



Kurzfristiger Kernenergieausstieg und Klimaschutz - Anmerkungen und Hintergründe -

Im Auftrag der Redaktion GLOBUS (Westdeutscher
Rundfunk)

Wuppertal
August 1998

Bearbeitet von:

Prof. Dr. Peter Henicke
Dr.-Ing. Manfred Fishedick

Vorbemerkung

Die folgende, im Auftrag des WDR (Redaktion GLOBUS) erstellte Kurzstudie hat eine begrenzte Fragestellung: Es wird in Szenarienform (d.h. unter „wenn, dann“-Bedingungen) die Frage beantwortet, ob in Deutschland bis zum Jahr 2005 ein Ausstieg aus der Atomenergie energiewirtschaftlich möglich und im Vergleich zur Trendentwicklung klimaneutral realisierbar ist. Die Studie konzentriert sich dabei ausschließlich auf die Frage, ob und wie im Sektor Stromerzeugung bis zum Jahr 2005 gleichzeitig die Risiken der Atomenergie vermieden und ein angemessener CO₂-Reduktionsbeitrag zur nationalen Klimaschutzpolitik erbracht werden kann. Die Antwort lautet: Ein klimaverträglicher Ausstieg ist möglich, aber unter der wesentlichen politischen Bedingung, daß der Ausstieg von einer erheblich offensiveren und umfassenderen Energieeinspar- und Klimaschutzpolitik als bisher flankiert wird.

Weder rechtliche, preis- oder sicherheitsrelevante noch volks- und betriebswirtschaftliche oder forschungspolitische Fragen konnten in dieser Kurzstudie untersucht werden. Auch internationale Wechselwirkungen werden nicht thematisiert. Insofern muß diese Kurzstudie vor allem auch im Zusammenhang und als teilweise Aktualisierung von vorhandenen Studien gesehen werden, wie sie z.B. die Klima-Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages vorgelegt hat. Die sogenannten C1 und C2-Studien der Enquête-Kommission haben seinerzeit nachgewiesen, daß ein Ausstieg bis zum Jahr 2005 klimaverträglich möglich ist und nur mit moderaten volkswirtschaftlichen Zusatzkosten (zwischen 20 bis 130 DM pro Kopf/Jahr bis 2020) oder - je nach Annahmen - sogar mit volkswirtschaftlichen Gewinnen verbunden ist.

Seit Veröffentlichung der Enquête-Untersuchungen sind aber bereits vier bis fünf Jahre verstrichen. Daher ist es zweifellos schwieriger geworden, **bis zum Jahr 2005** das Klimaschutzziel der Bundesregierung (25%-CO₂-Reduktion) zusammen mit einem Atomausstieg zu realisieren. Auf den ersten Blick scheint die eingetretene Zeitverzögerung daher auch eine „ausstiegswillige“ Bundesregierung vor die Alternative zu stellen, entweder den Ausstieg zur Erreichung des CO₂-Minderungsziels bis 2005 zu verzögern oder die noch bestehende Selbstverpflichtung (25% CO₂-Reduktion bis 2005) wegen des Ausstiegs aufzukündigen.

Wie die Kurzstudie zeigt, ist eine solche Politik der längerfristigen Risikostreuung (statt kurzfristigen Risikominimierung) aber weder notwendig noch klimapolitisch oder volkswirtschaftlich geboten. Hierzu können wir in dieser Einleitung nur einige thesenartige Argumente anführen:

In dem nationalen Ausstiegsszenario der Kurzstudie wurde - zur Vereinfachung - ein einfaches sektorielles „burden-sharing“-Modell unterstellt. Angenommen wird, daß durch den Stromsektor bis zum Jahr 2005 nicht nur die aus dem Ausstieg resultierenden zusätzlichen CO₂-Emissionen kompensiert werden und sektorspezifisch das globale Minderungsziel (25% bis zum Jahr 2005) der Bundesregierung erfüllt wird, sondern daß auch der geringere CO₂-Reduktionsbeitrag des Verkehrssektors teilweise ausgeglichen wird. Diese „burden-sharing“-Annahme kann aber in gesellschaftspolitischer und volkswirtschaftlicher Hinsicht durchaus auch anders gesehen werden: Denn zum einen stellt sich die Frage, ob der Stromsektor, der in einem kurzen Zeitraum einen wesentlichen Beitrag zur Risikominimierung leisten muß, auch noch überproportionale Lasten zu Gunsten anderer Sektoren tragen sollte. Zum anderen ist zu berücksichtigen, daß der Verkehrssektor zwar nach der Meinung aller Experten im Trend die meisten zusätzlichen CO₂-Emissionen verursachen wird, er aber auch, wenn dies politisch gewünscht und gesellschaftlich akzeptiert wird, prinzipiell einen großen technischen CO₂-

Reduktionsbeitrag leisten könnte. Dann allerdings müßte eine neue Energiepolitik verbunden werden mit einer schnelleren Markteinführung energiesparender Autos und einer Wende hin zu einer sanften Verkehrs(vermeidungs-)politik. Gesamtsystemarer Klimaschutz kann sich daher nicht auf einen Sektor allein konzentrieren, sondern muß alle energiebereitstellenden und -verbrauchenden Bereiche mit einbeziehen.

Unstrittig ist aber, dies weisen zahlreiche Untersuchungen nach, daß der Stromsektor mittel- bis langfristig auch ohne Kernenergie einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann. Insbesondere wenn der Atomausstieg relativ zügig, unumkehrbar und planungssicher stattfindet, wird für den langfristigen Klimaschutz (über das Jahr 2005 hinaus) die notwendige Dynamik entstehen. Nur dann kann nämlich rasch und umfassend ein profitabler nationaler (und damit indirekt auch internationaler) Markt für die drei „Säulen“ einer Energiespar- und Solarenergiewirtschaft - für die rationellere Energienutzung (REG), die regenerativen Energien (REG) und die Kraft-Wärme/Kälte-Koppelung (KWK/K) - geschaffen werden. Ein kurzfristiger Ausstieg aus der Kernenergie trägt also dazu bei, daß ein ökologischer Strukturwandel und ein erheblicher volkswirtschaftlicher Innovations- und Investitionsimpuls für den Klimaschutz ausgelöst und beschleunigt wird.

