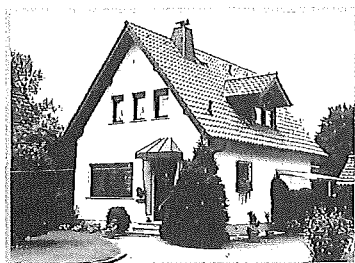
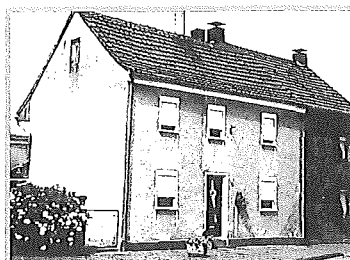
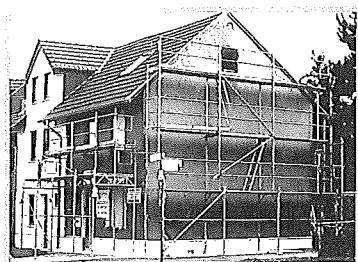




CO₂-Reduktion und Beschäftigungseffekte im Wohnungssektor durch das CO₂-Minderungsprogramm der KfW

Eine modellgestützte Wirkungsanalyse

M. Kleemann, W. Kuckshinrichs, R. Heckler



Forschungszentrum Jülich GmbH
Programmgruppe Systemforschung und
Technologische Entwicklung (STE)

CO₂-Reduktion und Beschäftigungseffekte im Wohnungssektor durch das CO₂-Minderungsprogramm der KfW

Eine modellgestützte Wirkungsanalyse

Manfred Kleemann
Wilhelm Kuckshinrichs
Rainer Heckler

Durchgeführt im Auftrag der
Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) in Frankfurt

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Umwelt/Environment

Band 17

ISSN 1433-5530 ISBN 3-89336-244-4

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Kleemann, Manfred:

CO₂-Reduktion und Beschäftigungseffekte im Wohnungssektor durch das CO₂-Minderungsprogramm der KfW: eine modellgestützte Wirkungsanalyse /

Manfred Kleemann ; Wilhelm Kuckshinrichs ; Reiner Heckler.

Forschungszentrum Jülich GmbH. - Jülich : Forschungszentrum,
Zentralbibliothek, 1999

(Schriften des Forschungszentrums Jülich. Reihe Umwelt/Environment ; Band 17)

ISBN 3-89336-244-4

Herausgeber Forschungszentrum Jülich GmbH
und Vertrieb: ZENTRALBIBLIOTHEK
 D-52425 Jülich
 Telefon (0 24 61) 61-53 68 · Telefax (0 24 61) 61-61 03
 e-mail: zb-publikation@fz-juelich.de
 Internet: <http://www.fz-juelich.de/zb>

Umschlaggestaltung: Grafische Betriebe, Forschungszentrum Jülich GmbH

Druck: Grafische Betriebe, Forschungszentrum Jülich GmbH

Copyright: Forschungszentrum Jülich 1999

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Umwelt/Environment Band 17

ISSN 1433-5530

ISBN 3-89336-244-4

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie oder in einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Inhaltsverzeichnis

Zielsetzung und Aufgabenstellung	1
1. Klimaproblematik und KfW-Programm	2
1.1 Überblick über das Klimaproblem	2
1.2 CO ₂ -Ausstoß in Deutschland	4
1.3 Bedeutung des Wohnungssektors und Reduktionspotentiale im Altbaubereich	7
1.4 Ausgestaltung des KfW-CO ₂ -Minderungsprogramms	9
1.5 Stand der Programmumsetzung	12
1.6 Bedeutung der geförderten Investitionen für den Arbeitsmarkt	17
1.7 Literatur zum Kapitel 1	19
2. Schätzung der Energieeinsparung und der resultierenden CO ₂ -Minderung bei den Konsumenten mit dem Raumwärmemodell	21
2.1 Methodisches Vorgehen	21
2.2 Auswahl der Referenz-Gebäude und Referenz-Heizkessel	22
2.3 Energieeinsparung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen	26
2.4 Hochrechnung der Energieeinsparung auf ein Fördervolumen von 5 Mrd. DM	31
2.5 Umrechnung der Energieeinsparung auf die einzelnen Energieträger	33
2.6 Berechnung der CO ₂ -Einsparung bei den Konsumenten	36
2.7 Literatur für Kapitel 2	37
3. Schätzung der CO ₂ -Einsparung und der Beschäftigungseffekte im Produktionsbereich mit dem Input-Output-Modell	38
3.1 Methodisches Vorgehen und Wirkungskette des KfW-Programms	38
3.2 Das Input-Output-Modell als Basis der ökonomischen Analyse der Beschäftigungswirkung und der nachfrageinduzierten CO ₂ -Emissionen	40
3.3 Ermittlung des Vektors der zusätzlichen Nachfrage	45
3.4 Datenmaterial und wichtige Modellparameter	48
3.5 Ergebnisse der Produktions-, Beschäftigungs- und Emissionswirkungen	51
3.6 Wirtschaftliche Ausgangslage und Einbettung der Modellergebnisse	55
3.7 Literatur zu Kapitel 3	58
4. Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlußfolgerungen	60
5. Anhang	66
5.1 Input-Output-Methodik	66
5.2 Umrechnung von Einheiten	69

Zielsetzung und Aufgabenstellung

Das KfW-Programm zur CO₂-Minderung dient der zinsgünstigen, langfristigen Finanzierung von Investitionen zur CO₂-Minderung und zur Energieeinsparung in Wohngebäuden in den alten Ländern einschließlich Berlin (West) sowie der Errichtung von Niedrigenergiehäusern im gesamten Bundesgebiet. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist eine Wirkungsanalyse dieses Programms. Es wird ermittelt, welchen Beitrag das Programm zur Reduktion energiebedingter CO₂-Emissionen leistet und welche Arbeitsplatzeffekte im Bereich der Bauwirtschaft (bauliche Sanierung und Niedrigenergiehausbau) und des Anlagenbaus (Heizungserneuerung) und darüber hinaus ausgelöst werden.

Mit Hilfe modellgestützter Schätzmethoden werden im einzelnen folgende Programmwirkungen ermittelt:

- Die jährliche Energieträgereinsparung nach Durchführung der investiven Maßnahmen im Gebäude- und Heizungsbereich.
- Die jährliche des CO₂-Einsparung, die auf den veränderten Energieträgerbedarf für die Raumwärmeerzeugung bei den Konsumenten zurückzuführen ist.
- Die jährliche Veränderung des CO₂-Ausstoßes bei den Produzenten, der auf die programminduzierten Investitionen und andere Komponenten der gesamtwirtschaftlichen Endnachfrage zurückzuführen ist.
- Die Wirkung der programminduzierten Veränderung der Endnachfrage hinsichtlich bauwirtschaftlicher und gesamtwirtschaftlicher Beschäftigung.

Für die Schätzungen werden ein technisches Raumwärmemodell (RW Modell) und ein Input-Output-Modell (I/O Modell) eingesetzt. Die Ergebnisse der Untersuchung dienen dazu, einen Effizienz- und Erfolgsnachweis für das KfW-Programm zu führen. Dazu erfolgt eine Einbettung der Modellergebnisse in die derzeitige bauwirtschaftliche Entwicklung.

1. Klimaproblematik und KfW-Programm

1.1 Überblick über das Klimaproblem

Der natürliche Treibhauseffekt

Die Klimaforschung unterscheidet zwischen dem natürlichen und dem zusätzlichen, anthropogen verursachten Treibhauseffekt. Der natürliche Treibhauseffekt beruht auf den natürlichen Gehalten an wärmeabsorbierenden Spurengasen in der Atmosphäre. Es handelt sich in der Reihenfolge ihrer Wirksamkeit um die folgenden Gase:

- Wasserdampf (H_2O),
- Kohlendioxid (CO_2),
- Ozon (O_3),
- Distickstoffoxid (N_2O) und
- Methan (CH_4).

Ohne diese Gase würde die globale Durchschnittstemperatur in der Nähe der Erdoberfläche etwa -18°C betragen. Damit wäre die Erde praktisch unbewohnbar. Tatsächlich ist die mittlere Temperatur auf der Erdoberfläche wegen der Wirkung der Spurengase höher.

Ein Charakteristikum der Spurengase ist, daß sie die einfallende kurzwellige Sonnenstrahlung praktisch ungehindert durch die Atmosphäre lassen. Dadurch erwärmen sich die Luftschichten und insbesondere die Erdoberfläche. Voraussetzung für ein energetisches Gleichgewicht, das heißt eine konstante Temperatur, ist, daß die zugeführte Sonnenenergie wieder in den Weltraum abgestrahlt wird. Dies erfolgt durch die Wärmestrahlung der Erdoberfläche. Je höher die Umgebungstemperatur ist, um so intensiver ist die Wärmerückstrahlung. Ein Charakteristikum der oben genannten Spurengase ist, daß sie einen Teil der von der Erdoberfläche emittierten Wärmestrahlung absorbieren. Dadurch erhöht sich die Weltmitteltemperatur der bodennahen Luftschichten um rund 33°C , nämlich von -18°C auf $+15^\circ\text{C}$. Diese Erscheinung wird als der natürliche Treibhauseffekt bezeichnet.

Der zusätzliche, anthropogen verursachte Treibhauseffekt

Durch menschliche Aktivitäten wie Energieverbrauch in Industrie, Verkehr und Haushalten sowie durch landwirtschaftliche Produktion ist die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre angestiegen. Zusätzliche Treibhausgase, vor allem FCKW, sind hinzugekommen. Der natürliche Treibhauseffekt wird durch einen zusätzlichen anthropogenen Treibhauseffekt verstärkt. Die stärkste Störung der Klimaverhältnisse verursacht Kohlendioxid (CO_2).

Die zunehmende Verbrennung fossiler Energieträger wie Kohle, Erdöl und Erdgas hat dazu geführt, daß seit Beginn der Industrialisierung immer mehr Kohlendioxid in der Atmosphäre angereichert wurde. Besonders problematisch ist dabei, daß die Veränderung mit einer für erdgeschichtliche Dimensionen hohen Geschwindigkeit abläuft. Vor rund 100 Jahren wurden nur ca. 65 Millionen Tonnen Kohlendioxid durch Verbrennung in die Atmosphäre emittiert. Derzeit sind es weltweit rund 25 Milliarden Tonnen pro Jahr. Dies entspricht etwa dem vierhundertfachen Wert der Emissionen vor 100 Jahren. Anlaß zur Sorge gibt die Tatsache, daß

der Gehalt an CO₂ in der Atmosphäre aufgrund des Wirtschaftswachstums in den Industrieländern und des Nachholbedarfs in den Entwicklungsländern wahrscheinlich weiter drastisch ansteigen wird.

Gefährdungspotentiale des zusätzlichen Treibhauseffektes

Über die Auswirkungen des zusätzlichen anthropogen bedingten Treibhauseffektes gehen die Prognosen der Klimaforscher weit auseinander. Unsicherheiten bestehen bezüglich der Intensität und des Zeitpunktes der Gefährdungen. Eine große Zahl von Klimatologen ist sich jedoch grundsätzlich über die folgenden Gefährdungspotentiale einig:

- *Ansteigender Meeresspiegel:* Die Ausdehnung des Meerwassers bei steigender Temperatur sowie der Zulauf von schmelzenden Gletschern lassen den Meeresspiegel ansteigen. Das Gefährdungspotential besteht hier z. B. in der möglichen Überflutung flacher, küstennaher, dicht besiedelter Gebiete und in der Erosion der Küstenlinien.
- *Verschiebung der Klimazonen:* Es wird erwartet, daß sich Wüstenregionen ausbreiten, die Wasserressourcen vieler Gebiete beeinträchtigt werden, Fauna und Flora sich verändern und die Verbreitung von Krankheitserregern, Parasiten und Schädlingen begünstigt wird.
- *Verschlechterung der Ernährungssituation:* Zusammen mit der schnell wachsenden Bevölkerung in den Entwicklungsländern können die klimatisch bedingten Veränderungen (z. B. Dürren, Überschwemmungen) Mißernten und vermehrte Schäden an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen verursachen (Enquete-Kommission, 1995).
- *Zunehmende Katastrophenhäufigkeit:* Die Indizien verstärken sich, daß eine langsam sich abzeichnende Klimaänderung immer größeren Einfluß auf Häufigkeit und Intensität von Naturkatastrophen gewinnt (Berz, 1995).

Angesichts dieses großen Gefährdungspotentials wird der globale Klimaschutz als eine der größten umweltpolitischen Herausforderungen angesehen.

Abriss der Klimaschutzpolitik

In den 80er Jahren fanden die Warnungen der Klimaforscher vor dem drohenden Treibhauseffekt ein immer breiteres Gehör. Das Ziel vieler internationaler wissenschaftlicher und politischer Konferenzen war es, Verhandlungen über eine Konvention zum Klimaschutz anzustoßen. Im Jahre 1992 einigten sich rund 150 Länder auf eine Klima-Rahmenkonvention, die auf der Konferenz in Rio de Janeiro unterzeichnet wurde. Diese Konvention verlangt u. a., daß die Unterzeichner-Staaten über ihre Treibhausgas-Emissionen berichten und Politiken, Strategien sowie Maßnahmen zur Begrenzung der Emissionen und zur Minderung des Treibhauseffektes ergreifen. Bis Ende 1997 war die Konvention von insgesamt 168 Staaten ratifiziert. Sie bildet die Grundlage für eine Klimaschutzpolitik, deren nächste Schritte die Mitgliedsstaaten 1997 im Kyoto-Protokoll vereinbart haben (Fischer et al., 1998). Die weitere Vorgehensweise wurde auf im Herbst 1998 in Buenos Aires abgestimmt.

In Anbetracht des hohen politischen Stellenwerts des Klimaschutzes haben sich zahlreiche Länder eigene Schutzziele gesetzt. Die Bundesregierung hat sich in einem Kabinettschluß vom 13. Juni 1990 verpflichtet, die energiebedingte CO₂-Freisetzung bis 2005 um 25 % zu

verringern. Als Bezugsjahr für die Minderung wurde auf der Weltklimakonferenz 1995 in Berlin das Jahr 1990 festgelegt. Mit den bisher beschlossenen Maßnahmen läßt sich in Deutschland bis 2005 eine CO₂-Minderung von rund 16 % erzielen (BMU, 1997). Zur Erreichung einer Reduktion von 25 % sind weitere ganz erhebliche Anstrengungen notwendig. Wegen der kurzen noch verbleibenden Zeitspanne wird in der Öffentlichkeit immer stärker bezweifelt, daß dieses Reduktionsziel zum gesetzten Zeitpunkt erreicht werden kann. Deshalb wird in der klimapolitischen Diskussion von verschiedenen gesellschaftlichen Gruppierungen in zunehmendem Maß gefordert, die Reduktionsziele weiter in die Zukunft zu rücken. Der hohe politische Stellenwert des Klimaschutzes muß jedoch bleiben, wenn im Laufe des nächsten Jahrhunderts längerfristig eine deutliche Reduktion erzielt werden soll.

1.2 CO₂-Ausstoß in Deutschland

Entwicklung des Energieverbrauchs von 1990 bis 1995

Der Primärenergieverbrauch war in den alten Bundesländern 1995 nahezu 5 % höher als 1990, während er in den neuen Bundesländern 36 % niedriger ausfiel. Für Deutschland ergab sich eine Verringerung von 4 %. Hauptursache für den höheren Energieverbrauch in den alten Bundesländern dürfte der Anstieg des Bruttoinlandsproduktes um 9 % gewesen sein. In den neuen Bundesländern kam es dagegen Anfang der 90er Jahre zu einem drastischen Rückgang der Wirtschaftsleistung mit einem starken Einbruch der Energienachfrage insbesondere bei den industriellen und gewerblichen Sektoren. Darüber hinaus hat sich die Struktur des Energieträgereinsatzes grundlegend geändert. So ging die Nutzung der besonders CO₂-intensiven Braunkohle um ca. zwei Drittel zurück. Dagegen sind die Beiträge der emissionsarmen Energieträger Gas und Öl stark angestiegen. Zwei Drittel des Zuwachses an Ölprodukten resultiert aus der erhöhten Verkehrsleistung, während ein Drittel auf die Zunahme der Ölheizungen im Bereich Haushalte und Kleinverbrauch zurückzuführen ist. Der steigende Erdgasanteil geht in die Industrie und dient im Haushaltssektor zur Erzeugung von Raumwärme (Ziesing et al., 1997).

Anders als in den alten Bundesländern kam es nach 1991 in den neuen Bundesländern zu einem relativ kräftigen Wirtschaftswachstum, das im wesentlichen vom Baugewerbe und den Dienstleistungsunternehmen getragen wurde. Auch das verarbeitende Gewerbe zeigte relativ hohe Zuwachsraten. Bezogen auf die Periode von 1990 bis 1995 ist die gesamtwirtschaftliche Leistung um 7,2 % gewachsen. Dabei ist die gesamtwirtschaftliche Energieintensität von 12934 kJ/DM BIP auf 7780 kJ/DM BIP gesunken. Die entsprechenden Zahlen für die alten Bundesländer betragen 4565 kg/DM BIP und 4389 kJ/DM BIP (Ziesing et al., 1997).

Entwicklung der CO₂-Emission von 1990 bis 1995

Im Zeitraum von 1990 bis 1995 ist die CO₂-Emission in Deutschland um fast 120 Mio. t oder 12 % gesunken (vgl. Tabelle 1.1). Während in den alten Bundesländern die Emission um 2 % stieg, ist sie in den neuen Bundesländern als Folge der Wiedervereinigung und der Umstrukturierung um 43 % gesunken. Mengenmäßig hat sich in Deutschland der Emissionsrückgang im Energiesektor mit 66 Mio. t (-15 %), im Bereich der Industrie mit 43 Mio. t (-25 %) und im Kleinverbrauch mit 27 Mio. t (-30 %) niedergeschlagen. Auffallend ist die Zunahme im

Verkehrssektor von 12 Mio. t (7,6 %), bedingt durch die höhere Verkehrsleistung, insbesondere in den neuen Bundesländern. Bei den privaten Haushalten, deren Energiebedarf im wesentlichen aus der Raumwärmebereitstellung resultiert, dürften die kühlere Witterung im Zeitraum 1990 bis 1995 und die Zunahme der Einwohnerzahl um 2,5 Mio. Menschen zum Emissionsanstieg von 7 Mio. t oder 5,3 % beigetragen haben (Ziesing et al., 1997).

	Alte Bundesländer			Neue Bundesländer			Deutschland		
	CO ₂	CO ₂	Änd.	CO ₂	CO ₂	Änd.	CO ₂	CO ₂	Änd.
	1990	1995	90-95	1990	1995	90-95	1990	1995	90-95
	Mio. t	Mio. t	%	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Mio. t	%
Energieerzeugung und -umwandlung	276	277	0,4	164	97	-41	440	374	-15
Industrie	121	112	-7,6	49,0	15,3	-69	170	127	-25
Verkehr	139	145	4,1	19,8	26,2	32	159	171	7,6
Kleinverbrauch*	58,4	51,6	-12	32,0	11,8	-63	90,4	63,4	-30
Haushalte**	93,3	116	24	35,1	19,3	-16	128	135	5,3
Gesamt	688	702	2,0	300	170	-43	988	871	-12

*incl. Militär, **rund 90 % für Raumwärme und 10 % für Warmwasser

Tabelle 1.1: Entwicklung der sektoralen energiebedingten CO₂-Emissionen von 1990-1995 (Ziesing et al., 1997)

Bisherige CO₂-Reduktionsmaßnahmen

Die Bundesregierung hat in ihrem zweiten Nationalbericht nach dem Rahmenabkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen insgesamt 123 Maßnahmen und Politiken für den gesamten Energiesektor genannt, die im wesentlichen beschlossen oder schon umgesetzt sind (BMU, 1997). Tabelle 1.2 zeigt eine Übersicht der bis 2005 erwarteten Einsparungen.

Sektor	Veränderung (1990 – 2005) in Mio. t
Industrie	-62
Kleinverbrauch	-19
Haushalte	-18
Verkehr	+39
Energieerzeugung*	-99
Gesamt	-159

* Strom und Fernwärme

Tabelle 1.2: Erwartete CO₂-Einsparung von 1990 bis 2005 mit den ergriffenen Maßnahmen (Stein et al., 1997)

Mit den ergriffenen Minderungsmaßnahmen wird eine CO₂-Einsparung bis zum Jahre 2005 von 159 Mio. t oder 16 % erreicht. Den größten Beitrag liefert die Energieerzeugung (Strom und Fernwärme) mit 99 Mio. t. Wichtige Maßnahmen bzw. Effekte sind die Selbstverpflichtungserklärung des VDEW, die Nutzung regenerativer Energiequellen, die Liberalisierung des

Strommarktes und die Minderung der Stromnachfrage. Experten streiten allerdings über den Beitrag der Selbstverpflichtungserklärung und die Wirkung der Liberalisierung des Strommarktes bezüglich des Klimaschutzes.

Im Bereich der Industrie mit dem zweitstärksten Minderungsbeitrag von 62 Mio. t wird der Hauptspareffekt durch die Selbstverpflichtung der Industrieverbände erreicht. Bei Haushalten und Kleinverbrauchern, die etwa gleichgroße Einsparungen erreichen, sind die wirksamsten Maßnahmen die verschiedenen KfW-Programme, die Wärmeschutz- und die Heizungsanlagen-Verordnung sowie die Selbstverpflichtung der Verbände VKU, BGW und MWV. Die bisher ergriffenen Maßnahmen im Verkehr sind nicht geeignet, das steigende Verkehrsaufkommen zu kompensieren. Die CO₂-Emission dieses Sektors steigt deswegen leicht gebremst um 39 Mio. t an.

