

Das CO₂-optimierte GRÜNE Energiewende-Szenario 2010

- Endbericht im Auftrag der Fraktion Die Grünen im Bundestag -

Uwe Fritsche/Stephan Kohler

Öko-Institut (Institut für angewandte Ökologie e.V.) Bereich Energie

Darmstadt/Freiburg, August 1990

Vorbemerkung

Die Fraktion der GRÜNEN im Deutschen Bundestag beauftragte das Öko-Institut im Juli 1990, das 1988 erstellte "GRÜNE Energiewende-Szenario 2010" zu überarbeiten. Aktueller Anlaß der Überarbeitung ist die zunehmend beachtete Gefahr einer globalen Klimaänderung (vor allem: Treibhauseffekt), die eine breite Diskussion über notwendige CO₂-Reduktionsziele vor allem im Energiebereich bewirkte¹.

Die wesentlichsten energiepolitischen Ziele der GRÜNEN Bundestagsfraktion sind:

- * eine mindestens 30%ige Reduktion der CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005 gegenüber denen des Jahres 1987
- * die sofortige Stilllegung aller Atomkraftwerke innerhalb eines Jahres (1991)
- * die möglichst weitgehende Ausschöpfung der Potentiale zu rationeller Energiebereitstellung und -nutzung
- * die möglichst umfassende Nutzung erneuerbarer (regenerativer) Energiequellen und
- * die Reduzierung des Einsatzes der fossilen Energieträger Stein- und Braunkohle, Erdöl und Erdgas, gewichtet nach den Kriterien Ressourcenknappheit und Schadstoffemissionen.

Diese Ziele orientieren sich an einer ökologischen Risikominimierung, wobei der rationellen Energiebereitstellung und -nutzung dabei die größte Bedeutung zu kommt, denn mit jeder eingesparten Energiemenge werden Umweltbelastungen absolut vermieden.

Dem vorliegenden Szenario liegen die wesentlichsten Annahmen (z.B. Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung) des GRÜNEN Energiewende-Szenarios aus dem Jahr 1988 zugrunde (vgl. ÖKO 1988), wobei mittlerweile vorliegende neue Erkenntnisse über rationelle Energiebereitstellung und -nutzung sowie regenerative Energiequellen eingearbeitet wurden. Unverändert wurden die Annahmen im Verkehrssektor aus dem Szenario von 1988 übernommen².

Das vorliegende Szenario bezieht sich, ebenso wie das aus dem Jahr 1988, auf das Gebiet der heutigen BRD und schließt die DDR nicht ein. Die Abgrenzung ist sinnvoll, um die in der BRD vorhandenen Reduktionspotentiale und den notwendigen Handlungsbedarf zu deren Umsetzung aufzuzeigen.

Diese Konzentration auf die BRD ist insbesondere von Bedeutung, da die zur Realisierung anstehenden Potentiale der rationellen Energiebereitstellung und -nutzung sowie der regenerativen Energiequellen weitestgehend "ortsgebundene" Potentiale sind.

¹ Eine Diskussion notwendiger Reduktionsziele findet sich für die BRD in ÖKO 1990a und auf internationaler Ebene in IPCC 1990 und Krause 1990.

² Die Aufgabenstellung umfaßte diesen Sektor nicht, u.a. deshalb, weil im Szenario von 1988 schon sehr weitgehende Maßnahmen unterstellt wurden.

Wärmedämmmaßnahmen an Gebäuden, Nutzung effizienter Elektrogeräte, der Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung oder die Nutzung regenerativer Energiequellen können daher nicht "ersatzweise" in der DDR erfolgen, sondern müssen in der BRD an den jeweiligen Standorten bei anstehenden Neuinvestitionen realisiert werden.

Der Vorschlag, wegen höherer Effizienz "jede Mark" für Umweltentlastungsmaßnahmen in der DDR zu investieren (so z.B. Töpfer 1990) übersieht, daß das Kapital zur Investitionen in rationelle Energiebereitstellung und -nutzung in den meisten Fällen akteurs- und ortsbezogen ist. Ein Hausbesitzer in der BRD, der bei der Renovierung seines Hauses auf die Realisierung einer optimalen Wärmedämmung verzichtet, investiert sein dadurch eingespartes Kapital nicht auf dem Gebiet der DDR, sondern fliegt schlimmstenfalls damit in den Urlaub.

Eine alleinige Konzentration auf die DDR wäre aber auch deshalb nicht ausreichend, weil zur Realisierung eines "gesamtdeutschen" 30%-CO₂-Reduktionszieles eine Minderung von insgesamt rund 350 Mio. t CO₂ erforderlich wäre, was - bei Maßnahmen nur in der DDR - eine Senkung der dortigen Emissionen auf Null erforderte.

Im vorliegenden CO₂-optimierten GRÜNEN Szenario wurde die im Szenario von 1988 unterstellte Bevölkerungsentwicklung im Gebiet der BRD beibehalten, was angesichts der neueren Entwicklungen eine eher zu niedrige Annahme darstellt. Die Auswirkungen dieser Annahme sind aber gering, da die Hauptzuwanderung aus dem Gebiet der DDR erfolgt, womit dort eine Reduktion der Nachfrage und der Emissionen auftritt. Da die DDR bezüglich der pro-Kopf-Emissionen einen wesentlich höheren Wert aufweist als die BRD, stellt die Wanderungsbewegung absolut keine Erhöhung der Emissionen dar.

Unter den o.g. energiepolitischen Vorgaben und Abgrenzungen hat das Öko-Institut das nunmehr vorliegende "CO₂-optimierte GRÜNE Energiewende-Szenario"³ erarbeitet, mit den folgenden wesentlichen Ergebnissen⁴:

- * Der Primärenergiebedarf der BRD kann bis zum Jahr 2010 auf einen Wert von rund 209 Mio tSKE gesenkt werden (2005: 235 Mio tSKE) und liegt um rund 160 Mio tSKE unter dem Wert von 1987.
- * Alle in der BRD betriebenen AKW werden 1991/92 abgeschaltet, ein Import von Atomstrom erfolgt nicht.
- * Der Braunkohle-Einsatz wird um 18 auf 9 Mio tSKE bis zum Jahr 2010 reduziert.
- * Im Jahr 2010 tragen die regenerativen Energiequellen mit rund 17 % (35 Mio tSKE) zur Deckung des Primärenergiebedarfs bei.
- * Die CO₂-Emissionen liegen im Jahr 2005 um 33%, im Jahr 2010 um 48% unter den Emissionswerten von 1987.

³ Im folgenden wird hierfür die Kurzbezeichnung "GRÜN-CO₂" verwendet.

⁴ Soweit sinnvoll, wird in der Darstellung der Ergebnisse auch der Zeitpunkt 2005 berücksichtigt, um dem Leser einen Vergleich mit anderen Arbeiten - vor allem den der Enquête-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages - zu erlauben.

Zur Umsetzung des CO₂-optimierten GRÜNEN Energiewende-Szenarios sind grundlegende Änderungen der heutigen energiewirtschaftlichen und -politischen Rahmenbedingungen notwendig, die bei der Novellierung der Bundestarifordnung Elektrizität beginnen und bis zur Einführung einer (CO₂-differenzierten) Primärenergiesteuer reichen.

Mit entsprechend motivierten Bundes-, Landes- und Kommunalparlamenten⁵ sowie einer konstruktiven Zusammenarbeit mit den betroffenen Industrie- und Wirtschaftszweigen und Energienutzern ist das vorgelegte Energieszenario zu verwirklichen.

Diese politische und gesellschaftliche Motivation und Kooperation ist wesentliche Voraussetzung. Technische sowie organisatorische Schwierigkeiten werden bei der Umsetzung dieses Szenarios auftreten, können aber nach Einschätzung der Autoren durch bereits heute bekannte Verfahren und Instrumente überwunden und gelöst werden.

Die Auswirkungen auf Wirtschaft und Arbeitsplätze wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht einzeln analysiert. Aufbauend auf anderen Studien (IÖW/ÖKO 1986; PROGNOSE 1987; BEB 1989) kann aber festgestellt werden, daß die Mobilisierung der Potentiale zu rationeller Energiebereitstellung und -nutzung sowie regenerativer Energiequellen sich positiv auf die Wirtschafts- und Arbeitsplatzsituation auswirkt, insbesondere dann, wenn eine volkswirtschaftliche Betrachtungsebene gewählt wird.

Darmstadt/Freiburg, August 1990 Die Autoren

⁵ Zu energiepolitischen Handlungsmöglichkeiten auf Landesebene vgl. ÖKO 1990d. Das Öko-Institut bearbeitet derzeit ein entsprechendes Forschungsprojekt für die kommunale Ebene.

1. Zum CO₂-optimierten GRÜNEN Energiewende-Szenario

1.1 Über Prognosen und Szenarien

"Die Zuverlässigkeit von Vorhersagen ist kaum größer als der statistische Zufall" (Voss, 1980). Mit diesem Satz resümiert ein bekannter deutscher Energieprognostiker die Prognose"erfolge" der Vergangenheit. In der Tat fällt es schwer, mit Blick auf die vergangenen Energieprognosen an die Zuverlässigkeit und damit Nützlichkeit von Vorhersagen zu glauben. Fehleinschätzungen von mehr als 50% waren keine Seltenheit.

Warum Prognosen ?

Trotz aller Fehleinschätzungen in der Vergangenheit benötigt rationale energiewirtschaftliche Planung in Politik und Wirtschaft Vorhersagen über zukünftige Entwicklungen. Denn Tatsache ist, daß im Energiesektor technische Anlagen (wie Leitungen, Kraftwerke und auch Haushaltsgeräte) eine Nutzungsdauer von mehr als 10 Jahren, teilweise über 30 Jahre haben können, und daß energiewirtschaftliche Gesetze, Verordnungen und Förderprogramme auf mehrere Jahrzehnte technische und ökonomische Strukturen festlegen.

Entsprechende Planungs- und Gestaltungshorizonte erfordern demzufolge mittel- und langfristige Vorhersagen. Ein Versorgungsunternehmen würde z.B. kein Heizkraftwerk errichten, falls Fernwärme und Strom nicht über die Lebensdauer oder zumindest über die ökonomische Nutzungsdauer (Dauer der Abschreibung) abgesetzt werden können.

Energiewirtschaftliche Planung wird aber insbesondere dann unausweichlich, wenn die Realisierung von so ehrgeizigen Zielen wie eine CO₂-Reduktion um 30 % innerhalb von 15 Jahren realisiert werden sollen, bei gleichzeitigem, sofortigem Verzicht auf die Atomenergie. Eine solche - höchst notwendige - Risikominimierungsstrategie kann nur Erfolg haben, wenn sie planmäßig vorbereitet und umgesetzt wird.

Die Notwendigkeit systematischer Vorhersagen wird von niemandem bestritten. Angesichts der gravierenden Fehleinschätzungen sind sich jedoch zumindest im energiewirtschaftlichen Bereich die Experten einig, daß - vornehmlich in der Vergangenheit eingesetzte - Methoden wie Punktprognose, Trendextrapolation und einfache Regressionsanalyse inadäquat sind.

Bis vor wenigen Jahren noch wurde von etablierten Energieprognostikern jeweils eine einzige Prognose vorgelegt, die mehr oder weniger vermittelte, daß mit hoher Wahrscheinlichkeit nur diese eine Entwicklung eintreten wird.

Ökologisch orientierte Forscher mußten dagegen der "Fachwelt" vor Augen führen, daß nicht nur eine einzige, sondern verschiedene Energiezukünfte denkbar, gestaltbar und erreichbar sind (sanfte, harte, kohleorientierte etc.).

Zu Beginn der Debatte scharf abgelehnt, hat sich diese neue Herangehensweise heute durchgesetzt. Kerngedanke dieses Ansatzes war und ist es, daß stets eine Zukunftsanalyse vorgenommen werden sollte, in deren Verlauf alternative Entwicklungsmöglichkeiten beschrieben werden, die im Gegensatz zu den bisherigen Prognosen jedoch nicht als Vorhersagen mit Gültigkeitscharakter interpretiert werden dürfen.

Hinter diesem Konzept steht die Auffassung, daß man in der Regel stets vor einer Verzweigungssituationen steht. Mittels einer "systematischen Zukunftsanalyse" sollen die Weggabelungen identifiziert, die Schwierigkeiten und Voraussetzungen für die Begehbarkeit dieses oder jenes Weges dokumentiert und vor allem die Auswirkungen analysiert werden.

Wie bereits erwähnt, wurden statistische Prognosen zunächst in der Form linearer Trendfortschreibungen oder später bis zum Ende der 80er Jahre auf der Grundlage einfacher Regressionsanalysen vorgenommen. Bei der letztgenannten Prognoseform wurde zumeist auf der hohen Analyseebene einer gesamten Volkswirtschaft der Energiebedarf in Abhängigkeit von einer einzigen Einflußgröße fortgeschrieben, z.B. der Strombedarfszuwachs in Abhängigkeit vom Wachstum des Bruttosozialprodukts.

Die genannten Verfahren versuchen, ein mathematisch-statistisches Bild der Realität zu entwerfen. Sie erlauben es nicht, ganzheitlich die Beziehungszusammenhänge zu erfassen und damit Handlungsspielräume offenzulegen.

Man benötigt jedoch den Blick auf die gesamte Spannweite möglicher zukünftiger Entwicklungen und die Isolierung wichtiger Einflußfaktoren, die direkt, mittelbar oder eben nicht beeinflussbar sind. Um dies zu ermöglichen, bietet sich die sogenannte Szenariotechnik an. Sie ist ein systematisches und vorausschauendes Verfahren, mit dessen Hilfe plausible Entwicklungen konsistent abgeleitet und aufgezeigt werden sollen.

Das besondere Kennzeichen von Szenarien ist, daß sie eine Vielzahl von Methoden (differenzierte Regressionsanalysen, Trendextrapolationen, Simulationen, Optimierungsverfahren etc.) unter einem Grundkonzept vereinigen. Dabei unterliegt den einzelnen Szenarien eine bestimmte Grundausrichtung (Szenario"philosophie"), wie z.B. die Annahme einer pessimistischen, neutralen oder optimistischen Entwicklung, einer starken Eingriffsintensität bzw. einer weitgehenden Passivität etc.

Ein Szenarienkonzept setzt voraus, daß den gewählten Entwicklungsstrategien durchgehend die gleiche Philosophie unterlegt wird, und daß das Zusammenspiel der Einzelannahmen ein in sich (technisch und ökonomisch) konsistentes Bild ergibt. Konsistent meint, daß z.B. die angenommenen Sparraten technisch realisierbar sind, daß die Annahmen über die möglichen Einführungsraten von energiesparenden Geräten oder neuen Erzeugungstechnologien plausibel sind oder daß der Aufbau einer Fernwärmewirtschaft kompatibel ist mit dem Ausbau des Kraftwerksparks zur Stromerzeugung (Wechselwirkung).

Am Ende einer Szenarienanalyse sollten mindestens zwei realisierbare Energieversorgungswege und deren ökonomische, technische und umweltbezogene Konsequenzen beschrieben werden. Diese Zukunftsentwürfe stellen demnach nicht Prognosen im Sinne einer quasi deterministischen Vorhersage "So und nicht anders wird die Entwicklung verlaufen" dar, sondern sie beschreiben die Spannweite möglicher und machbarer Entwicklungen.

In der vorliegenden Untersuchung liegt das Schwergewicht in der Konzeption eines in sich schlüssigen, technisch und wirtschaftlich realisierbaren Szenarios, das die energiepolitischen Zukunftsvorstellungen der GRÜNEN in konzentrierter Form abbildet. Die Bestimmung des zukünftigen Energiebedarfs erfolgt auf der Grundlage eines verzweigten Annahmeflechtes von unten nach oben. Zunächst wird der Endenergiebedarf der verschiedenen Verbrauchssektoren ermittelt. Dies erfordert eine genaue Betrachtung der Anwendungsgebiete, in denen Energieträger eingesetzt werden (z.B. Raumwärme, warmes Wasser, Prozeßwärme etc.). Anschließend wird der wichtigste Umwandlungsbereich für Energieträger ausführlich beschrieben: die Stromerzeugung. Hier geht es insbesondere darum, die Verluste, die bei der Erzeugung des Sekundärenergieträgers Strom entstehen, zu erfassen und den beabsichtigten Primärenergieträgereinsatz aufzufächern.

Im letzten Schritt werden dann der ermittelte Endenergiebedarf und die Umwandlungsverluste zum Primärenergiebedarf zusammengefaßt. Dieser gibt Aufschluß darüber, welche Energieträger in welcher Menge zur Befriedigung des Bedarfs an Energiedienstleistungen benötigt werden.

Dem GRÜNEN Energieszenario wird ein sogenanntes Referenzszenario ("Trend") gegenübergestellt, das die Energiepolitik und die ihr zugrundeliegende Philosophie der Bundesregierung auf der Basis Mitte der 80er Jahre in die Zukunft fortschreibt.

Als Referenzpfad wurde dabei die sog. "mittlere Variante" einer Untersuchung der Prognos AG (PROGNOS 1984) gewählt, die für die Bundesregierung erstellt wurde. Die ökonomischen und sozialen Rahmendaten dieses Pfades wurden auch im GRÜNEN Szenario verwendet, ebenso die Entwicklung des Energiedienstleistungsbedarfs.

1.2 Rahmen des Szenarios und grundlegende Entwicklungsannahmen

1.2.1 Zum Zeithorizont

Die Entwicklung der Energienachfrage einer Volkswirtschaft ist in vielfältiger Weise durch soziale, ökonomische und technische Einflüsse bestimmt, zunehmend aber auch durch ökologische Rahmenbedingungen. Die Wirklichkeit auf diesem Gebiet ist so komplex, daß eine modellanalytische Erklärung und Prognose unter Berücksichtigung sämtlicher Phänomene nicht möglich ist.

Um dennoch Aussagen über die Zukunft machen zu können, wird im Zuge der Modellbildung von der realen Komplexität abstrahiert und ein vereinfachtes Bild der Zusammenhänge zugrundegelegt.

Im vorliegenden Szenario wurde die volkswirtschaftliche Einbettung sowie die Wechselwirkung zwischen der Energiebedarfsentwicklung und den Investitionsstrategien im Bereich der Energiewirtschaft vereinfacht in die Analyse einbezogen, indem die Daten über die Wirtschaftsentwicklung, die Entwicklung der Erwerbstätigkeit und der Produktivität von außen vorgegeben wurden. Eventuelle Rückkopplungen wurden nicht berücksichtigt. Eine solche Strategie erscheint vertretbar, da der Energiesektor weniger als 5% zum gesamten Bruttosozialprodukt beiträgt und damit von diesem Bereich nur geringe Wirkungen auf Entstehung und Verwendung des Sozialproduktes ausgehen.

Bei der Festlegung der Strukturentwicklung wurde davon ausgegangen, daß über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg keine dramatischen Wirtschaftskrisen, kriegerischen Auseinandersetzungen oder sonstigen Katastrophen eintreten werden.

Als Zeithorizont wurde der Zeitraum bis zum Jahr 2010 gewählt. Bei der Festlegung dieser Zeitspanne mußte ein Kompromiß zwischen langer Reichweite, bei der weitaus mehr Handlungsoptionen offen stehen, und einer kurzen Reichweite, bei der sehr viel mehr Anknüpfungspunkte an die heutige Situation existieren, geschlossen werden. Nach Abschluß eines Abwägungsprozesses wurde das Jahr 2010 als Zieljahr festgelegt, da angenommen wurde, daß bis zu diesem Zeitpunkt wichtige Umstrukturierungsmaßnahmen auf Grund politischer und individueller Aktivitäten (Umstellung des Gerätebestandes auf energieeffizientere Techniken, Umbau der Stromerzeugungssektors in Richtung auf eine massive Nutzung der Wärme-Kraft-Kopplung etc.) deutliche Wirkungen auf die aggregierten Energieverbräuche haben würden.

Bei der Nutzung regenerativer Energiequellen zeigt sich, daß sie im Rahmen dieses (relativ kurzen) Zeitraumes bereits schon einen gewichtigen Anteil an der Energiebereitstellung übernehmen können.

Dieser Anteil stellt aber nicht den Endpunkt dar, sondern kann und wird sich bei Fortführung einer konsequent auf diesen Bereich ausgerichteten Energiepolitik noch erheblich steigern.

Aus diesem Szenario wird aber auch die große Bedeutung der nächsten 20 Jahre für die Markteinführung der regenerativen Energiequellen deutlich, ohne die diese Energieträger auch dann noch keinen nennenswerten Beitrag leisten können.

Erfolgt heute ein massiver Investitionsschub in Solartechnologien, so können die heute aufgrund fehlender Massenproduktion und Erfahrungen in der Anwendung zur Zeit noch nicht kostengünstig Technologien am Ende des Szenariozeitraums konkurrenzfähig zur Verfügung stehen.

Hinsichtlich der technischen Entwicklung wurde den Szenarien ein konservatives Konzept unterlegt, in dem in Bezug auf die weitere technische Entwicklung im wesentlichen vom heutigen Stand der Technik ausgegangen wurde. Lediglich zum Ende der Betrachtungszeit wurden technische Gerätekonzepte in begrenztem Umfang in die Betrachtung einbezogen, die heute als Prototypen existieren.

1.2.2 Zur Entwicklung der Bevölkerung

Die Ausgangsgröße der Wirtschaftsentwicklung bildet die Zu- bzw. Abnahme der Bevölkerung. Diese Daten bestimmen u.a. die Inlandsnachfrage, das Potential an Arbeitskräften etc. In den Energieszenarien wirkt zudem die Bevölkerungsentwicklung in vielfältigen Zusammenhängen direkt auf die Energienachfrage ein. So beeinflusst dieser Parameter den Zuwachs bzw. die Abnahme der Wohnflächen, die Zahl benutzter Pkw, die Anzahl elektrischer Haushaltsgeräte etc., um nur einige Bezüge zu nennen.

Tabelle 1: Entwicklung der Bevölkerung im Szenario-Zeitraum (Angaben in Millionen)

	1985	2000	2010
Deutsche	56,5	54,4	51,1
AusländerInnen	4,8	5,1	6,1
<i>insgesamt</i>	<i>61,3</i>	<i>59,5</i>	<i>57,2</i>

Hinsichtlich der Entwicklung der Bevölkerung wird in dem Szenario für die BRD ein abnehmender Trend angenommen (vgl. Tab. 1), der sich primär aus der niedrigeren Geburten- gegenüber der Sterberate ergibt. Die Bevölkerungsentwicklung für das Gebiet der BRD stellt sich seit den neuen Verhältnissen in der DDR steigend dar, was in dem Szenario nicht abgebildet wird. In der vorliegenden Untersuchung wurde noch analog der erwähnten Prognos-Studie aus dem Jahr 1984 von einer Abnahme der Bevölkerung der BRD ausgegangen, die nur leicht durch einen Zuwachs der in der BRD lebenden AusländerInnen abgemildert wird.

1.2.3 Entwicklung des Bruttosozialprodukts

Auch die Entwicklung des Bruttosozialprodukts wurde in Anlehnung an gängige wirtschaftswissenschaftliche Prognosen festgelegt:

Tabelle 2: Entwicklung des Bruttosozialprodukts

	<u>1985/90</u>	<u>1990/95</u>	<u>1995/00</u>	<u>2000/10</u>
BSP	2,4%	2,6%	2,6%	2,2%

So bestimmt in beiden Szenarien ein eindeutiger Wachstumstrend von real 2,4 % jährlich die Wirtschaftsentwicklung. Damit steigt das Bruttosozialprodukt im Zeitraum 1985 bis zum Jahr 2010 von 1.580 Mrd. DM auf rund 2.860 Mrd. DM, mithin nahezu auf den doppelten Wert.

Angesichts erkennbarer Sättigungserscheinungen, Ressourcenverknappung etc. sowie der historischen Entwicklung von 1981-1987, in der das BSP lediglich jährlich um real ca. 1,5% anstieg, erscheint der gewählte Ansatz als unrealistisch.

Die hohe Wachstumsannahme wurde ausschließlich deshalb gewählt, weil bei der Analyse der Auswirkungen auf das Referenzszenario der Prognos AG Bezug genommen wurde. Auf diesem Wege wird in der Studie allerdings der Nachweis erbracht, daß sogar trotz eines hohen Wirtschaftswachstums ein sanfter Energieversorgungsweg ohne ökonomische und technische Schwierigkeiten beschritten werden kann.