Hierdurch könnte die Bundesrepublik erstmalig auch international demonstrieren, daß in einem hochindustrialisierten Land gerade durch einen Ausstieg eine längerfristige und weiterreichende Klimaschutzdynamik angestoßen werden kann. Ist diese längerfristige Marktdynamik einmal in Gang gesetzt, ist es aus unserer Sicht zweitrangig, ob das bis zum Jahr 2005 gesetzte 25%- CO₂-Reduktionsziel punktgenau erreicht würde. Für die Glaubwürdigkeit der deutschen Klimaschutzpolitik wäre die hiervon ausgehende Signalwirkung für eine risikominimierende weltweite Energiepolitik ungleich bedeutsamer als eine nationale Klimapolitik gestützt auf Atomenergie. Dies gilt auch für den Vorbildcharakter der Bundesrepublik in Europa, wenn demonstriert werden kann, daß der deutsche Beitrag zur Erfüllung der im Rahmen der Kyotovereinbarungen beschlossenen EU-Minderungsziele¹ auch ohne die Kernenergie erreicht werden kann.

Unabhängig von der klimapolitischen Dimension der Debatte um den Ausstieg aus der Kernenergie, gibt es weitere Fragen, die hier nicht angesprochen werden können. Dies betrifft insbesondere auch die Frage der gesellschaftlichen Akzeptanz. In diesem Zusammenhang wurde bisher viel zu wenig berücksichtigt, daß **das ungelöste Entsorgungsproblem für Brennelemente vor allem auch ein Mengenproblem ist**. Bisher gibt es weltweit kein Endlager für wärmeentwickelnden hochradioaktiven Atommüll; zur Zeit müßten bereits etwa 2500 m³ Brennelemente aus deutschen Atomkraftwerken endgelagert werden, wartet man mit dem Ausstieg z.B. bis zum Jahr 2010 wären es schon etwa 6000 m³. Vor diesem Hintergrund erscheint es unwahrscheinlich, daß ohne einen zügigen Ausstieg die gesellschaftliche Akzeptanz für den weiteren Transport abgebrannter Brennelemente oder für die Zwischen- und Endlagerung herstellbar ist.

Kurzfristiger Kernenergieausstieg und Klimaschutz²

- Anmerkungen und Hintergründe -

*Prof. Dr. Peter Henicke und Dr.-Ing. Manfred Fischebeck
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
im Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen*

1 Ausgangssituation

- Die Kernenergie trägt heute (1997) mit rund 170,4 Mrd. kWh (brutto) bzw. 161,9 Mrd. kWh (netto) zur Stromerzeugung in Deutschland bei. Ihr Anteil an der gesamten Bruttostromerzeugung beträgt damit rund 31 % (bezogen auf die öffentliche Versorgung ca. 35 %).
- Insgesamt stehen heute 19 Kernkraftwerke (ohne KKW Mülheim-Kärlich, für das keine gültige Betriebsgenehmigung vorliegt) für die Stromerzeugung zur Verfügung. Die installierte Leistung beträgt damit 22.149 MW (brutto) bzw. 21.108 MW (netto).

2 Mögliche Realisierungspfade für den kurzfristigen Ausstieg

Ein kurzfristiger Ausstieg aus der Kernenergie kann grundsätzlich unter folgenden Gesichtspunkten diskutiert werden:

- akute Sicherheitsbedenken („Sofortausstieg“)
- bisherige Betriebszeit (Lebensalter)
- Restkapazitäten (für Brennelemente) in den Abklingbecken der Kernkraftwerke

Im folgenden werden zwei Varianten für den Ausstieg aus der Kernenergie näher untersucht. Für Variante A sollen die Restkapazitäten (für die kraftwerkseigene Brennelementelagerung) und für Variante B die Betriebszeit als bestimmender Faktor zugrundegelegt werden.

Variante A: „Begrenzte Lagerkapazitäten“

Ziel: Minimierung bzw. Verhinderung weiterer Brennelementetransporte

Annahmen:

- Die Kapazitäten der Abklingbecken für die Aufnahme neuer (abgebrannter) Brennelemente sind begrenzt und reichen je nach Kraftwerk von einem bis zu fast acht Jahren (Quelle: offizielle Betreibermitteilungen; Ergebnisse der Länderumfragen zur Entsorgung abgebrannter Brennelemente der Gesellschaft für Reaktorsicherheit).
- Optimiertes Management der Lagerkapazitäten kann zu einer Streckung der Kapazitäten um ein Jahr führen.
- Im begrenzten Umfang können Abklingbecken benachbarter Blöcke (z. B. Biblis B und A) mitgenutzt werden.
- Sofortstilllegung (d. h. spätestens 1999) von Anlagen mit hohen Sicherheitsbedenken durch konsequente Anwendung des gültigen Atomgesetzes auf Länderebene unter der Voraussetzung einer ausbleibenden bundesrechtlichen (gegenteiligen) Weisung (Biblis A, Stade, Obrigheim).
- Erlass/Inkrafttreten eines Atomausstiegsgesetz (als Ersatz für das gültige Atomgesetz) zu Beginn des Jahres 1999, in dem festgelegt wird, (1) daß das Recht auf Betrieb eines Kernkraftwerks erlischt, wenn keine freien Lagerkapazitäten für abgebrannte Brennelemente im kraftwerkseigenen Abklingbecken mehr nachgewiesen werden können, (2) daß das Recht auf Betrieb eines Kernkraftwerks spätestens 25 Jahre (frühestens aber 1 Jahr nach Inkrafttreten des Gesetzes) nach Erteilung der Genehmigung zur ersten nuklearen Inbetriebnahme erlischt und,

(3) daß das Recht auf Betrieb eines Kernkraftwerks unabhängig von (1) und (2) spätestens im Jahr 2005 erlischt.