Da mit den ergriffenen Maßnahmen das 25 % Reduktionsziel verfehlt wird, müssen weitere Maßnahmen zur CO₂-Minderung vorgeschlagen werden.

Weitere CO₂-Reduktionsmaßnahmen

Durch die bisher beschlossenen Maßnahmen wird bis zum Jahre 2005 eine Reduktion von rund 160 Mio. t erwartet (vgl. Tabelle 1.2). Zur Erreichung des Reduktionszieles müßten jedoch insgesamt ca. 250 Mio. t angestrebt werden, d. h. mit weiteren Reduktionsmaßnahmen müßten zusätzlich mindestens 90 Mio. t eingespart werden. Dies ist nach Stein et al. (1997) in Tabelle 1.3 dargestellt.

Sektor	Zusätzliche Einsparpotentiale in Mio. t
Industrie	8
Kleinverbrauch	10
Haushalte	21
Verkehr	30
Energieerzeugung*	20
Gesamt	90

* Strom und Fernwärme

Tabelle 1.3: Mögliche CO₂-Einsparung durch weitere Maßnahmen

Das weitere Einsparpotential in der Industrie ist nur noch relativ gering, da bereits durch die beschlossenen Maßnahmen in diesem Sektor erhebliche Einsparungen und Strukturveränderungen stattgefunden haben. Im Kleinverbrauchs- und Haushaltssektor lassen sich z. T. erhebliche Potentiale durch eine Verschärfung der Wärmeschutzverordnung, eine intensivere Altbausanierung und einen verstärkten Wechsel von Öl zu Gas mit Brennwerttechnik erzielen. Der Verkehr muß mit mindestens 30 Mio. t beitragen und die Energieerzeugung mit weiteren 20 Mio. t.

Aus den Zahlen der Tabellen 1.2 und 1.3 wird klar, daß dem Haushaltssektor eine wichtige Rolle bei der Ausschöpfung der CO₂-Sparpotentiale zufällt.

1.3 Bedeutung des Wohnungssektors und Reduktionspotentiale im Altbaubereich

Der gesamte Endenergieverbrauch aller Wirtschaftssektoren betrug in Deutschland im Jahre 1996 rund 9630 PJ. Fast ein Drittel (30,5 %) entfiel auf den Haushaltssektor, der damit vor Industrie, Verkehr und Kleinverbrauchern als der größte Verbrauchssektor in Erscheinung tritt (BMW, 1998). Damit ist klar, daß wirksame CO₂-Minderungen in Deutschland nur dann erreicht werden können, wenn der Haushaltssektor verstärkt in die Minderungsbemühungen mit einbezogen wird.

Wohnflächenentwicklung als treibende Kraft für die Energienachfrage

Der Wohnungsbestand umfaßte 1992 in Deutschland 34,4 Mio. Wohnungen, davon 27,6 Mio. in den alten Bundesländern und 6,8 Mio. in den neuen Bundesländern. An der gesamten Wohnfläche von 2,86 Mrd. m² haben die alten Bundesländer einen Anteil von 84,3 %. Mit 19,5 % ist der Bevölkerungsanteil der neuen Bundesländer größer als der Wohnflächenanteil von 15,7 %, weshalb die durchschnittliche Wohnungsgröße dort kleiner ausfällt.

Tabelle 1.4 zeigt die erwarteten Entwicklungen im Wohnungssektor bis 2020. Während die Bevölkerung in Deutschland praktisch konstant bleibt, steigt die benötigte Wohnfläche im Mittel pro Jahr um etwas mehr als 1 %, was zu einem Gesamtanstieg von 41 % in 28 Jahren führt. Als Folge eines wachsenden Komfortbedürfnisses wächst die Wohnfläche pro Person von 35 m² auf 50 m² im Jahre 2020. Mit der Wohnfläche nimmt der Bedarf nach Raumwärme entsprechend zu.

	Dimension	1992	2000	2010	2020
Wohnungen	Mio.	34,4	37,5	40,5	42,6
Wohnfläche	Mio. m ²	2860	3276	3691	4020
Fläche pro Wohnung	m ²	83	87	91	94
Bevölkerung	Mio.	80,6	82,1	81,8	80,9
Fläche/Person	m ²	35	40	45	50

**Tabelle 1.4: Entwicklung des Wohnungssektors und der Bevölkerung
von 1992 bis 2020 in Deutschland (PROGNOS, 1995)**

Anteil des energetisch sanierungsbedürftigen Gebäudebestandes

Gemessen an den geltenden Wärmeschutzstandards kann man grundsätzlich alle Gebäude als energetisch sanierungsbedürftig bezeichnen, die vor Einführung der zweiten Wärmeschutzverordnung 1983 gebaut und noch nicht modernisiert wurden. Die Wohnfläche aller Gebäude, die vor 1983 gebaut wurden, beträgt 2.050 Mio. m² in den alten Bundesländern. Das entspricht einem Anteil von rund 80 % am Bestand. Erst ein relativ kleiner Teil davon dürfte in der Vergangenheit auf das Niveau der heute geltenden Wärmeschutzverordnung saniert worden sein. In den neuen Bundesländern, die eine andere Alters- und Typstruktur haben, dürften zum Zeitpunkt der Wiedervereinigung rund 95 % der Gebäudefläche energetisch sanierungsbedürftig gewesen sein (Gülec et. al., 1994). Diese Zahlen zeigen, daß alleine von der Menge der Wohnfläche her im Gebäudebestand sehr große Sanierungspotentiale schlummern.

Technische Einsparpotentiale durch bauliche Maßnahmen an Einzelgebäuden bis 75 %

Das Sparpotential hängt vom Baualter ab. So können bei älteren Gebäuden wegen der fehlenden oder unzureichenden Dämmung Energieeinsparungen von 65 bis 75 %, bezogen auf den Istzustand, erzielt werden. Bei Gebäuden, die kurz vor Einführung der Wärmeschutzverordnung 1983 gebaut wurden, sind nur bis 35 % möglich. Insgesamt existiert also im Gebäudebestand ein erhebliches technisches Sparpotential, das in den alten Bundesländern im Mittel mit rund 50 % angegeben werden kann. Die Sparpotentiale in den neuen Bundesländern sind nach verschiedenen Literaturangaben zum Zeitpunkt der Wiedervereinigung noch höher gewesen.

Technische Einsparpotentiale durch Heizungs austausch bis 25 %

Rund 40 % des Ölheizungsbestandes von rund 6 Mio. Anlagen sind heute älter als 15 Jahre (ESSO,1995). Für die Gasheizkessel dürfte die Situation nicht ganz so drastisch sein, aber im Prinzip ähnlich. Außerdem ist noch ein gewisser Anteil von alten Festbrennstoff- und Einzelöfen in Betrieb. Der Nutzungsgrad alter Heizungsanlagen (Heizung plus Verteilung) beträgt häufig nur 45 bis 65 % (Hauser et al.,1997). Durch eine konsequente Modernisierung der Heizungsanlagen, d. h. durch Austausch des Wärmeerzeugers und der Regelung kann der Brennstoffverbrauch gegenüber der einzelnen Altanlage gut um 20 bis 25 % gesenkt werden (ESSO,1995 und Stehmeier, 1996).

Der volle Spareffekt wird nur in einem Gebäude erreicht, das bei verbesserter Wärmedämmung auch mit einer neuen Heizungsanlage ausgestattet ist. Wird die Wärmedämmung ohne Kesselaustausch verstärkt, dann ist die alte, meist überdimensionierte Anlage durch den verminderten Heizwärmebedarf noch stärker überdimensioniert. Der altersbedingte niedrige Nutzungsgrad wird dadurch noch schlechter.

Kostengünstige Kopplung von Wärmeschutz und Gebäuderenovierung

Die Kosten für die einzelnen Wärmeschutz-Maßnahmen gliedern sich in folgende Komponenten:

- *Sowieso-Kosten:* Das sind Kosten, die nach Ablauf der Lebensdauer eines Bauteils zu dessen baulicher Sanierung sowieso notwendig sind. Sie können nicht den Wärmeschutzmaßnahmen zugerechnet werden, wenn diese im Renovierungszyklus durchgeführt werden. Die Sowieso-Kosten werden z.B. im Falle der Dachdämmung der gleichzeitig durchgeführten Erneuerung der Dacheindeckung zugerechnet. Bei der Außenwanddämmung werden die Sowieso-Kosten durch das Stahlrohrgerüst, die Fassadenreinigung, die Putzerneuerung, den Anstrich und eine Reihe weiterer kleinerer Reparaturarbeiten verursacht.
- *Wärmeschutz-Kosten:* Sie werden direkt durch die Wärmeschutzmaßnahmen verursacht und diesen zugeordnet (z.B. Kosten für Isoliermaterial und dessen Anbringung).
- *Gesamtkosten:* Das ist die Summe aus Sowieso-Kosten und Wärmeschutz-Kosten.

Die Hauptbauteile eines Gebäudes wie Außenwände und Dach unterliegen einem Instandhaltungs- und Modernisierungsszyklus von 40 bis 50 Jahren. Werden Wärmeschutzmaßnahmen an die ohnehin durchzuführende Renovierung der Außenbauteile gekoppelt, dann ist der fi-

nanzielle Aufwand geringer, weil nicht die Sowieso-Kosten, sondern nur die Zusatzkosten für die Wärmedämmung anzusetzen sind. Werden die Renovierungszeitpunkte nicht für eine bessere Wärmedämmung genutzt, dann sind die Chancen für eine kostengünstige Energieeinsparung bis zum nächsten Modernisierungszeitpunkt, d.h. auf Jahrzehnte, vertan.

Außerdem darf nicht vergessen werden, daß eine gute Wärmedämmung eine Reihe von weiteren geldwerten Vorteilen mit sich bringt. Dazu gehören:

- die Vermeidung von Bauschäden,
- die Wertsteigerung des Gebäudes,
- die Verbesserung des Wohnkomforts und
- die leichtere Vermietbarkeit der Wohnungen.

Hemmnisse bei der Umsetzung

Trotz einer Vielzahl von guten Ansätzen und vieler vorbildlicher Einzelprojekte kommt die großflächige Umsetzung der Einsparpotentiale im Gebäudebestand aus Sicht des Klimaschutzes nicht schnell genug voran. Die Ursache hierfür sind eine Reihe von Hemmnissen wie:

- Unzureichende Wirtschaftlichkeit vieler Sanierungsmaßnahmen wegen der niedrigen Energiepreise. Maßnahmen zur Wärmedämmung sind, auch wenn sie im Renovierungszyklus durchgeführt werden, in der Regel mit relativ hohen Kosten verbunden.
- Mangelnde Information bei Eigentümern und Mietern über Technik und Kosten.
- Das sogenannte Investor-Nutzer-Dilemma: In vielen Fällen unterbleiben Maßnahmen, weil sie entweder für den Vermieter keinen Nutzen bringen, da nur der Mieter von den geringeren Heizkosten profitiert, oder weil der Mieter durch die Modernisierungsumlage finanziell zu stark belastet wird.
- Unzureichende öffentliche Mittel für wirksame und umfassende Förderprogramme.
- Mangelnde Motivation aufgrund eines unzureichenden Umweltbewußtseins.

Im Hinblick auf den Klimaschutz ist es notwendig, die Handlungsschwellen der Gebäudeeigentümer zu senken, um die energetische Sanierung in "breiter Front" voran zu treiben. Das KfW -Programm zur CO₂-Minderung bietet hierzu einen guten Ansatz.

1.4 Ausgestaltung des KfW-CO₂-Minderungsprogramms

Zielsetzung des Programms

Das KfW-Programm zur CO₂-Minderung dient der zinsgünstigen, langfristigen Finanzierung von Investitionen zur Energieeinsparung und zur CO₂-Reduzierung in Wohngebäuden in den alten Ländern einschließlich Berlin (West) sowie der Errichtung von Niedrigenergiehäusern im gesamten Bundesgebiet. (KfW, 1998/1/3). Die Anträge können von Privatpersonen, Unternehmen Kommunal- und Regionalverwaltungen sowie sonstigen Körperschaften und Anstalten des öffentlichen Rechts gestellt werden. Die folgende Zusammenfassung gibt eine Übersicht (Stand 1998). Die vollständigen und derzeit verbindlichen Konditionen sind bei der KfW zu erfragen.

Fördergegenstand, Verwendungszweck

Im Rahmen des KfW-Programms zur CO₂-Minderung können gefördert werden:

A) Maßnahmen an bestehenden vermieteten und eigengenutzten Gebäuden, die ganz oder teilweise zu Wohnzwecken dienen, in den alten Ländern und Berlin (West) zum Zwecke der CO₂-Minderung und Energieeinsparung durch:

1. Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudeaußenhülle, und zwar
 - (2) Verbesserung des Wärmeschutzes der Außenwände,
 - (3) Verbesserung des Wärmeschutzes des Daches (Einbau ausreichender Dämmschichten im Dach oder Wärmedämmung von obersten Geschoßdecken zu nicht ausgebauten Dachräumen),
 - (4) Fenstererneuerung (Einbau von Fenstern mit Wärmeschutzverglasung oder Austausch vorhandener Verglasungen gegen Wärmeschutzverglasung),
 - (5) nachträgliche Wärmedämmung der Kellerdecke oder von erdberührten Außenflächen beheizter Räume.

Dabei sind die Anforderungen aus Anlage 3 der Wärmeschutzverordnung vom 16. August 1994 einzuhalten.

1. Installation von Brennwertkesseln einschließlich der unmittelbar durch die Brennwertnutzung veranlaßten Maßnahmen.
2. Installation von Niedertemperatur-Heizkesseln einschließlich der unmittelbar durch die Niedertemperatur-Nutzung veranlaßten Maßnahmen in Verbindung mit Maßnahmen, die den Wärmeschutz der Gebäudeaußenhülle (nach Nr. 1) wesentlich verbessern. Die Kosten für den Wärmeschutz der Gebäudeaußenhülle dürfen die Aufwendungen für die Installation des Niedertemperatur-Heizkessels einschließlich der durch die Niedertemperatur-Nutzung veranlaßten Maßnahmen nicht unterschreiten.
3. Installation von Wärmeübergabestationen für eine Fern- oder Nahwärmeversorgung aus Heizkraftwerken oder Blockheizkraftwerken einschließlich der unmittelbar durch die Fern- oder Nahwärmenutzung veranlaßten Maßnahmen.
4. Installation von solar unterstützten Nahwärmeversorgungen einschließlich der unmittelbar durch die Nahwärmenutzung veranlaßten Maßnahmen.
5. Installation von Wärmepumpen einschließlich der unmittelbar durch die Wärmepumpen-Nutzung veranlaßten Maßnahmen. Dabei sind die Anforderungen des Eigenheimzulagengesetzes (Ökozulage nach § 9 Abs. 4 EigZulG) einzuhalten.

B) Errichtung von Niedrigenergiehäusern im ges. Bundesgebiet. Dabei sind die Anforderungen des Eigenheimzulagengesetzes (Ökozulage nach § 9 Abs. 4 EigZulG) einzuhalten.

In Zusammenhang mit den geförderten Maßnahmen kann auch eine zur Vorbereitung der Auftragsvergabe erstellte Energiediagnose mitgefördert werden. Die Anforderungen und Definitionen für die Errichtung von Brennwert- und Niedertemperaturkesseln nach A) 2. und 3. finden sich in der Heizungsanlagen-Verordnung von 1994. In Zusammenhang mit den Maßnahmen zu A) 2. und 3. kann auch eine solarthermische Anlage mitfinanziert werden. Dabei sind die Anforderungen des Eigenheimzulagengesetzes (Ökozulage nach § 9 Abs. 3 EigZulG) einzuhalten. Vorhaben können nur dann gefördert werden, wenn der Kreditantrag vor Beginn

des Vorhabens gestellt wird. Ausgeschlossen ist damit die Umschuldung bzw. Nachfinanzierung von Investitionsvorhaben.

In welchem Umfang kann mitfinanziert werden?

Finanziert werden die unmittelbar durch die Maßnahmen entstandenen Aufwendungen, jedoch höchstens 300 DM pro Quadratmeter Wohnfläche. Zur Ausschöpfung des Höchstbetrages von 300 DM pro Quadratmeter Wohnfläche können mehrere Kredite beantragt werden. Für die unter A) geförderten Maßnahmen ist der zusätzliche Einsatz von Mitteln aus öffentlichen Haushalten ausgeschlossen (Kumulationsverbot). Für andere Maßnahmen am/im geförderten Objekt (Eigentumswohnung/Wohnung) können weitere Fördermittel aus öffentlichen Haushalten in Anspruch genommen werden.

Mögliche Kreditlaufzeit und Konditionen

Die maximale Kreditlaufzeit beträgt 15 Jahre bei höchstens 3 tilgungsfreien Anlaufjahren.

Die wichtigsten Konditionen sind:

- Bei Krediten mit bis zu 10 Jahren Laufzeit ist der Zinssatz fest für die gesamte Laufzeit.
- Bei Krediten mit mehr als 10 Jahren Laufzeit ist der Zinssatz fest für die ersten 10 Jahre der Kreditlaufzeit, danach wird der Zinssatz neu festgelegt.
- Die jeweils geltenden Nominal- und Effektivzinssätze (gem. PAngV) sind der Konditionenübersicht für Investitionskreditprogramme zu entnehmen.
- Auszahlung: 100 %.

Weitere Details sind einer separaten Konditionenübersicht der KfW zu entnehmen.

Auszahlung und Tilgung

Kredite bis zu 200.000 DM sind in einer Summe frühestens nach Baubeginn abzurufen. Kredite von mehr als 200.000 DM werden nach Vorhabensfortschritt ausgezahlt. Die Abruffrist beträgt höchstens 6 Monate nach Darlehenszusage. Ist innerhalb der Abruffrist ein Abruf nicht erfolgt, kann eine Verlängerung der Frist zu den dann für Neuzusagen geltenden Konditionen vereinbart werden. Nach Ablauf der tilgungsfreien Anlaufjahre erfolgt die Tilgung in gleich hohen halbjährlichen Raten. Während der Tilgungsfreijahre sind lediglich die Zinsen auf die ausgezahlten Kreditbeträge zu leisten. Im übrigen kann der Kredit jederzeit außerplanmäßig zurückgezahlt werden.

Kreditsicherheiten

Von privaten Kreditnehmern sind bankübliche Sicherheiten zu stellen. Hierzu zählen z. B. Grundschulden und Bürgschaften (incl. Bürgschaften von Bürgschaftsbanken). Form und Umfang der Besicherung werden im Rahmen der Kreditverhandlungen zwischen dem Bauherrn und seiner Hausbank vereinbart. Öffentlich-rechtliche Kreditnehmer stellen keine Sicherheiten; bei Eigengesellschaften der Gebietskörperschaften ist eine 100%ige modifizierte Ausfallbürgschaft der Gebietskörperschaft notwendig.

Wie erfolgt die Antragsstellung?

Bei Privatpersonen und Unternehmen in privater Rechtsform gewährt die KfW Kredite nicht unmittelbar an den Bauherren, sondern ausschließlich über Kreditinstitute, die für die von ihnen durchgeleiteten Kredite die Haftung übernehmen müssen. Der Antrag ist daher bei einem Kreditinstitut zu stellen; dessen Wahl steht dem Kreditnehmer frei. Der Antrag ist mit dem bei den Kreditinstituten vorrätigen Formular (KfW 141660) vor Beginn der Investition bei der Hausbank zu stellen. Für die Bearbeitung bei der KfW genügen regelmäßig die auf dem Antragsformular einzutragenden Angaben. Als Programmnummer ist 123 anzugeben. Bei öffentlich-rechtlichen Antragstellern erfolgt die Antragstellung direkt bei der KfW mit dem Antragsformular (KfW 141833).

Das Durchleitungsprinzip

Die Anwendung des Durchleitungsprinzips (vgl. Abbildung 1.1) hat folgende Vorteile:

- Kreditvergabe nach banküblichen Kriterien
- Geringer Verwaltungsaufwand
- Schnelle Antragsbearbeitung (1 – 2 Wochen)

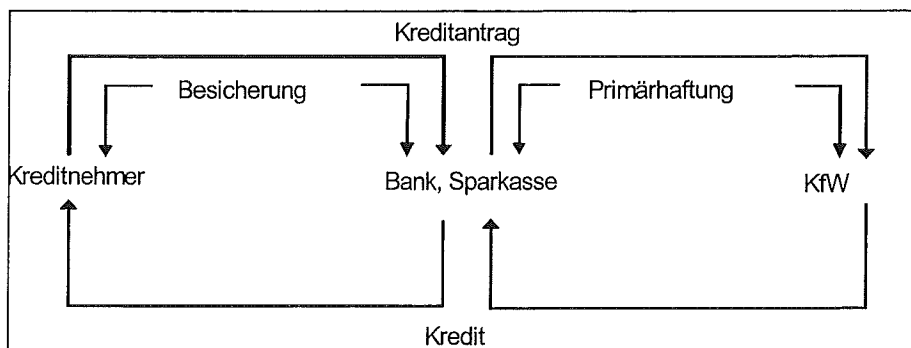


Abbildung 1.1: Schema der Durchleitung eines KfW-Kredits (Radü, 1997)

1.5 Stand der Programmumsetzung

Jährliche Entwicklung des KfW-Förderprogramms

Tabelle 1.5 zeigt die jährliche Entwicklung der Finanzmittel und Wohneinheiten seit Beginn des Programms am 01.01.1996 bis zum 31.07.1998. Zunächst wurde aus Haushaltsmitteln des Bundes ein Darlehensvolumen von 1 Mrd. DM bereitgestellt. Wegen der starken Nachfrage im ersten Jahr war dieses Volumen schon Mitte 1996 mit Zusagen belegt. Die KfW ermöglichte die Fortsetzung des Programms für weitere Darlehen in Höhe von 2 Mrd. DM zu denselben Konditionen. Bisher ist geplant, das Programm bis zu einem Fördervolumen von 5 Mrd. DM aufzustocken (KfW Mitteilung). Die in den Kapiteln 2 und 3 durchgeführten Rechnungen basieren auf diesem Fördervolumen.