2. Die Entwicklung des Endenergiebedarfs

2.1 Der zukünftige Endenergiebedarf in der Industrie

2.1.1 Methodische Vorbemerkung

Der Industriesektor ist in den Energiestatistiken ein klar abgegrenzter Bereich, der das gesamte Verarbeitende Gewerbe und den sogenannten "Übrigen Bergbau" (Erz, Kali, Steinsalz) umfaßt. Der Kohlebergbau fällt statistisch betrachtet in den Umwandlungsbereich der Energiebilanz und soll daher hier nicht betrachtet werden.

In der Regel wird der Industriesektor in vier große Bereiche aufgefächert, wobei sich der energetisch wichtigste Bereich - die Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie - noch einmal in 8 einzelne Wirtschaftszweige aufteilt. Diese Detaillierung ist - gemessen an den Ansprüchen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung - immer noch sehr grob, aber u.E. für diese Untersuchung ausreichend. Der Ausgangspunkt für die Ermittlung des zukünftigen industriellen Energiebedarfs ist eine Prognose der Nachfrage nach Energiedienstleistungen (EDL) in diesem Sektor. Wegen der Vielzahl der Produkte und komplexen Produktionsverfahren ist es allerdings nicht möglich, die Energiedienstleistungen, die der Industriesektor benötigt, im Detail aufzulisten und zu quantifizieren. Aus Vereinfachungsgründen wird daher üblicherweise die Energiedienstleistung nicht als Mengengröße (z.B. Tonnen Stahlproduktion, Anzahl Kopfschmerztabletten etc.), sondern als Wertgröße definiert: sie ist gleich der industriellen Bruttowertschöpfung.

Dieses Vorgehen ist deswegen problematisch, weil der wertmäßige Anstieg der Produktion (Wertschöpfung) in vielen Fällen keinen korrespondierenden Anstieg der mengenmäßigen Produktion zur Ursache hat (Stichwort: Veredelungswirtschaft). Aber nur die mengenmäßig nachgefragte EDL schlägt sich schließlich im Energiebedarf nieder. Um diesem methodischen Manko zu begegnen, wäre eine detaillierte und sorgfältige Analyse der Industrieproduktion sowie ihrer weiteren Perspektiven notwendig gewesen. Die Erstellung einer solchen war allerdings im Rahmen des GRÜNEN Energiewende-Szenarios nicht möglich. Daher wurde an dieser Stelle die "konventionelle" Szenarienerstellung für den Industriebereich verwendet.

Um nun den Endenergiebedarf der Industrie zu erfassen, muß neben der Entwicklung der Wertschöpfung auch die Entwicklung der spezifischen Bedarfe nach einzelnen Energieträgern (Kohle, Strom, Fernwärme etc.) ermittelt werden. Dies geschieht auf der Grundlage von technischem Wissen und Annahmen über zukünftige Produktionsprozesse. Der Endenergiebedarf läßt sich danach sehr einfach durch Multiplikation der Basisgrößen (Wertschöpfung) mit den spezifischen Energiebedarfen bestimmen.

Er kann dann sowohl für die einzelnen Wirtschaftszweige als auch für die (Sekundär-) Energieträger ausgewiesen werden.

2.1.2 Entwicklung von Produktion und Strukturwandel

Bevor auf die Entwicklung der Produktion und damit der Wertschöpfung im Detail eingegangen wird, soll zunächst ein Blick auf den (erwarteten) Strukturwandel in den nächsten 20 Jahren geworfen werden.

Der sektorale Strukturwandel beschreibt die Verlagerung der Gewichte zwischen den einzelnen Sektoren einer Volkswirtschaft. Man unterscheidet drei Sektoren:

- * I. Primärer Sektor : Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Energie- und Wasserversorgung, Bergbau (Kohle- und Übriger Bergbau)
- * II. Sekundärer Sektor: Verarbeitendes Gewerbe, Baugewerbe
- * III. Tertiärer Sektor: Handel und Verkehr, Dienstleistungsunternehmen, Staat und Organisationen ohne Erwerbszweck

Es wird deutlich, daß der Sekundäre Sektor nicht identisch mit dem Industriesektor ist, sondern auch noch das Baugewerbe umfaßt.

Der sektorale Strukturwandel vollzieht sich seit einiger Zeit vom Primären und insbesondere auch vom Sekundären in den Tertiären Sektor ("Dienstleistungsgesellschaft"). Dies liegt nicht zuletzt daran, daß im Rahmen der weltwirtschaftlichen Verflechtung diejenigen Länder, die vergleichsweise günstige Voraussetzungen für die arbeits- und energieintensive Grundstoffindustrie haben (z.B. niedrige Lohnkosten, verfügbare Rohstoffbasis etc.), mit ihren relativen (komparativen) Kostenvorteilen immer stärker auf den Weltmarkt drängen.

Da diese Entwicklung alleine schon dämpfend auf einen - wachstumsbedingten - Energiebedarfszuwachs wirkt (der Tertiäre Sektor ist erheblich weniger energieintensiv), verdient sie bei der Betrachtung des zukünftigen Energiebedarfs Beachtung. Die folgende Tabelle nimmt bis zum Jahr 2000 Bezug auf die Prognos-Studie (1984), für den Zeitraum bis zum Jahre 2010 unterstellt das GRÜNE Szenario einen sich verstärkenden Strukturwandel mit abgeschwächten Wachstumsraten im Sekundären und höheren Wachstumsraten im Tertiären Sektor.

Der sektorale Strukturwandel und die Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts⁶ werden demnach wie folgt angesetzt:

Tabelle 3: Anteile der drei Hauptsektoren am Bruttoinlandsprodukt (BIP) und ihre Entwicklung bis zum Jahre 2010 (gerundete Werte, 1983 = 100)

Anteil Produktionswertindex(BIP) am BIP in Preisen von 1983	Anteil am BIP				
	1983	1990	1995	2000	2010

⁶ Dieses ergibt sich aus dem Bruttosozialprodukt, verringert um den Saldo der Erwerbs- und Vermögenseinkommen zwischen In- und Ausland.

Sektor I	5,6%	106	110	115	120	3,5%
Sektor II	39,0%	117	129	143	159	32,6%
Sektor III	55,4%	120	139	162	210	63,9%
BIP	100,0%	118	134	153	190	100,0%

Es wird deutlich, daß neben dem Primären (I) vor allem auch der Sekundäre Sektor (II) im Vergleich zur Gesamtwirtschaft unterdurchschnittlich wächst. Insbesondere nach dem Jahr 2000 verstärkt sich der Trend zum Tertiären Sektor (III; Dienstleistungsbereich).

Um den interindustriellen Strukturwandel nachzuvollziehen, ist nun eine genauere Betrachtung der Wertschöpfung und ihrer Entwicklung in den einzelnen Wirtschaftsbereichen und -zweigen notwendig. Die folgende Tabelle faßt die Entwicklung der Wertschöpfung und damit die Verschiebung zwischen den einzelnen Bereichen zusammen.

Tabelle 4: Wachstumsraten der Wertschöpfung1 im Industriesektor2

in % pro Jahr (real)	³ 1982	³ 1985	³ 1990	³ 1995	³ 2000	³
	³ 1985	³ 1990	³ 1995	³ 2000	³ 2010	³
Summe	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00
- Steine und Erden	2,50	1,70	1,20	0,80	0,40	
- Eisenschaff. Industrie	1,00	0,40	0,30	0,20	0,10	
- Eisen/Stahl/Gießerei	2,30	0,40	0,50	0,50	0,25	
- NE - Metalle	2,70	1,70	1,70	1,50	0,75	
- Chemische Industrie	3,60	2,00	2,00	2,00	1,00	
- Zellstoff- u. Papier	2,90	1,40	1,20	1,20	0,60	
- Gummiverarbeitung	1,40	1,40	1,60	1,60	0,80	
- sonstige				3,10	1,80	1,80
Grundstoff/Prod.Güter	2,60	1,60	1,60	1,50	0,75	
Investitionsgüter	2,10	3,00	3,00	3,00	1,50	
Verbrauchsgüter	1,60	1,30	1,20	1,10	0,65	
Nahrungs- Genußmittel	1,10	1,80	2,00	2,10	1,05	
Gesamtsumme Industrie	2,00	2,30	2,30	2,30	1,15	

- 1 hier: unbereinigte Bruttowertschöpfung
- 2 Der Industriesektor umfaßt hier den Übrigen Bergbau (Erz, Kali, Steinsalz) und das Verarbeitende Gewerbe.

Das entspricht in der Statistik dem Warenproduzierenden Gewerbe ohne Baugewerbe, Energie-/Wasserversorgung und Kohlebergbau (erfaßt werden nur Unternehmen mit mehr als 20 Beschäftigten).

Auch diese Tabelle stützt sich auf die Referenzstudie der Prognos AG (1984). Allerdings haben wir - wie vorher dargestellt - für die Zeit nach dem Jahr 2000 einen abgeflachten Wachstumspfad für den Industriesektor unterstellt, da wir langfristige Wachstumsraten von über 2 Prozent im Industriebereich für unwahrscheinlich halten.

Die Tabelle belegt u.a. folgende Entwicklungen:

- Innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes vollzieht sich ein deutlicher Strukturwandel von der Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie hin zur Investitionsgüterproduktion. Dafür verantwortlich zeichnen in erster Linie die Wachstumsbranchen Elektrotechnik, Datenverarbeitung/Büromaschinen ("Informationsgesellschaft") sowie der Luft- und Raumfahrzeugbau.
- In der Grundstoffindustrie selber verschieben sich die relativen Gewichte von den traditionellen "Schornsteinindustrien" Eisenschaffende Industrie, Steine/ Erden und Eisen-/Stahlgießereien zur Chemie und zu den Nichteisen-Metallen.
- Insgesamt ist das Wachstum des Verarbeitenden Gewerbes unterdurchschnittlich. Dies liegt an dem hohen Anteil der Grundstoffindustrie, deren Wettbewerbsfähigkeit auf dem Weltmarkt auf Grund einer Vielzahl von Faktoren (z.B. Rohstoffpreise, Lohnniveau, Subventionsverzerrungen) zunehmend in Frage gestellt werden wird.

2.1.3 Entwicklung der spezifischen Bedarfe

Der spezifische Energiebedarf im Verarbeitenden Gewerbe ist der Quotient aus Energieeinsatz und Wertschöpfung. Die Entwicklung des spezifischen Verbrauchs beinhaltet ein Konglomerat von Effekten, das wie folgt aufgeschlüsselt werden kann:

2.1.3.1 Einsatz neuer Technologien

Hier fließt das Bemühen der Unternehmen ein, durch Investitionen in energiesparende Technologien die Energiekostenanteile zu senken. Dieses Bemühen konzentriert sich in erster Linie auf die Verbesserung der Produktionsprozesse, auf optimierte Steuerungen und Regelungen mit Hilfe der Mikroelektronik, auf Verwendung effizienterer Aggregate und auf die Nutzung von Abwärme.

2.1.3.2 *Veränderungen im Warenkorb der einzelnen Wirtschaftsbereiche*

Dieser sogenannte intraindustrielle Strukturwandel umfaßt die Hinwendung zu weniger energieintensiven Produkten und Prozessen innerhalb einzelner Branchen. Vor allem in der Grundstoffindustrie besteht seit geraumer Zeit ein Trend hin zur Weiterverarbeitung und Veredelung von Produkten.

2.1.3.3 *Zusätzliche Effekte*

Die Entwicklung der spezifischen Verbräuche hängt zusätzlich ab von Verhaltensänderungen, organisatorischen Innovationen und ähnlichem.

2.1.3.4 *Substitutionseffekte*

Durch Substitution von Brennstoffen untereinander ergeben sich Veränderungen im spezifischen Energiebedarf, weil dadurch unterschiedlich effiziente Technologien zum Einsatz kommen.

Der spezifische Strombedarf des Verarbeitenden Gewerbes beispielsweise kann sich unter Berücksichtigung der neuesten Technologien zur rationellen Stromverwendung unserer Ansicht nach im GRÜNEN Szenario wie folgt entwickeln:

Tabelle 5: Wachstumsraten des spezifischen Strombedarfs im Verarbeitenden Gewerbe (in %)

Branche	1982	1985	1990	1995	2000	
			1985	1990	1995	2000
Sonst. Bergbau	0,00	0,00	-1,75	-1,75	-1,75	
Grundstoffindustrie	-0,30	-1,00	-2,00	-2,00	-2,00	
Chemische Industrie	-1,00	-1,80	-2,55	-2,55	-2,55	
Eisenschaffende Ind.	0,10	0,50	-1,50	-1,60	-1,60	
NE-Metalle	0,00	-0,50	-1,95	-1,95	-1,95	
Steine und Erden	0,00	-0,20	-1,85	-1,90	-1,90	
Eisen und Stahl	1,60	0,90	-1,40	-1,50	-1,50	
Zellstoff,Pappe,Papier	0,00	-1,30	-2,30	-2,25	-2,25	
Gummi	-0,10	-1,30	-2,25	-2,25	-2,25	
sonstige	0,50	-1,00	-2,00	-2,00	-2,00	
Investitionsgüterind.	0,30	-0,60	-1,95	-1,95	-1,95	
Verbrauchsgüterind.	2,40	1,30	-1,15	-1,25	-1,25	
Nahrungs/Genußmittelind.	1,70	1,50	-1,25	-1,25	-1,25	

Industrie insgesamt 0,40 -1,00 -2,20 -2,20 -2,20

Der Entwicklung der spezifischen Stromverbräuche liegen u.a. folgende branchenübergreifenden Spartechniken zugrunde (Maier/Angerer 1986; Fritsche 1987):

Antriebsregelung

Die Mikroelektronik bringt eine verbesserte Möglichkeit zur Drehzahlregelung von Asynchronmotoren (ASM) durch Frequenzumrichter. Gegenüber anderen Regelungskonzepten erlaubt sie höhere Einsparungen an Elektrizität (ISI,1982). Die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von elektronischen Regelungen bei ASM hängt von der Motorengröße, den Betriebsstunden, den Strompreisen und den Umrichterpreisen ab. Heute weisen die Motoren im Mittel 2000 h/a auf. Bei den derzeitigen Umrichter- und Strompreisen sind Motoren über 1000 kW wirtschaftlich umrüstbar.

Beleuchtung

Eine weitere Spartechnologie liegt in der verbesserten Beleuchtungstechnik. Hierbei sind verbesserte Leuchtstofflampen mit elektronischer Vorschaltung sowie neue Lampenkonzepte zu nennen. Zudem erlaubt die Mikroelektronik effektive Lichtleitsysteme (Zeitsteuerung, Helligkeitsanpassung), womit Leerlaufverluste reduziert werden. Hinzu kommen verbesserte Reflektoren (Verspiegelung) sowie die durch kleinere Mini-Leuchtstofflampen durchführbare arbeitsplatzorientierte Lichtlenkung.

In den wichtigsten Industriezweigen der Grundstoffindustrie sind eine Reihe von spezifischen Verfahren verfügbar, die dort spezielle Stromanwendungen rationeller gestalten können. Darüber hinaus gibt es sinnvolle Möglichkeiten, Stromanwendungen durch geänderte Verfahrenstechnik (z.B. Recycling) bzw. durch andere Energieträger zu substituieren (Fritsche 1987, S.47). Allerdings wurde im GRÜNEN Szenario die Substitution von stromintensiven Produkten ausgeklammert, um die Vergleichbarkeit mit dem Referenzszenario nicht zu gefährden.

Chemie

- Membranverfahren zur Chlor-/Natronlaugeproduktion
- EDC-Verfahren zur Sodaproduktion
- Chlorsubstitution

Die Verwendung von Chlor als Grundstoff für die gesamte Chemie, insbesondere aber für die Herstellung von PVC und chlorierten Kohlenwasserstoffen, ist unter Umweltgesichtspunkten problematisch. Daher sollte eine ökologisch begründete Produktsubstitution in den sensiblen Bereichen PVC (durch andere Materialien), Pflanzenschutz (biologische Abwehr) und Lösemittel (andere Substanzen) vorangetrieben werden.

NE-Metalle

- Kathodenverbesserung durch Titandiborid
- Verbesserte Aluminiumchlorid-Elektrolyse
- Aluminiumsubstitution

Der extrem hohe Strombedarf der Aluminiumelektrolyse (zur Herstellung einer Tonne Aluminium benötigt man 15.000 kWh!) kann zwar durch neue Technologien gesenkt werden, bleibt aber dennoch im Vergleich zu anderen Metallen extrem hoch. Als erste Substitutionschance kann das verstärkte Rezyklieren von Aluminium gelten, womit pro t Sekundär- Aluminium rund 4/5 der Strommenge gespart werden kann. Die zweite Ersatzchance für Strom besteht in der Substitution der Aluminiumverwendung. Die Materialanforderungen an viele, heute aus Aluminium hergestellte Produkte erlauben auch die Verwendung weniger stromintensiver Materialien. Eine indirekte Substitution kann daher auch durch ein Verdrängen von Aluminium-Produkten durch andere mehrwegfähige Materialien (z.B. Glas) erfolgen.

Steine und Erden

- neue Mahltechniken (Gutbett- und Walzenschüsselmühle)

Eisen und Stahl

- Schrottvorwärmung bei der Elektrostahlerzeugung
- Stranggußtechnik/Prozeßoptimierung
- Elektrostahlherstellung durch System BBC-Brusa

Zellstoff, Pappe und Papier

- Verbesserte Holzschliffherstellung (Druck-, Thermoschliff)
- Verbesserte Mahltechniken.

Diese und einige andere Verfahren sind heute Stand der Technik. Gewichtet mit unterschiedlichen Einführungsraten sind sie - mit Ausnahme der Substitutionstechniken - in die spezifischen Stromverbräuche des Industriesektors eingeflossen.

2.1.4 Endenergiebedarf der Industrie im Jahr 2010

Auf der Grundlage der in den vorherigen Abschnitten nur ausschnittsweise dargestellten Entwicklungen kann nun der gesamte Endenergiebedarf der Industrie bestimmt werden. Das vom Öko-Institut entwickelte Energie-Projektions-Modell (EPROM) berechnet den Bedarf nach Energieträgern und nach den einzelnen Branchen des Industriesektors.

Tabelle 6: Endenergiebedarf der Industrie im GRÜNEN Szenario (1000 tSKE)

<u>Energieträger</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
Steinkohle	15.851	12.968	8.816	6.612	4.408
Braunkohle	2.403	2.001	1.265	978	690
Mineralöl	13.596	10.652	6.865	6.865	6.865
Gase	22.385	18.847	15.093	15.093	15.093
Strom	19.962	19.762	19.508	17.782	16.056
Fernwärme	1.104	1.092	1.088	1.088	1.088
Sonst.f. Brennst.	108	101	96	88	80
KWK-Prozeßwärme<1>	923	7.151	16.323	18.815	21.307
INSGESAMT	76.332	72.576	69.056	67.322	65.588

1 Prozeßwärme der Industrie, die mit Hilfe von KWK-Anlagen erzeugt wird.

Die Ergebnisse in Tabelle 6 lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der Endenergiebedarf in der Industrie verringert sich bis zum Jahr 2010 gegenüber 1990 um 16,5%. Berücksichtigt man, daß sich im gleichen Zeitraum die Industrieproduktion um ca. 60% erhöht, bedeutet dies eine wesentliche Erhöhung der energetischen Effizienz bei der industriellen Wertschöpfung. Dieser Entwicklung liegen jedoch vorsichtige Annahmen über den weiteren technischen Fortschritt bei zugrunde. Weder wurde ein umfassendes Recycling-System unterstellt, noch wurden die Möglichkeiten berücksichtigt, langlebigere Güter herzustellen.
- Bei der Einsatzstruktur der Energieträger ergeben sich gravierende Veränderungen: der direkte Einsatz der fossilen Brennstoffe (Kohle, Öl, Gas) verringert sich innerhalb dieses Zeitraums um zwei Drittel, während die in KWK erzeugte industrielle Prozeßwärme im Jahr 2010 bereits einen Anteil von rund 33% am gesamten industriellen Endenergiebedarf aufweist. Da das heutige Gesamtpotential der industriellen Prozeßwärmeerzeugung in KWK bei etwa zwei Drittel der benötigten Prozeßwärme liegt (Fritsche 1987, S.11), ist im Jahr 2010 das Potential nicht ausgeschöpft. Die Szenarioannahme ist demgemäß als vorsichtig einzustufen. Der Strombedarf geht um 16% zurück, hält allerdings seinen Anteil von rund 25% am gesamten industriellen Endenergiebedarf.

Es soll nochmals betont werden, daß der industrielle Endenergiebedarf erheblich deutlicher zurückgehen würde, wenn statt der konservativen Wachstumsannahmen insbesondere in der Grundstoffindustrie ein Szenario zugrunde gelegt würde, wie es die GRÜNEN mit ihrem Programm Umbau der Industriegesellschaft (Schaffung einer "sanften Chemie", Drosselung der Aluminiumproduktion etc.) vorgeschlagen haben (Die GRÜNEN 1986). Vor diesem Hintergrund ist das vorgestellte industrielle Energiewende-Szenario in der Tat nur eine vorsichtige Abschätzung dessen, was ohne einen großen "Umbau" erreicht werden kann.

2.2 Der zukünftige Endenergiebedarf des Kleinverbrauchs

2.2.1 Statistische und methodische Grundlagen

Der Sektor "Kleinverbrauch" ist statistisch gesehen ein "Nicht-Sektor": in ihm werden alle Energieverbraucher zusammengefaßt, die nicht den positiv definierten Sektoren Industrie, Haushalte und Verkehr zuzurechnen sind. Im einzelnen lassen sich grob folgende 14 Verbrauchergruppen unterscheiden:

- Banken, Versicherungen - Krankenanstalten
- Bäder
- Landwirtschaft
- Baugewerbe - Öffentliche Einricht.
- Einzel- und Großhandel und private Organisat.
- Gartenbau ohne Erwerbscharakter
- Gastgewerbe - Reinigungsgewerbe
- Handwerk - Schulen
- Industriebetriebe mit weniger - Sonstige
als 20 Beschäftigten Dienstleistungsuntern.

In der Summe vereinigen diese Verbraucher knapp 18 % des gesamten Endenergiebedarfs der Bundesrepublik auf sich (1986).

Eine Abschätzung der zukünftigen Entwicklung des Endenergiebedarfs ist auf Grund der heterogenen Zusammensetzung dieses Sektors relativ kompliziert, wenn man ihn nicht wie beispielsweise in der Energiewende-Studie von 1980 als homogenen Block abhandeln will. Das liegt insbesondere an der Datenlage für die unterschiedlichen Verbrauchergruppen sowie an den stark voneinander abweichenden Entwicklungsperspektiven der Einzelbereiche.

Wir wollen hier nur grob andeuten, welche Vorgehensweise wir bei der Ermittlung des zukünftigen Endenergiebedarfs der Kleinverbraucher verfolgt haben:

- a) Ausgangspunkt war eine Aufschlüsselung des Energiebedarfs der einzelnen Verbrauchergruppen nach Energieträgern und Verwendungsarten. Darüber liegen keine Statistiken vor. Wir bedienten uns daher eines empirischen Gutachtens des Energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität Köln (EWI) von 1986 ("Detaillierungsgutachten") (EWI,1986).
- b) Danach wurden für jede Verbrauchergruppe (nach einer oder mehreren Verwendungsarten) sogenannte Leitindikatoren bestimmt, die die Entwicklung des Bedarfs an Energiedienstleistungen nachvollziehen. Im Gegensatz zum Industriesektor, wo die Wertschöpfung alleiniger Leitindikator für die Entwicklung des EDL-Bedarfs im Industriesektor war, wurden hier unterschiedliche Indikatoren verwendet. Tabelle 8 gibt darüber einen Überblick und zeigt außerdem, wie sich die Indikatoren im GRÜNEN Szenario bis zum Jahr 2010 entwickeln.