Auswirkungen (vgl. Abbildung 1):

- Die heute schon weitgehend ausgeschöpften Lagerkapazitäten an den Kraftwerksstandorten führen bis 2002 fast zu einer Halbierung der heute noch verfügbaren Kernkraftwerksleistung.
- Drei Anlagen (Isar II, Grundremmigen B und C) müssen nach (3) stillgelegt werden

Problem:

- Zahlreiche neuere Kraftwerke (z. B. Emsland, GKN II) gehören zu den ersten Kraftwerken, die außer Betrieb gehen müssen. Die Betriebszeit von 6 Anlagen liegt unterhalb von 20 Jahren. Dies kann zu Entschädigungsforderungen führen.
- Rechtliche Fragen im Umgang mit den Altverträgen mit den Wiederaufarbeitungsanlagen in Frankreich (La Hague) und England (Sellafield) können trotz Ausstiegsgesetz Transporte unvermeidbar machen oder zu Entschädigungsforderungen führen.

Variante B: „Höchstbetriebszeit“

Ziel: Minimierung der Risiken durch sukzessive Stilllegung der Kernkraftwerke in der Reihenfolge der Betriebszeit

Annahmen:

- Sofortstilllegung (d. h. spätestens 1999) von Anlagen mit hohen Sicherheitsbedenken durch konsequente Anwendung des gültigen Atomgesetzes auf Länderebene unter der Voraussetzung einer ausbleibenden bundesrechtlichen (gegenteiligen) Weisung (Biblis A, Stade, Obrigheim)
- Erlass/Inkrafttreten eines Atomausstiegsgesetz (als Ersatz für das gültige Atomgesetz) zu Beginn des Jahres 1999, in dem festgelegt wird,
 - (1) daß das Recht auf Betrieb eines Kernkraftwerks frühestens 1 Jahr nach Inkrafttreten des Gesetzes ansonsten aber im Zeitraum 2000 bis 2001 (spätestens nach 25 Jahren) und 2002 bis 2004 (spätestens nach 20 Jahren) nach Erteilung der Genehmigung zur ersten nuklearen Inbetriebnahme erlischt und,
 - (2) daß das Recht auf Betrieb eines Kernkraftwerks unabhängig von (1) spätestens im Jahr 2005 erlischt.

Auswirkungen (vgl. Abbildung 2):

- Bis 2002 kommt es unter diesen Voraussetzungen fast zu einer Halbierung der heute noch verfügbaren Kernkraftwerksleistung. 2003 muß keines, 2004 eines und der größte Anteil der Kernkraftwerke 2005 stillgelegt werden.
- Vier Anlagen (Isar II, Emsland, GKNII, Brokdorf) müssen nach (2) stillgelegt werden

Problem:

- Aufgrund der begrenzten Lagerkapazitäten für abgebrannte Brennelemente in den Kraftwerken kann es spätestens ab dem Jahr 2000 (ohne den Bau zusätzlicher kraftwerkseigener Lagerkapazitäten) im größeren Umfang zu Transporten kommen
- Die Betriebszeit von 4 Anlagen liegt unterhalb der üblichen Amortisationszeit (20 Jahre). Dies kann zu Entschädigungsforderungen führen.

3 Ersatz der Stromerzeugung aus Kernenergie

Im Jahr 1997 betrug die höchste im Netz der öffentlichen Versorgung nachgefragte Leistung 72,3 GW (Zeitpunkt der Jahreshöchstlast 1997 am 4. Dezember um 17.45 Uhr). Dieser stand eine Kraftwerks- und Bezugsleistung von insgesamt 109,9 GW gegenüber. Berücksichtigt man, daß zu diesem Zeitpunkt

- 1,0 GW an Lieferleistung für das Ausland vorgehalten werden mußten,
- 9,8 GW an Kraftwerksleistung für die Lastabdeckung nicht zur Verfügung standen (z. B. Fernwärmeauskopplung, geringer Wasserstand) und
- eine aktive Reserveleistung von 3,8 GW eingesetzt werden mußte, ermittelt sich hieraus eine freie (zum Zeitpunkt der Höchstlast nicht benötigte) Leistung von ca. 23,8 GW. Unter Zugrundelegung einer in Kernkraftwerken installierten Leistung von 22,8 GW bedeutet dies, daß die Höchstlast im Jahr 1997 theoretisch auch ohne den Einsatz der Kernenergie hätte gedeckt werden können.

In der Realität ist es jedoch aus Gründen der Gewährleistung einer ausreichenden Versorgungssicherheit notwendig, im größeren Umfang Reserveleistung (zur Abdeckung des Risikos von Kraftwerksausfällen) bereitzustellen. Die Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW) setzt diese 1997 bedarfsseitig mit 5,5 GW und deckungsseitig mit 13,1 GW an. Insgesamt entspricht dies 25,1 % der kalkulierten Höchstlast. Diese Ansätze

werden in der Fachliteratur als weit überhöht angesehen, und werden sich ohnehin im nun liberalisierten Strommarkt im Zeitverlauf verringern³; zudem sind sie in der Vergangenheit nicht einmal annähernd benötigt worden (1997 betrug die real nachgefragte Reserveleistung 3,8 GW und damit 5,3 % der Höchstlast). Als realistische und sinnvolle Größenordnung wird daher im folgenden von einer Reservevorhaltung von 15 % bezogen auf die kalkulierte Höchstlast ausgegangen.

Untersucht man auf dieser Basis den Tag der Höchstlast des Jahres 1997, kommt man zu dem Ergebnis, daß die Höchstlast im letzten Jahr auch mit einer deutlich geringeren Kernenergiekapazität von 6,1 GW hätte gedeckt werden können; dies entspricht 26,7 % der derzeit in Kernkraftwerken installierten Leistung (vgl. Abbildung 3). Folgt man diesem theoretischen Gedankenspiel muß man auch auf die Konsequenz hinweisen, daß zur Lastdeckung im Jahr 1997 dann anstatt der Kernkraftwerke auch eine Vielzahl von alten Reservekraftwerken (mit zum Teil vergleichsweise geringen Wirkungsgraden) nennenswert hätten beitragen müssen.

Geht man nach den zuvor dargestellten Varianten davon aus, daß alle Kernkraftwerke spätestens bis zum Jahr 2005 außer Betrieb genommen werden sollen, und berücksichtigt man weiterhin, daß bis zu diesem Zeitpunkt neue Kraftwerke (vor allem Braunkohle-Kraftwerke in den NBL) auf der Basis bereits bestehender Planungen in Betrieb gehen sollen, andere hingegen vom Netz genommen werden, führt eine entsprechende Leistungsbilanz für das Jahr 2005 unter Berücksichtigung der zuvor diskutierten Reservemarge (vgl. Abbildung 4) zu dem Ergebnis, daß eine versorgungssichere Stromversorgung im Trendfall (d. h. ohne zusätzlich mögliche Einsparmaßnahmen) den Zubau von mindestens 3,285 GW an zusätzlicher neuer Kraftwerksleistung erfordert.