In der Regel wird der Wärmeschutz zusammen mit sonstigen baulichen Renovierungen durchgeführt. Dabei sind drei Maßnahmenkategorien zu unterscheiden:

1. Wärmeschutzmaßnahmen (z. B. das Anbringen einer Isolierschicht).
2. Bauliche Maßnahmen, die direkt mit den Wärmeschutzmaßnahmen gekoppelt sind wie z. B. die Erneuerung der Dacheindeckung bei der Dachdämmung.
3. Sonstige bauliche Maßnahmen, die nichts mit den Wärmeschutzmaßnahmen zu tun haben (z. B. Bodenenerneuerungen, Innenrenovierungen, Wohnflächenausbau etc.).

Durch die Förderung von CO₂-Sparmaßnahmen werden immer weitere Investitionen angestoßen. Die in Tabelle 1.5 gezeigten Zusagebeträge umfassen Kredite für die Kategorien 1 und zum Teil für 2. Die insgesamt angestoßenen Investitionen, die in Tabelle 1.5 mit „Investitionsbetrag“ gekennzeichnet sind, beinhalten alle drei Maßnahmenkategorien. Von 1996 bis 1998 sind nach KfW Angaben in Tabelle 1.5 die insgesamt angestoßenen Investitionen im Mittel etwa doppelt so groß wie die zugesagten Kredite. (vgl. Kapitel 1.3, Absatz: *Kostengünstige Kopplung von Wärmeschutz und Gebäuderenovierung*)

	Dimension	1996	1997	1998 (bis 31. 07.)
Zusagebetrag	Mio. DM	1.425,0	894,0	490,7
Investitionsbetrag	Mio. DM	2.352,3	1.563,3	1.407,5
Geförderte Wohneinheiten	10 ³	104,5	62,8	22,9

Quelle: KfW, 1998/2

Tabelle 1.5: Jährliche Entwicklung des KfW-Förderprogramms

Die Zahl der geförderten Wohneinheiten sinkt stetig von ca. 105.000 (1996) über 63.000 (1997) auf ca. 40.000 (hochgerechnet für 1998). Umgekehrt steigt der durchschnittliche Förderbetrag je Wohneinheit von 13.600 DM (1996), auf 14.200 (1997) und 21.400 (1998). Für den Anstieg im Jahre 1998 lassen sich zwei Gründe nennen:

- In diesem Jahr wurden erstmals Niedrigenergiehäuser in die Förderung aufgenommen, die mit durchschnittlich ca. 41.000 DM je Wohneinheit gefördert werden.
- Der Anteil der privaten Haushalte an den geförderten Wohneinheiten betrug vor 1998 rund 65 %. Er ist dann 1998 auf etwa 75 % angestiegen. Die Wohneinheit der privaten Haushalte wurde 1998 im Mittel mit 24.000 DM gefördert, während die Förderung für Wohnungen von Genossenschaften und Unternehmen mit 15.000 DM je Einheit erheblich niedriger ist.

Tabelle 1.6 zeigt eine Gliederung der Fördermittel nach vier Kategorien von Kreditempfängern ab 01. 01. 1996. Dabei ist zu beachten, daß die Gebietskörperschaften jedoch erst seit 1998 am Programm beteiligt sind.

	Private Haushalte	Genossenschaften	Unternehmen	Gebietskörperschaften	Insgesamt
Anzahl der Zusagen	62.311	605	806	8	63.730
Zusagebeträge in Mio. DM	2.164	268	396	2,7	2.830
Geförderte Wohnungen	128.018	26.466	36.531	66	191.081

Quelle : KfW, 1998/2

Tabelle 1.6: Kreditzusagen und geförderte Wohneinheiten bis 31.07. 1998

Aus dem Verhältnis von geförderten Wohnungen zu der Anzahl von Zusagen läßt sich der geförderte Gebäudetyp ableiten. Bei den privaten Haushalten beträgt dieses Verhältnis rund 2,1 d. h. es handelt sich hier überwiegend um Ein- und Zweifamilienhäuser sowie einem geringen Anteil von Mehrfamilienhäusern. Dagegen handelt es sich bei den Genossenschaften und Wohnungsunternehmen um einzelne oder mehrere größere Mehrfamilienhäuser, denn das Verhältnis liegt hier im Intervall von 20 bis 50. Für die Gebietskörperschaften ist wegen der geringen Anzahl noch keine sichere Einordnung möglich.

Die relativen Anteile der geförderten Wohnungen (private/sonstige = 67 % / 33 %) spiegeln in etwa die Grobstruktur des Gebäudebestandes der alten Bundesländern wieder (Wohnflächenaufteilung: ca. 60 % Ein- und Zweifamilienhäuser und 40 % Mehrfamilienhäuser).

Die kleinen Gebäude der privaten Haushalte verlangen bei der Sanierung einen höheren Aufwand als die großen Mehrfamilienhäuser. So wurden die privaten Haushalte im Mittel mit 16.000 bis 24.000 DM pro Wohneinheit gefördert und die Genossenschaften und Unternehmen nur mit 10.000 bis 15.000 DM. Die höheren Zahlen gelten jeweils für 1998. Der Hauptanteil der Fördermittel wird von privaten Haushalten in Anspruch genommen. Von Programmbeginn bis zum 31.07.98 betrug er 76 %. Rund 10 % entfielen auf Genossenschaften und 14 % auf Unternehmen.

Förderung nach Verwendungszweck

In den folgenden Tabellen 1.7 bis 1.9 sind die jährlichen Förderungen nach Verwendungszwecken und Fördervolumina gegliedert.

Verwendungszweck	Zusagen				Wohneinheiten	Wohnfläche qm	Investitionen Mio. DM
	Anzahl	%	Mio. DM	%			
Dämmung Außenwände	7.299	21,8	542	38,0	38.940	2.815.555	985,3
Fenstererneuerung	9.446	28,2	317	22,3	28.027	2.337.555	539,9
Dämmung Dach	2.851	8,5	115	8,1	6.790	605.600	184,6
Dämmung im Keller	202	0,6	9	0,6	505	45.339	17,8
Einbau Brennwertkessel	13.657	40,7	416	29,21	30.211	2.777.226	624,4
Keine Zuordnung	65	0,2	25	1,0			
Insgesamt	33.520	100	1.425	100	104.473	8.581.275	2.352,2

Quelle: KfW, 1998/2

Tabelle 1.7: CO₂-Minderungsprogramm nach Verwendungszwecken (1996)

Verwendungszweck	Zusagen				Wohneinheiten	Wohnfläche	Investitionen
	Anzahl	%	Mio. DM	%		qm	Mio. DM
Dämmung Außenwände	3.589	19,4	295	33,0	19.236	1.394.949	484,7
Fenstererneuerung	3.655	19,7	135	15,1	15.246	1.148.919	205,5
Wärmeschutz Dach	1.330	7,2	57	6,4	3.415	295.454	106,9
Dämmung im Keller	66	0,4	6	0,7	378	24.939	20,8
Einbau Brennwertkessel	8.606	46,4	300	34,5	19.332	1.773.732	552,9
Niedertemperaturkessel (NTK) und Dämmung	1.110	6,0	79	8,8	4.476	353.072	174,5
Brennwertkessel mit solarthermischer Anlage	132	0,7	5	0,6	206	23.692	8,0
Solaranlage, NTK und Dämmung	18	0,1	1	0,1	27	3.744	1,6
Nah- und Fernwärme	30	0,2	5	0,5	435	25.027	7,9
Keine Zuordnung	9	0,0	2	0,2			
Insgesamt	18.545	100	894	100	62.751	5.043.528	1.563,2

Quelle: KfW, 1998/2

Tabelle 1.8: CO₂-Minderungsprogramm nach Verwendungszwecken (1997)

Verwendungszweck	Zusagen		Wohneinheiten	Wohnfläche	Investition
	Mio. DM	%		qm	Mio. DM
Wärmedämmung Außenwände	159,2	32,3	7.160	579.960	379,6
Fenstererneuerung	61,7	12,6	4.409	357.129	102,0
Wärmedämmung des Daches	32,9	6,7	1.411	114.291	67,5
Dämmung Kellerdecke/Kellerwände	2,7	0,6	148	11.988	4,7
Einbau von Brennwertkesseln	136,2	27,7	6.969	564.489	254,6
Einbau Niedertemperaturkesseln in Verbindung mit Wärmedämmung	30,7	6,3	1.214	98.334	70,8
Brennwertkessel mit Solaranlage oder Wärmepumpe	5,0	1,0	197	15.957	10,0
Niedertemperaturkessel, Solaranlagen, Wärmepumpen, Dämmung	1,3	0,3	32	2.592	2,6
Nah- oder Fernwärmeversorgung	3,6	0,7	150	12.150	10,5
Installation einer Wärmepumpe	0,3	0,1	8	648	0,5
Bau eines Niedrigenergiehauses	33,7	6,9	825	66.825	283,8
Keine Zuordnung	23,4	4,8	433	35.073	220,9
Insgesamt	490,7	100	22.956	1.859.436	1.407,5

Quelle: KfW, 1998/2

Tabelle 1.9: CO₂-Minderungsprogramm nach Verwendungszwecken (1998 bis 31.7.)

Durch die Erweiterung des Programms ist die Anzahl der Verwendungszwecke von Jahr zu Jahr gestiegen. Zuerst waren es 1996 nur fünf Stück, die sich auf die Dämmung der Außenwände, der Fenster, des Daches und der Kellerdecke sowie die Installation von Brennwertkesseln bezogen. Ein Jahr später kamen vier weitere Verwendungszwecke dazu:

- Niedertemperaturkessel in Verbindung mit einer Dämmung,
- Brennwertkessel mit Solaranlage,
- Niedertemperaturkessel mit Solaranlage in Verbindung mit einer Dämmung,
- Nah- oder Fernwärmeanschluß.

Im Jahre 1998 wurden dann noch die Installation von Wärmepumpen und der Bau von Niedrigenergiehäusern mit in das Programm aufgenommen (vgl. Tabelle 1.9).

Kostenvergleiche

Der Anteil der Dämmmaßnahmen an den zugesagten Kreditmitteln geht von rund 70 % im Jahre 1996 auf 52 % im Jahre 1998 zurück. Entsprechend steigt der Anteil für die Wärmeerzeugungsanlagen. Bei den gebäudebezogenen Dämmmaßnahmen haben die Außenwanddämmung und der Fensteraustausch immer den größten Anteil. Danach folgen Dach- und Kellerdecken-dämmung in der genannten Reihenfolge. Mit der Außenwanddämmung und der Fenstererneuerung lassen sich die höchsten spezifischen Endenergieeinsparungen erreichen, wie später noch in Kapitel 2 gezeigt wird.

Das Verhältnis von Investitionen zu Zusagevolumen erscheint realistisch, wie sich am Beispiel der beiden Maßnahmen Außenwanddämmung und Dachdämmung zeigen läßt. So liegt nach Gruson et al., 1994 das Verhältnis von Gesamtkosten zu Wärmeschutzkosten für beide Maßnahmen im Bereich von 1,7 bis 4 je nach qualitativer Ausführung der Wärmedämmung und Art des Gebäudes. Die kleineren Zahlen gelten eher für Einfamilienhäuser mit hochwertiger Dämmung und die größeren für Mehrfamilienhäuser mit nicht ganz so teurer Dämmung. Die Verhältnisse von Investitions- zu Zusagebeträgen in den KfW-Daten der Tabellen 1.7 bis 1.9, die im Prinzip dem Verhältnis Gesamtkosten zu Wärmeschutzkosten nach Gruson et al., 1994 entsprechen, liegen für Außenwand- und Dachdämmung im Bereich von 1,6 bis 2,4. Da das KfW Programm zu $\frac{3}{4}$ von privaten Haushalten mit überwiegend Ein- und Zweifamilienhäusern genutzt wird, ist verständlich, daß die Verhältniszahl am unteren Ende des von Gruson angegebenen Bereiches liegen.

Vergleicht man die wohnflächenbezogenen Wärmeschutzkosten (Zusagevolumen dividiert durch geförderte Wohnfläche) aus den KfW-Daten mit den Angaben von Gruson et al. (1994) dann fällt auf, daß die spez. Werte aus den KfW-Daten für Außenwand- und Dachdämmung im Mittel um Faktor 2 höher liegen. Ursache hierfür dürfte sein, daß die Zurechnung bestimmter Renovierungskosten entweder zu den Wärmeschutzkosten oder zu den baulichen Sanierungskosten bei den verschiedenen Antragstellern im Vergleich zu Gruson et al. (1994) nicht einheitlich ist. Da in den Anträgen der Kreditnehmer nur die nicht aufgeschlüsselten Gesamtbeträge stehen, ist eine detailliertere Auswertung nicht möglich.

Die wohnflächenbezogenen Fensterkosten betragen nach den KfW-Daten über die Jahre 1996 bis 1998 gemittelt rund 133 DM/m² (bezogen auf die Wohnfläche). Nach Gruson ergeben sich Kosten für den Fensteraustausch von 120 bis 130 DM/m² (hochgerechnet auf Preise von 1997). Hier ist die Übereinstimmung also recht gut.

Weitere Kostenanalysen bei den Förderbeträgen für die Heizungsanlagen sind praktisch kaum sinnvoll, weil die verschiedenen Kategorien der Zusagebeträge meist mehrere Komponenten zusammengefaßt in einem Gesamtbetrag enthalten, wie z. B. Kessel plus Solaranlage plus Wärmedämmung. Ein Splitting ist mit den vorliegenden, von KfW bereitgestellten Daten nicht möglich. Lediglich die Installation von Brennwertkesseln ist als Einzelmaßnahme separat ausgewiesen. Hier ist z. B. eine Mittelwertbildung über alle geförderten Brennwertkessel jedoch wenig aussagekräftig, weil die Kosten sehr stark von folgenden Parametern abhängen:

- *Fabrikat und Bauweise:* In der Marktübersicht nach Müßig, 1995 kann der Preis für ein 20 kW Brennwertgerät zwischen 4.000 und 6.500 DM variieren.
- *Leistungsgröße:* Nach der oben genannten Marktübersicht ist ein 100 kW Kessel ca. 3 bis 4 mal teurer als ein 20 kW Gerät.
- *Montage der Kesselanlage:* Dies kann in Altbauten das zwei- bis dreifache des Kesselpreises ausmachen.
- *Nebenkosten:* Dazu gehören Gasanschluß, Schornsteinsanierung, Entsorgung des alten Öltanks etc. Diese Nebenkosten können insbesondere bei kleineren Anlagen den Preis des Kessels erreichen.

Wegen dieser großen Streubreiten wird hier auf eine weitere Kostenauswertung auf Basis der aggregierten KfW-Daten in den Tabellen 1.7 bis 1.9 verzichtet.

1.6 Bedeutung der geförderten Investitionen für den Arbeitsmarkt

Arbeitsmarktlage in Deutschland

Die gesamtwirtschaftliche Lage Deutschlands ist durch hohe Arbeitslosigkeit geprägt. Die Arbeitslosenquote betrug 1997 rund 11,4%. Damit waren in diesem Jahr 4,39 Mio. Arbeitslose registriert. Seit Jahresbeginn hat sich die Lage auf dem Arbeitsmarkt spürbar verbessert. Die Zahl der Arbeitslosen sank seit Jahresbeginn saisonbereinigt um ca. 325.000.¹ In Westdeutschland nahm die Zahl der Beschäftigten seit Jahresanfang um ca. 90.000 zu. Die Zahl der Erwerbstätigen in Ostdeutschland nahm um ca. 60.000 zu. Für die Zukunft wird eine weitere Verbesserung der Arbeitsmarktlage in Deutschland prognostiziert.

Arbeitsmarktlage in der Bauwirtschaft

Ende 1997 sind die strukturellen Anpassungsprobleme der Bauwirtschaft noch nicht überwunden. Angesichts eines anhaltenden Aufschwungs der Industrie kann die Branche 1998 die Talsohle durchschreiten. Mit einem Beitrag zum gesamtwirtschaftlichen Wachstum kann erst für 1999 gerechnet werden. Die Impulse werden dabei vom Gewerbebau und vom Wohnungsbau in Westdeutschland ausgehen.

¹ Dieser kräftige Rückgang ist z.T. auf gesetzliche Neuregelungen z.B. hinsichtlich Meldepflicht usw. zurückzuführen. Vgl. Arbeitsgemeinschaft deutscher wirtschaftswissenschaftlicher Forschungsinstitute e.V.

Nach starkem Beschäftigungsabbau in der Bauwirtschaft in den Jahren 1996 und 1997 deutet sich auch hier eine Stabilisierung an. Der Beschäftigungsabbau kann aber auch hier erst im Zuge einer weiteren Erholung der Branche beendet werden (Tabelle 1.10). In Zusammenhang mit der anhaltend sinkenden Zahl der Beschäftigten erhöhte sich gleichzeitig die Zahl der arbeitslosen Bauarbeiter im Jahresdurchschnitt 1997 relativ stark. Insgesamt waren jahresdurchschnittlich ca. 156.000 Bauarbeiter arbeitslos.

		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Deutschland	1.000	2.609	2.726	2.843	2.978	3.011	2.881	-	-
Veränderung	%	-	4,5	4,3	4,7	1,1	-4,3	-11,0*	-1,0*
Westdeutschland	1.000	1.857	1.864	1.876	1.898	1.882	1.784	-	-
Veränderung	%	-	0,4	0,6	1,2	-0,8	-5,2	-	-

Quelle: Statistisches Jahrbuch, *: Commerzbank Research

Tabelle 1.10: Beschäftigungsentwicklung in der Bauwirtschaft

Wohnungsbauleistungen und KfW-Programm

Das Wohnungsbauvolumen kann in einen Neubauteil und einen Restbereich, der die Bauleistungen an bestehenden Gebäuden beschreibt, aufgeschlüsselt werden (Tabelle 1.11). In Westdeutschland bilden die Bauleistungen an bestehenden Gebäuden (Renovierungs- und Sanierungsleistungen) einen Sockel, der annähernd die Hälfte des Wohnungsbauvolumens ausmacht. Während der Neubau seit 1994 real um etwa 27 Mrd. DM zurückging, sind die Bauleistungen bei Bestandsmaßnahmen real um ca. 23 Mrd. DM gestiegen.

Mill. DM (laufende Werte)	1996	1997	1998
Neubauvolumen	123.200	121.300	121.500
Bauleistung an bestehenden Gebäuden	121.600	123.940	126.300
KfW-Programm	2.352	1.565	2.414*

Quelle: Bartholmai (1998), eigene Berechnungen

*: Hochrechnung für Jan. bis Dez. 1998 (vgl. Tabelle 2.9)

Tabelle 1.11: Struktur der Wohnungsbauleistungen in Westdeutschland

Die wohnungspolitischen Förderprogramme der Bundesregierung, die diese in Zusammenarbeit mit der KfW initiiert hat, haben in den vergangenen Jahren zur Stabilisierung der Bauwirtschaft beigetragen. Im Rahmen des CO₂-Minderungsprogramms können auch die Wärmedämmung und der Bau neuer Heizungsanlagen gefördert werden. Mit diesen Maßnahmen ist ein Investitionsschub verbunden, der Arbeitsplätze in der Bauwirtschaft sichert.

Rolle der Klein- und Mittelbetriebe bei der Sanierung

Insgesamt ist die Bauwirtschaft geprägt durch einen hohen Anteil von Klein- und Mittelbetrieben. So beträgt z.B. der Anteil des Umsatzes des Bauhauptgewerbes, der in Betrieben unter 100 Beschäftigten erwirtschaftet wird, ca. 74 %. Die von dieser Betriebsgrößengruppe geleisteten Arbeitsstunden betragen ca. 84 %. Für die energetische Sanierung und Modernisierung im Wohngebäudebereich darf ein hoher Anteil durch Klein- und Mittelbetriebe durchge-

fürher Bauleistung erwartet werden. Damit darf auch für einen großen Teil der durch das KfW-Programm induzierten Wohnungsbauleistung eine Auftragsvergabe an diese Betriebsgrößengruppe erwartet werden.

Die folgende Tabelle 1.12 zeigt eine Auflistung der Handwerksberufe, die von der Modernisierung der Altbauten profitieren. Aus der Vielzahl der beteiligten Handwerksberufe erkennt man, daß die Altbau-Modernisierung und energetische Sanierung eine breit gestreute Beschäftigungswirkung im handwerklichen Bereich zeigt (Gertis, 1997).

