der gleichen Größenordnung liegen wie die von Erdgas und den regenerativen Energiequellen /9/. Dies zeigt die Abbildung 8.

Diese vergleichsweisen geringen Risiken der Kernenergie, die sich aus einer rationalen, wahr-scheinlichkeitsorientierten Analyse gesundheitlicher Auswirkungen der Nutzung verschiedener Energiesysteme ergeben, haben aber, wie wir wissen, eine allgemeine Akzeptanz der Kernenergie bisher nicht bewirkt. Der Risikobegriff, als Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schaden, der für den Vergleich technischer Systeme sinnvoll ist und sich gerade auch im Bereich der Reaktorsicherheit und ihrer Weiterentwicklung als äußerst nützlich erwiesen hat, stellt sich für die Kommunikation mit der Öffentlichkeit als nicht zielführend und als schwer vermittelbar heraus.

Hier sind neue Wege der Vermittlung und Einordnung der Risiken der Kernenergie im Kontext zu anderen technischen und natürlichen Risiken zu finden. Unabhängig davon gilt es deutlich zu

machen, daß trotz des hohen sicherheitstechnischen Niveaus heutiger kerntechnischer Anlagen, die Sicherheitstechnik keineswegs am Ende ihrer Entwicklung angelangt ist, sondern daß Möglichkeiten bestehen, hypothetische Ereignisketten zu beherrschen, so daß katastrophale Freisetzungen von Radioaktivität nicht eintreten. Besonders erwähnenswert erscheint im Kontext der hier diskutierten Probleme die Entwicklung von Reaktorkonzepten bzw. von Sicherheitsauslegungen, die darauf ausgerichtet sind, quasi deterministisch Schadensfolgen für die Umgebung auch noch so kleiner Eintrittswahrscheinlichkeiten auszuschließen oder auf ein tolerierbares Maß zu begrenzen.

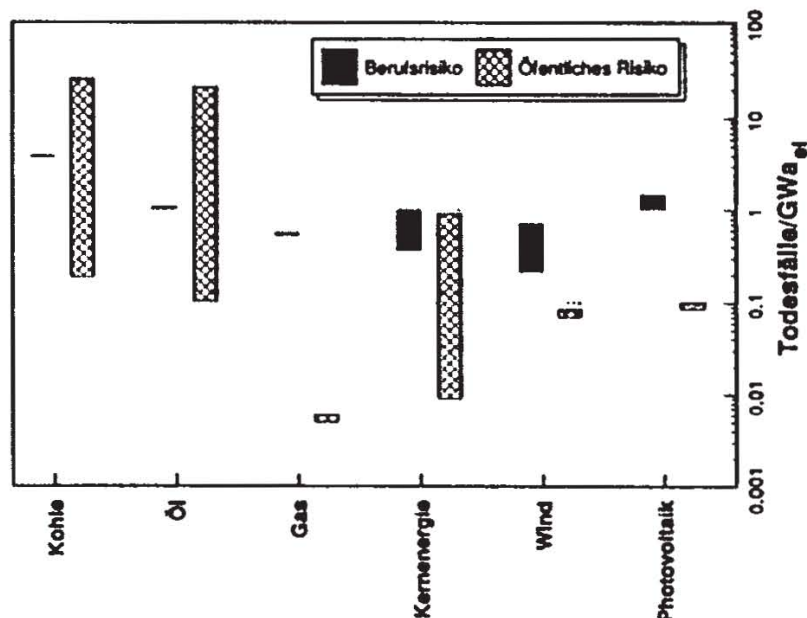


Abb. 8: Vergleich der Risiken der Stromerzeugung durch verschiedene Energieträger

Die Realisierbarkeit einer Kerntechnik ohne das technische Restrisiko einer Freisetzung großer Mengen an Radioaktivität scheint ein notwendiges Argument für diejenigen politischen Gruppen zu sein, die der Kerntechnik heute noch ablehnend gegenüberstehen, damit sie eine Neubewertung in Betracht ziehen. Sie ist damit auch Voraussetzung für einen neuen energiepolitischen Konsens, der es dann ermöglicht, die bestehenden Potentiale der Kernenergie zur Lösung der Energie-, Umwelt- und Klimaprobleme zu nutzen.

Literatur

- /1/ Schaumann P., Voß A. (Band-Hrsg.): Energie, Umwelt und Klima, Eine wachsende Herausforderung für Europa, Schriftenreihe des Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1991

- /2/ Voß A.: Energie und Klima: Ist eine klimaverträgliche Energieversorgung erreichbar?, in: Brennstoff - Wärme - Kraft (BWK), 43(1991), 1/2, S. 19-31
- /3/ Bundesumweltministerium: Bundeskabinett beschließt nationales CO₂-Minderungsprogramm zum Klimaschutz, Pressemitteilung, Bonn, 07.11.90
- /4/ Dritter Bericht der Enquete-Kommission Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre zum Thema Schutz der Erde: Deutscher Bundestag, 11. Wahlperiode, Drucksache 11/8030, 1990.
- /5/ Fahl U., u. a.: Emissionsminderung von energiebedingten klimarelevanten Spurengasen in der Bundesrepublik Deutschland und in Baden-Württemberg, Studie im Auftrag der Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg, 1. Zwischenbericht, IER Stuttgart, Oktober 1990
- /6/ Kohler T., u. a.: Kernenergie eine Lösung für das CO₂-Problem?, in: atomwirtschaft (atw), 25(1990), 10, S. 484-488
- /7/ Hohmeyer O.: Soziale Kosten des Energieverbrauchs, 2. revidierte und erweiterte Fassung, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1989
- /8/ Friedrich R., u. a.: Externe Kosten der Stromerzeugung, 2. korrigierte Ausgabe, VWEV-Verlag, Frankfurt am Main, 1990
- /9/ Kallenbach U., Thöne E. (Band-Hrsg.): Gesundheitsrisiken der Stromerzeugung, Daten, Fakten und Bewertungen - Vergleich aus energietechnischer Sicht, Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1989