Dabei ist zugrundegelegt worden, daß die Stromnachfrage, im Gegensatz zu anderen Prognosen (z. B. der Prognos AG) in den nächsten Jahren auch im Trend nur geringfügig anwachsen wird. Das verbleibende Leistungsdefizit kann dann trotz des vergleichsweise kurzen Zeitraums bis zum Jahr 2005 z. B. durch den Neubau von Erdgas-GUD-Kraftwerken, die in wenigen Jahren errichtet werden können, gedeckt werden.

Ohne einen weiteren Ersatz der durch Kernkraftwerke bereitgestellten elektrischen Energie durch neue umweltfreundliche Stromerzeugung oder durch Stromeinsparung bedeutet dies aber immer noch, daß bisher weitgehend für die Spitzenlaststrom- oder Reservestromerzeugung vorgehaltene Kraftwerke bzw. bereits in die Kaltreserve überführte Kraftwerke (mit zum Teil vergleichsweise schlechten Wirkungsgraden) zukünftig einen nennenswerten Deckungsbeitrag leisten müßten. Aus Klimaschutzgründen sollten diese Kraftwerke soweit möglich vor Inbetriebnahme noch einmal ertüchtigt (Wirkungsgradsteigerung) werden und primär zunächst die Kraftwerke verstärkt zur Lastabdeckung herangezogen werden, die über einen vergleichsweise hohen Wirkungsgrad verfügen. Dies sind vor allem Erdgaskraftwerke, die vornehmlich in den 70er Jahren gebaut wurden (z. B. Gemeinschaftskraftwerk Mannheim Block 5 und 6; Rheinhafendampfkraftwerk Karlsruhe Block 5 und 6). Aber auch die verstärkte Auslastung älterer Kohlekraftwerke (z. B. Heilbronn Block 3 bis 6, Kraftwerk Walheim) kann nicht vermieden werden, so daß der Kohleanteil an der Stromerzeugung insgesamt deutlich ansteigt.

4 Kernenergie und Klimaschutz

Mit seiner Erklärung auf der Klimakonferenz in Berlin (1995) hat Bundeskanzler Kohl das Klimaschutzziel der Bundesregierung spezifiziert. Danach strebt die Bundesregierung an, den CO₂-Ausstoß bis zum Jahr 2005 um 25 % gegenüber dem Ausgangsniveau des Jahres 1990 zu mindern.

Dieses Minderungsziel bezieht sich auf die gesamte Energieversorgung und umfaßt daher neben dem Bereich der Stromerzeugung auch alle endenergieverbrauchenden Sektoren (Haushalte, Industrie, Kleinverbraucher, Verkehr und militärische Dienststellen). Mit 863 Mio. t lag der gesamte CO₂-Ausstoß in Deutschland 1997 bereits um rund 12,6 % unterhalb des Niveaus des Jahres 1990 (988 Mio. t). Maßgeblich hierfür war neben der vergleichsweise warmen Witterung des Jahres 1997 vor allem die Vereinigung der beiden deutschen Staaten (deutlicher Rückgang der industriellen Produktion, verstärkter Übergang vom kohlenstoffreichen Energieträger Braunkohle zum kohlenstoffärmeren Energieträger Erdgas). Während die CO₂-Emissionen in den NBL von 1990 bis 1997 um 43,6 % gesunken sind, wurde in den ABL ein Anstieg von 1,9 % verzeichnet.

Auch bei der Stromerzeugung in Deutschland hat sich einigungsbedingt eine Reduktion der CO₂-Emissionen eingestellt, allein bis 1994 im wesentlichen einigungsbedingt von 379 Mio. t in 1990 auf 328,4 Mio t; dies entspricht einer Reduktion um 13,4 %. Trendabschätzungen für das Jahr 2005 zeigen, daß eine weitere Minderung der mit der Stromerzeugung in Deutschland verbundenen CO₂-Emissionen möglich ist. Geht man von den bisherigen Trends und den heute bereits absehbaren Entwicklungen aus, wird sich der CO₂-Ausstoß bis 2005 voraussichtlich auf rund 280 Mio. t reduzieren⁴.

Maßgeblich hierfür sind vor allem

- voraussichtlich moderatere Wachstumsraten der Stromnachfrage (u.a. aufgrund gegenüber früheren Prognosen zukünftig voraussichtlich geringerem Wirtschaftswachstum⁵),
- die Erhöhung des durchschnittlichen Wirkungsgrades des Kraftwerkspark durch Ertüchtigungsmaßnahmen und Neubau von Kraftwerken (z. B. Braunkohlekraftwerke in den NBL)⁶,
- Zuwächse bei der industriellen Kraft-Wärme-Kopplung (mit entsprechenden Gutschriften für die Stromerzeugung) und höheres Engagement unabhängiger Stromerzeuger (sog. Independent Power Producer)⁷,
- höherer Beitrag von BHKW und Windkraftwerken zur Stromerzeugung,
- leichte Zuwächse bei der sonstigen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien sowie
- deutlich höhere Stromimporte⁸.

Unter diesen Voraussetzungen werden sich die der Stromerzeugung in Deutschland zuzurechnenden CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005 (trendgemäß) um 26,1 % gegenüber 1990 reduzieren. Dieser Trendprognose liegt die Annahme zugrunde, daß der Beitrag der Kernenergie zur Stromerzeugung bis zum Jahr 2005 nur leicht rückläufig ist. Mit Ausnahme der Kernkraftwerke Obrigheim und Stade bleiben alle Anlagen am Netz. Die Stromerzeugung aus Kernenergie beträgt in Anlehnung an Prognos (1995) dann im Jahr 2005 rund 140,6 TWh (netto).