Tabelle 8: Leitindikatoren der EDL-Bedarfsentwicklung im Sektor Kleinverbrauch (Ausgangswert: 1982 = 100)

<i>Verbrauchergruppe</i>	<i>Leitindikator</i>	<i>2010</i>
Banken,Versicherungen	Beschäftigung	114
	Produktion	193
Baugewerbe	Beschäftigung	85
	Produktion	140
Einzel- und Großhandel	Beschäftigung	94
	Produktion	151
Gartenbau	Fläche u. Glas	161
Gastgewerbe	Beschäftigung	90
	Produktion	155
Handwerk	Beschäftigung	97
	Produktion	147
Industriebetriebe mit weniger als 20 Beschäftigten	Produktion	147
Krankenanstalten	Bettenzahlen	90
Landwirtschaft	Beschäftigung	96
	Produktion	111

Öffentliche Einrichtungen/

private O.o.E.<1>	Beschäftigung	119
Reinigungsgewerbe	Produktion	161
Schulen	SchülerInnenzahlen	88
Sonstige Dienstleistungsunt.	Produktion	121

1 Organisationen ohne Erwerbscharakter

- c) Anschließend wurde die Entwicklung der spezifischen Verbräuche für jede Verwendungsart und soweit notwendig nach Energieträgern getrennt bis zum Jahr 2010 geschätzt. Dabei wurden insgesamt neun Verwendungsarten unterschieden: Raumwärme, Warmwasser, Prozeßwärme, Kraft, Licht, Kochen, Kühlung, Lüftung und Bürogeräte. Die im GRÜNEN Szenario verwendeten Werte für die Entwicklung des spezifischen Strombedarfs z.B. beruhen auf der Auswertung einer Studie für das Bundesland Hessen (Heuel/Schauerte 1986) sowie anderer Arbeiten (Fritsche 1987, S.58), wobei jeweils gegenwärtig verfügbare Technologien unterstellt wurden. Für die Entwicklung der übrigen spezifischen Verbräuche wurden auf Grund der unsicheren Datenlage vorsichtige Einsparraten gewählt.
- d) Schließlich wurde die Substitution von Energieträgern im Kleinverbrauch sehr differenziert abgebildet. Auf der Grundlage des Detaillierungsgutachtens wurde für jede einzelne Verbrauchergruppe eine Substitutionsstrategie entwickelt. Die generellen Substitutionsziele im GRÜNEN Szenario waren dabei
- Ersatz von 50% der Strom(heiz)anwendungen
 - Ersatz von 40% der Erdölanwendungen
 - Substitutionsgewinne für Fernwärme und Biogas.

Diese Ziele ergaben sich in Anlehnung an die Substitutionsmöglichkeiten im Haushaltsbereich insbesondere für den Raumwärmebereich. Die Ersatzraten für Stromanwendungen im Niedertemperatur-Wärmemarkt (Heizen und Warmwasser) wurden mit 50% (bis 2010) sehr vorsichtig angesetzt, da die Kosten für diese Energieanwendungen nur einen geringen Teil der Gesamtaufwendungen für Dienstleistungen oder Produkte ausmachen und daher die Substitution in der Regel über Programme "von außen" angeregt werden muß.

Besonders im Bereich der Landwirtschaft wurde verstärkter Wert auf die Erschließung der Biomasse-/Biogaspotentiale gelegt. Bis zum Jahr 2010 werden hier jeweils 30% des Heizöls und des Stromeinsatzes im Niedertemperatur-Wärmemarkt durch die Verwendung von Holz (Hackschnitzelfeuerung), Stroh (Strohfeuerungen) und Biogas (Einsatz in Blockheizkraftwerken) substituiert.

Die Gewinne der Fernwärme erfolgen insbesondere zu Lasten von Öl- und Gas-Zentralheizsystemen und schwerpunktmäßig bei größeren Wärmeverbrauchern. Auf der Grundlage der Entwicklung der Leitindikatoren, der spezifischen Verbräuche und der Substitutionswirkungen wurden dann - ähnlich wie im Industriesektor - die Endenergieverbräuche für jede Verwendungsart und jeden Energieträger bis zum Jahr 2010 ermittelt.

2.2.2 Istaufnahme des Endenergiebedarfs im Kleinverbrauch

Tabelle 9 zeigt, wie sich der gesamte Endenergiebedarf im Kleinverbrauchssektor nach dem Detaillierungsgutachten auf die Verbrauchergruppen und die einzelnen Energieträger verteilt.

Tabelle 9: Endenergiebedarf im Kleinverbrauch 1986 nach Verbrauchergruppen und Energieträgern (Angaben in Mio tSKE)

	Öl	Gas	FBS	Strom	FW	Summe
Banken/Vers.	0,4	0,4	-	0,3	-	1,1
Bäder	0,2	0,4	-	0,3	0,1	1,0
Baugewerbe	1,2	0,1	0,2	0,1	-	1,6
Einzel-/Großhandel	3,1	1,6	0,1	2,2	0,4	7,4
Gartenbau	1,2	0,3	0,1	-	-	1,6
Gastgewerbe	1,1	0,5	-	0,7	0,2	2,5
Handwerk	1,9	0,4	0,2	0,7	0,1	3,3
Industriebetr.< 20	5,2	0,8	0,4	1,4	0,1	7,9
Krankenanst.	1,2	0,5	-	0,3	0,8	2,8
Landwirtschaft	0,6	-	0,1	0,9	-	1,6
Öffentl.Einr./OoE	2,3	1,3	-	1,9	0,3	5,8
Reinigungsgewerbe	0,6	-	-	0,1	-	0,7
Schulen	1,2	2,0	-	0,5	0,4	4,1
Sonst.Dienstl.	0,4	0,2	-	0,2	0,2	1,0
Summe	20,6	8,5	1,1	9,6	2,6	42,4

FBS = Festbrennstoffe (Kohle, Biomasse)

FW = Fernwärme

Man erkennt deutlich, daß die Hälfte des Energiebedarfs in diesem Sektor auf das Öl entfiel, während sich Strom und Gas jeweils knapp ein Viertel teilen. Die anderen Energieträger sind hier im Jahr 1986 zu vernachlässigen. Von den Verbrauchergruppen her gesehen haben die Industriebetriebe mit weniger als 20 Beschäftigten, der Handel und die öffentlichen Einrichtungen (Verwaltungsgebäude, Post, Bahn etc.) den größten Anteil am Energiebedarf; sie vereinigen genau die Hälfte des Gesamtbedarfs auf sich.

Die Energieträger teilen sich wie folgt auf die einzelnen Verwendungsarten auf:

Tabelle 10: Endenergiebedarf im Kleinverbrauchssektor 1986 nach Verwendungsarten und Energieträgern (Angaben in Mio tSKE)

	Öl	Gas	FBS	Strom	FW	Summe
Raumwärme	12,2	5,7	0,7	3,5	2,1	24,2
Warmwasser	1,7	1,1	0,1	1,6	0,5	5,0
Prozeßwärme	2,5	1,6	0,3	0,5	-	4,9
Kraft	4,0	-	-	1,4	-	5,4
Licht	-	-	-	1,6	-	1,6
Lüftung/Kühlung etc.	0,2	0,1	-	1,0	-	1,3
Summe	20,6	8,5	1,1	9,6	2,6	42,4

Knapp 85 % des Energieeinsatzes der Kleinverbraucher fließen also in den Wärmebereich, wobei es sich hier zum allergrößten Teil um Niedertemperaturwärme von weniger als 150 °C handelt. Dies gilt auch für die Prozeßwärme, die zur Behandlung von Stoffen wie Textilien, Holz, Nahrungsmittel, Bau- und Kunststoffe, Gummi, Metalle etc. benötigt wird. Der Raumwärmebedarf ist mit mehr als 50% am gesamten Energiebedarf beteiligt, während die Anwendungen Licht und Lüftung/Kühlung gering sind. Auffällig ist, daß der Anteil des Stroms fast ein Viertel des Gesamtbedarfs ausmacht. Bei näherem Hinsehen erkennt man, daß fast 60% des Stromeinsatzes in den Wärmebereich fließen, in Verwendungsbereiche also, wo dieser hochwertige Energieträger im Grunde nichts zu suchen hat.

2.2.3 Entwicklung des Endenergiebedarfs im Kleinverbrauch

Der gesamte Endenergiebedarf des Kleinverbrauchssektors ergibt sich nun - ähnlich wie im Industriesektor - durch Multiplikation der Leitindikatoren mit den spezifischen Verbräuchen der Verwendungsarten bzw. des Energieträgereinsatzes unter Berücksichtigung der Substitutionsprozesse. Die Ergebnisse der Modellrechnungen für den Kleinverbrauchssektor zeigen die folgenden beiden Tabellen.

Tabelle 11: Endenergiebedarf Kleinverbrauch im Szenario GRÜN (1000 t SKE)

	1990	1995	2000	2005	2010
Strom	7.020	6.095	5.206	4.382	3.558
Gas	6.488	5.834	5.224	4.681	4.139
Fl.Gas	342	365	384	400	416
Öl	13.202	11.783	10.417	9.146	7.874
Festbrennstoffe<1>	2.317	2.494	2.645	2.750	2.855
Fernwärme	4.605	5.903	7.133	8.253	9.373
Biogas Landwirt.	77	122	165	205	245
Summe	34.052	32.595	31.174	29.817	28.460

1 Hierunter verbergen sich Stein- und Braunkohle, Holz und Stroh. Während 1986 der Kohleanteil noch 90% an den Festbrennstoffen beträgt, handelt es sich im Jahre 2010 ausschließlich um Holz und Stroh (Biomasse) - ein direkter Kohleinsatz findet im Kleinverbrauch nicht mehr statt.

Tabelle 12: Endenergiebedarf im Kleinverbrauch im Szenario GRÜN nach Verwendungsarten (1000 tSKE)

	1990	1995	2000	2005	2010	
Wärme	28.366	27.175	26.041	24.998	23.955	
davon:						
-Raumwärme	20.868	19.849	18.893	18.036	17.179	
-Warmwasser	4.213	4.071	3.924	3.768	3.612	
-Prozeßwärme	3.285	3.255	3.224	3.194	3.163	
Kraft	3.273	3.187	3.102	3.019	2.936	
Licht	1.443	1.348	1.271	1.223	1.176	
Sonstige	987	980	987	1.019	1.052	
Summe	34.070	32.690	31.400	30.259	29.119	\$\$!!!

Der Endenergiebedarf im Kleinverbrauchssektor geht bis zum Jahr 2010 deutlich zurück. Entscheidend dafür ist die Reduzierung der fossilen Brennstoffe Öl und Gas sowie des Stromeinsatzes um fast 50%, die insbesondere durch die erhebliche Einsparung und Substitution im Raumwärme- und Warmwasserbereich zustande kommt. Der Rückgang des Energiebedarfs in den beiden Verwendungsbereichen ist jedoch mit jeweils 30% sehr vorsichtig angesetzt. Der Nah- und Fernwärmeeinsatz wird allerdings im Vergleich zu heute nahezu vervierfacht. Der Anstieg der Festbrennstoffe auf fast 10% des gesamten Endenergiebedarfs im Jahr 2010 ist auf den bereits erwähnten verstärkten Einsatz von Biomasse (Holz, Stroh) im ländlichen Raum zurückzuführen.

2.3 Der zukünftige Endenergiebedarf der privaten Haushalte

Neben der Industrie ist der Bereich der privaten Haushalte der größte Energieverbraucher in der Bundesrepublik: 1986 entfielen auf diesen Sektor fast 30% des gesamten Endenergiebedarfs. Kein Wunder also, daß gerade hier in den letzten Jahren besonders intensiv nach Einsparmöglichkeiten geforscht wurde. Und kein Wunder, daß hier neben dem Verkehrsbereich die größten Einsparpotentiale aufgezeigt wurden, die sich bei entsprechenden Anstrengungen innerhalb relativ kurzer Zeiträume erschließen lassen. Entgegen weit verbreiteter Demagogie kann in den Haushalten beträchtlich gespart werden, ohne "den Gürtel enger schnallen zu müssen" - im Gegenteil entlastet ein intelligenter Umgang mit Energie i.d.R. auch das Haushaltsbudget.

Im folgenden wird der Haushaltssektor in seine vier wichtigsten Verbrauchsbereiche unterteilt: Raumwärme, Warmwasser, Kochen sowie Kraft- und Lichtstrom. Die Analyse der Bedarfsentwicklung in diesen vier Bereichen wurde nicht isoliert durchgeführt, da viele Querverbindungen zwischen ihnen zu beachten waren (z.B. legt die Wahl des Heizsystems in den meisten Fällen auch die Art der Warmwasserbereitung fest). Die Darstellung jedoch erfolgt aus Gründen der Übersichtlichkeit getrennt für jeden Einzelbereich.

2.3.1 Entwicklung des Raumwärmebedarfs

Mit einem Anteil von mehr als 75% am gesamten Haushaltsenergiebedarf ist der Raumwärmebedarf der größte Brocken. Grund genug also, sich diesen Bereich gründlich anzusehen und die möglichen Einsparpotentiale zu untersuchen.

Methodisch wird das "Raumwärmeszenario" dabei wie folgt entworfen: Zunächst wird auf der Grundlage des aktuellen Wohnungsbestandes und der durchschnittlichen Wohnflächen eine detaillierte Aufgliederung des heutigen Raumwärmebedarfs vorgenommen (nach Gebäudetypen, Heizsystemen, Baualtersklassen der Gebäude). Danach werden Annahmen bezüglich Zugängen und Abgängen im Gebäudebestand, Substitution von Heizsystemen und Verringerung des Energiebedarfs durch Wärmedämmung, effizientere Heizsysteme etc. getroffen. Schließlich werden diese Einflußfaktoren miteinander verknüpft und die Entwicklung des Raumwärmebedarfs nach Energieträgern zusammengefaßt. Wir geben im folgenden einen kurzen Überblick über die Entwicklung der Einflußfaktoren:

a) Zugänge und Abgänge im Gebäudebestand

Im GRÜNEN Szenario wird der Zubau von neuen Wohnungen, der Abriß sowie die Wohnflächenaktivierung aus dem Gebäudebestand in Anlehnung an die Prognos-Studie (1984, mittlere Variante) festgelegt. Dabei werden bis zum Jahr 2010 rd. 5,6 Mio Wohnungen neu zugebaut, und rd. 3,75 Mio Wohnungen sind abgängig. Die beheizte Wohnfläche steigt im Szenariozeitraum um 28 % an. Für die Verteilung der Neuzugänge an Wohnungen auf die unterschiedlichen Heizsysteme wurden im GRÜNEN Szenario ein hoher Zugangsanteil für rationelle Systeme (Fernwärme, Solarheizung) und kein Zugang für Elektroheizungen angesetzt. Weiterhin wurde aus Umweltgründen ab 1990 kein Zugang an kohlegefeuerten Heizsystemen und ab 1995 kein Zugang an ölbefeuerten Einzelheizungen mehr angenommen. Im Ergebnis bedeutet dies, daß zwischen 2000 und 2010 rund 45% aller Neubauwohnungen an die Nah- und Fernwärme angeschlossen werden und 35% mit einer Solarheizung ausgerüstet werden.

b) Einsparung durch Wärmedämmung

Über die großen Einsparmöglichkeiten im Gebäudebestand sind bereits viele Studien veröffentlicht worden, die belegen, daß der Energieträgereinsatz durch eine vernünftige wärmetechnische Sanierung der Gebäude mindestens halbiert werden kann (Gertis 1986; Feist 1986).

Die Einsparraten im GRÜNEN Szenario wurden durch jene Maßnahmen festgelegt, die unter Berücksichtigung der jeweiligen Bautypen unter wirtschaftlichen Rahmenbedingungen - also Amortisation der Investition innerhalb der Lebensdauer - durchgeführt werden können. Ohne auf die technischen Details einzugehen, unterstellen wir in unserem Raumwärmeszenario folgende Einsparraten:

Tabelle 13: Einsparung durch Wärmedämmung im GRÜNEN Szenario bis 2010 (Angaben in %)

	Baualtersklasse		Haustypen		
	<i>von Jahr</i>	<i>bis Jahr</i>		<i>1 + 2 FH</i>	<i>Mehr-FH</i>
	1948		55	50	
	1948	1971	55	65	
ALTBAU	1971	1978		35	55
	1978	1982	30	35	
	1982	1990	20	35	
NEUBAU	1990	2000		40	45
	2000	2010	50	50	

Wir unterstellen weiterhin, daß diese Einsparraten in 2,5% aller Altbauten (pro Jahr) realisiert werden und daß alle Neubauten von vornherein diese Einsparraten durch eine vernünftige wärmetechnische Ausstattung ausschöpfen. Die gegenüber dem Trendszenario (Prognos 1984) etwa doppelt so hohe Umsetzungsrate der Maßnahmen wurde bewußt vorsichtig gewählt, um den Aufbau unterstützender Programme (Beratung, Finanzierungshilfen, warmmietenneutrale Wärmedämmkonzepte) zu ermöglichen.

Eine höhere Umsetzungsrate ist zwar vorstellbar, aber aufwendiger, da dann z.B. die Fassadendämmung auch außerhalb des normalen Erneuerungszyklus erfolgen müßte und hierfür entsprechende Mehrkosten aufzuwenden wären.

c) Heizsystem-Substitution

Im Szenariozeitraum findet ein nicht unbeträchtlicher Ersatz bzw. eine Umrüstung (Substitution) von Heizsystemen im Wohnungsbestand durch andere Systeme statt. Schwerpunktmäßig werden die Substitutionen bei Wohnungsmodernisierungen sowie im Zuge von anstehenden Heizsystemerneuerungen vorgenommen; es wurde somit keine zeitlich forcierte Umrüstung angenommen.

Bis 2010 werden 90 % der Elektrospeicherheizungen vorrangig durch Erdgasheizungen und Fernwärme substituiert. Diese Zielgröße wird allerdings nur langsam erreicht, da zur Substitution von Elektroheizungen flankierende Maßnahmen (z.B. Umstellungshilfen) ergriffen werden müssen, um den Wandel sozialverträglich zu gestalten. Die überwiegende Zahl der Elektroheizungen ist in Altbau-Mietwohnungen mit einkommensschwachen Mietern installiert, die in der Regel nicht zu Umrüstinvestitionen in der Lage sind. Die "Restgröße" von 5% verbleibender Elektroheizungen wurde angenommen, um den Schwierigkeiten bei der Heizstrom-Substitution im ländlichen Raum Rechnung zu tragen. Hier sind wegen der flächenhaften Verteilung die Kosten für ein öffentliches Programm zur Umrüstung recht hoch, so daß diese Zielgruppe im Szenario-Zeitraum nicht erfaßt wurde. Weitere Ziele im GRÜNEN Szenario sind bis zum Jahr 2010

- * weitgehender Ersatz von Einzel- durch Zentralheizungen
- * vollständiger Ersatz der Kohleheizungen aus Umweltgründen
- * Ersatz von 40% der Öl- und 35% der Gaszentralheizungen durch Fern- und z.T. Solarwärme.

Diese Substitutionsraten entsprechen der Verteilung der Heizsysteme auf die Gebiete, in denen im Szenario Nah- und Fernwärmesysteme auf- und ausgebaut werden. Solche "strategischen" Gebiete sind verdichtete Siedlungsteile im ländlichen Raum (Umfeld von Schulen, Schwimmbäder, Krankenhäuser etc.), Mittelstädte sowie die Kern- und Außenbezirke von Großstädten.

Die Ergebnisse des Raumwärmeszenarios sind in Tabelle 14 zusammengefaßt.

Tabelle 14: Endenergiebedarf der Haushalte für Raumwärme <1> im Szenario GRÜN (1000 t SKE)

	1990	1995	2000	2005	2010
- Öl	24.342	19.512	15.593	12.550	9.507
- Gas	12.322	10.887	9.850	9.149	8.447
- Kohle <2>	4.743	3.581	2.222	1.171	119
- Strom	3.136	2.628	1.561	1.083	605
- Fernwärme	2.325	4.473	6.525	7.730	8.935
- Solar	30	482	1.226	2.123	3.019
Summe	46.869	41.081	35.751	31.682	27.614

1 inkl. Speicherheizung für die Landwirtschaft und elektrische Direktheizung

2 inkl. übrige Festbrennstoffe wie Holz, Torf etc.

Unter den getroffenen Annahmen wird sich der Energiebedarf im Bereich Raumwärme bis zum Jahr 2010 fast halbieren. Die Struktur des Energieträgereinsatzes zur Befriedigung der Energiedienstleistung Raumwärme ändert sich gravierend:

- Der (direkte) Kohleeinsatz in Einzel- und Zentralheizungen wird aus ökologischen Gründen bis zum Jahr 2010 vollständig unterbunden.
- Der Einsatz von Nah- und Fernwärme, die in Heizkraftwerken auf Kohlebasis und in Blockheizkraftwerken auf Gasbasis erzeugt wird, vervierfacht sich in dem betrachteten Zeitraum und deckt in 2010 fast ein Drittel des gesamten Raumwärmebedarfs ab.
- Der Einsatz von Strom im Raumwärmemarkt wird im betrachteten Zeitraum auf ein Sechstel zurückgedrängt mit der Perspektive, diesen hochwertigen Energieträger langfristig ganz aus dem Niedertemperatur-Wärmemarkt zu verdrängen.
- Der forcierte Ausbau der Gasversorgung wurde Anfang der 90er Jahre gestoppt; der Einsatz dieses zweitknappsten fossilen Energieträgers geht um knapp 30% zurück.
- Die Verbrennung des knappsten fossilen Energieträgers - Erdöl - zur Raumwärmeerzeugung wurde um zwei Drittel reduziert.
- Der Beitrag von Solarwärme zur Abdeckung des Raumwärmebedarfs beträgt im Jahr 2010 schon über 10%, wobei die passive Solarenergienutzung bereits in die Reduzierung des gesamten Raumwärmebedarfs eingeflossen ist und insofern den Solaranteil noch vergrößern würde. Ihr Beitrag wird durch die allerdings relativ geringe Neubautätigkeit bestimmt.

2.3.2 Entwicklung der Warmwasserversorgung

Die Bereitstellung von warmem Wasser ist neben der Raumwärmebereitstellung der zweitgrößte Energieverbraucher im Haushaltsbereich: rund 12% des gesamten Endenergiebedarfs flossen 1986 durch den Wasserhahn.

Die Bedarfsentwicklung hängt entscheidend von der Entwicklung der Bevölkerung und des Warmwasserbedarfs pro Kopf, der Warmwasser-Versorgungsstruktur und den zukünftigen spezifischen Verbräuchen der Versorgungssysteme ab. Um eine differenzierte Vorhersage machen zu können, haben wir die Versorgungsstruktur aufgelöst nach

- Versorgung mit Gas, Öl, Strom oder Kohle.
- zentraler und dezentraler Versorgung
- Versorgung in Küche und Bad

Im GRÜNEN Szenario werden Kohleöfen aus Umwelt- und Komfortgründen bis zum Jahr 2010 fast vollständig ersetzt, die Elektroboiler werden ebenfalls aus Umweltgründen bis 2010 zu 95 % substituiert. Damit wird überall da, wo mit Gas geheizt wird, auch die Warmwasserbereitung sinnvollerweise mit Gas vorgenommen. Hinzu kommt, daß ab Mitte der 90er Jahre ehrgeizige Einführungsraten für die solare Warmwasserbereitung unterstellt werden.

Die Entwicklung der zentralen Warmwasserversorgung ist natürlich eng mit der Entwicklung der Heizungsstruktur verbunden, die wir im vorherigen Abschnitt beschrieben haben. Auf der Grundlage dieser Daten unterstellen wir eine hohe Anschlußquote des Warmwassersystems an die Zentralheizung. Die Tendenz, die wir dabei zugrunde legen, ist eindeutig: aus energetischen und ökologischen Gründen sollte ein möglichst hoher Prozentsatz der Warmwasserversorgung über das bestehende Zentralheizungssystem erfolgen, da dieses gegenüber Einzelgeräten eine günstigere Energiebilanz aufweisen. Tabelle 15 dokumentiert die wesentlichen Grunddaten.