Maurer	Schornsteinfeger
Beton- und Stahlbetonbauer	Metallbauer
Feuerungs- und Schornsteinbauer	Klempner
Zimmerer	Gas- und Wasserinstallateure
Dachdecker	Zentralheizungs- und Lüftungsbauer
Wärme-, Kälte- und Schallschutzisolierer	Elektroinstallateure
Fliesen-, Platten- und Mosaikleger	Fernmeldeanlagentechniker
Betonstein- und Terrazzohersteller	Tischler
Estrichleger	Parkettleger
Steinmetzen und Steinbildhauer	Rolladen- und Jalousienbauer
Stukkateure	Raumausstatter
Maler und Lackierer	Gebäudereiniger
Kachelofen- und Luftheizungsbauer	Glaser

Tabelle 1.12: Handwerksberufe, die an der Sanierung von Altbauten beteiligt sind (nach Gertis, 1997)

1.7 Literatur zum Kapitel 1

- Arbeitsgemeinschaft deutscher wirtschaftswissenschaftlicher Forschungsinstitute e.V. (1998), Die Lage der Weltwirtschaft und der deutschen Wirtschaft im Herbst 1998. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Wochenbericht 43/98.
- Bartholmai, B. (1998), Wohnungsbau 1998: Positive Impulse im Westen, scharfer Einbruch im Osten. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Wochenbericht 31/98.
- Berz, G. (1995), Klimaänderungen – mögliche Auswirkungen und Vorsorgemaßnahmen, Allianz Report 68, Heft 2, München
- BMWi (1998), Energiedaten '97/'98, Nationale und internationale Entwicklung. Bundesministerium für Wirtschaft, Bonn.
- BMU (1997), Umweltpolitik, Klimaschutz in Deutschland, Zweiter Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland nach dem Rahmenabkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn.
- Commerzbank Research (1997), Industrieprognose Deutschland 1997/98.
- Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages (Hrsg.) (1995), Mehr Zukunft für die Erde, Economica Verlag GmbH, Bonn.
- Esso (1995), Energieprognose, Moderne Heizung - aktiver Klimaschutz, Faltblatt.

- Fischer W. und Holtrup P. (1998), Erfolge und Defizite der internationalen Klimaschutzpolitik, in Borsch P. und Hake J.-Fr. (Hrsg.), Klimaschutz- Eine globale Herausforderung, Bonn Aktuell im Verlag moderne Industrie AG, Landsberg am Lech.
- Gertis K. (1997), Wird bei der Energieeinsparung der Altbau vergessen?, Wissenschaftliche Berichte Hochschule Zittau/Görlitz, Nr. 1628 (1997), Heft 52.
- Gruson C. et al. (1994), Kostenermittlung für wärmetechnische Maßnahmen an der Gebäudehülle, IKARUS, Teilprojekt 5 "Haushalte und Kleinverbraucher", Forschungszentrum Jülich.
- Gülec T., Kolmetz S. und Rouvel L. (1994), Energieeinsparpotential im Gebäudebestand durch Maßnahmen an der Gebäudehülle, IKARUS, Teilprojekt 5 "Haushalte und Kleinverbraucher", Band 5-22, Forschungszentrum Jülich.
- Hauser G., Stiegel T. und Otto F. (1997), Energieeinsparung im Gebäudebestand, Bauliche und anlagentechnische Lösungen, Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung e. V., Berlin.
- KfW (1998/1), KfW-Programm zur CO₂-Minderung, Merkblatt 03/98, Frankfurt.
- KfW (1998/2), Daten zum KfW-Programm (Schriftliche Mitteilung der KfW)
- KfW (1998/3), Schriftliche Anmerkungen der KfW zum Zwischenbericht vom 26.11.98.
- Müßig H. (1995), Marktübersicht Brennwertgeräte bis 100 kW,
http://www.heizung.de/fr_marktbrennwert.htm
- PROGNOS (1995), Die Energiemärkte Deutschlands in zusammenwachsenden Europa - Perspektiven bis 2020, Bericht in Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Basel.
- Radü A. (1997), Das Klimaschutzprogramm der KfW, Vortrag auf dem Workshop des Arbeitskreises Energie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft bei der DLR in Köln.
- Stehmeier (1996), Umsetzung des Vollzugs zur Heizungsanlagenverordnung, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks, Sankt Augustin.
- Stein G. und Strobel B. (Hrsg.) (1997), Politiksznarien für den Klimaschutz, Untersuchung im Auftrag des Umweltbundesamtes, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 5, Jülich.
- Ziesing H.J. et al. (1997), CO₂-Emissionen: Ausgangslage und Perspektiven bis 2005, in: Stein G. und Strobel B. (Hrsg.), Politiksznarien für den Klimaschutz, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 5, Jülich.

2. Schätzung der Energieeinsparung und der resultierenden CO₂-Minderung bei den Konsumenten mit dem Raumwärmemodell

2.1 Methodisches Vorgehen

Die bisher im KfW CO₂- Minderungsprogramm sanierten Gebäude, über die keine detaillierten Informationen vorliegen, werden in den folgenden Rechnungen einigen wenigen repräsentativen Typen von Referenzgebäuden zugeordnet. Diese Referenzgebäude sind "Modellgebäude" mit Eigenschaften, die aus Gebäude-Teilmenen mit jeweils ähnlichen Eigenschaften gemittelt wurden. Im Rahmen dieser Untersuchung wird auf Gebäudetypologien zurückgegriffen, die in der Fachwelt anerkannt sind. Die zur Verfügung stehende IKARUS Datenbank enthält diese Typologien

IKARUS = Forschungsvorhaben "Instrumente für Klimagas-Reduktionsstrategien"

Im Rahmen des IKARUS-Projektes wurden sowohl Datenbanken als auch Computermodelle des deutschen Energiesystems entwickelt (für die Energiewirtschaft insgesamt sowie außerdem für die Teilbereiche Verkehr und Raumwärme). Die Datenbanken enthalten technische Informationen einschließlich der Emissionsfaktoren und Kosten für alle Technologien, die für das deutsche Energiesystem relevant sind, für die Jahre 1989, 2005 und 2020. Weiterhin sind, soweit wie möglich, die Bestandsdaten, z. B. bei Wohngebäuden, Industrieprozessen oder für das Verkehrssystem gespeichert. Mit dem Modellinstrumentarium kann z. B. die Frage beantwortet werden, welche Technologien im Jahr 2005 benötigt würden, um das CO₂-Reduktionsziel von 25 % bei Minimierung der volkswirtschaftlichen Gesamtkosten zu erreichen. Aber auch viele andere Detailfragen, u. a. für die Sektoren Haushalte, Verkehr, Industrie sowie Strom/Fernwärme sollen damit beantwortet werden. IKARUS soll damit dazu beitragen, das Gesamtverständnis der Funktions- und Reaktionsweise unseres stark vernetzten Energiesystems zu vertiefen und weitere Strategieüberlegungen auf eine besser quantitativ abgesicherte Grundlage zu stellen. Das IKARUS-Vorhaben wurde vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) gefördert.

Da die technischen Eigenschaften dieser Typgebäude im unsanierten Zustand (Urzustand) beschrieben sind, kann der energetische Effekt der Sanierung, die sich nach den geltenden Verordnungen richtet, berechnet werden. Mit den relativen Anteilen der Typgebäude am Bestand läßt sich dann auf die Gesamtzahl der im KfW-Programm sanierten Gebäude hochrechnen. Es wird unterstellt, daß mit der relativ großen Zahl der bisher sanierten Gebäude eine ausreichend große Stichprobe vorliegt, in welcher sich die Typstruktur des gesamten Bestandes widerspiegelt. In diesem Falle kann man davon ausgehen, daß die relativen Anteile der einzelnen Typgebäude, die aus dem Gesamtbestand bekannt sind, auf die Stichprobe übertragen werden können.

Das methodische Vorgehen bei der Schätzung der Energie- und CO₂-Einsparung gliedert sich in die folgenden Schritte:

- Auswahl derjenigen Typgebäude, die aufgrund ihres Baualters für eine Sanierung im Rahmen des KfW-Programms infrage kommen. Die Gebäude sind nach Größe und Baualter klassifiziert. Aus dieser Typologie werden für jede Hauptklasse mittlere Referenzgebäude ermittelt, mit denen dann die Einsparrechnungen durchgeführt werden.
- Festlegung der mittleren wärmetechnischen Kennzahlen der Referenz-Modellgebäude für den Zustand vor der Renovierung (Urzustand).
- Ermittlung der alten Referenz-Heizkessel unter Berücksichtigung der Heizungsstruktur sowie der neuen Heizanlagen (Brennwert- und Niedertemperaturkessel) entsprechend dem Stand der Technik.
- Festlegung der wärmetechnischen Eigenschaften der einzelnen Wärmeschutzmaßnahmen (Dämmdicken und k-Zahlen). Das Bezugsniveau ist die Wärmeschutzverordnung von 1995. Es wird für die Rechnungen angenommen, daß diese bei allen geförderten Sanierungen eingehalten wird.
- Berechnung der Energiebilanzen und Ermittlung der Endenergieeinsparung für die einzelnen Maßnahmen an den Referenzgebäuden unter Berücksichtigung der Referenz-Kessel.
- Berechnung der gesamten Endenergieeinsparung für das Förderprogramm in den Jahren 1996 bis 1998. Dazu werden die spezifischen Einsparungen der Einzelmaßnahmen aus dem vorangehenden Schritt mit den sanierten Wohnflächen multipliziert.
- Hochrechnung der Energieeinsparung auf das geplante Fördervolumen von 5 Mrd. DM.
- Umlegung der gesamten Energieeinsparung auf die einzelnen Energieträger Öl, Gas, Kohle und Strom.
- Umrechnung der Energieträger-Einsparungen in entsprechende CO₂-Einsparungen und Berücksichtigung der CO₂-Effekte des Brennstoffwechsel.

2.2 Auswahl der Referenz-Gebäude und Referenz-Heizkessel

Typeinteilung nach Größenklassen (alte Bundesländer)

Der Wärmebedarf eines noch nicht sanierten Gebäudes hängt von seinem Bauzustand und von seiner Größe ab. Der Bauzustand wiederum wird im wesentlichen durch das Gebäudealter bestimmt. Die beiden Hauptkriterien der Gebäudetypologie sind deshalb die Gebäudegröße und das Baualter. Nach der Gliederung des Statistischen Bundesamtes und des IWU (Institut für Wohnen und Umwelt) wird der Gebäudebestand der alten Bundesländer in 32 repräsentative Typgebäude eingeteilt. Für die Größeneinteilung der Gebäude wird entsprechend der im IKARUS-Datensatz vorhandenen Typologie die in Tabelle 2.1 gezeigte Aufteilung zugrunde gelegt (vgl. Gülec T. et al., 1994 und Heckler R., Kolb G., 1997).

Gebäudegruppe	Code	Wohneinheiten
Einfamilienhaus freistehend	EFH	1-2
Reihen- und Doppelhaus	RDH	1-2
Kleines Mehrfamilienhaus	KMH	3-6
Großes Mehrfamilienhaus	GMH	7-12
Hochhaus	HOH	>12

Tabelle 2.1: Typgebäudeeinteilung nach Größe

Typeinteilung nach Baualtersklassen (alte Bundesländer)

Der Größeneinteilung in Tabelle 2.1 wird noch eine Altersklasseneinteilung überlagert, die sich teilweise an historischen Entwicklungen orientiert und teils am Inkrafttreten von Richtlinien, die für den Wärmeschutz wichtig sind. Tabelle 2.2 gibt eine Übersicht der Baualtersklassen entsprechend dem Code A bis H (vgl. Gülec T. et al., 1994 und Heckler R., Kolb G., 1997).

Baualtersklasse	Code	Bemerkung
- 1900	A	Überwiegend denkmalgeschützte Gebäude
1901 - 1918	B	Gebäude bis zum Ende des 1. Weltkrieges
1919 - 1948	C	Vor Gründung der Bundesrepublik
1949 - 1957	D	Nachkriegsjahre mit Materialmangel
1958 - 1968	E	DIN 4108 wird wirksam
1969 - 1977	F	Ergänzung zur DIN 4108 ist gültig
1978 - 1983	G	1. Wärmeschutzverordnung (WSVO) ist wirksam
1984 - 1994	H	2. WSVO ist wirksam

Tabelle 2.2: Typegebäudeeinteilung des Bestandes nach Baualtersklassen

Es wird angenommen, daß im Rahmen des KfW-Programms die Dämmung der Außenhülle nur an wenigen Häusern gefördert wird, die jünger als ca. 30 Jahre sind. Die Anzahl dürfte gegenüber dem Gesamtprogramm vernachlässigbar sein. Diese Annahme ist plausibel, da der bauliche Renovierungszyklus für verschiedene Gebäudeteile in der Regel 40 bis 50 Jahre beträgt. Allerdings läßt die KfW in ihrem Förderprogramm seit dem 23.02.1998 alle Gebäude zu (KfW, 1998). Damit können auch Gebäude ins Programm kommen, die jünger als 30 Jahre sind. Der Anteil dieser sehr jungen und in der Regel noch relativ gut erhaltenen Gebäude dürfte aber eher gering sein. Daher werden für die wärmetechnischen Rechnungen in dieser Studie nur die in Tabelle 2.3 gezeigten Baualtersklassen zugrunde gelegt. Die verschiedenen Typegebäude (insgesamt 19 Stück) ergeben sich durch die Kombination aller Größenklassen mit den infrage kommenden Altersklassen (vgl. Tabelle 2.3).

Einfamilienhaus freist.	Reihen- und Doppelhaus	Kleines Mehrfamilienhaus	Großes Mehrfamilienhaus	Hochhaus	Baualtersklasse
EFH	RDH	KMH	GMH	HOH	
EFH-A	-	KMH-A	-	-	- 1900
EFH-B	RDH-B	KMH-B	GMH-B	-	1901 - 1918
EFH-C	RDH-C	KMH-C	GMH-C	-	1919 - 1948
EFH-D	RDH-D	KMH-D	GMH-D	-	1949 - 1957
EFH-E	RDH-E	KMH-E	GMH-E	HOH-E	1958 - 1968

Tabelle 2.3: Typegebäudeeinteilung nach Größe und Baualtersklassen

Gebäude im Urzustand

Bei den ausgewählten Gebäudetypen handelt es sich um repräsentative, über den jeweiligen Teilbestand gemittelte "Modellgebäude". Dabei wird vom Urzustand der Gebäude im Baujahr

ausgegangen. Konkret heißt das, die Gebäudehülle besitzt keine zusätzliche Wärmedämmung und die Fenster haben nur Einfachverglasung. Etwaige zwischenzeitliche Verbesserungen an der Gebäudehülle werden bei den Rechnungen nicht berücksichtigt. Zum einen liegen hierüber keine Informationen vor und zum anderen wird ein Gebäudebesitzer, der in der Vergangenheit schon Dämmmaßnahmen vorgenommen hat, weniger geneigt sein, jetzt noch weitere Verbesserungen durchzuführen. Man kann deshalb mit großer Wahrscheinlichkeit davon ausgehen, daß am KfW-Programm Gebäude beteiligt sind, bei denen der Bedarf nach einer energetischen Sanierung als besonders dringend angesehen wird.

Festlegung der Referenz-Gebäude für die Berechnung der Energieeinsparungen

Für die Berechnung der Energieeinsparungen durch die verschiedenen Sanierungsmaßnahmen wird die Anzahl der Referenz-Gebäude auf der Grundlage der obigen Typologie weiter vereinfacht. Für die vier Hauptklassen EFH, RDH, KMH und GMH wird jeweils ein Referenzgebäude ausgewählt, das dem mittleren Bauzustand und den mittleren wärmetechnischen Eigenschaften der Klasse am nächsten kommt. Mit Hilfe des IKARUS-Raumwärmemodells wurden durch Rechnungen über die Teilklassen unter Berücksichtigung der Bestandsanteile folgende Referenz-Gebäude ermittelt, die in Tabelle 2.3 fett und kursiv gekennzeichnet sind:

- EFH-C
- RDH-E
- KMH-E
- GMH-E

Für diese Referenz-Gebäude werden im folgenden Kapitel auf der Basis der Gebäudekenndaten die mit verschiedenen Maßnahmen erreichbaren Energieeinsparungen ausgerechnet. Die relevanten Gebäudekennzahlen aus der IKARUS Datenbank, die den wärmetechnischen Ausgangszustand (Urzustand) eines Gebäudes kennzeichnen, sind für die ausgesuchten Referenz-Gebäude exemplarisch in der folgenden Tabelle 2.4 zusammengestellt.

	Dimension	EFH-C	RDH-E	KMH-E	GMH-E
Verhältnis A/V	m^2/m^3	0,66	0,41	0,43	0,42
Fenster k_F (Einfachverglasung)	W/m^2K	5,2	5,2	5,2	5,2
Dach k_D (ungedämmt)	W/m^2K	1,27	1,31	2,19	0,80
Außenw. k_A (ungedämmt)	W/m^2K	1,30	1,70	1,85	1,76
Kellerdecke k_K (ungedämmt)	W/m^2K	1,07	0,91	0,92	1,01
Wärmebrücken	W/K	5,1	14,1	52	189

Quelle: Gülec et al. (1994)

Tabelle 2.4: Wärmetechnische Kenndaten von ungedämmten Referenz-Gebäuden

Festlegung der alten Referenz-Heizkessel für die Berechnung der Energieeinsparungen

Die berechnete Energieeinsparung wird aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit in Endenergieeinheiten angegeben. Dadurch werden sowohl die Gebäudeeffekte als auch die Wirkungsgrade der Heizungsanlagen mit berücksichtigt. Bei den Energiebilanz-Rechnungen für die verschiedenen Typgebäude muß grundsätzlich die jeweils zugehörige Heizungsstruktur

nach Art des Energieträgers (Gas, Öl, Kohle usw.), nach Art der Heizung (zentral, dezentral) und nach Alter berücksichtigt werden. Um hier nicht zu viel Kombinationsmöglichkeiten bearbeiten zu müssen, werden für die Rechnungen folgende Vereinfachungen eingeführt:

- Es werden nur Zentralheizungen berücksichtigt, da ihr Anteil an den beheizten Wohnungen fast 80 % erreicht (PROGNOS, 1995).
- Beim Einbau von neuen Gasbrennwertkesseln wird ein alter Ölkessel als Referenzanlage unterstellt. Nach persönlichen Informationen der Gaswirtschaft werden durch Brennwertkessel rund 60 % alte Ölkessel ersetzt, 20 % alte Kohlekessel, 5 % Elektroheizungen und 15 % alte Gasheizungen. Zum weitaus überwiegenden Teil werden also Ölkessel substituiert, so daß die Verwendung des alten Ölkessels als Referenz naheliegend ist. Gegenüber dem alten Kohlekessel werden damit die Einsparungen zu niedrig gerechnet und gegenüber dem alten Gaskessel etwas zu hoch. Dadurch erfolgt so eine gewisse Kompensation des Fehlers.
- Berechnung der Endenergieeinsparung durch Einbau eines neuen Niedertemperaturkessels in Verbindung mit Dämmmaßnahmen auf der Basis eines gemittelten Jahresnutzungsgrades. Derzeit tragen die Energieträger Heizöl und Erdgas insgesamt etwa gleichgewichtig zur Energieversorgung im Haushaltssektor bei. Da sie zusammen ca. 80 % der Energie bereitstellen, kann man im Rahmen dieser Analyse die anderen Energieträger getrost vernachlässigen. Es liegt deshalb nahe, mit einem aus altem Öl- und Gaskessel gemittelten Jahresnutzungsgrad zu rechnen.

Die verschiedenen Kesseltypen sind in der IKARUS-Modelldatenbank geordnet nach den beiden Leistungsbereichen < 80 kW und 80 bis 1400 kW enthalten. Der Nutzungsgrad wird in Abhängigkeit von der Gebäudegröße, dem gewählten Kessel, der Auslastung und der Kesseltemperatur aus entsprechenden Kennlinien berechnet. Die folgende Aufstellung zeigt zwei ausgesuchte Beispiele für alte Referenzkessel.

1. Alter Ölkessel

Bauart:	Spezialkessel mit Ölzerstäubungsbrenner
Baujahr:	1977 - 1982
Kesselnutzungsgrad:	77 % (für Einfamilienhaus)

2. Alter Gaskessel

Bauart:	Spezialkessel mit Gasgebläsebrenner
Baujahr:	1977 - 1982
Kesselnutzungsgrad:	80 % (für Einfamilienhaus)

Festlegung der neuen Referenz-Heizkessel für die Rechnungen

Auch die Nutzungsgrade der neuen Kessel werden nach dem oben beschriebenen Verfahren aus den Daten des IKARUS-Modells berechnet. Die folgende Aufstellung zeigt beispielhaft zwei ausgesuchte neue Kesseltypen.

1. Neuer Ölkessel

Bauart: Niedertemperaturkessel mit Ölzerstäubungsbrenner
Baujahr: nach 1995
Kesselnutzungsgrad: 92 % (für Einfamilienhaus)

2. Brennwertkessel

Bauart: Brennwertkessel mit Gasgebläsebrenner
Baujahr: nach 1995
Kesselnutzungsgrad: 102 % (für Einfamilienhaus)

Es wird für die Rechnungen unterstellt, daß mit allen Kesseln Raumwärme erzeugt und Warmwasser bereitgestellt wird. Der angegebene Kesselnutzungsgrad beschreibt nur die Kesselverluste. Die Verteilungsverluste für Heizung und Warmwasserbereitung werden zusätzlich berücksichtigt (vgl. z.B. Tabelle 2.6).