Unterstellt man nun, daß Kernenergie im Jahr 2005 zur Stromerzeugung unter Trendbedingungen (Ersatz durch Kraftwerke auf fossiler Brennstoffbasis) nicht mehr zur Verfügung steht, würde sich der CO₂-Ausstoß um ca. 104,3 Mio. t erhöhen. Die CO₂-Emissionen der Stromerzeugung belaufen sich dann insgesamt auf 384,3 Mio. t. Dies entspricht einer um 1,4 % höheren Freisetzung als im Jahr 1990 und gegenüber der skizzierten Trendentwicklung einer Erhöhung um 37,2 %.

Diese Ergebnisse zeigen, daß ein Ausstieg aus der Kernenergie durch aktives klimapolitisches Handeln flankiert werden muß, damit nicht das eine

Risiko (Kernenergie) auf Kosten der Erhöhung eines anderen Risikos (Treibhauseffekt) gemindert wird. Vor diesem Hintergrund muß es bereits kurz- und mittelfristig darauf ankommen, den - bezogen auf die reine Stromerzeugung - CO₂-freien Beitrag der Kernenergie klimaverträglich zu kompensieren⁹. Wie dies erfolgen kann ist im folgenden im Vergleich zur Trendentwicklung für das Jahr 2005 dargestellt (vgl. Abbildung 5). Aufgeführt ist ein beispielhafter Maßnahmenmix. Grundsätzlich sind aber auch andere Optionen/Kombinationen denkbar, um die Stromerzeugung aus Kernenergie CO₂-neutral auszugleichen. Maßgeblich für die hier getroffene Auswahl waren neben der schnellen Realisierbarkeit die wirtschaftlichen Umsetzungsmöglichkeiten.

- **Verstärkte Stromeinsparung:** Nach Analysen des Wuppertal Institutes¹⁰ kann die Nettostromerzeugung im Jahr 2005 im Rahmen einer offensiven Stromsparstrategie (u. a. durch umfassende Contracting- und Least-Cost Planning-Programme) gegenüber dem Trend von 503,9 TWh auf 429,8 TWh reduziert werden, d. h. gegenüber der Trendentwicklung müßte sich die Stromnachfrage um etwa 14,7 % bzw. um rund 2%/a gegenüber dem heutigen Niveau verringern. Hochgerechnet auf Deutschland entspricht dies der Ausschöpfung von rund der Hälfte der technisch/wirtschaftlichen Einsparpotentiale, die in Detailuntersuchungen, die in Zusammenarbeit mit verschiedensten Stadtwerken in den letzten Jahren durchgeführt wurden (z. B. LCP-Fallstudie Hannover von Wuppertal Institut und Öko-Institut¹¹), ermittelt werden konnten. Alle stromnachfragenden Sektoren können hierzu durch den verstärkten Einsatz effizienterer und energieverbrauchsärmerer Technologien beitragen. Darüber hinaus sind gezielt Sofortprogramme (insbesondere Förderprogramm zur Substitution elektrischer Nachtspeicherheizungen) zu initiieren und großflächig umzusetzen. Der Kompensationsbeitrag der Stromeinsparung liegt dann im Jahr 2005 bei rund 55 Mio. t CO₂ (im Vergleich zum Kernenergieausstieg unter Trendbedingungen) und deckt damit etwas mehr als die Hälfte des insgesamt notwendigen Beitrags ab.

- **Erhöhter Erdgasbeitrag zur Stromerzeugung:** Der Anteil von Erdgas zur Stromerzeugung wird bereits unter Trendbedingungen zunehmen (von etwa 45 TWh in 1997 auf 57,7 TWh in 2005)¹². Unter Klimaschutzgesichtspunkten wird diese Entwicklung weiter verstärkt werden müssen. Insgesamt trägt Erdgas in einem klimaschutzorientierten Kernenergieausstiegspfad in 2005 mit 106,9 TWh zur Stromerzeugung bei. Dabei ist ein Anteil von rd. 49,2 TWh für die Kompensation des Kernenergiebeitrags notwendig. Dieser wird im wesentlichen durch den Zubau (rd. 10.000 MW) von sehr effizienten GUD-Kraftwerken im Bereich der industriellen bzw. kooperativen Kraft-Wärme-Kopplung sowie dem weiteren Ausbau der dezentralen KWK realisiert werden müssen.

Projekte in den Wachstumsmärkten GUD-Kraftwerke und BHKW versprechen in den meisten Fällen eine hohe Rentabilität. So ist es auch nicht verwunderlich, daß Energieversorgungsunternehmen wie die RWE Energie AG in den nächsten Jahren ohnehin hohe Investitionen in diesem Bereich tätigen wollen (z. Z. liegen Planungen der RWE Energie AG für die Errichtung von 2.000 MW GUD-Leistung in den nächsten 3 bis 5 Jahren vor). Da in Zukunft auch andere Energieversorgungsunternehmen und vor allem auch neue Marktteilnehmer (Independent Power Producer) verstärkt GUD-Kraftwerke errichten werden¹³, erscheint der angestrebte Zubau von 10.000 MW Kraftwerksleistung zwar ehrgeizig aber nicht unrealistisch. Dies gilt insbesondere auch unter der Voraussetzung, daß im Rahmen einer abgestimmten Klimaschutzstrategie der für einen späteren Zeitpunkt

geplante Bau von Kraftwerken unter Umständen zeitlich vorgezogen werden kann. Ebenso erscheint es möglich, daß in den jetzt liberalisierten Strommärkten die Eigenversorgung im Gewerbe (z. T. aber auch in den Haushalten) auf der Basis von BHKW deutlich zunehmen wird¹⁴.

Der Kompensationsbeitrag von industrieller und dezentraler KWK wird für das Jahr 2005 mit rund 36,4 Mio. t CO₂ (im Vergleich zum Kernenergieausstieg unter Trendbedingungen) abgeschätzt und entspricht etwa einem Drittel des insgesamt erforderlichen Beitrags.