Tabelle 15: Anteile der zentralbeheizten Wohnungen, in denen die Warmwasserversorgung über Zentralheizungen erfolgt (Angaben in %)

		<i>1986</i>	<i>1995</i>	<i>2000</i>	<i>2010</i>
Öl-Zentralheizung	74	80	85	90	
Gas-Zentralheizung	50	65	75	90	
Kohle-Zentralheizung	60	60	60	60	
Fernwärme	64	80	85	90	

Im Jahr 2010 erfolgt demnach in 90% aller mit Öl, Gas sowie Nah- und Fernwärme zentralbeheizten Wohnungen auch die Warmwasserbereitung über das Zentralsystem. Neben der Substitution wurden auch Wirkungsgradverbesserungen der Warmwasser-Systeme angenommen. Insbesondere bei den zentralen Öl- und Gas-Systemen wurden die technisch möglichen Verbesserungen angesetzt, die im Gegensatz zu den Einzelgeräten sehr beachtlich sind (EBÖK,1986). Wir gehen in unserem Warmwasser-Szenario von folgenden Wirkungsgradverbesserungen - bezogen auf die Gesamtheit der bestehenden Brauchwassersysteme - aus:

Tabelle 16: Nutzungsgrade und Verbesserungen bei Warmwassersystemen (in %)

	1982	1990	1995	2000	2010
Zentrale Systeme					
Öl	51	60	65	70	80
Gas	57	65	70	75	85
Fernwärme	71	73	74	75	75
Einzelgeräte					
Gas	64	69	72	75	75
Strom	87	90	92	93	93

Aus diesen Annahmen und den durchschnittlichen Zuwächsen des Warmwasserbedarfs pro Kopf von ca. 8% (PROGNOS 1984, S.200) errechneten wir folgende Entwicklung für den Endenergiebedarf zur Warmwasserbereitstellung in den Haushalten:

Tabelle 17: Endenergiebedarf für Warmwasser in Haushalten im Szenario GRÜN (1000 tSKE)

	1990	1995	2000	2005	2010
- Öl	2639	2379	2137	1.897	1.657
- Gas	4037	3991	3429	2.776	2.124
- Strom	1337	1124	652	411	170
- Fernwärme	364	780	1212	1.556	1.900
- Kohle etc.	211	149	77	40	2
- Solarwärme	74	270	883	1.355	1.828
- Umweltwärme	50	71	94	94	94
Summe	8.588	8.423	7.507	6.680	5.852

Trotz der starken Zunahme des Pro-Kopf-Warmwasserbedarfs kann das Bedarfsniveau bis 2010 auf Grund von Wirkungsgradverbesserungen und Substitutionsvorgängen stark zurückgehen. Hinzu kommt, daß rund 31% des Warmwasserbedarfs im Jahre 2010 durch Sonnenenergie bereitgestellt werden. Der Strom wird zu fast 90% aus diesem für ihn untypischen Anwendungsfeld verdrängt.

2.3.3 Zukünftiges Kochen im Haushalt

Der Endenergiebedarf im Bereich Kochen ist abhängig von der Anzahl der genutzten Herde, die mit Strom, Gas oder Kohle betrieben werden, und vom spezifischen Verbrauch der Einzelgeräte. Im GRÜNEN Szenario wurde die Erschließung der technischen Stromeinsparmöglichkeiten für Elektroherde in der gleichen Logik wie für die anderen Stromsparpotentiale im Haushaltsbereich angenommen (vgl. unten). Die Einsparpotentiale der heutigen marktbesten Geräte gegenüber dem heutigen Durchschnittsbedarf liegen hier jedoch nur bei rund 3%. Allerdings gibt es bereits Prototypen, die rund 25% weniger als heutige Durchschnittsgeräte benötigen.

Entscheidender ist in diesem Bereich die Substitution von Elektro- und Kohleherden durch Gasgeräte, da diese energetisch günstiger arbeiten und kostenseitig mindestens gleichwertig sind. Neuere Entwicklungen der Gaskochtechnik (indirekte Erwärmung) sind zudem hinsichtlich der Innenraumbelastung durch Verbrennungsabgase unbedenklich. Im GRÜNEN Szenario wird daher 85 % des Strombedarfs für Elektroherde und 95 % der (heute bereits nur noch wenig verbreiteten) Kohleherde bis zum Jahr 2010 durch Gasherde ersetzt. Diese Annahmen fügen sich in das bereits vorgestellte Raumwärmeszenario ein, in dem der Anteil der gasversorgten Haushalte festgelegt wird. Tabelle 18 verdeutlicht die Entwicklungsdynamik.

Tabelle 18: Zukünftiges Kochen im Szenario GRÜN (1000 tSKE)

		1990	1995	2000	2005	2010
Strom	1.006	877	597	365	132	
Gas	404	516	777	1.098	1.419	
Kohle etc.	209	151	64	36	8	
Summe		1.620	1.544	1.438	1.499	1.559

Während sich der gesamte Kochenergiebedarf bis 2010 nur unwesentlich ändert, kehren sich die Anteile von Strom und Gas nahezu um: Hatte Strom im Jahr 1986 noch einen Anteil von rund 70% am Gesamtaufwand, so beträgt der Gasanteil im Jahr 2010 nunmehr rund 93%. Diese Verschiebung ist Ausdruck einer ökologischen Herangehensweise an die Energiebedarfsdeckung: Kochen mit Strom verbraucht 3 1/2 mal so viel Primärenergie wie Kochen mit Gas und belastet dadurch die Umwelt erheblich stärker (Seifried 1986, S.44/45). Der Kohleeinsatz zum Kochen ist am Ende des Szenariozeitraums vernachlässigbar gering.

2.3.4 Der zukünftige Strombedarf der Haushalte

Die privaten Haushalte verbrauchten jede vierte Kilowattstunde Strom, die im Jahr 1985 erzeugt wurde. Die Begründung für diesen enorm gestiegenen Strombedarf liegt nur zum Teil in der ständig wachsenden Ausstattung mit Haushaltsgeräten, die der Hausfrau/dem Hausmann das Leben erleichtern. Ein wesentlicher Faktor liegt auch in der aggressiven Unternehmenspolitik der Stromversorgungsunternehmen, die mit einer entsprechenden Tarifgestaltung und expansiven Werbekonzepten ("Der Strom kommt aus der Steckdose - nutz' das aus!") den Absatz ankurbelten. Ihr Hauptaugenmerk richtete sich dabei auf Verwendungsbereiche, die in den Anfangsjahren der Elektrifizierung als untypisch für die Stromanwendung galten: den Raumwärme- und den Warmwasserbereich.

Obwohl diese Strategie unter energetischen Gesichtspunkten absurd erscheint ("Butter mit der Kreissäge schneiden"), war sie erfolgreich: 25% des gesamten Haushaltsstrombedarfs flossen 1985 in den Raumwärmebereich (Nachtspeicherheizungen, Direktheizgeräte) und 13% in die Warmwasserbereitung. Diese beiden Bereiche wurden ebenso wie das elektrische Kochen (Anteil am Strombedarf: rund 9%) bereits in den vorherigen Abschnitten abgehandelt. Daher wollen wir uns in diesem Abschnitt auf den sogenannten "stromspezifischen" Anwendungsbereich im Haushalt konzentrieren, der nur etwas mehr als die Hälfte des gesamten Haushaltsstrombedarfs ausmacht. Tabelle 19 informiert über die heutige Aufteilung des Strombedarfs auf die einzelnen Haushaltsgeräte.

Tabelle 19: Strombedarf im Haushaltssektor nach Geräten (Angaben in %)

<i>Gerät</i>	<i>Anteil</i>
Kühlgeräte	21,5
Gefriergeräte	15,2
Waschmaschinen	14,1
Pumpen <1>	13,0
Beleuchtung	11,6
Spülmaschinen	8,4
Farbfernseher	5,1
Trockner	4,0
Kleingeräte <2>	7,1
<i>Summe</i>	<i>100,0</i>

- 1 Hierbei handelt es sich um Umwälzpumpen von Zentralheizungen sowie um Zirkulationspumpen für das Brauchwasser
- 2 Dazu gehören: Schwarz-Weiß-Fernseher, Radio/Phono/HiFi, Bügelmaschine, Bügeleisen, Staubsauger, Kaffeemaschine, Toaster, Grill, Fön, Eierkocher, Haartrockenhaube, Dunstabzugshaube (Feist 1987, S.8)

Wir unterstellen im GRÜNEN Szenario, daß die Ausstattung der Haushalte mit Elektrogeräten im Szenariozeitraum deutlich ansteigt. Allerdings treten Sättigungseffekte auf, da ab 2000 eine Vollausrüstung bei vielen Geräten erreicht wird. Diesem bedarfssteigernden Effekt wirkt die verbesserte Gerätetechnik entgegen. Im Szenario werden die heute bekannten Einsparpotentiale konsequent genutzt. Die verwendeten Werte für die Stromeinsparung beruhen auf den Auswertungen verschiedener Studien (EBÖK 1986+1988; Norgard 1989) sowie anderer Arbeiten (vgl. Fritsche 1987).

Diese Sparpotentiale werden nach der folgenden Entwicklungslogik erschlossen:

- * Für 1990 wird mit einem Gerätebestand gerechnet, der zu 50% aus den marktbesten Geräten des Jahres 1985 und zu 50 % aus Geräten besteht, die den Durchschnittswerten für Neugeräte entsprechen.
- * Für 1995 wurde ein Bestand von 100 % marktbesten Geräte des Jahres 1985 angesetzt.
- * Im Jahr 2000 wird ein Gerätebestand aus 50 % marktbesten Neugeräten und 50 % verbesserten Neugeräten unterstellt. Die verbesserten Geräte sind schon heute als Prototyp verfügbar, werden aber noch nicht in Großserie gebaut.
- * Im Jahr 2010 entsprechen schließlich alle Haushaltsgeräte dem Stand der verbesserten Systeme (100% der Prototypen des Jahres 1985).

Die Haupteinsparungen in den Haushalten werden bei Kühl- und Gefriergeräten, Wasch- bzw. Spülmaschinen sowie bei der Beleuchtung (Sparlampen) erreicht.

Bei den einzelnen Geräten sind folgende Einsparungen gegenüber dem heutigen Durchschnittsbedarf möglich (Ebel 1989, Feist 1987):

Kühlschränke	30 - 70%	verbesserte Wärmedämmung und Kompressoren
Gefriergeräte	20 - 80%	verbesserte Wärmedämmung und Kompressoren
Waschmaschinen	10 - 50%	sparsamere Motoren und Pumpen, Wärmedämmung, Jet-System
	80%	Warmwasseranschluß
Spülmaschinen	20 - 50%	Wärmedämmung und Programmoptimierung
	80%	Warmwasseranschluß
Beleuchtung	70 - 85%	Stromsparlampen und elektronische Vorschaltgeräte
Pumpen	30 - 90%	Anpassung der Leistung, Zeitschaltuhr
Trockner	10 - 60%	Ablufttrockner, sparsamere Motoren

Insgesamt ergibt sich trotz steigender Geräteausstattung beim Haushaltsstrombedarf (ohne Heizung, Warmwasser und Kochen) eine deutliche Reduzierung.

Tabelle 20: Entwicklung des Haushaltsstrombedarfs bis zum Jahr 2010 (ohne Raumwärme, Warmwasser, Kochen, in 1000 tSKE)

	1990	1995	2000	2005	2010
Kraft- u. Lichtstrom	4.929	3.798	3.234	2.991	2.748

2.3.5 Die Entwicklung des Endenergiebedarfs der Haushalte

Die skizzierte Entwicklung der Verbräuche für die einzelnen Verwendungsarten im Haushaltsbereich läßt sich nun wie folgt zusammenfassen:

Tabelle 21: Endenergiebedarf der Haushalte im Szenario GRÜN (1000 tSKE)

	1990	1995	2000	2005	2010
Öl	27.197	22.077	17.886	14.573	11.261
Gas	16.860	15.501	14.171	13.147	12.124
Kohle <1>	5.562	4.281	2.766	1.651	537
Strom	10.545	8.536	6.127	4.905	3.683
Fernwärme	2.723	5.306	7.811	9.380	10.949
Umweltwärme	146	150	145	130	115
Solarwärme	104	752	2.109	3.478	4.847
Biogas	41	66	92	117	143
Summe	63.177	56.669	51.107	47.382	43.656

1 inkl. übrige Festbrennstoffe wie Holz, Torf etc.

Fazit dieser Betrachtung:

- Der Endenergiebedarf der Haushalte läßt sich um rund 40% senken.
- Der Öleinsatz wird gedrittelt, der Gaseinsatz geht um ein Drittel zurück.
- Der Strombedarf sinkt durch technische Verbesserungen und Substitution um 70%.

- Fernwärme (inkl. "Nahwärme") vierfacht ihren Anteil an der Deckung Endenergiebedarfs im Haushalt.
- Auch die Sonne ist im Haushaltsbereich auf dem Vormarsch: mehr als 10 % des Endenergiebedarfs werden im Jahre 2010 durch aktive Solarenergienutzung (solare Warmwasserbereitung, Solarwärme) bereitgestellt.

2.4 Der zukünftige Endenergiebedarf im Verkehrssektor

2.4.1 Bestandsaufnahme und Abgrenzungen

In diesem Sektor wurden entsprechend der Aufgabenstellung gegenüber dem Energieszenario von 1988 keine Änderungen vorgenommen. Die folgende Darstellung entspricht daher der aus den Szenario GRÜN von 1988.

Im Jahr 1986 wurden im Verkehrssektor insgesamt 61,6 Mio. t SKE verbraucht - das entspricht einem Viertel des gesamten Endenergiebedarfs in der Bundesrepublik Deutschland. Tabelle 22 zeigt die aktuelle Aufteilung dieses Verbrauchs nach Verkehrsbereichen und Energieträgern.

Tabelle 22: Endenergiebedarfs im Verkehrssektor 1986 (Angaben in %)

<i>nach Verkehrsbereichen</i>	
motorisierter Individualverkehr	65,2
Straßengüterverkehr	20,3
Luftverkehr	7,4
Schienenverkehr	3,3
öffentlicher Straßenpersonenverk.	2,2
Binnenschifffahrt	1,6
Summe	100,0
<i>nach Energieträgern</i>	
Vergaserkraftstoff	57,8
Dieselmkraftstoff	32,5
Flugkraftstoff	7,4
Strom	2,3
Summe	100,0

[Quelle: BMV 1987, S.263f.]

Sofort fällt die herausragende Rolle des motorisierten Individualverkehrs und überhaupt des Straßenverkehrs auf: auf den Verkehrsträger Straße entfallen fast 88% des gesamten Endenergiebedarfs des Verkehrssektors. Die restlichen gut 12% verteilen sich auf die Verkehrsträger Schiene, Wasser und Luft, die somit energetisch als Nebengröße erscheinen. Von diesen zeichnen sich wiederum die beiden verbrauchsschwächeren Bereiche Schiene und Wasser durch eine ausdrücklich undynamische Entwicklung aus, so daß unter dem Aspekt des Energiebedarfs allenfalls der Luftverkehr eine mehr als marginale Bedeutung hat; mit knapp 2% Anteil am gesamten Endenergiebedarf der Bundesrepublik Deutschland, oder, bezogen auf den Primärenergieeinsatz, nur gut 1% ist allerdings auch die Bedeutung des Luftverkehrs sehr beschränkt.

Anders ist die Situation jedoch unter dem Aspekt der Energierationalität zu beurteilen: da scheint es durchaus bedeutsam, daß die energetisch besonders effektiven Verkehrsträger Schiene und Wasser eine stagnierende bzw. rückläufige Entwicklung aufweisen, dagegen gerade der energetisch ungünstige Verkehrsträger Luft ordentliche Zuwachsraten aufweist.

Wegen der insgesamt relativ geringen Bedeutung erscheint es im Rahmen dieser Untersuchung (Schallaböck 1988) vertretbar, auf eine detailliertere Betrachtung dieser Verkehrsträger zu verzichten. Es fließen also keine Betrachtungen ein, wie die obige Entwicklung aufgehalten oder gar umgedreht werden könnte. Die unterstellte Trendentwicklung im Schienen-, Wasser- und Luftverkehr stellt jedoch keinesfalls eine politische Absichtserklärung dar; ganz im Gegenteil wird hier die Auffassung vertreten, daß dieser Trend umweltzerstörend ist und aufgehalten werden muß. Im Rahmen des GRÜNEN Energiewende-Szenarios bedeutet eine solche Trendannahme für den genannten Bereich, daß das gesamte Einsparpotential im Ergebnis noch erheblich unterschätzt wird.

Der Straßenverkehr wird in drei Bereiche gegliedert: in den motorisierten Individualverkehr (MIV), den öffentlichen Straßenpersonenverkehr (ÖSPV) und den Straßengüterverkehr. Zwar ist hierbei die Dominanz des MIV offensichtlich, auch kann bezüglich des ÖSPV ähnlich wie beim Schienenverkehr mit der energetischen Nachrangigkeit argumentiert werden. Den Straßengüterverkehr jedoch kann man auch von der absoluten hier eingesetzten Energiemenge her nicht einfach "links liegen lassen".

Dabei ergibt sich jedoch das erhebliche Problem, daß die Diskussion möglicher Entwicklungen des Straßengüterverkehrs in der Literatur bei weitem nicht so fortgeschritten ist wie im Bereich des Straßenpersonenverkehrs; entsprechend sind auch die statistischen und prognostischen Konzepte nur beschränkt tauglich. Zusätzlich steht im Prognosezeitraum die sogenannte Liberalisierung des Güterverkehrs in der EG an (Binnenmarkt 1992), deren Auswirkungen stark von der noch nicht festgelegten Ausgestaltung des Marktes abhängen.

Aus diesem Grund wird hier der Standpunkt vertreten, daß ernsthafte prognostische Aussagen über die Entwicklung des Straßengüterverkehrs nur auf der Basis einer umfangreicheren, sowohl stark detaillierten als auch variantenreichen Analyse möglich sind, für die auch methodisch derzeit die hinreichenden Grundlagen noch nicht durchdiskutiert erscheinen.

Um auf der "sicheren" Seite zu liegen, übernehmen wir für diesen Bereich eine leicht modifizierte Trendprognose der Prognos AG von 1984. Durch diese Vorgehensweise fließen weder die GRÜNEN Vorstellungen einer vernünftigen Transportpolitik in ausreichendem Maße ein ("Von der Straße auf die Schiene"), noch werden dadurch entsprechend ehrgeizige Einsparpotentiale im Verkehrsbereich realisiert. Die Aussagen über den Gesamtenergiebedarf im Verkehrsbereich im Jahr 2010 sind daher eher zu hoch.

Das Verkehrsszenario konzentriert sich somit auf den motorisierten Individualverkehr. Davon wiederum können die motorisierten einspurigen Fahrzeuge (Krafträder) wegen geringer und künftig weiter abnehmender Bedeutung ebenso vernachlässigt werden wie Fahrzeuge mit Kreiskolbenmotor und Elektro- oder Gasantrieb. Es verbleibt also die Betrachtung der Personenkraftwagen mit Otto- und Dieselmotor.

2.4.2 Vorgehensweise und Entwicklung der Basisdaten

Der Aufbau der Szenario-Konstruktion ist relativ einfach: Der gesamte Energiebedarf im MIV-Bereich wird aufgefaßt als das Produkt von gefahrener Strecke (Fahrleistung des PKW) und dem spezifischen Treibstoffbedarf. Die gesamte Fahrleistung wird aufgefaßt als das Produkt aus der Anzahl der PKW und der durchschnittlichen (Jahres-) Fahrleistung eines Fahrzeugs. Die Anzahl der PKW wiederum wird konstruiert aus der Größe der fahrfähigen Bevölkerung und dem Ausstattungsgrad dieser Bevölkerung mit Pkw. Als fahrfähige Bevölkerung wird i.d.R. die Wohnbevölkerung über 18 Jahre in die Rechnung eingestellt. Während in der gesamten Darstellung PKW im engeren Sinne (nur zur Personenbeförderung) und Kombis ohne Bedenken als Gesamtkategorie PKW (im weiteren Sinne) geführt werden konnten, war es erforderlich, grundsätzlich zwischen PKW mit Ottomotor und PKW mit Dieselmotor zu unterscheiden; beide Fahrzeugkategorien differieren nämlich deutlich sowohl bei der Jahresfahrleistung als auch beim spezifischen Treibstoffbedarf.

a) Entwicklung des Pkw-Bestandes

Die Basisdaten zur Bevölkerungsentwicklung sind wiederum der Prognos-Studie (1984) entnommen. Die Entwicklung des Pkw-Bestandes orientiert sich bis zum Jahr 2000 an der Shell-Automobilprognose (Shell 1987), wobei ein Mittelwert zwischen den beiden Szenariovarianten angenommen wurde. Nach dem Jahr 2000 wird eine lineare Abnahme der Motorisierungsdichte dergestalt angesetzt, daß im Jahr 2010 wieder der Ausgangswert der Pkw-Dichte von 1987 erreicht ist. Wegen der gegenüber 1987 geringeren Erwachsenenzahl ergibt sich daraus ein um 1 Mio Einheiten niedrigerer PKW-Bestand als 1987. Zwar erscheint die Annahme einer solchen Entwicklung aus heutiger Sicht gewagt, doch angesichts des umwelt- und landschaftszerstörenden Charakters eines zunehmenden Individualverkehrs (Waldsterben, Ozonbelastung, CO2-Problem, Flächenversiegelung etc.) halten wir eine Trendfortschreibung der Motorisierung bis 2010 nicht nur für untragbar, sondern auch für unrealistisch.

Die im GRÜNEN Szenario unterstellte Entwicklung der Basisdaten zur Bevölkerungsentwicklung und zur PKW-Bestandsentwicklung sieht wie folgt aus:

Tabelle 23: Entwicklung der Basisdaten Erwachsene, Pkw-Dichte und PKW-Bestände bis 2010

Jahr	Erwachs.	Pkw-Dichte je	PKW-Bestand in 1000
	<i>in 1000</i>	<i>1000 Einw.</i>	<i>am jew. 31.12.</i>
1987	49.808	558,8	27.908
1990	50.178	581,0	29.151
1995	49.982	608,0	30.388
2000	49.711	625,9	31.111
2005	48.961	592,3	29.001
2010	48.211	558,8	26.941

b) Entwicklung der Fahrleistungen

Die Ermittlung der durchschnittlichen Jahresfahrleistungen der PKW mit Diesel- und Ottomotor fand wiederum in Anlehnung an die DIW-Studie (BMV,1987) statt. Allerdings unterstellten wir eine andere Verkehrsmittelauswahl (modal split), indem wir die Verlagerungsmöglichkeiten vom Pkw-Verkehr auf öffentliche Verkehrsmittel (oder auf den nichtmotorisierten Verkehr) genauer untersuchten und die Ergebnisse in das Szenario aufnahmen. Insgesamt nahmen wir an, daß 25% der Gesamtfahrleistung der PKW als Verlagerungspotential bis zum Jahr 2010 realisiert werden können, was sich dann in einer Reduzierung der PKW-Fahrleistung und in einer entsprechenden Erhöhung des Endenergieeinsatzes im Schienenverkehr niederschlägt. Tabelle 24 zeigt die Entwicklung der Fahrleistungen im Überblick.

Tabelle 24: Entwicklung der Fahrleistungen im Pkw-Bereich bis zum Jahr 2010

Jahr	Fahrleistungen		
	Ottomotor	Dieselmotor	alle PKW
	<i>[Mrd. km]</i>	<i>[Mrd. km]</i>	<i>[Mrd. km]</i>
1986	280,1	56,1	336,2
1990	266,0	75,2	341,2
1995	243,7	81,8	325,5
2000	217,9	85,2	303,1
2005	199,8	77,4	277,2
2010	182,8	70,4	253,2

c) Entwicklung der spezifischen Treibstoffverbräuche

Wegen seiner besonderen Bedeutung wurden zum spezifischen Treibstoffbedarf der PKW zwei Varianten betrachtet. Diese Varianten stellen keine Verläufe dar, die sich aus der bisherigen Entwicklung mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit ergeben; vielmehr basieren sie auf möglichen ausdrücklichen Abweichungen vom bisherigen Trend. Charakterisiert wird die eine Variante durch das Stichwort "Ökonomie", d.h. durch den Übergang auf das ökonomische Prinzip, die andere Variante durch das Stichwort "Technik", d.h. durch die Orientierung auf das technisch Machbare. Letztere Darstellung dient aber nur der Illustration, um deutlich zu machen, daß sich die Ökonomie-Variante - die wir im GRÜNEN Szenario verwenden - keineswegs an einer technischen Obergrenze bewegt.