2.3 Energieeinsparung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen

Übersicht der Sanierungsmaßnahmen

Die Rechnung geht von ungedämmten Referenz-Gebäuden entsprechend dem Urzustand im Baujahr aus. Hierfür werden die Spareffekte der folgenden Einzelmaßnahmen berechnet:

Maßnahmen an der Gebäudehülle:

- Außenwanddämmung (8 cm Stärke)
- Fensteraustausch ($k = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Dachdämmung (12 cm Stärke)
- Kellerdeckendämmung (8 cm Stärke)

Maßnahmen an der Heizungsanlage:

- Neuer Gasbrennwertkessel
- Neuer Gasbrennwertkessel und Solaranlage
- Neuer Niedertemperaturkessel mit Dämmmaßnahmen
- Neuer Niedertemperaturkessel mit Dämmmaßnahmen und Solaranlage
- Solare Warmwasserbereitung
- Niedrigenergiehaus
- Nah- oder Fernwärmeanschluß

Vergleich der Rechenwerte mit der Wärmeschutzverordnung

Die Wärmeschutzverordnung (WSchV 1995) schreibt bei der Erneuerung bestehender Gebäude bestimmte Anforderungen für den Wärmedurchgangskoeffizienten (k Zahl) der Bauteile vor (Rathert, 1995). Diese Vorgaben sind mit den in dieser Rechnung verwendeten Zahlen in Tabelle 2.5 verglichen. Die in der Rechnung verwendeten Bereiche für die k Zahlen ergeben sich aufgrund der oben angenommenen Dämmdicken und des Ausgangszustandes der Bauteile. Sie erfüllen die Wärmeschutzverordnung auf jeden Fall, wie der Vergleich zeigt. Zum Teil

liegen die Rechenwerte sogar etwas unterhalb. Die errechneten Energie- und CO₂-Einsparungen sind deshalb im Sinne einer Obergrenze zu verstehen.

Für die vorliegende Untersuchung wurde angenommen, daß alle Kreditnehmer die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung erfüllen.

Die Anforderungen der ab 2000 geplanten Energiesparverordnung werden hier nicht berücksichtigt.

Bauteil	k Zahl	WSchV 1995 W/m ² K	Rechnung W/m ² K
Außenwand	k _A	≤ 0,40	0,36 – 0,38
Fenster	k _F	≤ 1,80	1,30
Dach	k _D	≤ 0,30	0,21 – 0,23
Kellerdecke	k _K	≤ 0,50	0,30 – 0,31

Tabelle 2.5: Vergleich der Anforderungen der WSchV mit den Rechenwerten

Energiebilanz für ein Einzelgebäude

Tabelle 2.6 zeigt die Energiebilanzen für ausgewählte Maßnahmen am Beispiel des Gebäudes EFH-C. Die Energieverbräuche sind auf die Wohnfläche bezogen. Es werden folgende Fälle dargestellt:

1. Gebäude ohne Dämmung im Urzustand mit altem Ölkessel,
2. Gebäude ohne Dämmung im Urzustand mit neuem Brennwertkessel,
3. Gebäude mit Außenwanddämmung und altem Ölkessel,
4. Gebäude mit ganz gedämmter Außenhülle incl. Fensteraustausch und altem Ölkessel.

Die aufgrund des wärmetechnischen Zustandes des ungedämmten Gebäudes (Urzustand) erforderliche Nutzwärme, beläuft sich auf 280,4 kWh/m²a. Durch die Außenwanddämmung verringert sich die Nutzwärme für die Raumheizung auf 213,0 kWh/m²a und auf 68,4 kWh/m²a wenn alle Dämmmaßnahmen einschließlich Fensteraustausch vorgenommen werden. Die Verteilungsverluste der Raumwärmebereitstellung belaufen sich auf 21,1 kWh/m²a. Dies sind die Nettoverluste, die nicht zur Beheizung des Gebäudes beitragen. Es wird angenommen, daß sich durch die Dämmmaßnahmen und den Kesselaustausch die Verteilungsverluste der Heizung nicht verändern. Von den Verlusten der Warmwasserbereitung trägt rund die Hälfte, nämlich 13,3 kWh/m²a zur Beheizung des Gebäudes bei. Dies ist in der Tabelle 2.6 als Zugewinn der Warmwasserbereitung verbucht.

Bei der Umrechnung des Raumwärme- und Warmwasser-Bruttobedarfs in Endenergie kommt der jeweilige Kesselnutzungsgrad zum tragen. Für das ungedämmte Gebäude mit dem alten Ölkessel ergibt sich ein gesamter Endenergiebedarf von ca. 425,5 kWh/m²a. Durch den Austausch des alten Ölkessels gegen einen neuen Gasbrennwertkessel verringert sich der gesamte Endenergieverbrauch auf 318,6 kWh/m²a. Durch den Einsatz eines Brennwertkessels wird in

diesem Fall mehr gespart als mit einer Außendämmung, die nur einen Endenergieverbrauch von 337,0 kWh/m²a erreicht. Erhebliche Einsparungen ergeben sich, wenn alle Dämmmaßnahmen ausgeführt werden. Dann sinkt der Endenergieverbrauch auf 149,5 kWh/m²a.

Kenngröße	Dimension (Bezug auf Wohnfläche)	Ohne Dämmung		Mit Dämmung	
		1 Alter Ölkessel (Ausgangs- zustand)	2 Gasbrenn- wertkessel	3 Alter Ölkessel, Außenwand- dämmung	4 Alter Ölkessel, Alle Dämmmaß- nahmen
Raumwärme					
Nutzwärme	kWh/m²a	280,4	280,4	213,0	68,4
Verteilungsverluste	kWh/m²a	21,1	21,1	21,1	21,1
Zugewinn (WW)	kWh/m²a	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3
Brutto-Bedarf	kWh/m²a	288,2	288,2	220,8	76,3
Warmwasser (WW)					
Nutzwärme	kWh/m²a	12,1	12,1	12,1	12,1
Verteilungsverluste	kWh/m²a	26,0	26,0	26,0	26,0
Brutto Bedarf	kWh/m²a	38,1	38,1	38,1	38,1
Raumwärme + Warmwasser					
Ges. Brutto Bedarf	kWh/m²a	326,3	326,3	258,9	114,4
Endenergie					
Raumwärme	kWh/m²a	381,7	282,9	293,1	105,6
Warmwasser	kWh/m²a	43,9	35,6	43,9	43,9
Gesamtverbrauch	kWh/m²a	425,5	318,6	337,0	149,5
Einsparung	kWh/m²a	-	106,9	88,5	276,0

Tabelle 2.6: Beispiele von Energiebilanzen für Gebäude EFH-C

Vorgehen bei der Berechnung der Einspareffekte der Einzelmaßnahmen

Tabelle 2.7 und Abbildung 2.1 zeigen die Endenergieeinsparung der im KfW-Programm geförderten Einzelmaßnahmen. Der Rechnung liegen folgende Annahmen bzw. Vorgehensweisen zugrunde:

- Bei den Maßnahmen 1 bis 4 in Tabelle 2.7 wird angenommen, daß der Kessel nicht ausgetauscht wird.
- Es werden die Raumwärme- und die Warmwasserbereitstellung berücksichtigt. Allerdings haben die Dämmmaßnahmen 1 bis 4 keine Auswirkung auf den Energiebedarf zur Warmwasserbereitung. Der Einsatz effektiverer Heizkessel verringert dagegen den Endenergieverbrauch (vgl. Tabelle 2.6).
- Einsparung durch Installation eines Brennwertkessels (Maßnahme 5) wird ohne jegliche Dämmmaßnahmen berechnet.

- Für Maßnahme 6 wird volle Dämmung (optimistische Annahme) und Einbau eines neuen Niedertemperatur-Ölkessels (NTK) angenommen.
- Einsparungen durch geringeren Stromverbrauch der neuen Kessel sind hier noch nicht berücksichtigt. Dies erfolgt später in Kapitel 2.5 (Abschnitt: *Stromverbrauch für Regelung und Pumpen*). Der Anteil ist aber gering.
- Maßnahme 7: Brennwertkessel ohne Dämmmaßnahmen plus solares Warmwasser mit einem solaren Deckungsgrad für die Warmwasserbereitung von 66 %.
- Maßnahme 8: Es wurde volle Dämmung und Einbau eines neuen Niedertemperatur-Ölkessels angenommen plus solare Warmwasserbereitung (66 % solarer Deckungsgrad).
- Maßnahme 9: Für den Nah- und Fernwärmeeinsatz mit Gesamtnutzungsgraden von 75 bis 85 % wird gegenüber dem alten Referenz-Ölkessel mit einem Nutzungsgrad von 77 % keine Einsparung angesetzt. Dies mag im Einzelfall nicht immer gerechtfertigt sein. Da aber bei den anderen Maßnahmen z. T. eher etwas zu optimistisch gerechnet wird, werden die bei Maßnahme 9 vernachlässigten Einsparungen kompensiert.
- Maßnahme 10: Installation einer Wärmepumpe. Hier wird eine Elektrowärmepumpe unterstellt, mit einer Primärenergiekennzahl von ca. 1. Die Gesamteinsparung ist wegen des sehr kleinen Anteils der Wärmepumpen an der Förderung vernachlässigbar.
- Maßnahme 11: Niedrigenergiehaus. Diese Maßnahme fällt etwas aus dem Rahmen des KfW-Programms, da es sich hier um Neubauten handelt. Da der Heizenergieverbrauch dieser Gebäude 30 % niedriger sein soll als die geltende Wärmeschutzverordnung, wurde eine Einsparrate von 28 kWh/m²a angesetzt.
- Die Flächenanteile der einzelnen Gebäudekategorien werden nach dem folgenden Schlüssel aufgeteilt (Gülec T. et al., 1994):

EFH-A bis -E:	296 Mio. qm	22 %
RDH-B bis -E	525 Mio. qm	39 %
KMH-A bis -E	306 Mio. qm	22 %
<u>GMH-B bis -E</u>	<u>237 Mio. qm</u>	<u>17 %</u>
	1.364 Mio. qm	100 %

Spezifische Endenergieeinsparungen der Einzelmaßnahmen

Tabelle 2.7 zeigt, daß von den Dämmmaßnahmen (Nr. 1 bis 4) die Außenwanddämmung bei freistehenden Einfamilienhäusern (EFH) und bei Mehrfamilienhäusern (KMh und GMh) die höchsten Endenergieeinsparungen erzielt. Im Falle der Reihendoppelhäuser (RDH) ist wegen des kleinen Verhältnisses von Außenwandfläche zu Fensterfläche der Fensteraustausch wesentlich energiesparender als die Außenwanddämmung. Wegen des relativ hohen Anteils am Bestand von 39 % werden die Einsparungen des gewichteten Durchschnittsgebäudes (Spalte „e“ in Tabelle 2.7) stark von diesem Gebäudetyp geprägt.

Interessant ist, daß der Einbau eines Brennwertkessels bei den Gebäuden EFH, RDH und KMh - das sind 83 % des Bestandes - mehr Energie einspart als eine Außenwanddämmung. Die Installation eines Brennwertkessels ist eine sehr effektive Maßnahme, die darüber hinaus auch noch relativ kostengünstig ist.

Werden alle vier Dämmmaßnahmen zusammen durchgeführt, dann werden je nach Gebäude Einsparungen von 180 bis 270 kWh/m²a erreicht. Bezogen auf den Endenergieverbrauch im Urzustand von 300 bis 420 kWh/m²a (Raumwärme plus Warmwasser) betragen die erreichbaren Einsparraten 60 bis 65 %.

Im günstigsten Fall, wenn alle Dämmmaßnahmen und ein Kesselaustausch durchgeführt werden und wenn auch noch eine Solaranlage installiert wird (Maßnahme 8), kann an einzelnen Gebäuden eine Einsparung von immerhin ca. 70 bis fast 80 % erreicht werden.

Die niedrigste Einsparung wird durch Maßnahme 10 (Niedrigenergiehaus) erzielt, weil hier die Wärmeschutzverordnung von 1995 mit ihrem relativ hohen Standard als Referenz dient. Würde man z. B. ein altes Einfamilienhaus durch entsprechende Dämmung auf den Niedrigenergiehaus-Standard bringen, dann könnten ohne Heizungs austausch statt 28 kWh/m² bis 270 kWh/m² eingespart werden.

Nr.	Maßnahme	a	b	c	d	e
		EFH	RDH	KMH	GMH	Durchschn.
		Anteil 22 % kWh/m ² a	Anteil 39 % kWh/m ² a	Anteil 22 % kWh/m ² a	Anteil 17 % kWh/m ² a	(gewichtet) kWh/m ² a
1	Außenwand	89	43	80	109	72
2	Fenster	85	111	64	71	88
3	Dach	86	37	62	7	48
4	Kellerdecke	19	40	8	4	22
5	BWK (Gas)	107	96	89	78	94
6	NT Kessel + Dämmung	302	251	238	207	252
7	BW Kessel + Solar	136	124	118	107	122
8	NTK+Solar +Dämmung	331	279	267	236	280
9	Nah-, Fernwärme	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
10	Wärmepumpe	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
11	Niedrigenergiehaus	30	30	25	25	28

Tabelle 2.7: Spezifische Endenergieeinsparung der Einzelmaßnahmen

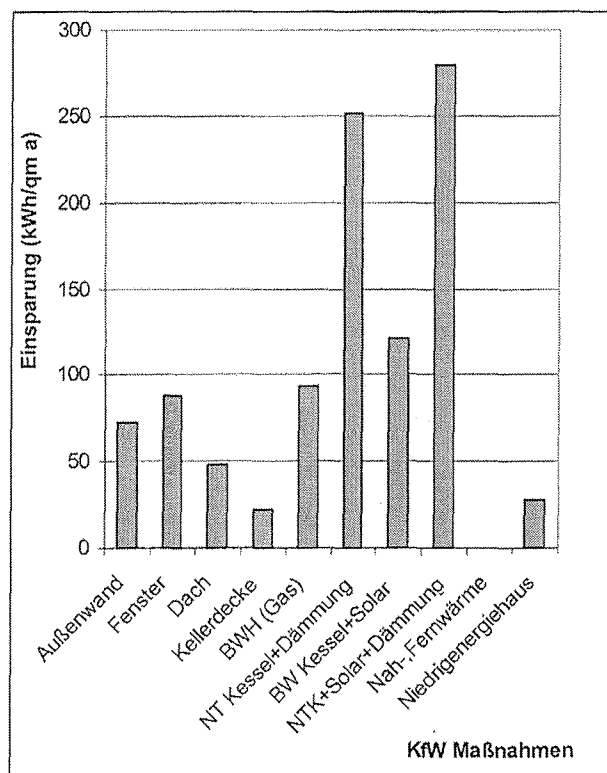


Abbildung 2.1: Mittlere spezifische Endenergieeinsparung der verschiedenen Einzelmaßnahmen

2.4 Hochrechnung der Energieeinsparung auf ein Fördervolumen von 5 Mrd. DM Gesamteinsparungen von 1996 bis 1998

Die jährlichen Einsparungen ergeben sich aus den spezifischen Einsparungen, multipliziert mit den sanierten Wohnflächen. Diese Flächen und die jährlichen Einsparungen sind für die Einzelmaßnahmen in der folgenden Tabelle 2.8 dargestellt. Die Installation von Brennwertkesseln hat in allen Jahren im Vergleich zu den anderen Maßnahmen immer die höchsten Einsparungen erzielt.

Die kumulative Gesamteinsparung der Einzelmaßnahmen für den Förderzeitraum 01.01.1996 bis 31.07.1998 ist in Abbildung 2.2 zusammengefaßt. Die folgenden drei Einzelmaßnahmen decken 86 % der Gesamteinsparung ab: Installation von Brennwertkesseln (36 %), Außenwanddämmung (25 %) und Fensteraustausch (25 %).

	Spez. Einspg.	Sanierte Fläche	Gesamt- Einspg.	Sanierte Fläche	Gesamt- Einspg.	Sanierte Fläche	Gesamt- Einspg.
		1996	1996	1997	1997	1998 ¹⁾	1998 ¹⁾
	kWh/m ² a	Mio. m ²	PJ	Mio. m ²	PJ	Mio. m ²	PJ
1 Außenwand	72	2,816	0,730	1,394	0,361	0,551	0,143
2 Fenster	88	2,338	0,741	1,149	0,364	0,374	0,118
3 Dach	48	0,606	0,105	0,295	0,051	0,127	0,022
4 Kellerdecke	22	0,045	0,004	0,025	0,002	0,010	0,001
5 BWK (Gas)	94	2,777	0,940	1,774	0,600	0,657	0,222
6 NTK + Dämmung	252	-	-	0,353	0,320	0,128	0,116
7 BW Kessel + Solar	122	-	-	0,024	0,011	0,023	0,010
8 NTK+Solar+Dämm.	280	-	-	0,004	0,004	0,004	0,004
9 Nah-, Fernwärme	-	-	-	0,025	-	0,009	≈ 0
10 Wärmepumpe	-	-	-	-	-	0,0006	≈ 0
11 Niedrigenergiehaus	28	-	-	-	-	0,157	0,016
12 Keine Zuordnung	-	-	-	-	-	-	0,033 ²⁾
Summe	-	8,582	2,520	5,043	1,713	2,040	0,685

1) 1. 1. bis 31. 7. 1998

2) Mit den Zusagebeträgen gewichtet

Tabelle 2.8: Hochrechnung der Energieeinsparung bis 31. 7. 1998

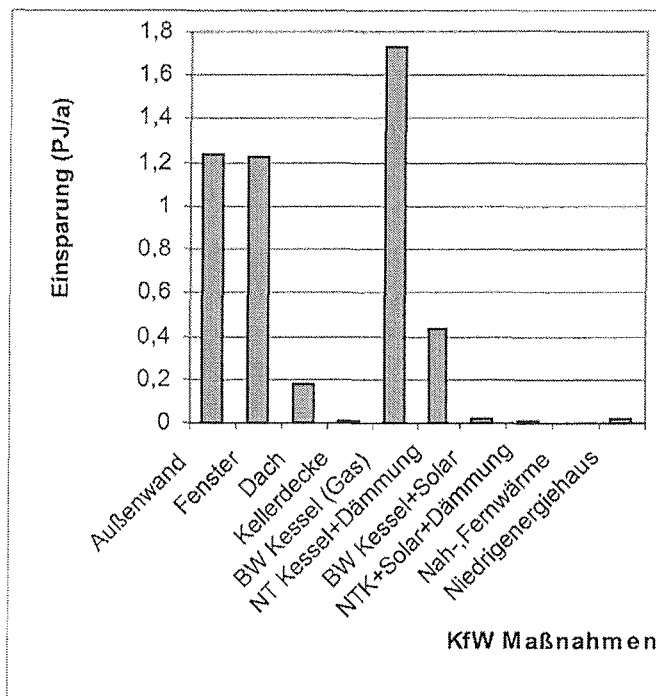


Abbildung 2.2: Gesamte Endenergieeinsparung der Einzelmaßnahmen (1.1. 1996 – 31.7. 1998)

Gesamteinsparungen für das Fördervolumen von 5 Mrd. DM

Die Kreditzusagen für die rund 2,5 Jahre vom Programmbeginn bis Mitte 1998 betrugen 2,8 Mrd. DM. Für 1998 wurde der Betrag von 491 Mio. DM mit 12/7 auf 0,841 Mrd. DM hochgerechnet. Für die folgenden Jahre 1999 und 2000 ist dann die Differenz zu 5 Mrd. DM je zur Hälfte angesetzt worden. Dies entspricht einem Jahreswert von je 0,92 Mrd. DM (grauer Bereich in Tabelle 2.9).

Die bis 2000 angestoßenen Investitionen wurden mit dem aktuellen Faktor 2,87 hochgerechnet (vgl. Tabelle 2.9). Das Verhältnis von berechneter Energieeinsparung zu Kredit-Zusagen variiert von 1,8 PJ/Mio. DM im Jahre 1996 über 1,9 PJ/Mio. DM (1997) und 1,4 PJ/Mio. DM für das erste Halbjahr 1998. Der niedrigere Wert für 1998 ist durch die Niedrigenergiehaus-Förderung verursacht, die eine sehr geringe anrechenbare Einsparung hat, aber erhebliche Fördermittel beansprucht. Für das erste Halbjahr 1998 war dies nach Tabelle 1.9 schon die viertteuerste Einzelmaßnahme. Da die Förderstruktur von 1998 wahrscheinlich auch in Zukunft zu erwarten ist, wird die Energieeinsparung bis 2000 mit dem Verhältnis 1,4 PJ/Mio. DM in der letzten Spalte von Tabelle 2.9 hochgerechnet.

Jahr	Kreditmittel	Angestoßene Investitionen	Investition/Zusagen	Energieeinsparung
	Mio. DM	Mio. DM	-	PJ/a
1996	1.425	2.352	1,65	2,520
1997	894	1.563	1,75	1,713
1998 bis 31. 7.	491	1.408	2,87	0,685
1998 bis 31.12.	841	2.414	2,87	1,174
1999	920	2.640	2,87	1,284
2000	920	2.640	2,87	1,284
Summe	5.000	11.609	2,32	7,975

Der graue Bereich kennzeichnet die hochgerechnete Entwicklung

Tabelle 2.9: Kredit-Zusagen, Investitionen und Endenergieeinsparung von 1996 bis 2000

Die Gesamteinsparung des 5 Mrd. Förderprogramms beträgt 7,975 PJ. PROGROS (1995) erwartet für das Jahr 2000 in den alten Bundesländern für Raumwärme und Warmwasser einen Gesamtverbrauch der Haushalte von 1.929 PJ. Bezogen auf diesen Verbrauch beträgt die Energieeinsparung durch das KfW-Programm rund 0,4 %.