- **Stärkerer Ausbau der Windenergie:** Im Trendszenario wird bereits ein Ausbau der Windenergie von 2.081 MW (Stand Ende 1997) auf 4.167 MW im Jahr 2005 unterstellt. Dieser Beitrag kann durch eine offensive aber auf die Nebeneffekte der Windenergie (Landschafts- und Vogelschutzgesichtspunkte) Rücksicht nehmende Ausbaustrategie auf 8.330 MW gesteigert werden. Die bisher erreichten jährlichen Zubauraten müßten dazu noch einmal um bis zu 50 % gesteigert werden¹⁵. Dies entspricht einem jährlichen Zubau von rund 700 Windkraftwerken im Leistungsbereich zwischen 750 kW und 1,5 MW. Gegenüber der Trendentwicklung könnte die Windenergie dann einen zusätzlichen Beitrag von 7,5 TWh zur Stromerzeugung leisten. Damit wird die Windenergie unter Berücksichtigung ihrer Kapazitätseffekte, die bei diesem Durchdringungsgrad bei bis zu 10 % liegen, auch zur Leistungsbereitstellung im Grundlastbereich beitragen können. Der Kompensationsbeitrag der verstärkten windtechnischen Stromerzeugung liegt dann im Jahr 2005 bei rund 5,6 Mio. t CO₂ (im Vergleich zum Kernenergieausstieg unter Trendbedingungen).

- **Biomassezuführung zu Kohlekraftwerken:** Biogene Reststoffe aus der Forst- und Landwirtschaft sind bisher in der energiepolitischen Debatte wenig berücksichtigt worden. Dabei weisen sie ein hohes technisches Potential auf und können z. B. in Form der Biomassezuführung gut in das bestehende System einbezogen werden. Die Techniken der Biomassezuführung sind nach umfangreichen Forschungsarbeiten bekannt und vergleichsweise kostengünstig zu realisieren¹⁶. Derzeit befindet sich in Dänemark ein großes Kraftwerk (480 MW_{el}) mit einer Biomassezuführung in Bau. Für die klimaneutrale Kompensation des Kernenergiebeitrags bietet die Biomassezuführung aufgrund der hohen Systemkompatibilität und der mit Kohle vergleichbaren Brennstoffeigenschaften den großen Vorteil der schnellen Integrierbarkeit. Im Rahmen eines Sofortprogramms kann bis zum Jahr 2005 in zahlreichen Stein- und Braunkohlekraftwerken eine Biomassezuführung (der jeweilige Zuführungsanteil in den betroffenen Kraftwerken beträgt zwischen 5 und 10%) realisiert werden¹⁷. Der hierdurch mögliche Gesamtbeitrag der Stromerzeugung wird auf 7,5 TWh abgeschätzt, dies entspricht rund 3,5 % der gesamten Stromerzeugung aus Braun- und Steinkohle und ersetzt rund 2,5 Mio. t SkE Kohleinsatz. Hierdurch ermittelt sich ein Kompensationsbeitrag (im Vergleich zur Trendentwicklung ohne Kernenergie) von rund 6,1 Mio. t CO₂.

Alternativ zur Biomassezuführung kann auch die Umrüstung von Kohlekraftwerken auf eine Gasfeuerung zur CO₂-Minderung beitragen, wie dies 1997 an einem Block des Rheinhafendampfkraftwerks Karlsruhe durchgeführt wurde. Allein die Umrüstung eines großen Steinkohlekraftwerks (700 MW, =38 %, 5.000 h/a) kann zu einer CO₂-Reduktion von rund 1,5 Mio. t/a führen. Der Vorteil derartiger Maßnahmen besteht nicht nur im Switch zum kohlenstoffärmeren Energieträger Erdgas, sondern auch in einer deutlichen Steigerung des Wirkungsgrades.

-
- **Sonstige erneuerbare Energieträger:** Auch die anderen erneuerbaren Energieträger können zur Kompensation des Kernenergieanteils beitragen. Ihr Gesamtbeitrag wird hier mit zusätzlichen 1,6 TWh als vergleichsweise gering unterstellt. Maßgeblich hierfür ist, daß die Potentiale der Wasserkraft derzeit schon weitgehend ausgeschöpft und die Nutzungsmöglichkeiten der Stromerzeugung aus der Sonne heute noch zu vergleichsweise sehr hohen Kosten führen. Den Beitrag leistet hier die Biogasnutzung in der Landwirtschaft. Mit ca. 1,2 Mio. t CO₂ ist der Kompensationsbeitrag (im Vergleich zur Trendentwicklung ohne Kernenergie) relativ gering angenommen worden.

Durch die dargestellten, über die Trendentwicklung hinausgehenden, Maßnahmen, kann der Anstieg des CO₂-Ausstoßes bei einem kurzfristigen Ausstieg aus der Kernenergie kompensiert werden. Den größten Kompensationsbeitrag müssen dabei die Stromeinsparung (ca. 53 %) und die verstärkte Stromerzeugung in industrieller und dezentraler KWK (35 %) leisten. Unter Berücksichtigung dieser Maßnahmen beträgt der der Stromerzeugung in Deutschland zuzurechnende CO₂-Ausstoß im Jahr 2005 ca. 280 Mio. t. Im Vergleich zum Jahr 1990 entspricht dies einer Minderung um 26,1 %.

Um im gesamten Energiesystem die angestrebte Minderung von 25 % (bezogen auf 1990) zu erreichen, müßten im Prinzip alle Sektoren (im Vergleich zur Trendentwicklung) einen proportionalen Beitrag leisten. Nach der zuvor skizzierten Entwicklung wird dies für die Stromerzeugung erreicht. Es stellt sich allerdings die Frage, ob einerseits bei einem gesellschaftspolitisch erwünschten Kernenergieausstieg dem Stromsektor die gleiche CO₂-Reduktionsquote zugeordnet werden sollte wie bei unveränderter Kernenergiekapazität. Andererseits muß abgewogen werden, welche CO₂-Reduktionsleistung von anderen Sektoren realistischer Weise erbracht werden kann. So ist jetzt bereits abzusehen, daß ein proportionaler Minderungsbeitrag im Verkehr mit seinen trendgemäß zu erwartenden Wachstumsraten (plus 15,8 % bis 2005 gg. 1993¹⁸) wohl nicht kurzfristig erreicht werden kann. Auf der anderen Seite sind gerade in der Stromerzeugung und bei den Haushalten (vor allem im Bereich der Gebäudesanierung und des Neubaus) über das spezifische Minderungsziel hinausgehende Minderungsmöglichkeiten verfügbar, die bis zum Jahr 2005 bereits ausgeschöpft werden können.