Die Variante "Ökonomie"

Zwar wird die Tatsache eher selten erwähnt, doch ist bei genauerer Betrachtung nicht zu übersehen, daß PKW i.d.R. nicht nach ökonomischen Kriterien angeschafft und betrieben werden: in Relation zum Spektrum der Beförderungsfälle sind die PKW oft zu groß, in Relation zum Spektrum der tatsächlichen Anforderungen ist die Automobilflotte bei Motorleistung und Endgeschwindigkeit überdimensioniert. Nun ist allgemein bekannt, daß größere und stärkere Fahrzeuge in Anschaffung und Betrieb teurer sind als kleinere und schwächere Fahrzeuge; bislang weniger Aufmerksamkeit wird der Tatsache gewidmet, daß die größeren, leistungsstärkeren Fahrzeuge auch bei genau gleichen Betriebsbedingungen mehr Kosten verursachen als die kleineren. So wird in der Regel von zwei Fahrzeugen, die beide mit 100 km/h fahren, jenes deutlich mehr Treibstoff verbrauchen, das 180 km/h fahren könnte, als jenes, das höchstens 140 km/h fahren könnte.

Von einer strikteren Anwendung des ökonomischen Prinzips bei der Auswahl und Ausstattung der PKW sind daher nicht nur erhebliche Einsparungen für die FahrzeughalterInnen zu erwarten, sondern auch nachhaltige Minderungen beim Treibstoffbedarf sowie erhebliche Entlastungen der Umwelt.

Dieser Variante wurde daher ein Referenzfahrzeug zugrunde gelegt, das den Durchschnitt verschiedener marktgängiger Modelle abbildet, die den ökonomischen Anforderungen an den Fahrzeugeinsatz gerecht werden. Der spezifische Verbrauch dieses Fahrzeugs beträgt 4,0 Liter/100 km.

Für den Übergang auf eine ökonomisch besser angepaßte Fahrzeugflotte wurden folgende Zeiträume unterstellt: für die Neuzulassungen wurde eine dreijährige Übergangsphase auf das beschriebene (durchschnittliche) Referenzfahrzeug angenommen; für die folgenden Zulassungsjahre wurde von einer jährlichen (degressiven) Abnahme des spezifischen Treibstoffbedarfs um 1% infolge fortgesetzter konstruktiver Optimierung ausgegangen. Entsprechend der Haltbarkeit der derzeit üblichen, ökonomisch nicht optimierten Altfahrzeuge schlägt der niedrige Verbrauch der neuen PKW erst mit erheblicher Verzögerung beim Gesamtbedarf aller PKW durch, führt dann jedoch naturgemäß zu stark ermäßigten Verbrauchswerten.

Die Variante "Technik"

Die Variante "Technik" geht mit verschärften Ansätzen noch über die Ökonomie-Variante hinaus. Leitfigur dabei ist nicht der Stand des Marktangebots und die ökonomische Optimierung, sondern der Stand der Technik und die technische Optimierung. Der Stand der Technik kann im Jahr 1988 durch Fahrzeuge wie den Vesta 2 von Renault mit einem Verbrauch von 1,94 l Ottokraftstoff/100 km und den Öko-Polo von VW/IAV mit einem Verbrauch von 1,7 l Dieselmotorkraftstoff/100 km demonstriert werden; beide Verbräuche wurden bei langen Überlandfahrten im öffentlichen Verkehr ermittelt. Bei beiden Fahrzeugen handelt es sich um Versuchsfahrzeuge. Der Öko-Polo ist darüber hinaus mit Ausnahme des Motors sehr seriennah und soll in dieser Form in einer Kleinserie von 50 Exemplaren in Berlin in die praktische Erprobung gehen.

Für die Variante "Technik" erscheint es daher angemessen, als durchschnittliches Referenzfahrzeug ein Fahrzeug mit einem spezifischen Verbrauch von 2,0 Liter/100km zu unterstellen - bei einer Verfügbarkeit in nennenswerten Stückzahlen nach 1990.

Hinsichtlich der Markteinführung wird angenommen, daß nach einer Übergangsphase bis 1990, in der das Ökonomie-Referenzfahrzeug (4 Liter) eingeführt wird, von 1991-1995 bei den Neuzulassungen ein Übergang auf das Technik-Referenzfahrzeug (2 Liter) erfolgt. Der stärkeren Betonung des technisch Möglichen entsprechend wird bei den Neufahrzeugen anschließend eine jährliche Abnahme des Verbrauchswerts um 2% angesetzt. Die Entwicklung der spezifischen Treibstoffverbräuche beider Varianten werden in der folgenden Tabelle zusammengefaßt.

Tabelle 25: Entwicklung der spezifischen Treibstoffbedarfe bei Pkws bis zum Jahr 2010 (Angaben in l/100 km)

Jahr	Ökonomie-Var.		Technik-Variante		GRÜNES Sz.	
	<i>Otto</i>	<i>Diesel</i>	<i>Otto</i>	<i>Diesel</i>	<i>Otto</i>	<i>Diesel</i>
1990	9,3	7,8	9,3	7,8	9,3	7,8
1995	5,9	5,2	5,4	4,8	5,9	5,2
2000	4,5	4,0	2,8	2,5	4,5	4,2
2005	3,8	3,4	2,2	1,9	3,8	3,4
2010	3,5	3,1	1,7	1,5	3,5	3,1

2.4.3 Die Entwicklung des Endenergiebedarfs im Verkehr

Nach den Ausführungen im obigen Abschnitt und den zu Anfang getroffenen Annahmen über den Luft-, Wasser- und Schienenverkehr können wir nun die Entwicklung des Endenergiebedarfs im Verkehrssektor nachzeichnen. Tabelle 26 zeigt das Ergebnis.

Tabelle 26: Endenergiebedarf des Verkehrs im Szenario GRÜN (1000 tSKE)

	1990	1995	2000	2005	2010
Schienenverkehr	2.023	2.045	2.072	2.421	2.771
Straßenverkehr	49.698	36.738	30.480	26.743	23.007
- davon Pkw	35.947	23.212	17.440	14.298	11.156
- davon ÖPNV	1.627	1.557	1.459	1.468	1.478
- übrige (Lkw)	12.124	11.969	11.581	10.977	10.373
Luftverkehr	4.554	4.875	4.984	4.984	4.984
Binnenschifffahrt	1.109	1.082	1.065	1.065	1.065
SUMME	57.384	44.740	38.601	35.214	31.827

Insgesamt geht der Endenergiebedarf im Verkehrssektor bis zum Jahr 2010 um die Hälfte zurück. Den größten Anteil daran hat die Entwicklung im Pkw-Bereich, wo sich der Verbrauch innerhalb von 25 Jahren um rund drei Viertel reduziert. Zu beachten ist, daß dadurch das Einsparpotential im Verkehrsbereich noch nicht ausgeschöpft ist: wie oben in der Technik-Variante angedeutet, ist im Pkw-Bereich auch eine Entwicklung vorstellbar, die noch mehr Energie einspart als im vorliegenden Szenario. Außerdem sind die Verlagerungspotentiale von der Luft und der Straße auf die Schiene bis zum Jahr 2010 noch nicht ausgeschöpft. Der Endenergiebedarf im Verkehrssektor läßt sich über das Jahr 2010 hinaus also noch weiter senken.

2.5 Die Entwicklung des gesamten Endenergiebedarfs

Wir haben in den vorangegangenen vier Abschnitten die Entwicklung des Endenergiebedarfs in der Bundesrepublik in den Verbrauchssektoren Industrie, Kleinverbrauch, Haushalte und Verkehr bis zum Jahr 2010 betrachtet, wie sie trotz des unterstellten konservativen Wirtschaftsszenarios möglich erscheint - durch Energiesparen und rationelle Energieverwendung. In diesem Abschnitt werden nun die Effizienzszenarios der einzelnen Sektoren aggregiert und einem möglichen Trendszenario gegenübergestellt, das wir der Prognos-Studie von 1984 (mittlere Variante) nachempfunden haben. Dieses Trendszenario versucht die Entwicklung abzubilden, die sich in Fortführung der heutigen Energieverschwendungswirtschaft einstellen würde. Es wird an dieser Stelle und in den nachfolgenden Abschnitten aufgeführt, um einen Vergleichsmaßstab für die Bewertung des GRÜNEN (CO₂-optimierten) Energiewende-Szenarios zu bieten (Referenzpfad).

Die Betrachtung des Trendszenarios für den gesamten Endenergiebedarf und die Addition des Bedarfs der einzelnen Sektoren im GRÜNEN Szenario führt nun zu folgenden Ergebnissen:

Die gesamte Nachfrage nach Endenergie im Trendszenario geht gegenüber 1985/86 um rund 12% zurück. Verantwortlich für diesen Rückgang ist in erster Linie der verminderte Energiebedarf im Haushaltssektor, aber auch in den Sektoren Kleinverbrauch und Verkehr sind leichte Rückgänge zu verzeichnen. Der Endenergiebedarf des Industriesektors bleibt in etwa auf dem heutigen Niveau. Anteilsmäßig ergibt sich eine leichte Verschiebung vom Haushaltssektor zum Industriesektor, der im Jahr 2010 rund ein Drittel des gesamten Endenergiebedarfs auf sich vereinigt (vgl. Tab. 27).

Tabelle 27: Gesamter Endenergiebedarf im Szenario Trend nach Verbrauchssektoren (Angaben in Mio tSKE)

	<u>1986</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2010</u>	
Industrie	75,1	74,2	72,4	72,4	
Kleinverbrauch <1>	45,8	39,3	39,0	37,7	
Haushalte	74,6	63,4	60,9	59,6	
Verkehr	61,6	60,6	58,5	55,4	
Summe		257,1	237,5	230,8	225,1

1 inkl. Militärische Dienststellen

Im GRÜNEN Szenario tritt eine viel deutlichere Veränderung des Endenergiebedarfs ein. Die Nachfrage sinkt durch Energieeinsparung auf 171 Mio tSKE in 2010 und liegt damit um rund 25% unter der des Trendszenarios und um rund ein Drittel unter dem Ausgangswert. Einsparungen werden in allen Verbrauchssektoren realisiert, am meisten aber in den Sektoren Haushalte und Verkehr. Dementsprechend ergibt sich auch eine deutliche Verschiebung der Anteile am Endenergiebedarf: vom Haushalts- und Verkehrssektor zum Industriesektor (vgl. Tabelle 34).

Tabelle 28: Endenergiebedarf im Szenario GRÜN (in Mio tSKE)

	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
Industrie	76,3	72,6	69,1	67,3	65,6
Kleinverbrauch<1>	37,5	35,8	33,9	32,0	30,3
Haushalte	63,2	56,7	51,1	47,4	43,7
Verkehr	57,4	44,7	38,6	35,2	31,8

Insgesamt 234,4 209,8 192,6 182,0 171,3

1 inkl. Militärische Dienststellen

Die Nachfrage nach Energieträgern ändert sich im Trendszenario nur bei Mineralölprodukten und Strom in überdurchschnittlichem Umfang: Einem 25%igen Rückgang des Erdöleinsatzes steht ein Strombedarfszuwachs von knapp 15% gegenüber. Leichte Rückgänge sind beim Gas- und Steinkohleeinsatz zu verzeichnen, während der Braunkohleeinsatz konstant bleibt. Die leichten Zunahmen bei Fernwärme und Umgebungswärme (Wärmepumpen) fallen nicht ins Gewicht.

Bei einer Betrachtung der Energieträgeranteile am Endenergiebedarf ergibt sich nur eine nennenswerte Verschiebung: Der Verringerung des Mineralölanteils um mehr als 7% steht eine Zunahme des Stromanteils in derselben Größenordnung gegenüber.

Tabelle 29: Endenergiebedarf im Szenario Trend (in Mio tSKE)

	<u>1986</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2010</u>
Mineralölprodukte	132,3	112,9	105,6	99,3
Gase	51,5	47,5	46,4	46,4
Steinkohle	19,2	18,7	17,9	17,4
Braunkohle	4,0	4,8	4,4	4,1
übr.Festbrennst.	1,3	1,3	1,2	1,0
Strom	42,4	45,4	47,7	48,7
Fernwärme	6,4	6,8	7,4	8,1
Umgebungswärme	-	0,1	0,2	0,2
Summe	257,1	237,5	230,8	225,2

Erheblich gravierender ändert sich die Nachfragestruktur nach Energieträgern im GRÜNEN Szenario: Der Einsatz fossiler Brennstoffe und von Strom geht drastisch zurück - Steinkohle um 78%, Mineralölprodukte um rund 53%, Gas um 36% und Strom um 38%. Der direkte Einsatz von Braunkohle im Endenergiebereich tendiert gegen Null.

Demgegenüber wird im Jahr 2010 3,2 mal mehr Fernwärme eingesetzt als 1985, nimmt die in KWK-Anlagen erzeugte industrielle Prozeßwärme drastisch zu und tragen die erneuerbaren Energieträger (Sonne, Biogas, Biomasse als fester Brennstoff) zusammen mehr zum Endenergiebedarf bei als die direkt eingesetzte Kohle.

Auch bei den Energieträgeranteilen ergeben sich erhebliche Verschiebungen: "Verlierer" ist hier ebenfalls der Direkteinsatz fossiler Brennstoffe - während der Anteil von Mineralöl, Gas und Kohle im Jahr 1985 noch mehr als drei Viertel des gesamten Endenergiebedarfs betrug, reduziert sich ihr Anteil im Jahr 2010 auf weniger als die Hälfte. Auf der "Gewinnerseite" stehen naturgemäß die KWK-Produkte Fernwärme und industrielle Prozeßwärme - ihr gemeinsamer Anteil am Endenergiebedarf im Jahr 2010 beträgt knapp ein Drittel gegenüber einem Vierzigstel im Jahr 1985 (vgl. Tabelle 30).

Tabelle 30: Endenergiebedarf im Szenario GRÜN nach Energieträgern (Mio tSKE)

	1990	1995	2000	2005	2010
Mineralölprodukte	112,2	89,9	73,8	65,3	56,8
Gase	46,2	40,7	35,2	33,6	32,0
Steinkohle	19,7	16,0	11,0	7,8	5,0
Braunkohle	5,2	4,0	2,6	1,5	0,7
übr.Festbrennstoffe	2,5	2,8	2,8	3,4	3,5
Strom	38,9	35,9	32,3	28,8	25,3
Fernwärme	8,4	12,3	16,0	18,7	21,4
Umgebungswärme	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
KWK-Wärme Industrie<1>	0,9	7,2	16,3	18,8	21,3
Solar	0,1	0,8	2,1	3,5	4,8
Biogas	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4
Insgesamt	234,4	209,8	192,6	182,0	171,3

1 Prozeßwärme der Industrie, die mit Hilfe von KWK-Anlagen erzeugt wird.

Der Bedarfsrückgang im GRÜNEN Energiewende-Szenario, der über dem im Trendszenario liegt, ist allein auf die konsequentere und umfassendere Erschließung der Einsparpotentiale und auf eine ehrgeizigere Herangehensweise an die rationelle Energieverwendung zurückzuführen, nicht aber auf eine Einschränkung von Energiedienstleistungen.

3. Die zukünftige Elektrizitätswirtschaft

Im Computermodell EPROM wurde der Bereich Elektrizitätswirtschaft besonders detailliert betrachtet. Dabei wurden alle Stromerzeuger - unabhängig vom Betreiber und Kraftwerkstyp - in einem gemeinsamen System "Kraftwerkspark" diskutiert. Während andere Studien die Stromerzeugung vor allem im Industriebereich nur als Randgröße mitführen, bildet unser Modell diese explizit ab, um die bedeutenden Entwicklungsmöglichkeiten der Kraft-Wärme-Kopplung in diesem Sektor aufzuzeigen.

3.1 Die technische Machbarkeit des Ausstiegs aus der Atomenergie

In dem Szenario wird unterstellt, daß alle AKW in der BRD bis zum Ende des Jahres 1991 stillgelegt werden. In diesem Abschnitt wird die technische Machbarkeit dargestellt, wobei insbesondere die sichere Lastabdeckung zum Zeitpunkt der Jahreshöchstlast behandelt wird. In der folgenden Abbildung wird neben der tatsächlich aufgetretenen Situation für das Jahr 1989 (Schnug 1990) auch die Optimierungsmöglichkeiten dargestellt, die es innerhalb der Elektrizitätswirtschaft gegeben hätte, wenn ihnen die AKW-Leistung nicht zur Verfügung gestanden hätte. Die Realisierung dieser Optimierungsmöglichkeiten kann man für den Fall unterstellen, daß bei einer gewollten Abschaltung der AKW eine sichere Lastabdeckung erfolgen soll.

Im Jahr 1989 trat in der öffentlichen Elektrizitätsversorgung eine bereinigte Jahreshöchstlast (JHL) in Höhe von 59.400 MW auf. Dieser JHL stand eine installierte Engpaßleistung der öffentlichen Kraftwerke (einschließl. Bezugsleistung) in Höhe von 93.200 MW gegenüber, woraus sich unter Berücksichtigung der vorhandenen Optimierungsmöglichkeiten folgende Situation ergibt:

1. Netzhöchstlast inkl. Übertragungsleistung	60.300 MW
2. Übertragungsleistung der Industrie	900 MW
3. Abzudeckende Jahreshöchstlast 1989	59.400 MW
4. Engpaßleistung öffentl. Kraftwerke und Bezugsleistung	93.200 MW
5. In Anspruch genommene Reserveleistung ¹	7.700 MW
6. Nichteinsetzbare Kraftwerksleistung	26.000 MW
7. Vorzuhaltende Lieferleistung Ausland	3 400 MW
8. Einsetzbare Kraftwerksleistung zur Abdeckung JHL	79.100 MW
9. Freie Leistung	19.700 MW
10. AKW-Leistung am Netz	18.376 MW
11. Differenz	1.324 MW

- 1 Die tatsächlich in Anspruch genommene Reserveleistung betrug 11.900 MW, wovon für ausgefallene AKW-Leistung 4.170 MW und für andere Kraftwerke 7.730 MW in Anspruch genommen wurden. In dieser Summe ist auch notwendige Reserveleistung in Höhe von 6.000 MW aufgrund geplanter Revision enthalten. Es wird unterstellt, daß von diesen geplanten Revisionen 70% aus der Jahreshöchstlastzeit verlagert werden können.
- 2 Tatsächlich waren 1989 7.000 MW nicht einsetzbar, worin aber auch die Leistung von "Langzeit-konservierten" Kraftwerken enthalten ist, die im Ausstiegsfall für die zeitlich befristete Abdeckung der Jahreshöchstlast eingesetzt werden können. Es wird eine Leistung in Höhe von 1.000 MW dadurch für mobilisierbar unterstellt.
- 3 Es wird unterstellt, daß zum Zeitpunkt der JHL die Lieferverpflichtungen ins Ausland in Höhe von 1.600 MW zu 80% erfüllt wurden. Somit sind in der Netzhöchstlast bereits 1.200 MW enthalten, und es müssen nur noch 400 MW vorgehalten werden.

Zum Zeitpunkt der Jahreshöchstlast hätte eine sichere Lastabdeckung auch ohne AKW erfolgen können, wenn die vorhandenen Optimierungsmöglichkeiten ausgenutzt worden wären. Nicht mit betrachtet wurden Lastmanagementmaßnahmen auf der Nachfrageseite, die ebenfalls zur Reduzierung der Spitzenlast beitragen können.

Die Entwicklung der Jahreshöchstlast und der Kraftwerksleistung wird für den "kritischen" Zeitraum bis zum Jahr 1995, ab diesem Jahr kann bereits mit einem kräftigen Zuwachs an KWK-Leistung insbesondere im industriellen Bereich gerechnet werden, wie folgt eingeschätzt:

	Höchstlast (MW)	Kraftwerksleistung (MW)	Differenz (MW)	KWL/HL
Winter 90/91	60.500 MW	70.600 MW	10.100	1,17
Winter 91/92	61.700 MW	70.600 MW	8.900	1,14
Winter 92/93	62.000 MW	70.600 MW	8.600	1,13
Winter 93/94	62.000 MW	70.600 MW	8.600	1,13
Winter 94/95	61.000 MW	70.600 MW	9.600	1,16

Die Kraftwerks- und Bezugsleistung bleibt im nichtnuklearen Kraftwerkspark in diesem Zeitraum ungefähr konstant. Einem Abgang, (bedingt auch durch die Großfeuerungsanlagenverordnung) in Höhe von rund 2.800 MW, steht eine Neuinbetriebnahme von insgesamt 2.650 MW gegenüber. Somit stehen an vorhandener bzw. heute in Bau befindlicher Kraftwerks- und Bezugsleistung (ohne AKW) der öffentlichen Versorgung insgesamt 70.600 MW bis zum Jahr 1995 zur Verfügung.

Wie aus der dargestellten Entwicklung ersichtlich, kann eine sichere Lastabdeckung über den kritischen Zeitraum gewährleistet werden, mit einer Reserveleistung von 17 bis 13%. Es wurde bei der Lastentwicklung eine Steigerung auf 62.000 MW (92/94) unterstellt, die dann durch die Realisierung von Stromeinsparmaßnahmen sinkt.

Es wurde gleichzeitig in der o.g. Betrachtung auch kein Zugang an neuen KWK Anlagen einbezogen, obwohl dies gerade im industriellen Bereich innerhalb von 2 bis 3 Jahren möglich wäre, also zum Winter 92/93, da kein Ausbau eines Fernwärmenetzes unterstellt werden muß.

Zwischenbemerkung zu DDR

In dieser Entwicklung besteht also noch Spielraum, um die im Rahmen der geplanten und in Bau befindlichen Hochspannungstrassen in die DDR diskutierten Stromlieferungen in Höhe von rund 4.500 MW zu erfüllen, wobei diese in dieser Größenordnung erst ab dem Winter 92/93 bzw. 93/94 erforderlich werden können (Bauzeit der Trassen). Wird jedoch eine Energiepolitik wie in dem hier beschriebenen Szenario auch auf dem Gebiet der DDR realisiert, so kann durch die Mobilisierung der vorhandenen Stromeinsparpotentiale der Strombedarf von 120 TWh (1988) auf rund 95 TWh bis zum Jahr 2000 reduziert werden. Gleichzeitig besteht aufgrund der bereits vorhandenen Fernwärmesysteme die Möglichkeit des Zubaus von KWK-Anlagen, wobei insgesamt eine Leistung zwischen 7.500 und 9.000 MW_{el} aufgebaut werden kann (Kohler 1990). Durch die gleichzeitige Modernisierung eines Teils der Braunkohlekraftwerke (rund 6.000 MW) können die Stromlieferungen aus dem Gebiet der BRD weitgehend vermieden werden.

Die technische Machbarkeit des sofortigen Ausstiegs aus der Atomenergie ist diesen Ausführungen zur Folge möglich. Es sind keine Einwände bekannt, die diesem Szenario die Grundlage entziehen könnten.

3.2 Öffentliche Kraft-Wärme-Kopplung

Die öffentliche Kraft-Wärme-Kopplung versorgt private Verbraucher (Haushalte) sowie öffentliche Einrichtungen aller Art mit Fernwärme. Dabei können zwei Anlagentypen unterschieden werden:

- * KWK-Anlagen, die nur dann Strom erzeugen, wenn gleichzeitig die Wärme von VerbraucherInnen nachgefragt wird, d.h. die Erzeugung ist wärmeorientiert;
- * Anlagen, die auch dann Strom erzeugen können, wenn die Wärme nicht von den KundInnen abgenommen wird, wobei für diese Zeit die Abwärme über Rückkühlung oder Kühltürme abgeführt wird. Die Betriebsweise ist demnach stromorientiert.

Der Bereich der wärmeorientierten Heizkraftwerke (HKW) entspricht der Mehrzahl der heutigen Anlagen, die mit Gegendruckturbinen, Verbrennungsmotoren oder Gasturbinen arbeiten. Stromorientierte HKW mit Entnahme-Kondensationsturbinen sind heute dagegen nur in geringem Umfang in Betrieb. In beiden Szenarien wird von einem steigenden Nah- und Fernwärmebedarf ausgegangen, wobei sich allerdings das Ausmaß der Steigerung sowie die Verteilung auf Einsatzbrennstoffe und Erzeugungsarten deutlich unterscheiden.

Im Trendszenario wird in Anlehnung an die mittlere PROGNOSE-Variante (1984) eine knappe Verdoppelung des Fernwärmeanteils am Raumwärmebedarf der Haushalte (Endenergie) auf 7 % bis zum Jahr 2010 unterstellt, während im GRÜNEN Szenario eine Steigerung auf 26% angesetzt wird. Diese Entwicklung schöpft die Potentiale zur öffentlichen KWK (Fritsche 1987, S.24) weitgehend aus und spiegelt in der zeitlichen Dynamik (Zubauraten) die Probleme beim Ausbau von Nah- und Fernwärmesystemen wieder (Konkurrenz Erdgas, Kapitalbedarf/Betreiber etc.).