2.5 Umrechnung der Energieeinsparung auf die einzelnen Energieträger

Zuordnungskriterien für die Energieeinsparungen

In den Kapiteln 2.3 und 2.4 wurde Endenergieeinsparung für die zugrunde gelegten Referenzsysteme berechnet. Eine Zuordnung zu bestimmten Energieträgern wurde noch nicht vorgenommen. Diese Umrechnung der Einsparungen auf Öl, Gas, Kohle und Strom (Nachtspeicher) erfolgt nach drei unterschiedlichen Kriterien:

- Umlage nach dem Energieträgermix der Beheizungsstruktur. Die Prozentanteile für 1998 werden aus der PROGNOSE-Studie interpoliert. Dabei ist zu beachten, daß die Fernwärme, wie oben vereinbart, nicht mit eingeschlossen ist. Es ergibt sich folgender Schlüssel:

Fernwärme	zu Null gesetzt
Öl	43,7 %
Gas	43,7 %
Kohle	4,9 %
Strom	7,7 %

Diese Relationen werden für die Laufzeit des KfW-Programms konstant gehalten. Die Einsparungen, die nach diesem Kriterium umgelegt werden, sind in Tabelle 2.10 in der dritten Spalte mit "Mix" gekennzeichnet.

- Beim Brennwertkessel (Maßnahmen 5 und 7) erfolgt die Umlage nach den Prozentzahlen der substituierten alten Heizanlagen. Als Referenz für die Zuordnung dienen hierzu die folgenden Relationen: 65 % Öl, 20 % Kohle, 10 % Gas, und 5 % Strom (Nachtspeicher) (Quelle: Gasversorger). Auch dieser Schlüssel wird für die Laufzeit des KfW-Programms konstant gehalten. Die nach diesen Prozentzahlen umzulegenden Einsparungen sind in Tabelle 2.10 in der Spalte "Zuordnung" mit "BWK Subst." gekennzeichnet.
- Bei den Maßnahmen Nr. 6 und 8 (Einbau eines Niedertemperatur-Ölkessels) wird angenommen, daß 90 % der ersetzten Kessel alte Ölkessel waren. Diese Annahme ist gerechtfertigt, da es sehr unwahrscheinlich ist, daß Gaskesselbesitzer auf Öl umsteigen. Beim Rest von 10 % werden Kohleheizungen unterstellt. Die Einsparungen, die nach diesem Kriterium umgelegt werden, sind in der Tabelle 2.10 mit "Öl/Kohle" gekennzeichnet.

Nr.	Maßnahme ¹⁾	Zuordnung	Einsparung in PJ				
			1996	1997	1998	1999	2000
1	Außenwand	Mix	0,730	0,361	0,245	0,282	0,282
2	Fenster	Mix	0,741	0,364	0,202	0,232	0,232
3	Dach	Mix	0,105	0,051	0,038	0,044	0,044
4	Kellerdecke	Mix	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002
Σ 1 bis 4 plus 11			1,580	0,778	0,544	0,560	0,560
5	BWK (Gas)	BWK Subst.	0,940	0,600	0,380	0,437	0,437
6	NTK + Dämmung	Öl/Kohle	-	0,320	0,199	0,229	0,229
7	BWK + Solar	BWK Subst.	-	0,011	0,017	0,020	0,020
Summe 5 + 7			0,940	0,611	0,397	0,457	0,457
8	NTK+Solar +Dämm.	Öl/Kohle	-	0,004	0,007	0,008	0,008
Summe 6 + 8			-	0,324	0,206	0,237	0,237
9	Nah-, Fernwärme	-	-	-	-	-	-
11	Niedrigenergiehaus	Öl/Gas 50/50	-	-	0,027	0,031	0,031
12	Keine Zuordnung	Mix	-	-	0,057	-	-
Summe			2,520	1,713	1,174	1,284	1,284

1) ohne Maßnahme 10 (Anteil ist zu gering)

Tabelle 2.10: Energieeinsparung der Maßnahmen und Zuordnungskriterium

Umrechnung der Gesamteinsparung von 1996 bis 2000 auf einzelne Energieträger

Die Einsparungen, die bisher in PJ angegeben sind, werden nun auf die einzelnen Energieträger Öl, Gas, Kohle und Strom umgelegt. Die Teilsummen der Einsparungen nach Tabelle 2.10 (graue Bereiche) werden entsprechend den obigen Relationen (Schlüsseln) aufgeteilt. Dies ist beispielhaft für 1996 in Tabelle 2.11 gezeigt. Die jeweilige Gesamteinsparung ist in den beiden letzten Spalten zusammengefaßt. Für die anderen Jahre wird in gleicher Weise vorgegangen. In Tabelle 2.12 sind dann die Ergebnisse für die einzelnen Jahre und kumulativ für die zugrunde gelegte Kreditsumme von 5 Mrd. DM zusammengestellt

	Mix	BWK Subst.	Öl/Kohle	Gesamte Einsparung	
	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	%
Öl	0,690	0,611	-	1,301	51,6
Gas	0,690	0,094	-	0,784	31,1
Kohle	0,078	0,188	-	0,266	10,6
Strom (Nachtspe.)	0,122	0,047	-	0,169	6,7
Summe	1,580	0,940	-	2,520	100

Tabelle 2.11: Einsparung nach Energieträgern für das Jahr 1996

Stromverbrauch für Regelung und Pumpen

In Tabelle 2.12 ist noch der Stromverbrauch der Regelung und der Pumpen erfaßt. Nach PROGROS, 1995 beträgt der mittlere Stromverbrauch der Öl- und Gaszentralheizungen umgerechnet für das Jahr 1992 rund 0,61 kWh/m². Für die Stromeinsparung durch neue Pumpen entsprechend der Heizungsanlagenverordnung kann man rund 25 % bezogen auf die Altanlagen ansetzen (ISI et al., 1993). Gegenüber den alten Anlagen wird die Einsparung der Pumpe jedoch durch einen etwas höheren Verbrauch der Regelung zu einem kleinen Teil wieder kompensiert. Deshalb wird hier nur mit 20 % oder 0,12 kWh/m² gerechnet. Zur Ermittlung der gesamten Stromeinsparung wird die spezifische Einsparung von 0,12 kWh/m² mit den sanierten Wohnflächen für den Kesselaustausch multipliziert. Die erzielbare Stromeinsparung ist in der vorletzten Zeile von Tabelle 2.12 dargestellt.

	1996	1997	1998	1999	2000	1996-2000*	
	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	%
Öl	1,301	1,029	0,694	0,770	0,770	4,564	57,2
Gas	0,784	0,401	0,292	0,307	0,307	2,091	26,2
Kohle	0,266	0,191	0,106	0,118	0,118	0,799	10,0
Strom (Nachtspeicher)	0,169	0,091	0,083	0,090	0,090	0,523	6,6
Strom (normal)	0,0012	0,0009	0,0004	0,0006	0,0006	0,0037	-
Summe	2,521	1,714	1,174	1,285	1,285	7,981	100

*kumuliert

**Tabelle 2.12: Jährliche Einsparung nach Energieträgern bis 2000
(für 5 Mrd. DM Kreditvolumen)**

Die letzte Spalte von Tabelle 2.12 zeigt die prozentuale Aufteilung der kumulativen Einsparung. Öl ist mit rund 57,2 % am stärksten betroffen. Der Prozentsatz des jeweils nächsten Energieträgers in Tabelle 2.12 halbiert sich etwa in Bezug auf den vorangehenden Energieträger. Der Strom hat mit rund 6,6 % den geringsten Anteil.

2.6 Berechnung der CO₂-Einsparung bei den Konsumenten

Eine CO₂-Minderung ergibt sich aus zwei Effekten:

- Energieeinsparung durch Wärmedämmung und Heizungsaustausch
- CO₂-Einsparung durch Brennstoffwechsel

CO₂-Einsparung durch Energieeinsparung

Es wird nur die CO₂-Minderung berechnet, die sich aus der Verringerung des Verbrauchs von Öl, Gas, Kohle und Strom bei den Konsumenten ergibt. Dazu werden die Energieeinsparungen der verschiedenen Energieträger aus Tabelle 2.12 mit den zugehörigen CO₂-Koeffizienten multipliziert. Die so ermittelten CO₂-Einsparungen sind in Tabelle 2.13 zusammengestellt.

CO₂-Einsparung durch Brennstoffwechsel

Dies betrifft insbesondere den Wechsel von Öl, Kohle und Strom zu Gas beim Einbau von Brennwertkesseln. Durch die Brennwertkessel werden rund 60 % alte Ölkessel ersetzt, 20 % alte Kohlekessel, 5 % Elektroheizungen und 15 % alte Gasheizungen. Für die CO₂-Einsparung ist die Differenz der CO₂-Koeffizienten von Öl, Kohle und Strom zu Gas maßgebend. Werden die Einzeldifferenzen mit den obigen Prozentanteilen gewichtet, dann ergibt sich eine mittlere Differenz von 26.980 PJ/t. Die gesamte CO₂-Einsparung durch Brennstoffwechsel ergibt sich dann durch Multiplikation mit dem Energieverbrauch derjenigen Brennwertkessel, die Öl, Kohle und Strom ersetzt haben. Diese Energieverbräuche betragen 2,5 PJ (1996), 1,6 PJ (1997), 1,0 PJ (1998), 1,1 PJ (1999) und 1,1 PJ (2000). Die gesamten CO₂-Einsparungen sind in Tabelle 2.13 dargestellt.

	CO ₂ Koeff.	1996	1997	1998	1999	2000	1996-2000 (kumuliert)	
	t/PJ	Mio. t/a	Mio. t/a	Mio. t/a	Mio. t/a	Mio. t/a	Mio. t/a	%
Öl	73.750	0,096	0,076	0,051	0,057	0,057	0,337	40,8
Gas	55.700	0,044	0,022	0,016	0,017	0,017	0,116	14,0
Kohle	108.190	0,029	0,021	0,011	0,013	0,013	0,087	10,5
Strom (Nachtsp.)	168.800	0,0285	0,0154	0,0140	0,0152	0,0152	0,0883	10,7
Strom (normal)	168.800	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0005	0,1
Brennstoffwechsel	26.980	0,067	0,043	0,027	0,030	0,030	0,197	23,9
Summe	-	0,265	0,178	0,119	0,132	0,132	0,826	100

**Tabelle 2.13: Jährliche CO₂ Einsparung bei den Konsumenten
(für 5 Mrd. DM Kreditvolumen)**

Nach PROGNOSE, 1995 kann man im Jahr 2000 für den Haushaltssektor der alten Bundesländer eine CO₂ Emission von ca. 97 Mio. Tonnen erwarten. Davon entfallen rund 90 % auf die

Raumwärmebereitstellung und 10 % auf die Warmwasserbereitung. Die Einsparung durch das KfW-Programm von 0,826 Mio. Tonnen bedeutet dann einen relativen Anteil von 0,85 %.

2.7 Literatur für Kapitel 2

- Gülec T. et al. (1994), Energieeinsparpotential im Gebäudebestand durch Maßnahmen an der Gebäudehülle, IKARUS Projektbericht, Teilprojekt 5 "Haushalte und Kleinverbraucher", Band 5-22, Forschungszentrum Jülich.
- Heckler R., Kolb G. (1997), IKARUS Raumwärmemodell, Projektbericht, Forschungszentrum Jülich, STE in Zusammenarbeit mit TU-München, IfE.
- KfW (1997), KfW-Programm zur CO₂-Minderung, Kreditanstalt für Wiederaufbau, Informationsblatt 10/97, Frankfurt.
- KfW (1998), Schriftliche Anmerkungen der KfW zum Zwischenbericht vom 26.11.1998.
- PROGNOS (1995), Die Energiemärkte Deutschlands im zusammenwachsenden Europa - Perspektiven bis zum Jahr 2020, Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Basel.
- Rathert P. (1995), Wärmeschutzverordnung und Heizungsanlagenverordnung, Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Köln.
- ISI, Ifo und GEU (1993), Analyse von Hemmnissen und Maßnahmen für die Verwirklichung von CO₂-Minderungsziele, Schlußbericht an die Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre", Karlsruhe, München, Leipzig.

3. Schätzung der CO₂-Einsparungen und der Beschäftigungseffekte im Produktionsbereich mit dem Input-Output-Modell

3.1 Methodisches Vorgehen und Wirkungskette des KfW-Programms

Über die direkten Effekte im Hinblick auf Energieträger und CO₂-Emissionen im Bereich der Raumwärmeerzeugung induziert das Investitionsförderprogramm volkswirtschaftliche Effekte im güterwirtschaftlichen Bereich. Das KfW-Programm induziert investive Maßnahmen und weitere Effekte, die als zusätzliche Endnachfrage Aktivitäten der Produktionssektoren anregen. Die zusätzliche Endnachfrage, die das Ausmaß der induzierten volkswirtschaftlichen Produktion bestimmt, ergibt sich als Summe z. T. gegenläufiger Einzeleffekte des KfW-Programms (Pfaffenberger, 1997):

- Investitionseffekt: Nachfrage für Investitionen in neue Bauten/Anlagen löst Produktionseffekte direkt in den produzierenden Sektoren aus.
- Verdrängungseffekt: Bisher genutzte Brennstoffe/Energieträger werden durch den Einsatz von Kapitalgütern oder anderer Energieträger substituiert. Betroffen sind davon die Brennstoff- (Energieträger)-Produzenten sowie -händler, die eine geringere Nachfrage verzeichnen.
- Betriebseffekt: Für neu installierte Anlagen können für Wartung und Betrieb neue Anforderungen bestehen. Betroffen sind Handwerks- und ggf. Dienstleistungsunternehmen, die eine veränderte Nachfrage verzeichnen.
- Budgeteffekt: Durch eine Nettobelastung (-entlastung) der Haushalte werden konsumtive Ausgaben verdrängt (ermöglicht). Der Nettoeffekt kann über die eingesparten Energieträger und die laufende Kredittilgung ermittelt werden. Für den Unternehmensbereich Wohnungsvermietung kann nach Maßgabe der Wirtschaftlichkeit von Investitionen eine Nettoentlastung unterstellt werden. Die Nettoentlastung kann zu höheren Investitionen im Wohnungsbaubereich führen.

Die folgende Analyse konzentriert sich auf den Investitions- und den Verdrängungseffekt (Abbildung 3.1). Das Ausmaß der Betriebseffekte erscheint für eine Gesamtbetrachtung vernachlässigenswert. Insbesondere Maßnahmen zur Wärmedämmung führen nach der Investitionsphase nicht zu Wartungs- und Betriebsaufwand. Der Budgeteffekt läßt sich anhand der vorliegenden Informationen nicht hinreichend quantifizieren. Insbesondere im Bereich der privaten Hausbesitzer läßt sich nicht feststellen, ob die Durchführung der Maßnahmen Ergebnis einer Rentabilitätsrechnung oder Ausdruck ökologischen Bewußtseins sind.

Einer weitergehenden Quantifizierung entziehen sich dynamische Effekte, die zu einer Veränderung des Marktes führen, ebenso wie Außenhandelseffekte, die sich über den Im- und Export von Anlagen abzeichnen, sowie ein internationaler Budgeteffekt über die geringeren Deviseneinnahmen der Exporteure von Primärenergieträgern.

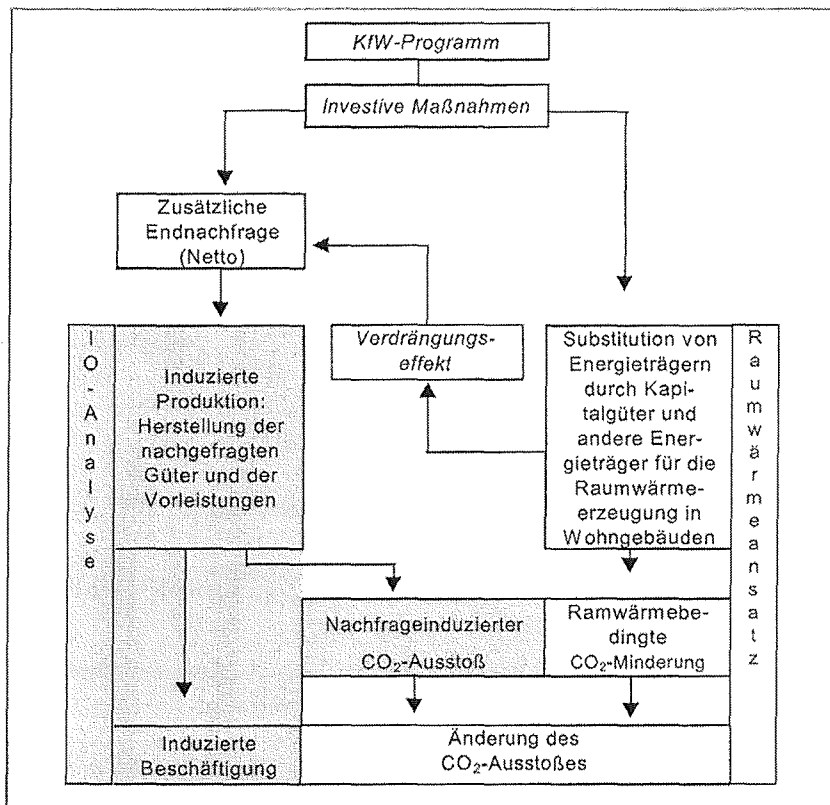


Abbildung 3.1: Wirkungskette des KfW-Investitionsprogramms

Die zusätzliche Endnachfrage löst im weiteren über die Vorleistungsverflechtung der Produktionssektoren weitere Aktivitäten aus. Über die Wirkungsrichtung und die Größenordnung des Gesamteffektes kann eine Aussage erst nach Analyse der Einzeleffekte gemacht werden. Tabelle 3.1 gibt Auskunft über die Wirkungsrichtungen der Einzeleffekte.

	Produktion	CO ₂ -Emission	Beschäftigung
Investitionseffekt	+	+	+
Verdrängungseffekt	-	-	-

+: Erhöhung, -: Verringerung

Tabelle 3.1: Wirkungsrichtungen von Einzeleffekten

Unter dynamischer Betrachtung gilt es, die Einzeleffekte bei unterschiedlicher Wirkungsdauer zu verrechnen (Abbildung 3.2). Investitionseffekte wirken nur in dem begrenzten Zeitraum der Investitionsphase. Verdrängungseffekte dagegen orientieren sich in ihrer Wirkungszeit an der technischen Lebensdauer der Anlagen. Um Doppelzählungen zu vermeiden, muß bei differenzierter Analyse die Restlebensdauer zu ersetzender Altanlagen betrachtet werden, da

nach Ablauf dieser Zeit ohnehin eine Investition in eine neue Anlage modernen Typs anzunehmen ist.

1996	1997	1998	...	...	...	...	...	...	...	t
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
y	y	y								
z ₁	z ₁	z ₁								
z ₂	z ₂	z ₂	z ₂	z ₂	z ₂	z ₂	z ₂	z ₂	z ₂	

mit x: jährliche CO₂-Reduktion durch Verdrängungseffekt
y: jährlicher CO₂-Anstieg durch Investitionseffekt
z₁: jährlicher Beschäftigungseffekt durch Investitionseffekt
z₂: jährlicher Beschäftigungseffekt durch Verdrängungseffekt

Abbildung 3.2: Dynamische Aspekte von Einzeleffekten

3.2 Input-Output-Modell als Basis der ökonomischen Analyse der Beschäftigungswirkung und der nachfrageinduzierten CO₂-Emissionen

Input-Output-Modelle in der empirischen Forschung

Input-Output-Modelle zählen zu den traditionellen Verfahren der empirischen Wirtschaftsforschung. Sie finden seit den 60er Jahren Anwendung vor allem bei struktur-, energie- und auch umweltpolitischen Fragestellungen.² Mit zunehmender Bedeutung der Beschäftigungsproblematik als auch der Umweltbelastung wird der Ansatz insbesondere auch für beschäftigungs- und umweltpolitische Fragestellungen verwendet.³

Die Input-Output-Analyse ermöglicht es, die Auswirkungen externer Impulse auf wichtige makroökonomische Größen wie Wertschöpfung und Beschäftigung zu quantifizieren. Die hierfür notwendige Datenbasis wird durch Input-Output-Tabellen zur Verfügung gestellt, die weltweit zum Standard volkswirtschaftlicher Statistiken gehören und regelmäßig, allerdings zumeist mit einer Zeitverzögerung von ≥ 2 Jahren, aktualisiert werden. Diese gute Verfügbarkeit des für eine empirische Analyse erforderlichen Zahlenmaterials hat dazu beigetragen, daß die Input-Output-Analyse häufig und zu sehr unterschiedlichen Themen (Wirtschaftsstruktur,

² Mit dem Einsatz von Input-Output-Modellen werden insbesondere Vorteile hinsichtlich einfacher Erstellung, möglicher Erweiterungen, universeller Anwendung, einfacher und konsistenter logischer Struktur, Zugriff auf amtliche Statistiken sowie guter Interpretationsmöglichkeit verbunden. Vgl. Pfaffenberger (1995).

³ Vgl. z.B. Spitznagel (1976), Löbke/Rettig, (1985) und Belitz/Edler (1998). Zu Beschäftigungseffekten des Einsatzes erneuerbarer Energieträger oder Maßnahmen des rationellen Energieeinsatzes vgl. Hohmeyer/Jochem/Garnreiter/Mannsbart (1985), Mohr/Ziegelmann/Unger (1995) und Pfaffenberger (1997). Zu Beschäftigungswirkungen des Exports fortschrittlicher kohlebasierter Stromerzeugungstechniken vgl. Kuckshinrichs/ Schwarz/Müller-Kirchenbauer (1998). Zu umweltrelevanten Effekten vgl. Hohmeyer/Kirsch/Vögele (1997) und Proops/Faber/Wagenhals (1993).