Eine gesamtsystemare Betrachtung des Energiesystems führt daher zu dem Ergebnis, daß die Stromerzeugung bis zum Jahr 2005 einen Minderungsbeitrag von 29,7 % (im Vergleich zum Jahr 1990; dies entspricht absoluten CO₂-Emissionen von 266,2 Mio. t in 2005) leisten muß, wenn insgesamt das Minderungsziel erreicht werden soll¹⁹. Dies bedeutet, daß über die zuvor diskutierten Maßnahmen hinaus, weitergehende Minderungsoptionen ausgeschöpft werden müssen. Kurzfristig kann dies gelingen, wenn z. B. die bereits zur Kompensation der Kernenergie beitragenden Maßnahmen (Umrüstung bestehender Kohlekraftwerke auf Gasfeuerung und Biomassezufeuern) im verstärkten Umfang genutzt werden. Grundsätzlich sind aber auch noch andere Optionen denkbar. Dies betrifft z. B. den Import von Wasserkraftstrom aus Norwegen oder die forcierte Einführung von Kleinstbrennstoffzellen im Ein- und Mehrfamilienhausbereich (langfristig beträgt das CO₂-Reduktionspotential dieser Technologie rund 31,5 Mio. t). Es ist jedoch fraglich, ob diese Optionen aufgrund der vergleichsweise langen Bauzeiten von Seekabeln und den langen Markttransformationszeiten neuer Technologien rechtzeitig ausgeschöpft werden können.

Der notwendige gesamtsystemare Beitrag zum Klimaschutz wird z. B. dann erreicht, wenn Kohlekraftwerke mit einer Kapazität von insgesamt rd. 6.250 MW in den nächsten Jahren auf eine Erdgasfeuerung umgerüstet werden. Dies entspricht etwa 11,8 % der heute installierten Leistung der Kohlekraftwerke. Durch den Switch von Kohle zu Erdgas verringert sich die Stromerzeugung aus Kohle dann um 37,5 TWh gegenüber der Trendentwicklung.

Um das von der Bundesregierung für das Jahr 2005 angestrebte CO₂-Minderungsziel (von 25 % bezogen auf das Ausgangsniveau des Jahres 1990) zu erreichen, ist insgesamt eine Reduktion des Endenergieverbrauchs von durchschnittlich 10,3 % erforderlich. Dabei stellt sich die spezifische Endenergieeinsparung in den einzelnen Sektoren im Klimaschutzszenario gegenüber dem Trendszenario wie folgt dar:

- Industrie 7,7 %
- Haushalte 7,8 %
- Kleinverbraucher 8,3 %
- Verkehr 15,5 %

Die Auflistung macht deutlich, daß auch im Verkehrsbereich gegenüber einer trendgemäßen Entwicklung verstärkt Maßnahmen ergriffen werden müssen. Neben einer schnelleren Markteinführung verbrauchsärmerer PKW (z. B. 3 Liter-Auto) oder der Einführung von sukzessiv sinkenden Höchstwerten für den Flottenverbrauch kann z. B. kurzfristig der modal split durch leistungsabhängige Schwerverkehrsabgaben und eine Mineralölsteuererhöhung zugunsten umweltfreundlicher Verkehrsmittel beeinflußt werden. Dadurch kann der zu erwartende Anstieg der Verkehrsleistung begrenzt werden. Weitere Möglichkeiten, wie die Einführung eines Tempolimits und von Technologien zur Erhöhung und Effektivierung der Verkehrsflüsse sind hierbei noch nicht berücksichtigt worden. Aufgrund der Trendentwicklung (zunehmende Fahr- und Transportleistungen) sind diese Maßnahmen aber in erster Linie dazu notwendig, den trendgemäß zu erwartenden Anstieg des Endenergieverbrauchs zu kompensieren bzw. zu verlangsamen. Bis zum Jahr 2005 kann der Verkehr damit nicht nennenswert zur Minderung des CO₂-Ausstoßes beitragen.

Um das angestrebte Reduktionsziel der Bundesregierung insgesamt zu erreichen, ist daher über den Stromerzeugungssektor hinaus eine forcierte Umsetzungsstrategie erforderlich. Ihm kommt aber eine besondere Bedeutung zu, da zum einen

- der bisherige Beitrag der Kernenergie klimaneutral kompensiert werden muß und zum anderen
- der Sektor darüber hinaus überproportional zur gesamtsystemaren CO₂-Minderung beitragen muß.

Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit unverzüglich nach der Bundestagswahl - soweit möglich, in einem parteiübergreifenden Konsens - zu handeln. Inwieweit die aufzulegenden Sofortprogramme tatsächlich greifen, hängt dann nicht nur von den politischen Entscheidungsträgern ab, sondern auch von der Bereitschaft der maßgeblichen Akteure (z. B. Energieversorgungsunternehmen, Industrie, Endverbraucher), diese aktiv zu unterstützen.

Für den Klimaschutz ist es allerdings unter Berücksichtigung der mittel- bis langfristigen Perspektive nicht entscheidend, ob im Jahr 2005 das 25%-Ziel punktgenau erreicht wird. Wichtiger ist, daß mit dem Ausstieg aus der Kernenergie eine flankierende Klimaschutzstrategie umgesetzt wird, so daß bis zum Jahr 2005 eine sich selbst verstärkende Dynamik in eine zukunftsfähige Energiespar- und Solarenergiewirtschaft und in Richtung

weitergehender CO₂-Minderungen eingeleitet werden kann. Der Kernenergieausstieg kann dabei zum entscheidenden Motor werden, da mit ihm eine Bereinigung der Überkapazitäten, eine Freisetzung von volkswirtschaftlichem Kapital und Forschungs- und Entwicklungs-Kapazitäten sowie generell eine Innovations- und Investitionsdynamik ausgelöst werden kann²⁰.