Die Erzeugungsstruktur der Nah- und Fernwärme wurde differenziert betrachtet. Die Aufteilung im Trendszenario entspricht wiederum der mittleren Variante der Prognos-Studie von 1984. Die Fernwärme wird praktisch ausschließlich von wärmeorientierten Anlagen bereitgestellt. Im GRÜNEN Szenario wird dagegen ein deutlicher Zubau von stromorientierten Heizkraftwerken (Entnahme-Kondensation) angenommen.

Die Stromkennzahl (Verhältnis Strom- zu Wärmeleistung) der Heizkraftwerke im öffentlichen Bereich (Nah- und Fernwärme) steigt im CO₂-optimierten Szenario GRÜN von 0,25 in 1985 (bzw. 0,3 in 1990) auf einen Durchschnittswert von 0,48 im Jahr 2010. Der Mittelwert ergibt sich aus dem Mix von kleineren Gegendruck-Anlagen (für Kohlefeuerungen) mit niedrigen Werte (0,3-0,4) und Gasmotor-BHKW, Gasturbinen sowie Kombikraftwerken, die höhere Werte (0,5-0,9) aufweisen. Die stromorientierten großen Entnahme-Kondensations-Heizkraftwerke erzielen eine Stromkennzahl von 0,5.

Die Stromerzeugung aus HKW steigt im Trendszenario von rd. 12,6 TWh in 1982 auf rd. 16 TWh im Jahr 2010, während im GRÜNEN Szenario im Jahr 2010 ca. 40 TWh KWK-Strom wärmeorientiert erzeugt werden (vgl. Tabellen 32 und 33). Die gegenüber der Trendvariante dreimal höhere Stromerzeugung wird vor allem durch den verstärkten Einsatz der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung (Nahwärme) mit Block-Heizkraftwerken auf der Basis von Verbrennungsmotoren und Gasturbinen erzielt.

Im GRÜNEN Szenario wird außerdem KWK-Strom in zugebauten stromorientierten HKW erzeugt, im Jahr 2010 sind dies rd. 33 TWh. Diese Anlagen - überwiegend auf der Basis von Steinkohle - werden in größeren Fernwärmenetzen (Groß- und Mittelstädte) errichtet. Neben der o.g. Erzeugung von KWK-Strom können diese Anlagen auch im Sommer Strom erzeugen, allerdings ohne Abwärmenutzung. Diese Strommengen sowie die Leistung der Anlagen werden der konventionellen Erzeugung (reiner Kondensationsbetrieb) zugeordnet.

Insgesamt stellt die öffentliche KWK im GRÜNEN Szenario bis zum Jahr 2010 rd. 73 TWh bereit.

Tabelle 32: Stromerzeugung im Trendszenario (TWh)

Erzeugungsart	1990	1995	2000	2010
Öffentl. Kond-KW	332,0	349,1	369,4	377,0
- Steinkohle	82,8	101,5	109,7	111,8
- Braunkohle	79,4	80,6	80,8	80,8
- AKW	149,6	152,1	165,1	180,6
- Gas	13,9	9,6	8,7	3,3
- Öl	6,3	5,3	5,1	,6
Öffentliche KWK	13,1	13,8	15,0	16,2
- sonstige (*)	13,1	13,8	15,0	16,2
davon Steinkohle	2,1	2,2	2,4	2,6
davon Braunkohle	,7	,7	,8	,8
davon Öl	3,8	4,0	4,3	4,7
davon Gas	5,3	5,5	6,0	6,5
davon übr. Festbr.	1,3	1,3	1,4	1,6
- stromorient. (**)	0	0	0	0
Industrie-Kond-KW	55,8	55,8	55,8	55,8
- Steinkohle	28,3	28,3	28,3	28,3
- Braunkohle	5,2	5,2	5,2	5,2
- Gas	17,5	17,5	17,5	17,5
- Öl	4,8	4,8	4,8	4,8
Industrie-KWK	0	0	0	0
Regenerative	16,9	17,6	17,8	17,8
- Wasser	16,9	17,6	17,8	17,8
- Wind	0	0	0	0
- Solar	0	0	0	0
SUMME Kond-Strom	387,8	404,9	425,2	432,8
SUMME KWK-Strom	13,1	13,8	15,0	16,2
SUMME Regenerativ	16,9	17,6	17,8	17,8
Gesamtsumme	417,8	436,3	458,0	466,8
Anteil KWK	3,1%	3,2%	3,3%	3,5%

Anteil Regenerativ 4,0% 4,0% 3,9% 3,8%

* = wärmeorientierte HKW, BHKW/Gasturbinen

** = Entnahme-Kondensation mit Brennstoff Steinkohle

Tabelle 33: Stromerzeugung im GRÜNEN Szenario (TWh)

<u>Erzeugungs-Art</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
Öffentl. Kond-KW	304,0	228,6	141,7	83,7	19,6
- Steinkohle	101,8	115,4	100,3	68,6	14,3
- Braunkohle	55,8	55,8	27	0	0
- AKW	138,7	0	0	0	0
- Gas	3,7	37,3	9	9,9	5,3
- Öl	4,0	20,2	5,4	5,3	0
Öffentliche KWK	16,0	38,3	52,7	63,0	73,3
- sonstige (*)	16,0	27,2	31,2	35,6	40,0
davon Steinkohle	2,4	2,7	3,1	4,4	6,0
davon Braunkohle	1,0	1,4	0,8	0,9	1,0
davon Öl	3,5	2,0	2,3	2,7	3,0
davon Gas	6,8	16,1	15,9	16,6	17,0
davon übr. Festbr.	1,8	3,0	3,4	3,7	4,0
- stromorient. (**)	0	11,1	21,5	27,4	33,3
Industrie-Kond-KW	35	25	10	5	0
- Steinkohle	5,3	2,5	0,5	0,3	0
- Braunkohle	1,8	1,3	0,5	0,3	0
- Gas	21	16,3	7	3,5	0
- Öl	7	5	2	1	0
Industrie-KWK	3,4	29,4	71,4	78,2	85,0
- Steinkohle	0,7	7,0	20,9	24,3	27,7
- Braunkohle	0,1	2,3	9,0	11,4	13,9
- Erdgas	2,6	20,1	41,5	42,4	43,4

Regenerative	19,5	28,3	42,6	56,5	76,5
- Wasser	19,0	24,0	28,7	28,7	28,7
- Wind	0,0	2,3	7,9	17,8	30,8
- Solar	0	0,0	0,4	2,7	8,1
- Biogas	0,5	2,0	5,6	7,3	8,9
SUMME Kond-Strom	339,0	253,6	151,7	88,7	19,6
SUMME KWK-Strom	19,4	67,7	124,1	141,2	158,3
SUMME Regenerativ	19,5	28,3	42,6	56,5	76,5
Gesamtsumme	378,0	349,6	318,4	286,4	254,3
Anteil KWK-Strom	5,1%	19,4%	39,0%	49,3%	62,2%
Anteil REQ-Strom	5,2%	8,1%	13,4%	19,7%	30,1%

* = wärmeorientierte HKW, BHKW/Gasturbinen

** = Entnahme-Kondensation mit Brennstoff Steinkohle

3.3 Industrielle Kraft-Wärme-Kopplung

Der Bereich der industriellen Kraft-Wärme-Kopplung wurde im Modell nur im Hinblick auf den Zubau betrachtet, d.h. die heutige Erzeugung wurde nicht extra aufgeführt.

Die im Trendszenario mit Null ausgewiesene industrielle KWK bedeutet somit nur, daß kein Aus- oder Abbau stattfindet. Die bestehende KWK-Leistung und -Erzeugung ist in den Szenarien in der gesamten Industriestromerzeugung enthalten. Im GRÜNEN Szenario steigt die industrielle KWK zu Lasten der reinen Prozeßwärmebereitstellung dagegen deutlich an. Durch thermodynamische Verbesserungen der vorhandenen HKW sowie Zubau von neuen Anlagen werden bis 2010 rd. 32 % der industriellen Prozeßwärme aus KWK-Anlagen ausgekoppelt, dies entspricht einer Stromerzeugung aus KWK-Anlagen von rd. 85 TWh. Trotz dieser drastischen Erhöhung gegenüber der Trendvariante ist das Potential der Industrie-KWK (Fritsche 1987, S.11) nur zum Teil ausgeschöpft. Einer weiteren Potentialausschöpfung steht die sinkende Auslastung der HKW in den Industriebranchen entgegen, die nicht im Mehrschichtbetrieb arbeiten. Die unterstellte Potentialnutzung berücksichtigt zudem Probleme bei der Realisierung von KWK-Anlagen in der Industrie, die auch bei günstigen Rahmenbedingungen bestehen bleiben (vor allem die konkurrierende Kapitalverwendung für Investitionen in Produktionsanlagen).

Im GRÜNEN Szenario wird der direkte Kohleeinsatz zur Prozeßwärmeerzeugung bis zum Jahr 2010 zu 70 % durch KWK-Wärme ersetzt. Diese Annahme resultiert aus der relativ leicht durchzuführenden Umrüstung von kohlenutzenden Prozeßwärme-Anlagen, die im Szenariozeitraum altersbedingt vollständig zu erneuern sind. Der direkte Öl- und Gaseinsatz zur Prozeßwärmeerzeugung wird bis zum Jahr 2010 nur zu 30 bzw. 32 % durch KWK ersetzt, da hier wegen Platzmangel und fehlendem Personal wesentlich größere Hemmnisse gegen eine Umrüstung auf KWK-Anlagen zu verzeichnen sind.

Die industrielle KWK erfolgt einerseits durch kohlebetriebene Gegendruck-Heizkraftwerke mit einer Stromkennzahl von 0,4, andererseits durch Gasmotor-BHKW und insbesondere Gasturbinen und Kombi-HKW auf Erdgasbasis, die eine gemittelte Stromkennzahl von 0,63 aufweisen (jeweils im Jahr 2010). Die Stromerzeugung aus HKW erfolgt im Jahr 2010 zu 40 % aus Steinkohle, zu 20 % aus Braunkohle (wobei die Braunkohle vor allem in Wirbelschicht-Feuerungen eingesetzt wird, vgl. Fritsche 1987, S.3), sowie zu 40 % aus Erdgas. Die Anteile an Erdgas sind von 1990 bis zum Jahr 2000 wegen der raschen Ausbaumöglichkeiten dezentraler Gas-HKW im Industriebereich strategiebedingt höher (50-70 %), werden aber längerfristig durch die "langsameren" Kohle-HKW wieder reduziert.

Eine wichtige Rolle bei der schnellen Realisierung der industriellen KWK-Potentiale spielt die Verbesserung bestehender Anlagen durch moderne Gasturbinen ("topping") und Kombi-Heizkraftwerke.

Die "konventionelle" Stromerzeugung über Kondensationskraftwerke im Industriebereich geht im GRÜNEN Szenario bis zum Jahr 2010 auf Null zurück, d.h. es wird nur noch KWK-Strom erzeugt (vgl. Tabelle 33). Die Brennstoffbasis dieser Stromerzeugung wird in den 90er Jahren vor allem durch Erdgas geprägt, bis 2000 steigt aber anteilig der Kohleeinsatz auch in diesem Bereich an.

Gegenüber dem GRÜNEN Szenario von 1988 wurde in der vorliegenden CO₂-Optimierung eine differenzierte Betrachtung der Brennstoff- und Technologiebasis in das Modell EPROM aufgenommen, da mittlerweile effizientere (vor allem erdgasbasierte) KWK-Technologien verfügbar sind und dem Erdgas in einer klimaorientierten Energiestrategie eine Rolle als "Brücke" für den Aufbau effizienter KWK-Systeme zukommt. Mittel- bis längerfristig kann die über Erdgas aufgebaute KWK-Infrastruktur durch verbesserte Kohletechnik - möglicherweise sogar auf der Basis von Kohlegas - zumindest teilweise ersetzt werden⁷. Für die schnelle Aufbauphase aber sind die schon jetzt verfügbaren, umweltseitig unproblematischen und auch ökonomisch interessanten Erdgastechnologien von strategisch entscheidender Bedeutung.

⁷ Die heute verfügbaren Technologien zur Kohlevergasung erlauben keine nennenswerte CO₂-Einsparung gegenüber dem direkten Kohleeinsatz, vor allem aber nicht gegenüber der Kraft-Wärme-Kopplung auf Kohlebasis. Die Technik hat aber - soweit ökologische Probleme durch die Vergasungsrückstände und gesundheitliche Risiken für die Beschäftigten gelöst werden können - ein interessantes Potential zur Substitution von Erdgas in effizienten (Kombi-)Heizkraftwerken, womit indirekt die Kohle auch in kleineren Anlagegrößen effizient einsetzbar sein könnte.

3.4 Kondensationsstromerzeugung und Kraftwerkspark

Die Szenarien Trend und GRÜN unterscheiden sich neben der Art und dem Ausmaß der Stromerzeugung mittels KWK auch erheblich in der Kondensationsstromerzeugung.

Im Trendszenario wird einerseits die derzeitige Struktur der Erzeugung durch Ersatzinvestitionen in Braun- und Steinkohlekraftwerke beibehalten sowie der AKW-Einsatz deutlich ausgeweitet. Im Jahr 2010 stehen knapp 28.000 MW installierte Leistung an Atomkraftwerken zur Verfügung - das sind 4 große Blöcke (1.300 MW) mehr als im Jahr 1988. Dafür werden Gas- und Ölkraftwerke nach dem Jahr 1995 in erheblichem Maße abgebaut.

Die Erzeugung verschiebt sich dahingehend, daß die Steinkohlekraftwerke in den 90er Jahren in die untere Mittellast (unter 4.000 h/a) verdrängt werden und auch nach dem Jahr 2000 jeweils nur rund 4000 Voll-Benutzungsstunden aufweisen. Ebenso werden Gas- und Ölkraftwerke auf zusammen unter 10 TWh Erzeugung im Jahr 2010 zurückgedrängt. "Gewinner" sind AKW, deren Erzeugung sich um 50 % auf 180 TWh erhöht.

Im GRÜNEN Szenario wird dagegen 1991 eine Abschaltung aller AKW vorgesehen. Die ausfallende Erzeugung wird in den ersten Jahren durch forcierten Einsatz vor allem der vorhandenen Gas- und Ölkraftwerke, teilweise aber auch stein- und braunkohlebetriebenen Anlagen kompensiert. Die zuwachsenden wärme- und stromorientierten Heizkraftwerke sowie die Industrie-HKW übernehmen zusammen ab 1995 mit Wasser und Braunkohle immer stärker die Grundlast-Erzeugung.

Außerdem werden im GRÜNEN Szenario nicht nur die AKW abgeschaltet, sondern auch Braunkohlekraftwerke ab Ende der neunziger Jahre stetig vom Netz genommen. Diese Stilllegung wird im Jahr 2005 mit einem völligen Verzicht auf braunkohlegefeuerte Kondensationskraftwerke abgeschlossen. Die Braunkohle wird dafür in die zuwachsenden industriellen und öffentlichen Heizkraftwerke umgeleitet. Im Jahr 2010 wird nur noch rd. 30% des heutigen Braunkohleeinsatzes genutzt, wobei die Braunkohle statt zur Kondensationsstrom-Erzeugung vollständig in KWK-Anlagen eingesetzt wird. Dies entspricht einer ökologisch orientierten Braunkohlenutzung (ÖKO 1987).

Weiterhin werden im GRÜNEN Szenario die ab 1995 aus Altersgründen abgängigen Steinkohlekraftwerke nicht mehr ersetzt. Ebenfalls abgängig sind über den Szenariozeitraum Ölkraftwerke, die nach 1995 überwiegend zur Spitzenlastdeckung und Reservevorhaltung sowie zur Regelung eingesetzt werden. Die Leistung der Gaskraftwerke wird bis zum Jahr 2010 auf 3.000 MW reduziert.

Tabelle 34: Kraftwerksleistung im Trendszenario (Angaben in MW)

<u>Erzeugungs-Art</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2010</u>
Öffentl. Kond-KW	73.524	73.860	75.153	71.704
- Steinkohle	22.909	26.389	26.658	27.651
- Braunkohle	12.437	12.437	12.437	12.437

- AKW	24.931	24.931	26.622	27.784
- Gas	6.966	4.798	4.365	3.265
- Öl	6.281	5.305	5.071	567
HKW Sonstige	6.562	6.900	7.496	8.091
HKW stromorientiert	0	0	0	0
Industr.-Kond-KW	13.950	13.950	13.950	13.950
Industrie-HKW	0	0	0	0
Regenerative	6.019	6.074	6.129	6.129
- Wasser	6.019	6.074	6.129	6.129
- Wind	0	0	0	0
- Solar	0	0	0	0
Gesamtsumme	100.055	100.784	102.728	99.874
Anteil KWK	6,6%	6,8%	7,3%	8,1%
Anteil Regenerative	6,0%	6,0%	6,0%	6,1%

Tabelle 35: Kraftwerksleistung im GRÜNEN Szenario (Angaben in MW)

<u>Erzeugungs-Art</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
Öffentl. Kond-KW	71.757	48.928	38.804	24.755	3.000
- Steinkohle	24.689	24.234	20.230	11.755	0
- Braunkohle	9.300	9.300	4.500	0	0
- AKW	22.374	0	0	0	0
- Gas	7.320	7.320	6.000	6.000	3.000
- Öl	8.074	8.074	8.074	7.000	0
HKW Sonstige	6.597	8.329	8.179	9.521	10.862
HKW stromorientiert	0	3.164	6.150	7.839	9.528
Industrie-Kond-KW	7.000	4.167	1.667	833	0
Industrie-HKW	596	5.041	11.903	13.034	14.164
Regenerative	6.340	7.500	11.083	18.044	28.164
- Wasser	6.330	6.580	7.003	7.003	7.003
- Wind	10	900	3.721	8.741	14.201

- Solar	0	20	360	2.300	6.960	
Gesamtsumme	92.29	77.128	77.786	74.025	65.717	
Anteil Kond. (*)	85,3%	72,9%	59,9%	45,2%	19,1%	
Anteil KWK (**)	7,8%	17,3%	25,8%	30,5%	38,1%	
Anteil Regenerativ	6,9%	9,7%	14,2%	24,4%	42,9%	

* = inkl. stromorientierte HKW, da Entnahme-Kond-Leistung

** = ohne stromorientierte HKW, da Entnahme-Kond-Leistung

Der Bedarf an Zu- und Ersatzbau von herkömmlichen Kondensationskraftwerken ist im GRÜNEN Szenario praktisch gleich Null, ein Ersatz alter Kondensationskraftwerke durch Neubau ist, über die ohnehin in Betrieb gehenden Anlagen hinaus, nicht erforderlich. Der Zubau beschränkt sich auf KWK-Anlagen sowie regenerative Energiequellen.

4. Die Entwicklung des Primärenergiebedarfs bis zum Jahr 2010

Die in den beiden Szenarien getroffenen Annahmen zur rationellen Energienutzung, zur Kraftwerks-Fahrweise sowie zum Einsatz erneuerbarer Energien führen zu erheblichen Unterschieden im Primärenergiebedarf.

Im Trendszenario geht der Primärenergiebedarf gegenüber heute um rund 6% auf 360 Mio tSKE zurück, wobei allerdings erhebliche Verschiebungen von Erdöl hin zur Atomenergie auftreten. Ihr Anteil am gesamten Primärenergiebedarf beträgt im Jahr 2010 etwa ein Sechstel, während Erdöl trotz der Verschiebung immer noch mehr als ein Drittel beisteuert. Die Beiträge der Solar- und der Windenergie sowie des Biogases sind von der Größenordnung her zu vernachlässigen, der Anteil der regenerativen Energien bleibt mit 2% insgesamt unbedeutend. Die Kohle- und Erdgasnutzung halten in etwa ihr derzeitiges Verbrauchsniveau. Der Anteil aller fossilen Brennstoffe am gesamten Energiebedarf beträgt auch im Jahr 2010 noch mehr als 80% (vgl. Tabelle 36).

Tabelle 36: Primärenergiebedarf im Trendszenario (Angaben in Mio tSKE)

		1986	1995	2000	2010
Steinkohle	77,7	74,0	75,2	74,7	
Braunkohle	33,1	34,4	34,1	33,9	
Öl	167,6	149,4	141,3	133,1	
Gas	59,2	56,7	56,3	55,5	
Atomenergie	38,7	50,0	54,3	58,5	
Wasserkraft	7,1<2>	5,6	5,6	5,6	
Sonstige<1>	3,5	2,3	2,3	2,2	
Summe		386,9	372,4	369,1	363,5
davon fossil	341,7	314,5	306,9	297,2	
davon nuklear	38,7	50,0	54,3	58,5	
davon regenerativ	<7 <2>	7,9	7,9	7,8	

- 1 Brennholz, Brenntorf, Stroh, Klärschlamm, Müll, sonstige Gase, Abhitze, Außenhandelsaldo, Kokereigas; Angaben nach AG Energiebilanzen. Ab dem Jahr 1990 erfassen wir unter diesem Posten nur noch die Biomasse und vernachlässigen die anderen Energieträger.
- 2 Hinter der Position "Wasserkraft" in der obigen Statistik verbirgt sich für 1986 auch noch der ImportÜberschuß bei Strom. Daher läßt sich der Gesamt-Einsatz regenerativer Energien für 1986 nicht exakt ermitteln, sondern nur nach oben abschätzen; er beträgt jedenfalls weniger als 7 Mio t SKE. Ab 1995 bezieht sich dieser Wert ausschließlich auf Wasserkraft; der Außenhandelsaldo ist Null.

Im GRÜNEN Szenario dagegen sinkt die Primärenergienachfrage um 42% auf rd. 209 Mio. t SKE. Während der Steinkohleeinsatz mit rd. 35,8 Mio t SKE etwa um 48 % gegenüber dem heutigen Niveau sinkt, wird die Braunkohlenutzung um rund 66 % reduziert (vgl. Tabelle 37). Der Anteil der inländisch geförderten Steinkohle geht von rd. 60 Mio. t SKE im Jahr 1990 um rd. 40% auf 35,8 Mio. t SKE im Jahr 2010 zurück, wobei Import- und Export auf Null reduziert werden.

Tabelle 37: Primärenergiebedarf im GRÜNEN Szenario (Angaben in Mio tSKE)

	1990	1995	2000	2005	2010
Steinkohle	68,3	69,9	64,7	53,6	35,8
Braunkohle	26,5	26,4	17,3	8,0	8,9
Öl	149,0	122,5	100,5	88,4	74,7
Gas	55,6	68,7	59,8	58,3	55,1
Atomenergie	45,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Wasserkraft	6,0	7,6	9,1	9,1	9,1
Solar: Wärme + Strom	0,1	0,8	2,2	4,3	7,4
Windenergie	0,0	0,7	2,5	5,6	9,7
Biomasse: Holz, Stroh	3,7	4,2	4,4	5,1	5,2
Biomasse: Biogas	0,2	0,8	2,2	2,9	3,5
Insgesamt	355,1	301,6	262,6	235,2	209,4
Anteil Regenerative:	3%	5%	8%	11%	17%
Rohbraunkohle, Mio t:	96	95	63	29	32
Import-Steinkohle, Mio tSKE:	12,0	12,0	12,0	6,0	0,0
Export Steink. Mio tSKE	8,0	2,0	1,0	1,0	0,0
Steinkohle-Förderung in der BRD, Mio tSKE	61,1	56,7	53,7	48,6	35,8

Der Öleinsatz im GRÜNEN Szenario kann bis 2010 mehr als halbiert werden, der Gaseinsatz sinkt nach einer ausstiegsbedingten Erhöhung wieder auf das derzeitige Niveau ab.

Deutliche Zunahmen verzeichnen die erneuerbaren Energieträger, die auf 17 % des Primärenergiebedarfs anwachsen. Dabei werden jeweils rund 26% durch Wasser- und Windkraft, durch Solarenergie 20% und durch Biomasse ebenfalls 26% bereitgestellt.

Im Vergleich der Szenarien zeigt sich, daß der Anteil der importierten Energieträger Öl, Gas und Uran in der Trend-Variante bei rd. 2/3 des gesamten Primärenergiebedarfs liegt, davon allein rd. 1/3 Erdöl. Im GRÜNEN Szenario dagegen liegt der Anteil von Import-Energien bei 60% des Primärenergiebedarfs.