Energieeinsatz, außenwirtschaftliche Verflechtungen, Einkommensverteilung, Arbeitsmarktforschung etc.) als Instrument eingesetzt wird.

Input-Output-Tabellen beschreiben eine Volkswirtschaft, indem sie sämtliche Güterströme, die zwischen den einzelnen Sektoren einer Volkswirtschaft fließen, sowie Importe und Exporte darstellen. Sie zeigen somit die wechselseitigen wirtschaftlichen Beziehungen zwischen den Akteuren einer offenen Volkswirtschaft. Dies geschieht aber in einer hochaggregierten Form, da jeweils eine Vielzahl einzelner Wirtschaftseinheiten zu möglichst homogenen Sektoren zusammengefaßt wird (vgl. Holub et al., 1982).

Das statistische Bundesamt, eine der Institutionen in Deutschland, die Input-Output-Tabellen aufstellen, formuliert dies so: "Entsprechend der speziellen Aufgabe der Input-Output-Tabellen, ein quantitatives Bild der produktions- und gütermäßigen Verflechtung in der Volkswirtschaft zu geben, zeigen diese Tabellen im einzelnen:

- wie sich das gesamte Aufkommen an Gütern (Waren und Dienstleistungen) aus inländischer Produktion und aus der Einfuhr auf Gütergruppen verteilt,
- wie diese Güter verwendet werden, wobei zwischen der intermediären Verwendung (Verbrauch von Vorleistungsgütern) der einzelnen produzierenden Bereiche und der letzten Verwendung (Privater Verbrauch, Staatsverbrauch, Anlageinvestitionen, Vorratsveränderung und Ausfuhr) unterschieden wird,
- welche Einkommen im Zuge der Produktion in den einzelnen produzierenden Bereichen entstanden sind" (Statistisches Bundesamt, 1995).

Diese Zusammenhänge sind in der folgenden Abbildung 3.3 im Überblick dargestellt. Die einzelnen Quadranten in Abbildung 3.3 lassen sich in folgender Weise charakterisieren:

- Der erste Quadrant zeigt die Vorleistungsverflechtung der Volkswirtschaft und erfaßt somit diejenigen (inländischen) Waren- und Dienstleistungsströme, die zwischen den n Produktionsbereichen des betrachteten Wirtschaftsgebietes in einer bestimmten Periode geflossen sind. Das Element x_{ij} dieses Quadranten beschreibt die Vorleistungslieferungen des Sektors i an den Sektor j . Aus den Zeilensummen des Quadranten lassen sich die gesamten Vorleistungslieferungen (Zwischennachfrage $x_{i\cdot}$) und aus den Spaltensummen die gesamten Vorleistungsbezüge (inländische Vorleistungen $x_{\cdot j}$) eines Sektors entnehmen.
- Aus dem zweiten Quadranten gehen die Lieferungen der n Produktionsbereiche an die Endnachfragebereiche hervor. Die Endnachfragematrix enthält den Teil der inländischen Lieferungen, die den verschiedenen Formen der letzten Verwendung zugeführt werden. Aus den Zeilensummen können die Lieferungen für die Endnachfrage (y_i) entnommen werden.

		OUTPUT →								C G I V E				P R O D U K T I O N S W E R T					
		1	...	j	...	n													
I N P U T ↓	1	x_{11}		x_{1j}		x_{1n}	y_{1C}				y_{1E}				x_1				
	...	Vorleistungsmatrix I											Endnachfragebereiche II				x_i		
	i																		
	...																		
	n	x_{n1}		x_{nj}		x_{nn}	y_{nC}				y_{nE}				x_n				
M A T R I X	M	p_{M1}		p_{Mi}		p_{Mn}	q_{MC}				q_{ME}				p_M				
	A	Primäre Inputs III											IV						
	T																		
	B																		
	Q	p_{Q1}		p_{Qi}		p_{Qn}	q_{QC}				q_{QE}				p_Q				
		Produktionswert																	
		x_1		x_i		x_n	y_C				y_E				z				

Endnachfrage: C: Privater Verbrauch

G: Öffentlicher Verbrauch

I: Anlageinvestitionen

V: Vorratsveränderungen

E: Exporte

Primäre Inputs: M: Importe

A: Abschreibungen

T: Indirekte Steuern – Subventionen

B: Einkommen aus unselfst. Tätigkeit

Q: Bruttoeinkommen aus Unternehmertätigkeit und Vermögen

Abbildung 3.3: Schematischer Aufbau einer Input-Output-Tabelle

- Den Bezug der n Produktionssektoren an Vorleistungen aus anderen Wirtschaftsgebieten (Importe) sowie die Beiträge dieser Produktionsbereiche zur Bruttowertschöpfung zeigt der dritte Quadrant (primäre Inputs). Für die Wertschöpfung wird folgendes Berechnungsverfahren verwendet:

	Einkommen aus unselfständiger Arbeit
+	Einkommen aus Unternehmertätigkeit und Vermögen
Σ	Nettowertschöpfung zu Faktorkosten
+	Produktionssteuern abzüglich Subventionen
Σ	Nettowertschöpfung zu Marktpreisen
+	Abschreibungen
Σ	Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen
+	Vorleistungen
Σ	Produktionswert

- Im vierten Quadranten sind die Beziehungen zwischen den primären Inputs und der Endnachfrage aufgeführt. Dazu zählen auch die Bezüge der Endnachfragekomponenten aus anderen Wirtschaftsgebieten sowie Korrekturposten.

Das erweiterte, offene statische Leontief-Modell zur Bestimmung der von einer Endnachfragevariation ausgehenden Produktions-, Beschäftigungs- und Emissionseffekte

Statische Input-Output-Analysen basieren auf einer gegebenen volkswirtschaftlichen Produktionsstruktur, die für alle im Rahmen der komparativ-statischen Analyse betrachteten Zeitpunkte unverändert bleibt. Dies setzt voraus, daß aufgrund der Produktionstechniken nur jeweils ein ganz bestimmtes Einsatzverhältnis der Produktionsfaktoren möglich bzw. ökonomisch sinnvoll ist, d.h. daß eine limitationale (Leontief-) Produktionsfunktion vorliegt.

Die folgende Box zeigt die wesentlichen mathematischen Elemente der Input-Output-Methodik zur Analyse von Produktions-, Beschäftigungs- und Emissionswirkungen von Nachfragevariationen.⁴ Der Vektor der Produktionswerte x kann unter Vorgabe des Vektors der Endnachfrage y und der Matrix der Input-Koeffizienten A bestimmt werden.

Effekt		Datenquelle
Produktion $x = (I - A)^{-1} \cdot y$ x : Produktionswert A : Matrix der Input-Koeff. $(I-A)^{-1}$: Leontief-Inverse y : Nachfragevektor	$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots \\ & \dots & a_{ij} & \dots \\ \vdots & & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$	A_{1993} : Input-Output-Tabelle des Statistischen Bundesamtes y : Nachfragevektor aus Investitions- und Verdrängungseffekt
Beschäftigung $E = (I - A)^{-1} \cdot L \cdot y$ $= L \cdot x$ L : Diagonalmatrix der Arbeitskoeffizienten	$L = \begin{pmatrix} l_{11} & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & \dots & l_{ij} & \dots & 0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & l_{nn} \end{pmatrix}$ $l_i(t) = l_i(0) \cdot (1 - r_i)^t$	L_{1993} : Input-Output-Tabelle des Statistischen Bundesamtes r_i : Literatur, erwartete sektorale Entwicklung der Arbeitsproduktivität
CO₂-Emission $EM = (I - A)^{-1} \cdot F \cdot y$ $= F \cdot x$ F : Diagonalmatrix der CO ₂ -Koeffizienten	$F = \begin{pmatrix} f_{11} & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & \dots & f_{ij} & \dots & 0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & f_{nn} \end{pmatrix}$	F_{1993} : Input-Output-Tabelle des Statistischen Bundesamtes

⁴ Für detailliertere Erläuterungen der Methodik vgl. Anhang Kapitel 3.

Eine Erweiterung der Grundform um Arbeitskoeffizienten erlaubt die Bestimmung der durch eine Variation der Endnachfrage induzierten Beschäftigungseffekte. Um der Produktivitätsentwicklung in einzelnen Sektoren Rechnung zu tragen, kann der Arbeitskoeffizient entsprechend dem Faktor r der zunehmenden Arbeitsproduktivität korrigiert werden. Unter Einbezug der CO_2 -Koeffizienten können in gleicher Weise die durch eine Variation der Endnachfrage induzierten Emissionseffekte bestimmt werden.

Hauptdatenquelle für die Input-Koeffizienten sowie die Beschäftigungs- und Emissionskoeffizienten ist die vom Statistischen Bundesamt regelmäßig veröffentlichte Input-Output-Tabelle für die Bundesrepublik Deutschland. Der Vektor der hier durch das KfW-Programm induzierten Endnachfrage muß außerhalb des Input-Output-Modells ermittelt werden.

Modellbeschränkungen

Bei Beschäftigungsanalysen, die auf der Input-Output-Technik beruhen, sind Modellbeschränkungen für die Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen. Die wichtigste betrifft die Linearitätsannahme (Holub/Tappeiner, 1982). Aus der Linearitätsannahme folgt, daß die notwendige Arbeitskraft streng proportional zum Produktionsvolumen eines Sektors steigt. Aus der Literatur und der Praxis ist bekannt, daß diese Annahme nur approximativ gelten kann:

- Vielfach ist Produktionstechnik nicht strikt linear. Economies of scale führt dazu, daß zusätzlicher Output mit durchschnittlich weniger Beschäftigten produziert werden kann.
- Wenn zusätzliche Nachfrage einen nennenswerten Umfang erreicht, kann es für eine Unternehmung sinnvoll sein, eine andere, neue Technologie einzusetzen mit der Folge, daß Arbeit durch Kapital substituiert wird.
- Eine Reihe von Arbeiten sind nicht direkt von der Produktionsmenge abhängig. Dies betrifft insbesondere Verwaltungstätigkeiten.
- Bei einer Abbildung des Arbeitseinsatzes in beschäftigten Personen im Jahresdurchschnitt können bestehende Unterauslastungen nicht erfaßt werden. Bei Unterauslastung wird zusätzliche Nachfrage zuerst durch Auslastung verfügbarer Kapazitäten bedient. Aus der Praxis ist bekannt, daß selbst bei guter Auslastung zusätzliche Nachfrage nicht direkt zu mehr Beschäftigten führen muß, da Überstunden oder kurzfristige Produktivitätssteigerung zum Ausgleich von Güternachfrage und -angebot führen.

Die Anwendung von Input-Output-Modellen für beschäftigungspolitische Fragestellungen wird dennoch von Experten befürwortet. Die allgemeine Linearitätsannahme kann bei einer mittleren Betrachtungsdauer als sehr gute Näherung angesehen werden, sofern nicht außerordentliche Ereignisse (z.B. gravierende Erhöhung der Energiepreise) eintreten. Der notwendige Arbeitseinsatz wird wesentlich durch eine Veränderung der Arbeitsproduktivität bedingt. Insgesamt ergibt sich somit bei vorsichtiger Interpretation eine positive Einschätzung der Prognosequalität der Modelle.

In ähnlicher Weise werden auch Beschränkungen für die Interpretation der Ergebnisse hinsichtlich der Emissionseffekte diskutiert. Unter Beachtung dieser Randbedingungen befürwor-

ten aber auch hier Experten den Einsatz von Input-Output-Modellen für emissionsrelevante Fragestellungen.

3.3 Ermittlung des Vektors der zusätzlichen Nachfrage

Der Vektor der zusätzlichen Endnachfrage y wird für Investitionseffekt und Verdrängungseffekt zunächst getrennt berechnet.

Ermittlung des Vektors der zusätzlichen Nachfrage für den Investitionseffekt

Ausgangspunkt für die Ermittlung der zusätzlichen Endnachfrage durch den Investitionseffekt ist die Information seitens der KfW über das Ausmaß der durch das Programm angestoßenen Investitionen und deren Struktur. Kreditmittel über 5,0 Mrd. DM für den Zeitraum 1996 bis 2000 stoßen auf der Basis der KfW-Daten Investitionen in Höhe von 11,6 Mrd. DM an (vgl. Kap. 2.4, Tabelle 2.9). Die Differenz von 6,6 Mrd. DM bezieht sich auf Investitionsaufwand, der nicht durch das KfW-Programm kreditfinanziert wurde (vgl. Kapitel 1.5). Die Realisierung dieses Investitionsvolumens steht aber in engem sachlichen Zusammenhang mit den KfW-finanzierten Investitionen. Über Struktur und zeitliche Verteilung der angestoßenen Investitionen gibt Tabelle 3.2 Auskunft. Die Angaben zu den angestoßenen Investitionen beruhen somit auf den Angaben der Kreditnehmer.

Der Investitionseffekt erstreckt sich über den Zeitraum von 1996 bis 2000. Die investiven Maßnahmen sind in die Kategorien 1 bis 12 unterteilt und beschreiben im einzelnen Maßnahmen aus dem Bereich der Wärmedämmung und der Installation von wärmetechnischen Anlagen. Für eine Anpassung an die Preisbasis ist zunächst eine Umrechnung der laufenden Investitionsausgaben auf das Basisjahr (der Input-Output-Tabelle) notwendig. Zur Diskontierung wird auf Preisindizes für Bauleistungen zurückgegriffen (Statistisches Jahrbuch, 1997).

Im weiteren ist eine Anpassung an das Preiskonzept der Input-Output-Tabelle erforderlich. Für Güter aus inländischer Produktion gilt:

$$\begin{array}{r} \text{Anschaffungspreis (inkl. nichtabsetzbarer Umsatzsteuer)} \\ - \text{Wert der Handels- und Transportbeziehungen} \\ - \text{Nichtabziehbare Umsatzsteuer} \\ \hline \Sigma \text{ Ab-Werk-Preis (ohne Umsatzsteuer)} \end{array}$$

Die Nachfrageseite der Input-Output-Tabelle bildet nicht den Anschaffungspreis der Investoren sondern den Ab-Werk-Preis der Produzenten ab. Es gilt somit, eine Bereinigung des Anschaffungspreises um den Wert der Handels- und Transportleistungen sowie der Umsatzsteuer vorzunehmen. Der durch die KfW-Mittel induzierte Investitionsstrom in laufenden Preisen ergibt mit dieser Umrechnung eine zusätzliche Endnachfrage in konstanten Preisen (DM_{1993}). Für die Ermittlung eines Vektors zusätzlicher Endnachfrage ist die Zuordnung der durch das Investitionsprogramm angeregten zusätzlichen Nachfrage auf die Produktionssektoren notwendig (Tabelle 3.3). Der überwiegende Teil der jeweiligen zusätzlichen Nachfrage konzentriert sich auf die Sektoren 41 und 42, die den Hoch- und Tiefbau sowie das Ausbaugewerbe

abbilden.⁵ Die nach dem Preiskonzept der Input-Output-Tabelle herauszunehmenden Werte der Handels- und Transportleistungen können den Sektoren 43, 48 und 55 für die Dienstleistungen des Groß- und Einzelhandels, für Transport und für sonstige marktbestimmte Dienstleistungen (insbesondere von Ingenieur- bzw. Architekturbüros) zugeordnet werden. Tabelle 3.2 weist das Ergebnis der Umrechnungen auf das Preiskonzept der Input-Output-Tabellen aus. Die sektorale zusätzliche Endnachfrage ist in Tabelle 3.3 dargestellt. Der Großteil der Mittel fließt in die Sektoren der Hoch- und Tiefbau- sowie Ausbauleistungen.

Maßnahmen	Nr.	Durch KfW-Programm induzierte Investitionen					Zusätzliche Endnachfrage y (ohne MWSt.)				
		Mio. DM lfd. Werte					Mio. DM ₁₉₉₃				
		1996	1997	1998	1999	2000	1996	1997	1998	1999	2000
Wärmedämmung der Außenwände	1	985,0	485,0	650,7	711,6	711,6	799,3	387,5	505,9	544,8	536,5
Fenstererneuerung	2	540,0	206,0	174,9	191,3	191,3	438,2	164,6	136,0	146,5	144,2
Wärmedämmung des Daches	3	185,0	107,0	115,7	126,5	126,5	150,1	85,5	90,0	96,9	95,4
Wärmedämmung der Kellerdecke	4	18,0	21,0	8,1	8,9	8,9	14,6	16,8	6,3	6,8	6,7
Installation Brennwertkesseln (BWK)	5	624,0	553,0	436,5	477,4	477,4	506,4	441,9	339,4	365,3	359,9
NT Kessel mit Wärmedämmung	6	0,0	175,0	121,4	132,8	132,8	0,0	139,8	94,4	101,7	100,1
BWK mit Solaranl. oder Wärmepumpen	7	0,0	8,0	17,1	18,7	18,7	0,0	6,4	13,3	14,3	14,1
NT Kessel, Solaranl. oder Wärmep. mit Wärmedämmung	8	0,0	2,0	4,5	4,9	4,9	0,0	1,6	3,5	3,8	3,7
Nah- o. Fernwärmeversorgung	9	0,0	8,0	18,0	19,7	19,7	0,0	6,4	14,0	15,1	14,9
Installation einer Wärmepumpe	10	-	-	0,9	1,0	1,0	-	-	0,7	0,8	0,8
Bau eines Niedrigenergiehauses	11	-	-	486,5	532,0	532,0	-	-	378,3	407,3	401,1
keine Zuordnung	12	0,0	0,0	378,7	414,2	414,2	0,0	0,0	294,4	317,1	312,3
Summe		2352	1565	2414	2640	2640	1909	1251	1877	2021	1990

Datenquelle: KfW, 1998; eigene Berechnungen (vgl. Kap. 2)

Tabelle 3.2: Investitionen nach Verwendungszwecken

	Mio. DM ₁₉₉₃	I/O Sektor	1996	1997	1998	1999	2000
Hoch- u. Tiefbauleistungen u.ä.	41		1262,0	589,0	967,1	1041,5	1025,5
Ausbauleistungen	42		455,7	536,5	722,2	777,7	765,8
Dienstl. des Großhandels u.ä., Rückgew.	43		57,3	37,5	56,3	60,6	59,7
Dienstleistungen des sonstigen Verkehrs	48		57,3	37,5	56,3	60,6	59,7
Sonst. marktbestimmte Dienstleistungen	55		76,3	50,0	75,1	80,9	79,6
		Summe	1908,7	1250,5	1877,0	2021,3	1990,3

Tabelle 3.3: Sektorale zusätzliche Endnachfrage durch den Investitionseffekt

⁵ In diesen Sektoren konzentrieren sich die Berufsgruppen, die wesentlich Arbeiten zur energetischen Sanierung durchführen, wie z.B. Maurer, Isolierer, Heizungsinstallateure usw.

Ermittlung des Vektors der zusätzlichen Nachfrage für den Verdrängungseffekt

Ausgangspunkt für die Ermittlung der zusätzlichen Endnachfrage durch den Verdrängungseffekt ist die Information bezüglich Energieträgerreduktion und -substitution aus dem Bereich der Raumwärmeerzeugung. Dafür notwendige Schätzungen sind mit dem Raumwärmemodell gerechnet (vgl. Kap. 2). Von 1996 bis 2000 (Investitionsphase) kumulieren sich die Einsparungen an Energieträgern (inkl. Substitution von Energieträgern) zu 7,9 PJ/a. Die Struktur der Energieträgereinsparungen zeigt Tabelle 3.4. Nettoeinsparungen ergeben sich insbesondere für die Energieträger Erdgas und Heizöl (Tabelle 2.12). Nach dem Ablauf der Investitionsphase im Jahr 2000 ergeben sich kontinuierlich Energieeinsparungen in einer Höhe von ca. 8 PJ.

PJ	Eingesparte Menge pro Jahr					Kumulierte eingesparte Menge					
	1996	1997	1998	1999	2000	1996	1997	1998	1999	2000	>2000
I Heizstrom	-0,169	-0,091	-0,083	-0,09	-0,09	-0,169	-0,26	-0,343	-0,433	-0,523	-0,523
II Strom	-0,0012	0,0009	0,0004	0,0006	0,0006	-0,0012	-0,0003	0,0001	0,0007	0,0013	0,0013
III Erdgas*	1,716	1,199	0,708	0,793	0,793	1,716	2,915	3,623	4,416	5,209	5,209
IV Koks kohle	-0,133	-0,0955	-0,053	-0,059	-0,059	-0,133	-0,2285	-0,282	-0,341	-0,399	-0,399
V Braunk.-Brik.	-0,133	-0,0955	-0,053	-0,059	-0,059	-0,133	-0,2285	-0,282	-0,341	-0,399	-0,399
VI Heizöl, leicht*	-3,801	-2,629	-1,694	-1,87	-1,87	-3,801	-6,43	-8,124	-9,994	-11,86	-11,86
Summe	-2,521	-1,711	-1,175	-1,284	-1,284	-2,521	-4,232	-5,407	-6,691	-7,976	-7,976

* incl. Brennstoffwechsel von Öl zu Gas

Tabelle 3.4: Änderung des Energieverbrauchs durch Einsparung und Substitution

Nach dem Preiskonzept der Input-Output-Tabelle müssen auch hier Korrekturen hinsichtlich Verbrauchs- und Mehrwertsteuern vorgenommen werden. Dafür werden verschiedene energieträgerspezifische Preisangaben herangezogen (vgl. Schiffer, 1997)⁶. Für die Energieträger sind in der Zeit real konstante Preise angenommen.⁷ Tabelle 3.5 gibt einen Überblick über die bewerteten Energieträgereinsparungen.