Mittel- bis Langfristszenarien des Wuppertal Instituts und der Enquête-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages zeigen, daß deutliche CO₂-Reduktionen (33,7 % bis 2010; 50 % bis 2020 und 55 % bis 2030) gerade auch ohne Kernenergie zu erreichen sind (vgl. Abbildung 6). Der kurzfristige Ausstieg aus der Kernenergie erfordert aber zweifellos beschleunigtes Handeln und zielgruppenorientierte energiepolitische Programme. Einige für den Zeitraum nach dem Jahr 2005 geplante Maßnahmen müssen zeitlich vorgezogen werden (z. B. Zubau von GUD-Kraftwerken für die industrielle Kraft-Wärme-Kopplung). Der hier skizzierte Pfad kann nahtlos in die mittel- bis langfristigen Entwicklungsperspektiven übergehen. Bis zum Jahr 2020, so zeigen die Szenariorechnungen, kann dann der CO₂-Ausstoß der Stromerzeugung auf 134,2 Mio. t reduziert werden (dies entspricht einem Rückgang um 64,6 % im Vergleich zum Jahr 1990) und damit einen entscheidenden Beitrag zur Realisierung weitergehender Minderungsziele leisten. Im Gegensatz dazu führt eine Fortsetzung der Trendentwicklung (mit konstantem Beitrag der Kernenergie) im Vergleich zum Jahr 2005 nur noch zu einer geringfügigen weiteren Minderung der CO₂-Emissionen von 280 Mio. t CO₂ auf ca. 253,8 Mio. t CO₂.

Literatur:

- APAS; Bemtgen, J.M., Hein, K.R.G., Minchener, A.: Co-Utilisation of Coal, Biomass and Waste, Final Conference, Volumen I: Summery, APAS Clean Coal Tenchnology Programme, ISBN-3-928123-14-9; Bemtgen, J.M., Hein, K.R.G., Minchener, A.: Combined Combustion of Biomass/Sewage Sludge and Coals, Volumen II: Final Reports, APAS Clean Coal Tenchnology Programme, ISBN-3-928123-16-5
- Bodendieck, M.(Wingas); GUD-Potential in der industriellen Kraft-Wärme-Kopplung; Arbeitskreisitzung IPP des VIK, Kassel, 1997
- Budde (1996): Budde, H.J., Schulz, J., Neue Initiativen zur Förderung der kooperativen Kraft-Wärme-Wirtschaft, UTA 6/96, S. 449ff
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Fraunhofer Institut Karlsruhe (ISI); Gesamtwirtschaftliche und strukturelle Auswirkungen der Emissionsminderungsstrategien; in: Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.); Mehr Zukunft für die Erde. Nachhaltige Energiepolitik für dauerhaften Klimaschutz, Bonn, Economica Verlag, 1995
- Edwin, U.; Zuverlässigkeitsberechnung elektrischer Energieversorgungssysteme; Forschungsbericht T86/185 im Auftrag des BMBF, Aachen, 1989
- Energie Spektrum 5/97; Was die deutsche Industrie vom Energiewettbewerb erwartet: Preisfokussiert
- Energie Spektrum 9/97; Kombi macht fit für Wettbewerb
- Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.); Mehr Zukunft für die Erde. Nachhaltige Energiepolitik für dauerhaften Klimaschutz, Bonn, Economica Verlag, 1995
- Esso; Esso Energieprognose 1997, Hamburg, 1997
- EU-Kommission (DGXVII); Die Energie in Europa bis zum Jahre 2020; Brüssel, 1996
- EU-Kommission; Gemeinschaftsstrategie zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und zum Abbau von Hindernissen, die ihrer Entwicklung entgegenstehen, Brüssel, Oktober 1997
- EU-Kommission; Energy for the future: Renewable sources of energy, Weißbuch der EU-Kommission zu beziehen über den Bundesanzeiger-Verlag
- Gruppe Energie 2010 (Altner, G.; Dürr, H. P.; Michelsen, G.); Zukünftige Energiepolitik - Handlungsprogramm, Studie im Auftrag der Niedersächsischen Energieagentur, Hannover, 1998
- Hinz, H. J., Elsing, J.; Zusammenarbeit der Verbundunternehmen im Tagesbetrieb, in: Jahresbericht 1989 der Forschungsstelle Energie an der RWTH Aachen, Aachen, 1989
- Hlubeck, W.; Böcker, D.; Entwicklungslinien der Braunkohle-Kraftwerkstechnik, Energiewirtschaftliche Tagesfragen 9/1997, S. 512 - 519
- Jochem, E. u.a.: Energieszenarien mit reduzierten CO₂-Emissionen bis 2050; Energiewirtschaftliche Tagesfragen 8/1997, S. 474 - 480
- Market Line International; CHP share of EU Power generation will increase to 15 % by the year 2010, Euroheat & Power, 1998, Heft 4/5, S. 12-13
- Moritz, A.; Preiskalkulation und Rahmenbedingungen der Einspeisung von Überschußstrom aus Sicht der Industrie; VIK-Mitteilungen, Heft 5, 1995
- Nitsch, J. u. a.; Strategien für eine nachhaltige Energieversorgung - ein solares Langfristszenario für Deutschland, Stuttgart, Freiburg, 1997
- Ott, M.: Biomassemitverbrennung in Heizkraftwerken - eine Möglichkeit der CO₂-Minderung, Elektrizitätswirtschaft, Jg. 96 (1997), Heft 24
- Prognos; Die Energiepolitik Deutschlands im zusammenwachsenden Europa - Perspektiven bis zum Jahr 2020 im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Basel, 1995
- RWE Energie AG, Rheinbraun: Das CO₂-Minderungskonzept, Essen , 1994
- Rheinisch Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI): Stromerzeugungskosten neu zu errichtender konventioneller Kraftwerke, Essen, 1997
- RWI; ifo (Hillebrand, B.; Wackerbauer, J. u.a.): Gesamtwirtschaftliche Beurteilung von CO₂-Minderungsstrategien, (Untersuchungen des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung, Heft 19), Essen
- Umweltbundesamt; Nachhaltige Deutschland, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1997
- Wuppertal Institut; Atomkraft: Retung aus der drohenden Klimakatastrophe oder Hemmschuh für effektiven Klimaschutz, Wuppertal Paper, Wuppertal 1996
- Wuppertal Institut; Der Beitrag des Sektors „Bauen und Wohnen“ für den Klimaschutz; Studie im Auftrag des Ministeriums für Bauen und Wohnen des Landes Nordrhein-Westfalen, Wuppertal, 1998