Die Versorgungssicherheit sowie internationale Verträglichkeit des GRÜNEN Szenarios sind demnach deutlich höher einzuschätzen als die der Trend-Variante, obwohl in Trend knapp 60 Mio. t SKE Primärenergie über Atomkraftwerke bereitgestellt werden.

Der Wegfall von rd. 45 Mio. t SKE Atomenergie, 18 Mio. t SKE Braunkohle und rd. 30 Mio. t SKE Steinkohle im GRÜNEN Szenario wird durch den Mehr-Einsatz von rund 35 Mio. t SKE regenerativer Energien, die ebenfalls als "heimische" Quellen zu betrachten sind, sowie durch die gegenüber Trend rd. 154 Mio. t SKE Einspar-Energie mehr als wettgemacht.

Das GRÜNE Energiewende-Szenario zeigt, welche Möglichkeiten sich bei einer ehrgeizigen Zielsetzung im Bereich der Energieeinsparung und der Nutzung erneuerbarer Energiequellen bereits bis zum Jahr 2010 bieten. So kann nicht nur auf Atomenergie vollständig verzichtet werden, sondern auch der Einsatz sämtlicher fossiler Energieträger kann von den absoluten Einsatzmengen her erheblich zurückgedrängt werden.

5. Ökologische Analyse des Grünen Energiewende-Szenarios

Als wesentlichste Umweltwirkungen der Energienutzung sind derzeit die klimarelevanten Schadstoffe CO₂, Methan u.a. anzusehen, da diesen Stoffen eine wesentliche Rolle bei den drohenden globalen Klimaveränderungen zukommt ("Treibhauseffekt"), wobei CO₂ als Indikator für die Klimarelevanz der Szenarien anzusehen ist. Neben diesen Stoffen sind die Hauptschadstoffe SO₂, NO_x und Staub, die im EPROM-Modell mengenmäßig mit einbezogen wurden.

Die Entwicklung der CO₂-Emissionen im GRÜNEN Szenario

Aufgrund von Computerberechnungen mit Klimamodellen wird es heute als dringend notwendig anerkannt, die CO₂-Emissionen in den Industrieländern bis zum Jahr 2005 um 30%, bis 2030 um 50% und bis zum Jahr 2050 um 80% zu reduzieren. Die Erfüllung dieser Zielwerte werden auch von der Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages gefordert. Diesen Zielwerten muß auch das vorliegende Szenario entsprechen, auch unter der Annahme des sofortigen Ausstiegs aus der Atomenergie.

In Tabelle 38 wird die Trend-Entwicklung dargestellt, in Tabelle 39 die Ergebnisse des Ausstiegs-Szenarios, wobei sich für CO₂ die Emissionsbilanz unter Einrechnung des Verkehrssektors bestimmen läßt, da diese Emissionen allein vom Brennstoffeinsatz abhängen.

Tabelle 38: Energiebedingte CO₂-Emissionen im Szenario Trend (Mio t/a)

<u>Quelle</u>	<u>1987</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2205</u>	<u>2010</u>
Steinkohle	194,2	206,0	209,5	209,0	208,0	
Braunkohle	110,5	110,8	110,0	110,0	109,0	
Öl	348,5	328,2	310,5	301,0	292,4	
Gas	92,7	91,4	90,7	90,0	89,4	
SUMME	715,00	746,0	736,4	720,6	710,0	698,9
Änderung						
gegenüber 1987:	4%	3%	1%	-1%	-2%	

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich, kann bei einer Fortführung wird bei einer Fortführung der derzeitigen Energiepolitik das Reduktionsziel weit verfehlt. Die Emissionen sinken trotz einem unterstellten AKW-Einsatz nur um 15 Mio. t CO₂, oder um 2%.

Tabelle 39: Energiebedingte CO₂-Emissionen im Szenario GRÜN (Mio. t/a)

<u>Quelle</u>	<u>1987</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
Steinkohle	190	195	180	149	100	
Braunkohle	85	85	56	26	29	
Öl	327	269	221	194	164	
Gas	90	111	96	94	89	
SUMME		693	660	553	463	381
Änderung						
gegenüber 1987:	-3%	-8%	-23%	-35%	-47%	

Wie aus Tab. 39 ersichtlich, können trotz AKW-Ausstiegs im Szenario GRÜN die CO₂-Emissionen bereits im Jahr 1995 um 8% gegenüber dem Emissionswert vom Jahr 1987 verringert werden. Bis zum Jahr 2005 ist eine Reduzierung um 230 Mio t (35%) auf 463 Mio t möglich, wodurch der Zielwert von 30% um 20 Mio t (bzw. 5 %) noch überschritten wird. In Tabelle 40 werden die beiden Szenarien gegenübergestellt.

Tabelle 40: Prozentuale Veränderung der CO2-Emissionen des Szenarios GRÜN gegenüber der Trend-Variante

<i>Quelle</i>	<i>1990</i>	<i>1995</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>
Steinkohle	-2%	-6%	-14%	-29%	-52%
Braunkohle	-22%	-23%	-49%	-76%	-74%
Öl	-6%	-18%	-29%	-36%	-44%
Gas	-4%	22%	6%	4%	-1%
Gesamt	-7%	-10%	-23%	-35%	-45%
TREND vs. 1987	4%	3%	1%	-1%	-2%
GRÜN vs. 1987	-3%	-8%	-23%	-35%	-47%

Die in GRÜN von 1991 bis 1995 auftretenden ausstiegsbedingten Mehremissionen an CO2 können innerhalb von 5 Jahren kompensiert werden.

6. Die Entwicklung der erneuerbaren Energiequellen

6.1 Vorbemerkung

Einen Schwerpunkt des GRÜNEN Szenarios bildet die forcierte Einführung von regenerativen (erneuerbaren) Energiequellen in das Energiesystem der Bundesrepublik. Unter regenerativen Energiequellen versteht man jede direkte oder indirekte, aus der Sonnenstrahlung abgeleitete, Form der Energiedarbietung - also die Strahlung selbst, die Umgebungswärme in Luft, Boden und Wasser, die Wind- und Wasserkraft sowie z.B. die energetische Nutzung von Pflanzen (Biomasse).

Für die Nutzung der regenerativen Energiequellen ist eine breite Palette von Techniken entwickelt worden, mit deren Hilfe alle Energiedienstleistungen befriedigt werden können: Elektrischer Strom aus Wind- und Wasserkraftwerken, aus Solarzellen oder aus biogasbetriebenen Blockheizkraftwerken. Biogas kann, ebenso wie die Sonnenenergie oder die Erdwärme, auch zur Heiz- und Prozeßenergiebereitstellung eingesetzt werden (ÖKO 1988b).

Die Nutzung der Sonnenenergie für Heizzwecke beinhaltet auch die passive Nutzung durch eine solararchitektonische Gestaltung der Gebäude.

Regenerative Energiequellen leisten aber nur dann einen positiven Beitrag zur Energieversorgung, wenn die für die Herstellung der Umwandlungstechnologien benötigte Energiemenge kleiner ist als die durch diese Technologie während ihrer Lebensdauer bereitgestellte Energiemenge. Die heute zur Markteinführung anstehenden Technologien weisen allesamt einen solchen positiven "Erntefaktor" auf. Sie können mit ihrer "Überproduktion" mehr (regenerative) Energie bereitstellen, als zu ihrer Produktion benötigt wurde (Systemstabilität).

Damit unterscheiden sie sich wesentlich von den anderen Energietechnologien, die z.B. auf Kohle-, Gas- oder Uranbasis arbeiten. Diese weisen keinen positiven Erntefaktor auf. Die oftmals verwendete Definition des Erntefaktors als "das Verhältnis der Energie, die für die Errichtung einer Solaranlage benötigt wird, zu der Energie, die diese Anlage insgesamt erzeugen wird" (Michaelis 1989, S.79), ist sowohl irreführend wie falsch, da weder in einer Solaranlage noch in einem Atomkraftwerk Energie "erzeugt", sondern nur vorhandene Energie umgewandelt werden kann.

Regenerative Energietechnologien sind heute somit die einzigen Technologien - mit Ausnahme von der "Energiequelle" Energiesparen - , die einen positiven Erntefaktor aufweisen, da für die Anwendung aller anderen Technologien (z.B. Kohle- oder Atomkraftwerke) der Einsatz von endlichen Energieträgern notwendig ist. Ein solches System kann sich also nicht selbst erhalten, es "erntet" nicht!

6.2 Forcierte Einführung regenerativer Energien im GRÜNEN Szenario

Im GRÜNEN Energiewende-Szenario steigert sich der Anteil an regenerativen Energiequellen am Primärenergiebedarf kontinuierlich von ca. 2% im Jahre 1980 auf 17% im Jahr 2010. Dies bedeutet, daß dann ca. 35 Mio. t SKE aus regenerativen Energiequellen bereitgestellt werden, wobei

- die Wasser- und Windkraft 9,1 bzw. 9,7 Mio. t SKE,
- die Solarenergie 7,4 Mio. t SKE und
- die Biomasse 8,7 Mio. t SKE liefern.

Der Schwerpunkt bei dem Einsatz von regenerativen Energiequellen liegt auf der Stromerzeugung. Dies vor allem deshalb, weil die derzeitige Stromerzeugung auf fossiler und nuklearer Basis zu über 90% in reinen Kondensationkraftwerken erfolgt, die einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von nur rund 33% aufweisen. Eine Kilowattstunde Strom, mit regenerativen Energieträgern erzeugt, kann somit drei Kilowattstunden aus fossilen oder nuklearen Primärenergieträgern und die damit verbundenen Schadstoffemissionen einsparen.

Entsprechend dieser Strategie werden im Jahre 2010 zusammen 76,5 TWh an elektrischem Strom aus Wasser- (29 TWh), Wind- (31 TWh) und Solaranlagen (8 TWh) sowie Biogas (9 TWh) erzeugt, oder 30 % (!) der dann notwendigen Stromerzeugung.

Für die Bereitstellung dieser Strommenge aus regenerativen Energieträgern ist eine Kraftwerksleistung von rund 7.000 MW an Wasser-, 14.200 MW an Windkraftwerken und fast 7.000 MW an Photovoltaikanlagen unterstellt. Diese zusammen über 28.000 MW Kraftwerksleistung bedeuten einen Anteil von 43% an der gesamten im Jahre 2010 im GRÜNEN Szenario installierten Kraftwerksleistung. Die Anlagen werden im Netzparallelbetrieb gefahren, und der erzeugte Strom wird direkt genutzt, ohne zusätzlichen Einsatz von Speichersystemen (z.B. Wasserstoff). Bei der Berechnung der verfügbaren Kraftwerksleistung zum Zeitpunkt der Jahreshöchstlast wurden die Wasserkraftwerke nur zu 60% berücksichtigt, die Wind- und Photovoltaikanlagen überhaupt nicht.

Diese sehr konservative Annahme wurde jedoch getroffen, weil zu dem Thema der gesicherten Leistung aus regenerativen Energieträgern derzeit nur sehr wenige Untersuchungen vorliegen. Allerdings hat z.B. Jarrass in verschiedenen Simulationsszenarien für einen norddeutschen Küstenverbund von zehn Windkraftwerken mit einer Leistung von insgesamt 3.000 MW einen Leistungseffekt von 600 MW errechnet (Jarass 1981). Mit berücksichtigt wurde dabei noch nicht das oftmals gegenläufige Energieangebot der Wind-, Sonnen- und Wasserenergie (ÖKO 1988b, S.94).

Im Zuge der Einführung regenerativer Energiequellen zur Stromerzeugung besteht ein Untersuchungs- und Optimierungsbedarf, der parallel zur Markteinführung vollzogen werden kann.

Die Versorgungssicherheit kann unter netztechnischen Gesichtspunkten (z.B. Frequenz- und Spannungsregelung) auf dem derzeitigen Wissensstand als gegeben angesehen werden. Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal zum derzeitigen Kraftwerkspark ist die dezentrale Nutzung der regenerativen Energieträger.

Haben die größten Kraftwerksblöcke in der BRD heute Blockgrößen von ca. 1.300 MW elektrischer Leistung, so hat das größte im GRÜNEN Szenario unterstellte Windkraftwerk eine Leistung von 1,2 MW, die größte Photovoltaikanlage 1,0 MW.

6.2.1 Windkraft

Bei den Windkraftwerken wurde im GRÜNEN Szenario folgende Zubauentwicklung zugrunde gelegt:

Tabelle 43: Zubauentwicklung bei Windkraftwerken

Jahr	installierte Nennleistung der Windenergieanlagen in den verschiedenen Leistungsklassen, bzw. Anzahl der Anlagen								
	30 MW	Anzahl	75 MW	Anzahl	200 MW	Anzahl	1200 MW	Anzahl	
1995		30	1000	150	2000	600	300	120	10
2000	45	1500	300	4000	1400	7000	197	1647	6
2005	45	1500	637	8500	4200	2100	385	4045	4
2010	45	1500	637	8500	4200	2100	931	7766	9

Für die Ermittlung der Aufstellplätze von Windkraftanlagen haben wir auf die Studie "Erneuerbare Energiequellen" zurückgegriffen, die im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums erstellt wurde (DIW/ISI 1987). Dabei wurden physikalische Restriktionen (z.B. Flughäfen, Wald) und gesetzliche Restriktionen (z.B. Landschaftsschutzgebiete) berücksichtigt. Im GRÜNEN Szenario wurde außerdem unterstellt, daß keine Windkraftwerke im Flachwasser der Meere gebaut werden (Schutz des Wattenmeers). DIW/ISI errechnete bei Beachtung der verschiedenen Windzonen und bei Belegung der Standplätze mit 3-MW-Anlagen eine jährliche Stromproduktion von 275 TWh, wobei 152 TWh auf die Stellplätze auf dem Land entfallen.

Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit von Windkraftwerken kommt DIW/ISI zu dem Ergebnis, daß im Jahre 2000 eine Stromproduktion in Höhe von 138 TWh wirtschaftlich wäre, wobei davon wiederum ca. 42 TWh auf die Anlagen auf dem Land entfallen.

Vom Kernforschungszentrum Jülich wurde ebenfalls ein technisch nutzbares Windenergiepotential zur Stromerzeugung in Höhe von 220 TWh/a ermittelt, oder rund zwei Drittel des derzeitigen Strombedarfs in der BRD. Die Stromproduktionsannahmen im GRÜNEN Szenario in Höhe von 7,9 TWh im Jahre 2000 bzw. 30,8 TWh in 2010 aus Windkraftwerken stellen somit kein Wunschdenken dar, sondern nutzen nur einen Teil wirtschaftlichen Potentiale aus.

Die Zubastrategie im GRÜNEN Szenario hat gegenüber der DIW/ISI- Annahme den Vorteil, daß sie stärker auf kleineren und mittleren Windkraftwerken basiert, die heute als technisch ausgereift betrachtet werden können; die 3-MW-Anlage wird überhaupt nicht berücksichtigt. Die Strategie der kleinen und mittleren Anlagen hat sich auch in der Praxis bewährt, wenn man die bisher installierten Anlagen nach Größenklassen und ihrer spezifischen Energieausbeute betrachtet. So sind die leistungsfähigsten Anlagen in einem Bereich von 50 bis 200 KW angesiedelt (vgl. z.B. Dänemark). Sie erreichen heute schon Stromerzeugungskosten von 10 Pf/kWh (abhängig von der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit). Diese Erzeugungskosten sind wirtschaftlich und können mit den Erzeugungskosten neuer fossiler und nuklearer Kraftwerke konkurrieren, wobei hier die betriebswirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit unter heute bestehenden Systembedingungen gemeint ist.

Die häufig genannte "Unwirtschaftlichkeit" von Windkraftwerken ist systembedingt, nicht technologiebedingt, und entsteht z.B. durch die nicht kostengerechte Vergütung des eingespeisten "Windstroms" in das öffentliche Netz. Nicht in Betracht gezogen werden darüber hinaus die externen Kosten (Umwelt-, soziale Kosten) der konventionellen Energieerzeugungsmethoden, die nach Hohmeyer für die Stromerzeugung aus Windenergie einen Bonus zwischen ca. 6 und 12 Pf/kWh ausmachen müßten (Hohmeyer 1989). Dabei merkt Hohmeyer zurecht an, daß die Internalisierung und Monetarisierung in vielen Fällen nicht oder nur unzureichend möglich ist, weshalb die oben angegebenen Werte eine Unterschätzung der tatsächlichen Kosten darstellen⁸.

6.2.2 Photovoltaik

Der Zubau von Photovoltaikanlagen erfolgt ebenfalls dezentral, wobei angenommen wurde, daß vorrangig Hausdächer genutzt werden, um keine neuen Landflächen zu verbrauchen. Insbesondere die Flachdächer von Industrie-, Gewerbe- und Verwaltungsgebäuden eignen sich hervorragend für die Installation von Photovoltaikanlagen wie auch von Sonnenkollektoren zur Wärmeengewinnung.

Im GRÜNEN Szenario wurden Anlagengrößen von 10-, 20-, 50-, 100-, und 1000 kW unterstellt. Es wurde folgende Aufteilung der gesamten installierten Leistung in Höhe von 6960 MW auf die verschiedenen Anlagengrößen vorgenommen:

⁸ Entsprechende Ergebnisse zeigt auch eine Untersuchung des Öko-Instituts für die Klima-Enquête-Kommission, wobei neben Wasserkraft und Windenergie insbesondere wegen niedriger CO₂-Emissionen die biomassebetriebenen Stromsysteme günstig bei der Internalisierung externer Kosten abschneiden (ÖKO 1989b).

Anlagengröße Anteil der Gesamtleistung

<u>in kW</u>	<u>in %</u>
10	25
20	14
50	27
100	18
1000	16

Weiterhin wurde angenommen, daß für die Installation von 1 kW Leistung eine Fläche von 11,4 m² notwendig ist, die nach dem Jahre 2000 aufgrund von Wirkungsgradverbesserungen auf 10,5 m² reduziert werden kann. Damit können unter den in der BRD herrschenden Einstrahlungsbedingungen im Jahr 1.160 kWh elektrischer Strom (inkl. aller Verluste) aus Licht umgewandelt werden. Für die in dem GRÜNEN Szenario angenommene Stromproduktion mittels Photovoltaik ist also eine Fläche von max. 79 km² notwendig, was 0,0003% der gesamten Fläche der BRD oder 0,0034 der heutigen Siedlungs- und Verkehrsflächen entspricht.

Am Beispiel der Photovoltaik soll auch kurz die hinter dem GRÜNEN Szenario stehende Aufbau-logik für industrielle Fertigungskapazitäten in diesem Bereich aufgezeigt werden, die in ähnlicher Weise für eine Windkraftindustrie notwendig ist. Derzeit werden hauptsächlich multikristalline Solarzellen für den angesprochenen Nutzungsbereich eingesetzt, wobei die Dünnschichtzellen als die Zellen der Zukunft gelten. Einen wesentlichen Einfluß auf die Kosten der Solarzellen und -modulherstellung hat neben weiteren technologischen Fortschritten vor allem die Größe der Produktionskapazitäten. Ist derzeit mit Stromerzeugungskosten mittels Photovoltaikanlagen zwischen 1,00 und 1,30 DM/kWh zu rechnen, so könnten diese Kosten auf ca. 25 bis 30 Pf/kWh gesenkt werden, wenn die Produktionskapazitäten erhöht und die damit verbundenen Rationalisierungs- und Kostendegressionseffekte ausgenutzt würden.

Um diese Kostendegressionseffekte ausnutzen zu können, wurde im GRÜNEN Szenario unterstellt, daß ents

....

iesparende Geräte (die bei höheren Strompreisen rentabler werden) lösen positive Beschäftigungseffekte aus, weil sie über eine niedrigere Stromrechnung Kaufkraft freisetzen; viele der heute möglichen Einsparinvestitionen "beschaffen" die Kilowattstunde günstiger als der Bezug vom EVU (Feist 1986, S.20).

Sekundäre Beschäftigungseffekte bei den Sondervertragskunden sind insbesondere unter dem Aspekt der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie diskutiert worden. Diese Diskussion wurde lange Zeit von Panikmache und Demagogie überschattet. Nicht nur Politiker sprachen in diesem Zusammenhang von drohender "Massenarbeitslosigkeit und totaler Massenverelendung". Auch das RWI beispielsweise schürte in seiner Studie für das Bundeswirtschaftsministerium diese Angst, indem es auf der Grundlage bewußt unrealistischer Strompreiserhöhungen für die Sondervertragskunden Beschäftigungseinbußen in den stromintensiven Industriezweigen errechnete, die natürlich in einer Welt der Sonderverträge und der üblichen Quersubventionierung wenig realistisch waren (vgl. hierzu AGEF 1987, S.2-18, wo belegt wird, daß das RWI eine "logische Zweiteilung" in seiner Argumentation zugeben mußte).

Frühere Studien (z.B. Enquête 1980; Prognos 1981; ISI 1982) waren bereits zu dem Ergebnis gekommen, daß durch einen Atomenergieverzicht die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie keinesfalls gefährdet wird und daß selbst bei den stromintensiven Industriezweigen keine gravierende Verschlechterung der Wettbewerbssituation durch den Ausstieg zu erwarten ist. Denn:

"Der Billigstromangebotspolitik kommt als Einflußfaktor für die internationale Konkurrenzfähigkeit besonders stromintensiv hergestellter Waren nur in wenigen Fällen Bedeutung zu. Im allgemeinen kommt es vor allem darauf an,

- fortwährend neue Produkte zu entwickeln,
- die Anwendungsbereiche bisheriger Produkte auszudehnen,
- die Produktionsverfahren zu verbessern und zu rationalisieren und
- diese Innovationen zur technischen Reife zu bringen" (Legler 1982, S.558).

Im Vordergrund steht der Qualitätswettbewerb, und eine Wirtschaftspolitik, die diesen Wettbewerb stützen will, muß auf Forschung und Entwicklung und Qualifikation von Menschen setzen. "Die Bereitstellung billigen Stroms rangiert daran gemessen weit hinten." (ÖKO 1986, S.98)

Letztendlich muß bei der Diskussion über Wettbewerbsfähigkeit und die daran geknüpften sekundären Beschäftigungswirkungen auch folgendes beachtet werden:

Künstlich niedrig gehaltene Strompreise vermindern in einer Zeit, in der weiter ansteigende Strompreise bereits absehbar sind, den Innovationsdruck, der im Interesse eines Strukturwandels unerlässlich ist. Sie sind ein Faktor negativer Strukturpolitik und haben die Wirkung von Erhaltungssubventionen. Die Massenarbeitslosigkeit in der Bundesrepublik (und anderen EG-Ländern) hat viel mit einer verhängnisvollen Strukturpolitik gerade im Bereich der Schwerindustrie zu tun. Strukturkonservative Strategien haben immer den Nachteil, daß ihr volkswirtschaftlicher Preis im Zeitverlauf steigt. Am Ende steht meist die dann doch nicht zu verhindernde Strukturkrise solcher Branchen und der Verlust an Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Ländern, die eine Politik des aktiven Strukturwandels betrieben haben. Wie teuer verzögerte Anpassungsprozesse volkswirtschaftlich werden können, ist am Bergbau, an der Stahlindustrie und vielen anderen Nutznießern staatlicher Erhaltungsmaßnahmen erkennbar geworden. Nicht der Strompreis ist das Problem, sondern das geringe innovatorische Potential gerade bei einigen energieintensiven Branchen (ÖKO 1986).

Eine Gesamtbetrachtung der sekundären Beschäftigungswirkungen müßte zusätzlich noch die Veränderung der Terms of Trade (durch zeitweilig höhere Importe von fossilen Brennstoffen) in Rechnung stellen. Eine beschäftigungspolitische Bewertung dieser Veränderung wäre nach dem augenblicklichen Kenntnisstand aber rein spekulativ.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß die Sekundäreffekte, die mit einem kurzfristigen Ausstieg aus der Atomenergie verbunden sind, negativ auf die Beschäftigung wirken, daß ihre Größenordnung aber weit überschätzt wird.

7.4 Sektorale Beschäftigungswirkungen

Eine sorgfältige Analyse der Beschäftigungswirkungen eines Atomenergieverzicht sollte nicht nur gesamtwirtschaftlich argumentieren, sondern muß sich der Mühe einer sektoralen Betrachtung unterziehen.

7.5 AKW-Betreiber und kerntechnische Industrie

Dies fällt für den Atomenergiesektor um so schwerer, als hier keine eindeutigen Zahlen zur Beschäftigungssituation vorliegen. Die Angaben schwanken zwischen knapp 40.000 (Deutsches Atomforum 1984), 111.180 (AGEP 1987) und 300.000 (Die WELT vom 14.05.86). Diese Zahlen dürften in der Zwischenzeit alle weit überhöht sein, da folgende Veränderungen eingetreten sind, die sich alle negativ auf die Arbeitsplatzsituation in diesem Bereich ausgewirkt haben:

- * Nach Fertigstellung der AKW Isar II, Neckarwestheim II und Lingen hat die deutsche Atomindustrie kein AKW derzeit in Bau, weshalb in diesem Bereich derzeit keine Beschäftigten anzurechnen sind.
- * Ebenfalls sind die Arbeitsplätze für den Bau der WAA in Wackersdorf nach Aufgabe dieses Projektes entfallen.

- * Die Firma Siemens und die französische FRAMATOM haben eine gemeinsame Tochterfirma gegründet, über die die zukünftigen Bauaufträge für LWR abgewickelt werden sollen. Damit entfallen bei einem zukünftigen Bauauftrag in diesem Bereich nur noch 50% des Bauwertes bei Siemens an.
- * Im internationalen Bereich sind trotz immer wieder auftauchenden positiven Zeitungsmeldungen keine Aufträge zu erwarten. Der geplante Bau eines HTR in der UdSSR ist ebenfalls nicht vereinbart worden.

Das Öko-Institut kommt aufgrund dieser Beschäftigungssituation im Atomenergiesektor im Falle des sofortigen Ausstiegs zu folgenden Ergebnissen:

Durch die sofortige Stilllegung aller Atomkraftwerke ist nur ein Teil der ca. 4.000 Arbeitsplätze in den Atomkraftwerken selbst gefährdet; ein größerer Teil der AKW-Betriebsmannschaften kann (und muß) auf Grund der spezifischen Qualifikationen für die noch eine lange Zeit andauernden Stilllegungsmaßnahmen eingesetzt werden. Dies trifft auch auf das Wachpersonal zu. Durch Sozialpläne, Abfindungen und Umschulungen müssen soziale Härten der restlichen Beschäftigten abgefedert werden.

Im Bereich der kerntechnischen Industrie der Bundesrepublik existieren derzeit ca. 25.000 Arbeitsplätze bei Reaktorherstellern, Zulieferern im Brennstoffkreislauf und bei den Betreiberfirmen. Eine Stilllegung aller Atomkraftwerke würde für die meisten Beschäftigten in diesem Sektor keine Veränderung bedeuten, da derzeit keine weiteren Inlandsaufträge absehbar sind. Da die größten Reaktorhersteller (KWU, BBC) aber nicht nur im Bereich des nuklearen Kraftwerksbau tätig sind, sondern auch konventionelle Kraftwerke aller Art, Rauchgasreinigungs-, Wasseraufbereitungs-, Müllsortierungsanlagen u.a. anbieten, wird diesen Firmen eine Umstellung der Produktionspalette auf Grund des bereits vorhandenen ingenieurwissenschaftlichen Know-how und vieler praktischer Erfahrungen relativ leicht fallen. Die hohe Qualifikation der Beschäftigten in den staatlichen Großforschungseinrichtungen (ca. 2.200) sowie die Umorientierung der Forschungspolitik auf den Bereich der regenerativen Energiequellen sind Faktoren, die in diesem Bereich zur Abfederung des Ausstiegs beitragen werden.

Insgesamt muß bei der Analyse der Beschäftigungswirkungen im Atomenergiesektor beachtet werden, daß es hier vermutlich weniger als 5.000 "kernenergiespezifische" Arbeitsplätze gibt, d.h. solche, die ausschließlich auf die Nutzung der Atomenergie zugeschnitten sind.

7.6 Kohlebergbau

Ein weiterer Sektor, der in der Diskussion über die Wirkungen des Ausstiegs berücksichtigt werden muß, ist der Kohlebergbau. Hier ist auf Grund der bereits angesprochenen enormen Überkapazitäten im Kraftwerksbereich und der Verdrängung des Kohle- durch den Atomstrom der "Jahrhundertvertrag" stark unter Druck geraten. Atomenergie-Befürworter versuchen seit längerem, diese Bestandsgarantie für Tausende von Arbeitsplätzen gegen die Ausstiegsbefürworter als Druckmittel einzusetzen nach dem Motto: Nur ein "Konsens" zwischen Kohle und Atomenergie - also eine Bestandsgarantie für die weitere Nutzung der Atomenergie - könne eine Erfüllung dieses Vertrages (und eine Verlängerung über 1994 hinaus) garantieren.

Beim Ausstieg aus der Atomenergie ist eine stärkere Auslastung der bestehenden Steinkohlekraftwerke und die Erschließung des KWK-Potentials auf Steinkohlebasis energiepolitisch zwingend erforderlich. Die Erfüllung des Jahrhundertvertrags und eine für die Kohleregionen akzeptable Anschlußregelung ab 1995 ist auf dieser Basis möglich; folglich ist die Beschäftigungswirkung hier eindeutig positiv. So kann im Energiewendeszenario die von der Mikat-Kommission-Mehrheit vorgeschlagene Kohlemenge in Höhe von 55 Mio. t für das Jahr 2005 fast erreicht werden, was im Falle des Weiterbetriebs der AKW und bei einer unterstellten CO₂-Reduktion um 30% nicht möglich ist. In diesem Falle kann nicht einmal die Minderheitsposition von 40 Mio. t garantiert werden.

8. Literaturverzeichnis

- AGEP (Arbeitsgemeinschaft Energie- und Systemplanung) 1987: Strombedarfsdeckung in der Bundesrepublik Deutschland mit und ohne Kernenergie, Oldenburg
- AKF (Amternes og Kommunernes Forskningsinstitut) 1989: Stromsparmöglichkeiten in Dänemark - ein Zwischenbericht (Zusammenfassung), Ministerium für Energie Schleswig-Holstein; Kiel
- ASUE (Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch) 1987: Kraft-Wärme-Kopplung in Industrie und Gewerbe, Frankfurt
- BEB (Bremer Energiebeirat) (Hg.) 1988: Least-cost Planning, Arbeitsmaterial zur Veranstaltung des BEB vom 21./22. März 1988, Bremen (bisher unveröffentlicht)
- BINE (Bürger-Information Neue Energietechniken) 1990: Informationspaket Kommunale Energieversorgung, Energiekonzepte, Nah- und Fernwärme, energetische Nutzung von Abfall, Köln
- Blok, Kornelis et al. (University of Utrecht) 1990: Data on energy conservation techniques for the Netherlands (draft), Utrecht (April 1990)
- BMFT (Bundesminister für Forschung und Technologie) 1989: Rationelle Energieverwendung in der Industrie, Statusbericht 1988, Düsseldorf
- BMU (Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) 1990: Zielvorstellung für eine erreichbare Reduktion der CO₂-Emissionen , Bonn (13.6.1990)
- BMV (Bundesminister für Verkehr) (Hg.) 1987: Verkehr in Zahlen 1987, H.Enderlein (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung), Berlin
- Bockris,P.D./Justi,E.W. 1980: Wasserstoff - Energie für alle Zeiten, München
- Bölkow, Ludwig/Meliß, Micheal/Ziesing, Hans-Joachim 1990: Erneuerbare Energiequellen - Endbericht der Koordinatoren zum Studienschwerpunkt A.2, Studienprogramm für die Enquête-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages, Berlin/Jülich/München
- Brunner, Conrad et al. 1988: Elektrosparstudien - 16 Energieberater analysieren 22 öffentliche Gebäude, i.A. des Kantons Basel-Land und der Stadt Zürich, Zürich
- Brunner, Conrad/FFE (Forschungsstelle für Energiewirtschaft) 1989: Emissionsminderung durch rationelle Energieverwendung im Kleinverbrauch, Endbericht zum Studienabschnitt A 1.5, Studienprogramm für die Enquête-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages, Zürich/München
- Dahlberg,R. 1986: Das Dahlberg-Programm "Sonne", in: Bild der Wissenschaft extra - Energie aus Sonne und Wind, Stuttgart
- DIW (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung)/ISI (Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung) 1987: Erneuerbare Energiequellen. Abschätzung des Potentials in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2000, München/Wien
- Die GRÜNEN 1986: Programm "Umbau der Industriegesellschaft", verabschiedet auf einer Bundesversammlung in Nürnberg im September 1986
- EBÖK (Energieberatung und Ökologische Konzepte) 1986: Stromsparpotential privater Haushalte in Hessen, i.A. des Hessischen Ministers für Umwelt und Energie, Wiesbaden
- _____ 1988: Technische und ökonomische Eckdaten zum Stromeinsparpotential der Privathaushalte, i.A. des Bremer Energiebeirats, Tübingen (bislang unveröffentlicht)
- Ebel, Witta 1989: Stromverbrauch im Haushalt, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt
- ECH (Energieconsulting Heidelberg)/Suttor, Karl-Heinz 1989: Emissionsminderung durch rationelle Energienutzung im Umwandlungssektor, i.A. d. Enquête-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre", Heidelberg

- Enquête (Enquête-Kommission "Zukünftige Nutzung der Kernenergie" des Deutschen Bundestages) 1980: Zur Sache 1+2/80, Bonn
- Enquête (Enquête-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages) 1988: Schutz der Erdatmosphäre - eine internationale Herausforderung, Zur Sache 5/88, Bonn
- EWI (Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln) 1986: Detaillierung des Energieverbrauchs der Kleinverbraucher 1982 nach homogenen Verbrauchergruppen und Verwendungszwecken, in: DIW/EWI/RWI - Endenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland, Köln
- Feist, Wolfgang 1986: Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur rationellen Nutzung von elektrischer Energie im Haushalt, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt
- _____ 1987: Stromsparpotentiale bei den privaten Haushalten in der Bundesrepublik Deutschland, in: GEE 1987
- FFE (Forschungsstelle für Energiewirtschaft) 1989: Energieträger- und Emissionsmatrix, Endbericht zum Studienkomplex A 1.1, i.A. der Enquête-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre", München
- FFE (Forschungsstelle für Energiewirtschaft)/ISI (Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung) 1989: Emissionsminderung durch rationelle Energienutzung in der Industrie, i.A. der Enquête-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre", München/Karlsruhe
- FFE (Forschungsstelle für Energiewirtschaft)/ISI (Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung) 1990: Emissionsminderung durch rationelle Energienutzung - Zusammenfassung der Ergebnisse des Studienkomplexes A.1, i.A. der Enquête-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre", München/Karlsruhe
- FFU (Forschungsstelle für Umweltpolitik der FU Berlin)/ÖKO (Öko-Institut) 1990: Ziele und Möglichkeiten einer stromspezifischen Energieeinsparpolitik in Berlin (West) unter Berücksichtigung des Stromverbundes mit der Bundesrepublik, Neue Energiepolitik für Berlin Heft 1, Berlin/Freiburg/Aachen
- Fichtner/PROGNOS 1984: Parameterstudie "Örtliche und regionale Versorgungskonzepte für Niedertemperaturwärme", i.A. des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, Stuttgart/Köln
- Fichtner (Fichtner Beratende Ingenieure)/ECH (Energieconsulting Heidelberg)/ ISI (Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung) 1988: Energieeinsparung und Umweltentlastung bei der Wärmeversorgung von Industrie und Gewerbe - Energieeffiziente Gemeinschaftslösungen, i.A. des Bundesministers für Wirtschaft, Köln
- Fischer, J. 1988: Einsatzmöglichkeiten von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit Verbrennungsmotoren in der Brauerei und deren Wirtschaftlichkeit, in: VDI 1988, S. 169-183
- Fritsche, Uwe 1987: Potentiale zur Kraft-Wärme-Kopplung und Stromeinsparung in der BRD, Werkstattreihe des Öko-Instituts Nr.38, Freiburg
- GEE (Gesellschaft für Energiewissenschaft und Energiepolitik) 1987: Zukünftiger Strombedarf - Bedeutung von Einsparmöglichkeiten, Sievert, D. (ed.), GEE-Schriftenreihe, Köln
- _____ 1988: Umweltschutz - neue Determinante für die Energiepolitik, Schriftenreihe der GEE, Köln
- _____ 1989: Einstieg in den Ausstieg ?, Schriftenreihe der GEE, Köln
- Gertis, K.1986: Wärmeschutz-Energieeinsparung-Umweltschutz, Stuttgart
- GHE (Gesamthochschule Essen)/ISI (Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung) 1990: Wirkungsanalysen energiepolitischer Instrumente und Maßnahmenbündel zur Vermeidung und Verminderung des Energieverbrauchs und der Emission energiebedingter klimarelevanter Spurengase - Zusammenfassung der Ergebnisse des Studienkomplexes F, Bericht für die Enquête-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages, Essen/Karlsruhe
- Grawe, Joachim 1988: Wichtige Option für die Zukunft, in: R. Weber: Wasserstoff, Frankfurt
- Gretz,J. 1987: Energie - Paradies oder Apokalypse ?, in: Scheer 1987a
- Heuel,H./Schauerte,W. 1986: Stromeinsparpotentiale in Industrie und Kleinverbrauch in Hessen, Wiesbaden

- Hohmeyer, O./Rahner, J. 1980: Untersuchung der Auswirkungen des Baus von ausgewählten Technologien zur rationellen Energieverwendung und zur Nutzung von regenerativen Energiequellen auf die Produktion und Beschäftigung in der Bundesrepublik Deutschland, Dipl.Arbeit Uni Bremen, Bremen
- Hohmeyer, Olaf 1989: Soziale Kosten des Energieverbrauchs, 2.überarb. Aufl., Berlin usw.
- IEA (International Energy Agency) 1989: Electricity End-Use Efficiency, Paris
- IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) 1982: Die zukünftige Nutzung der Sonnenenergie in Westeuropa, Laxenburg
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 1990: Reports from Working Groups I-III, and Policymakers Summaries, Genf
- ISI (Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung) 1982: Möglichkeiten der Energieeinsparung durch die Mikroelektronik. BMFT-Forschungsbericht T82-022, Bonn
- IWU (Institut Wohnen und Umwelt) 1988: Blockheizkraftwerke, Darmstadt
- _____ 1990: Wirtschaftlichkeit und Finanzierungsprobleme rationeller Energienutzung, Schmidt,H.(ed.), Darmstadt
- Jarass, Lorenz u.a. 1981: Windenergie, Berlin usw.
- Johansson, T.B./Bodlund, B./Williams, R.H. (eds.) 1989: Electricity - Efficient End-Use and New Generation Technologies, and Their Planning Implications, Lund University Press
- Keller, W.K. 1989: Der GUD-Prozeß, in: Brennstoff-Wärme-Kraft Jg. 41 (1989) Heft 9, S. 36-46
- KFA (Kernforschungsanlage Jülich) 1985: Analyse der Einsatzmöglichkeiten solarthermischer Heizsysteme zur zentralen Niedertemperatur-Wärmeversorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Riemer, H., Bericht jül-spez-307, Jülich
- Klauder, W. 1984: Tendenzen der Entwicklung des Arbeitsmarktes und der Qualität der Arbeit, in: U.E.Simonis (Hg.): Mehr Technik - weniger Arbeit?, Karlsruhe
- Klein, M./Zanner, G. 1988: Möglichkeiten der Biogastechnik in der Lebensmittelindustrie, in: VDI 1988, S. 351-364
- Kohler, S. u.a. 1990: Bestandsaufnahme und Perspektiven der Atom- und Energiewirtschaft in der DDR, Öko-Institut, Berlin/Darmstadt/Freiburg
- Krause, Florentin 1990: Energy Policy in the Greenhouse Vol.1, IPSEP/EEB, El Carrito CA
- Larson, Eric D./Svenningsson, Per/Bjerle, Ingemar 1989: Biomass Gasification for Gas Turbine Power Generation, in: Johansson/Bodlund/Williams 1989, S.697-740
- Legler,H. 1982: Internationale Wettbewerbsfähigkeit stromintensiver Industriezweige, in: Wirtschaftsdienst 6/1982
- Lessing, F. 1989: Wärme schenkt Kühle, in: Energie Spektrum (1989) Nr. 8, S. 16-17
- Maier, Wolfgang/Angerer, Gerhard et al. 1986: Rationelle Energieverwendung durch neue Technologien, i.A. des Bundesministers für Wirtschaft Bd. 1+2, Köln
- March (March Consulting Group) 1989: Electricity Savings in Industry - the Myth and the Reality, Manchester
- Michaelis,H.: CO2-Reduzierung durch Kernenergie? Entgegnung, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen Jg. 39 (1989) Heft 1/2
- NATO 1989: Demand-Side Management and Electricity End-Use Efficiency, Almeida, A.T./Rosenfeld, A.H., NATO ASI Series, Dordrecht
- Nitsch, Joachim 1988: Sonnenenergie, Deutsche Umwelthilfe Informationsblatt 8
- Nitsch, Joachim/Luther, Joachim 1990: Energieversorgung der Zukunft, Berlin usw.
- Norgard, Jorgen 1989: Low Electricity Appliances - Options for the Future, in: Johansson/Bodlund/Williams 1989, S.125-172

- Norgard, Jorgen et al. 1990: Low Electricity Europe, prepared for the International Network of Resource Institute Centers (INRIC), Technical University of Denmark/Physics Lab III, Lyngby (draft)
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development)/ IEA (International Energy Agency) 1989: Energy Technologies for Reducing Emissions of Greenhouse Gases. Proceedings of an Experts' Seminar, Vol.1+2, Paris
- ÖKO (Öko-Institut) 1987: Thesen zur ökologisch orientierten Braunkohlenutzung, Fritsche, Uwe/Kohler, Stephan/Scholz, Helmut, i.A. des WDR, Freiburg/Darmstadt
- _____ 1988a: Das Grüne Energiewende-Szenario 2010, Fritsche, Uwe/Kohler, Stephan/Viefhues, Dieter, Werkstattreihe des Öko-Instituts Nr.52, Freiburg
- _____ 1988b: Sonnenenergie-Wirtschaft. Für eine konsequente Nutzung von Sonnenenergie, Kohler, Stephan/Leuchtner, Jürgen/Müschel, Klaus, Frankfurt
- _____ 1989a: Ozonloch und Treibhauseffekt, Reinbek b. Hamburg
- _____ 1989b: Monetäre und nichtmonetäre Internalisierung von Umweltaspekten im Energiebereich, Fritsche, Uwe/Leprich, Uwe, i.A. der Enquête-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre", Darmstadt/Freiburg (Veröffentlichung durch Enquête-Kommission 1990)
- _____ 1989c: Umweltanalyse von Energiesystemen: Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS), Fritsche, U./Rausch, L./Simon, K.-H., i.A. des Hessischen Ministers für Wirtschaft und Technik, Darmstadt/Kassel
- _____ 1990a: CO2-Reduktionsstrategien: Atomkraft versus Effizienz, Fritsche, Uwe/Kohler, Stephan, Freiburg/Darmstadt
- _____ 1990b: Energiepolitische Grundsätze für die Umweltunion mit der DDR. Zwischenbericht, Kohler, Stephan/Seifried, Dieter/Matthes, Felix, Freiburg/Berlin
- _____ 1990c: Klimaschutzkonzept für das Land Hessen im Bereich Energie, Fritsche, Uwe/Seifried, Dieter, i.A. der Fraktion Die GRÜNEN im Hessischen Landtag, Darmstadt/Freiburg
- ÖKO (Öko-Institut)/IÖW (Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung) 1986: Qualitative und soweit möglich quantitative Abschätzung der kurz- und mittelfristigen Wirkungen eines Verzicht auf Kernenergie, i.A. des Bundesministers für Wirtschaft, Berlin/Freiburg
- Okken, P.A./Swart, R.J./Zwerver, S. (eds.) 1989: Climate and Energy - The feasibility of controlling CO2 emissions, Dordrecht
- PROGNOS 1986: Auswirkungen alternativer Kraftwerksstrukturen auf die Stromerzeugungskosten und die wirtschaftliche Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland, i.A. des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen, Basel
- _____ 1987: Rationelle Energieverwendung und -erzeugung ohne Kernenergienutzung: Möglichkeiten sowie energetische, ökologische und wirtschaftliche Auswirkungen, i.A. des Ministers für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie Nordrhein-Westfalen, Basel/Köln
- PROGNOS/ISI (Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung) 1989: Die energiewirtschaftliche Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2010, i.A. des Bundesministers für Wirtschaft, Basel
- Rittstieg, Gerhard 1981: Die Kostenentwicklung und Preisbildung der Stromversorgung in den achtziger Jahren, in: Elektrizitätswirtschaft Nr.17/18
- Röver, H./Austmeyer, K.E. 1988: Möglichkeiten der Energieumformung mit nachwachsenden Rohstoffen, in: VDI 1988, S. 365-380
- Schallaböck, Karl-Otto 1988: Energieverbrauch in der BRD Deutschland bis zum Jahr 2010, Abschnitt: Motorisierter Individualverkehr (MIV), in: ÖKO 1988
- Scheer, H. 1987a: Die gespeichert Sonne, München/ Zürich

- _____ 1987b: Energie-Revolution durch solaren Wasserstoff, in: Scheer 1987a
- Schefold, B. 1987: Szenarien zum Ausstieg aus der Kernenergie, Frankfurt
- Schmilling, H. 1987: Möglichkeiten zur Wirkungsgradverbesserung bei BHKW, in: VDI 1987, S. 201-226
- Schnug, A.: Elektrizitätswirtschaft, In Brennstoff Wärme Kraft, Düsseldorf, 1990
- Seifried, Dieter 1986: Gute Argumente - Energie, München
- _____ 1987: Für eine neue Strompreispolitik der kommunalen Energieversorgungsunternehmen, in: Ratgeber Energie, Köln
- Shell (Deutsche Shell AG) 1987: Frauen bestimmen die weitere Motorisierung - Shell-Prognose des PKW-Bestandes bis zum Jahr 2000, Hamburg
- Suttor, Karl-Heinz et al. 1984: Elektrisches Potential und Wirtschaftlichkeit der gekoppelten Kraft- und Wärmewirtschaft in Industrie und Gewerbe, BMFT-Studie 03E-5375-A, Stuttgart/Heidelberg
- Suttor, Karl-Heinz/Suttor, Wolfgang 1986: Kraft-Wärme-Kopplung in Hessen Teil 1, i.A. des Hessischen Ministers für Umwelt und Energie, Heidelberg
- _____ 1988: Kraft-Wärme-Kopplung in Hessen Teil 2, i.A. des Hessischen Ministers für Wirtschaft und Technik, Heidelberg
- Traube, Klaus 1987: Wirtschaftlichkeit der Kraft-Wärme-Kopplung und Hindernisse für ihren Ausbau durch kommunale Versorgungsunternehmen, i.A. des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie Nordrhein-Westfalen, Hamburg
- UN-ECE (United Nations Economic Commission for Europe) 1989: Energy and Environment - Sustainable Energy Use, paper presented at the Velen Workshop, for the UN-ECE Bergen Conference
- UTEC/ARENHA 1988: Einsparpotentiale beim Raumwärmebedarf im Wohnungsbestand in Bremen und Bremerhaven (bisher unveröffentlichte Studie im Auftrag des BEB), Bremen
- VDEW (Vereinigung deutscher Elektrizitätswerke) 1990: Potentiale zur CO2-Minderung in der Elektrizitätswirtschaft, Frankfurt (14.2.1990)
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 1987: Blockheizkraftwerke - Stand der Technik und Umweltaspekte, VDI-Bericht 630, Düsseldorf
- _____ 1988: Rationelle Energietechnik in der Lebensmittelindustrie, VDI-Bericht 675, Düsseldorf
- Voss, Alfred 1980: Vorgetäuschte Sicherheit durch Energieprognosen, in: Umschau vol. 80 (1980) Nr. 8, S.235 f
- Williams, Robert/Larson, D. 1989: Expanding Roles for Gas Turbines in Power Generation, in: Johansson/Bodlud/Williams 1989, S.503-554
- Winter, C.J. 1986: Duttweiler-Dialog - Pro und Kontra, in: Winter, C.J./Nitsch, J. 1986: Wasserstoff als Energieträger, Berlin usw.