		Preis	1996	1997	1998	1999	ab 2000
I	Heizstrom	8,89 Pf/KWh	-3,936	-6,055	-7,988	-10,084	-12,180
II	Strom	26,30 Pf/KWh	-0,083	-0,021	0,007	0,048	0,090
III	Fernwärme	8,00 Pf/KWh	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
IV	Erdgas	49,87 Pf/m ³	25,803	43,831	54,477	66,401	78,325
V	Koks kohle	236,52 DM/t SKE	-1,008	-1,732	-2,133	-2,580	-3,027
VI	Braunk.-Brik.	183,48 DM/t SKE	-0,782	-1,343	-1,655	-2,002	-2,348
VII	Heizöl, I	44,01 Pf/l	-43,395	-73,409	-92,749	-114,098	-135,447
	Summe		-23,400	-38,728	-50,041	-62,315	-74,588

Tabelle 3.5: Bewertete Energieträgerverbrauchsänderungen in Mio. DM₁₉₉₃

⁶ Für die Umrechnung physikalischer und monetärer Einheiten siehe Anhang 5.2.

⁷ In einschlägigen Studien werden mit Blick auf die Importe von Energieträgern durchaus Preiserhöhungen auf Dollar-Basis angenommen. Da die angenommenen Preiserhöhungen aber in der Regel eher moderat sind und durch Wechselkursschwankungen auf DM-Basis schwer kalkulierbar sind, ist die Annahme real konstanter Preise für diese Untersuchung vertretbar.

Entsprechend der Struktur des Energieversorgungssystems sind für Strom und Erdgas jedoch keine Handels- und Transportleistungen herauszurechnen, da diese nach dem Sektorkonzept der Input-Output-Tabelle direkt den Sektoren Elektrizität sowie Gas zugeordnet sind. Der überwiegende Teil der jeweiligen Nachfrageänderung konzentriert sich auf die Sektoren der Strom- und Gaswirtschaft sowie der Kohle- und Mineralölwirtschaft. Zu geringeren Teilen werden die Sektoren 43, 44, 45, 46 und 48 für die Dienstleistungen des Groß- und Einzelhandels sowie für Transporte in Anspruch genommen. Der daraus resultierende Vektor der veränderten Endnachfrage ist in der folgenden Tabelle 3.6 dargestellt.

Mio. DM ₁₉₉₃	I/O Sektor	1996	1997	1998	1999	>2000
Elektrizität, Dampf, Warmwasser	3	-4,0	-6,1	-8,0	-10,0	-12,1
Gas	4	25,8	43,8	54,5	66,4	78,3
Kohle, Erzeugnisse des Kohlebergbaus	6	-1,3	-2,3	-2,8	-3,4	-4,0
Mineralölzeugnisse	10	-32,2	-54,5	-68,8	-84,6	-100,5
Dienstl. des Großhandels u.ä., Rückgew.	43	-4,9	-8,3	-10,4	-12,8	-15,2
Dienstleistungen des Einzelhandels	44	-2,6	-4,4	-5,6	-6,9	-6,2
Dienstleistungen der Eisenbahnen	45	-1,7	-2,9	-3,7	-4,8	-5,4
Dienstl. der Schifffahrt, Wasserstr., Häfen	46	-1,0	-1,6	-2,1	-2,5	-3,0
Dienstleistungen des sonst. Verkehrs	48	-1,5	-2,5	-3,1	-3,8	-4,6
	Summe	-23,4	-38,7	-50,0	-62,3	-74,6

Tabelle 3.6: Veränderung der sektoralen Endnachfrage durch den Verdrängungseffekt

3.4. Datenmaterial und wichtige Modellparameter

Das Input-Output-Modell greift insbesondere auf die Input-Output-Tabellen von 1993 zurück⁸. Diese geben sowohl die Produktionsverflechtung als auch die sektoralen Beschäftigten und CO₂-Emissionen wieder. Die folgende Tabelle 3.7 zeigt für die 58 Produktionssektoren der amtlichen Statistik sektorale Koeffizienten für Beschäftigung, Emission und Importquote.

Für die Erwirtschaftung einer Mio. DM Bruttoproduktion benötigt ein Produktionssektor durchschnittlich 5,37 Beschäftigte und ist verantwortlich für die Emission von 116 t CO₂⁹. Ein Blick auf die für die zusätzliche Endnachfrage besonders relevanten Produktionssektoren 3, 4, 6, 10, 41 und 42 zeigt deutliche Unterschiede in den sektoralen spezifischen Werten. Hinsichtlich der spezifischen Beschäftigungswirkung zeigt insbesondere der Bausektor 41 mit dem merklich überdurchschnittlichen Beschäftigungskoeffizienten positive Wirkung. Der Sektor 42 (Ausbau) weist nur eine etwas überdurchschnittliche spezifische Beschäftigungswirkung auf. Mit deutlich unterdurchschnittlichen Beschäftigungskoeffizienten zeigen die Produktionssektoren für Elektrizität, Gas und Heizöl geringere Wirkung. Mit Blick auf die CO₂-Emissionen ist das Bild umgekehrt. Die spezifischen CO₂-Emissionen sind insbesondere für den Sektor 3 (Elektrizitätsversorgung) außerordentlich hoch, da hier die Umwandlungsverluste von Primärenergie in Elektrizität verbucht werden. Deutlich geringer, aber immer noch deutlich überdurchschnittlich spezifische CO₂-Emissionen weisen Sektor 6 (Kohle) und

⁸ Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Fachserie 18, Reihe 2: Input-Output-Tabellen 1993.

⁹ Definiert als Beschäftigte pro Jahr/Mio. DM und t CO₂/Mio. DM.

Sektor	Mio. DM	Tsd.	Mio. t	B/Mio. DM BP	t/Mio. DM WS	DM Imp./ DM Prod.
	Bruttoproduktion	Beschäftigte	CO ₂	Beschäftigung	CO ₂	Importquote
1 Produkte der Landwirtschaft	65348	258	11,8	3,95	180	0,07
2 Produkte der Forstwirtschaft, Fischerei etc.	12570	157	2,8	12,49	223	0,07
3 Elektrizität, Dampf, Warmwasser	102571	261	350,8	2,54	3420	0,04
4 Gas	28920	40	0,5	1,38	19	0,38
5 Wasser	12751	35	0,2	2,74	12	0,01
6 Kohle, Erzeugnisse des Kohlebergbaus	25133	189	12,3	7,52	491	0,03
7 Bergbauerzeugnisse (ohne Kohle, Erdöl, Erdgas)	3286	12	1,0	3,65	313	0,03
8 Erdöl, Erdgas	4421	9	1,2	2,04	266	0,05
9 Chemische Erzeugnisse, Spalt- u. Brutstoffe	196969	599	27,1	3,04	137	0,12
10 Mineralerzeugnisse	80574	32	16,7	0,40	208	0,32
11 Kunststoffherzeugnisse	66025	328	1,5	4,97	23	0,11
12 Gummierzeugnisse	15233	100	0,9	6,56	56	0,11
13 Steine u. Erden, Baustoffe etc.	64065	226	22,7	3,53	354	0,06
14 Feinkeramische Erzeugnisse	5278	56	1,6	10,61	311	0,06
15 Glas u. Glaswaren	14164	71	4,8	5,01	337	0,08
16 Eisen u. Stahl	68903	157	42,3	2,28	614	0,06
17 NE-Metalle, NE-Metallhalbzeug	29352	70	3,6	2,38	122	0,23
18 Gießereierzeugnisse	16936	130	2,5	7,68	148	0,04
19 Erzeugnisse der Ziehereien, Kaltwalzwerke etc.	49386	285	1,9	5,77	38	0,08
20 Stahl- u. Leichtmetallbauerzeugn., Schienenfahrz.	48802	278	1,5	5,70	30	0,08
21 Maschinenbauerzeugnisse	200178	1250	5,1	6,24	26	0,08
22 Büromaschinen, ADV-Geräte u. -Einrichtungen	20056	75	0,2	3,74	12	0,09
23 Straßenfahrzeuge	261246	939	4,5	3,59	17	0,11
24 Wasserfahrzeuge	8789	88	0,3	10,01	30	0,10
25 Luft- u. Raumfahrzeuge	15051	78	0,2	5,18	15	0,12
26 Elektrotechnische Erzeugnisse	208635	1137	4,1	5,45	19	0,10
27 Feinmechanische u. optische Erzeugnisse, Uhren	31484	243	0,5	7,72	15	0,07
28 EBM-Waren	67279	375	2,3	5,57	35	0,09
29 Musikinstr., Spielwaren, Sportgeräte, Schmuck etc.	11053	57	0,2	5,16	17	0,11
30 Holz	12234	51	1,2	4,17	99	0,09
31 Holzwaren	58399	355	1,7	6,08	29	0,07
32 Zellstoff, Holzschliff, Papier, Pappe	18051	53	6,9	2,94	381	0,20
33 Papier- u. Pappwaren	29595	133	1,2	4,49	39	0,11
34 Erzeugnisse der Druckerei u. Vervielfältigung	50306	318	0,8	6,32	16	0,08
35 Leder, Lederwaren, Schuhe	8669	48	0,2	5,54	24	0,19
36 Textilien	35890	195	2,7	5,43	75	0,14
37 Bekleidung	27916	160	0,7	5,73	23	0,13
38 Nahrungsmittel (ohne Getränke)	211072	723	12,6	3,43	60	0,11
39 Getränke	38680	105	3,4	2,71	88	0,06
40 Tabakwaren	25705	19	0,1	0,74	6	0,03
41 Hoch- u. Tiefbauleistungen u.ä.	255907	1709	9,2	6,68	36	0,03
42 Ausbauleistungen	175603	959	3,5	5,46	20	0,07
43 Dienstl. des Großhandels u.ä., Rückgewinnung	233361	1728	14,5	7,40	62	0,03
44 Dienstleistungen des Einzelhandels	212697	2498	12,9	11,74	61	0,02
45 Dienstleistungen der Eisenbahnen	18528	358	3,3	19,32	180	0,03
46 Dienstl. der Schifffahrt, Wasserstraßen, Häfen	16043	52	2,9	3,24	183	0,27
47 Dienstl. des Postdienstes u. Fernmeldewesens	87605	596	1,2	6,80	14	0,03
48 Dienstleistungen des sonstigen Verkehrs	153693	899	34,1	5,85	222	0,05
49 Dienstleistungen der Kreditinstitute	177117	786	1,6	4,44	9	0,03
50 Dienstleistungen der Versich. (ohne Sozialversich.)	81310	255	0,7	3,14	9	0,02
51 Dienstl. der Gebäude- u. Wohnungsvermietung	429133	0	0,3	0,00	1	0,00
52 Marktbest. Dienstl. des Gastgewerbes u. der Heime	101450	814	3,9	8,02	38	0,07
53 Dienstl. der Wissenschaft u. Kultur u. Verlage	95037	382	1,2	4,02	13	0,03
54 Marktbest. Dienstl. des Gesundheits- u. Veterinärw.	108756	762	1,9	7,01	18	0,03
55 Sonstige marktbestimmte Dienstleistungen	639835	2848	12,0	4,45	19	0,03
56 Dienstleistungen der Gebietskörperschaften	524260	5280	23,5	10,07	45	0,04
57 Dienstleistungen der Sozialversicherung	220510	398	0,6	1,80	3	0,01
58 Dienstl. d. priv. Org. o. Erwerbszw., häusl. Dienste	117640	1661	3,3	14,12	28	0,02
Summe	5899460	31680	687,2	5,37	116	0,06

Tabelle 3.7: Sektorale Beschäftigungs-, CO₂- und Importkoeffizienten (IO-Tabelle 1993)

10 (Mineralölerzeugnisse) auf. Die Bausektoren weisen dagegen weit unterdurchschnittliche spezifische CO₂-Emissionen auf.

Für die Quantifizierung der Beschäftigungseffekte ist eine Abschätzung der Entwicklung der sektoralen Beschäftigungskoeffizienten erforderlich. In einer ex-post-Betrachtung lassen sich Beschäftigungskoeffizienten aus der amtlichen Statistik herleiten. Für ex-ante-Betrachtungen ergibt sich hier ein Freiheitsgrad in der Festlegung zukünftiger Koeffizienten. In der Praxis finden sich oft die Varianten der naiven Fortschreibung von Vergangenheitswerten und der Festlegung von gleichen Durchschnittswerten über alle Sektoren.

Für diese Studie wird ein dritter Weg gewählt, indem nach unterschiedlichen Bereichen Erwartungen definiert werden. Mit 1,5% pro Jahr wird für die Land- und Forstwirtschaft (Sektoren 1 und 2) sowie den Dienstleistungsbereich (Sektoren 43 bis 58) der geringste Anstieg der Arbeitsproduktivität erwartet. Für die Bauleistung erbringenden Sektoren 41 und 42 werden ca. 2% pro Jahr erwartet. Der gesamte industrielle Bereich (Sektoren 9 bis 40) geht mit einer Steigerung der Arbeitsproduktivität von 2,5% pro Jahr in die Berechnung ein.

Vor dem Hintergrund der Veränderung des Energierechtsrahmens und der Liberalisierungsanstrengungen auf den Märkten für Strom und Gas wird für die Energiesektoren 3, 4, 5, 6, 7, und 8 eine höhere Steigerung der Arbeitsproduktivität von 3,0% pro Jahr angenommen. Steigende Arbeitsproduktivität bedeutet sinkende Beschäftigungskoeffizienten. Für eine detailliertere Analyse kann in der Folge eine weiter nach Sektoren differenzierte Steigerung der Arbeitsproduktivität angenommen werden¹⁰.

Untersuchungen zur Effektivität einer Ausgabenpolitik zeigen¹¹, daß unter Berücksichtigung der Außenhandelsverflechtung letztlich 2 Bestimmungsgrößen für die Wirksamkeit von Ausgabenprogrammen in einzelnen Produktionsbereichen wesentlich sind:

- Der Anteil der importierten Vorleistungen am Bruttoproduktionswert der Branchen, in denen der Nachfrageimpuls ansetzt.
- Der Anteil der importierten Vorleistungen in den Produktionsbereichen, die auch durch die zusätzliche Vorleistungsnachfrage betroffen sind.

Die durchschnittliche Importquote (als Anteil der importierten Vorleistungen am Bruttoproduktionswert) beträgt 0,06. Der für den Investitionseffekt des KfW-Programms wichtigste Sektor der Hoch- und Tiefbauleistungen weist mit 0,03 eine unterdurchschnittliche Importquote auf. Damit ist die Multiplikatorwirkung einer Ausgabenpolitik hinsichtlich Produktion für die Bauwirtschaft überdurchschnittlich. Ein kleiner Teil des positiven Impulses aus dem Investitionseffekt wirkt sich damit zugunsten des Auslands aus.

Die Importquoten der Gaswirtschaft und der Mineralölgewirtschaft sind mit 0,38 bzw. 0,32 sehr hoch. Hier schlagen insbesondere Importe der Primärenergieträger Erdgas und Erdöl zu Buche. Diese Sektoren sind hinsichtlich des Verdrängungseffektes von besonderem Interesse. Die hohen Importquoten weisen darauf hin, daß bei Nachfragerückgängen für Gas und Heizöl

¹⁰ Vgl. Rechmann (1998)

¹¹ Vgl. Schwarz (1998)

die Importe von Gas und Mineralöl entsprechend sinken. Ein vergleichsweise großer Teil des negativen Impulses aus dem Verdrängungseffekt geht damit zu Lasten des Auslands.

3.5 Ergebnisse der Produktions-, Beschäftigungs- und Emissionswirkungen

Investitionseffekt

Die Investitionen durch die Maßnahmen 1 bis 12 erstrecken sich über den Zeitraum von 1996-2000. Der wirtschaftliche Impuls über die Investitionen steigt von 1,91 Mrd. DM in 1996 auf 1,99 Mrd. DM in 2000. Lediglich für 1997 ist davon abweichend eine Investition von 1,25 Mrd. DM zu verzeichnen. Tabelle 3.8 zeigt im Überblick die daraus resultierende Entwicklung von Produktion, Beschäftigung und CO₂-Emission. Inklusive der Produktion von Vorleistungsgütern resultiert daraus eine induzierte Produktion von 3,53 Mrd. DM in 1996 und von 3,65 Mrd. DM in 2000. Das Verhältnis von Impuls zu induzierter Produktion beträgt daher etwa 1,8.

Der aus der direkten Durchführung der investiven Maßnahmen 1 bis 12 entstehende Beschäftigungseffekt beträgt 11.300 Personenjahre in 1996 und geht auf 10.600 Personenjahre in 2000 zurück. Inklusive der Produktion der Vorleistungsgüter ergibt sich eine Beschäftigungsnachfrage von 18.600 Personenjahren in 1996 und 17.500 Personenjahren in 2000.

Die aus der Produktion der zusätzlichen Nachfrage resultierende CO₂-Emission beträgt 72.000 t in 1996 und verbleibt in 2000 etwa auf diesem Niveau. Inklusive der Produktion der Vorleistungsgüter ergibt sich ein wesentlich höherer Effekt. Hier tragen insbesondere die Produktion von Elektrizität, Steine + Erden sowie Eisen + Stahl bei. Die CO₂-Emissionen betragen 337.000 t in 1996 bzw. 329.000 t in 2000.

		1996	1997	1998	1999	2000
Produktionseffekt, direkt	Mio. DM	1908,7	1250,5	1877,0	2021,3	1990,3
Produktionseffekt, gesamt	Mio. DM	3533,1	2289,9	3445,8	3710,6	3653,7
Beschäftigungseffekt, direkt	Personenjahre	11325	7008	10405	10986	10606
Beschäftigungseffekt, gesamt	Personenjahre	18572	11619	17206	18167	17540
CO ₂ -Emissionen, direkt	t CO ₂	71915	43329	66359	71459	70364
CO ₂ -Emissionen, gesamt	t CO ₂	337432	202091	309965	333787	328670

Tabelle 3.8: Produktions- und Beschäftigungswirkungen sowie CO₂-Emissionen des Investitionseffekts

Produktion und Beschäftigung dominieren in den Sektoren Hoch- u. Tiefbauleistungen u.ä., Ausbauleistungen sowie sonstige marktbestimmte Dienstleistungen (Tabelle 3.9). Während bei den beiden Bausektoren eher der Nachfrageimpuls ausschlaggebend ist, resultiert der relativ hohe Anteil des Dienstleistungssektors aus der Vorleistungsverflechtung.¹² Für die Emission von CO₂ sind insbesondere die Sektoren Elektrizität, Dampf, Warmwasser und Steine, Erden, Baustoffe etc. verantwortlich (Tabelle 3.9). Im Bereich der Produktion von Elektrizität

¹² Die Herstellung von Heizsystemen ist hier nicht isoliert betrachtet worden, sondern fließt über die durchschnittlichen Koeffizienten der Vorleistungen der Baubranche in die Berechnung ein. Damit wird mit Blick auf die Investitionen in neue Heizsysteme die Herstellung dieser Techniken unterrepräsentiert. Eine genauere Untersuchung erfordert eine detaillierte Kostenstrukturanalyse des Maßnahmenkatalogs I-X.

fällt dabei der außerordentlich hohe CO₂- Koeffizient von 6.871 t/Mio. DM Wertschöpfung ins Gewicht. Der durchschnittliche CO₂-Koeffizient beträgt 236 t/Mio. DM Wertschöpfung. Für den Produktionssektor Steine, Erden beträgt der CO₂-Koeffizient mit 811 t/Mio. DM

Produktion, in Mio. DM	1996		2000	
	absolut	%	absolut	%
13 Steine u. Erden, Baustoffe etc.	244	6,9	210	5,8
41 Hoch- u. Tiefbauleistungen u.ä.	1318	37,3	1072	29,4
42 Ausbauleistungen	469	13,3	781	21,4
43 Dienstleist. des Großhandels u.ä., Rückgew.	153	4,3	160	4,4
48 Dienstleistungen des sonstigen Verkehrs	128	3,6	130	3,6
55 Sonstige marktbestimmte Dienstleistungen	475	13,4	479	13,1
Übrige	747	21,1	821	22,5
Summe	3533	100,0	3654	100,0
Beschäftigung, in Personenjahren				
13 Steine u. Erden, Baustoffe etc.	799	4,3	621	3,5
41 Hoch- u. Tiefbauleistungen u.ä.	8283	44,6	6217	35,4
42 Ausbauleistungen	2413	13,0	3703	21,1
43 Dienstleist. des Großhandels u.ä., Rückgew.	1080	5,8	1066	6,1
48 Dienstleistungen des sonstigen Verkehrs	713	3,8	684	3,9
55 Sonstige marktbestimmte Dienstleistungen	2019	10,9	1919	10,9
Übrige	3266	17,6	3330	19,0
Summe	18572	100,0	17540	100,0
CO₂-Emissionen in t				
3 Elektrizität, Dampf, Warmwasser	85880	25,5	86170	26,2
13 Steine u. Erden, Baustoffe etc.	86430	25,6	74388	22,6
16 Eisen u. Stahl	19362	5,7	19539	5,9
41 Hoch- u. Tiefbauleistungen u.ä.	47169	14,0	38384	11,7
43 Dienstleist. des Großhandels u.ä., Rückgew.	9451	2,8	9915	3,0
48 Dienstleistungen des sonstigen Verkehrs	28302	8,4	28833	8,8
55 Sonstige marktbestimmte Dienstleistungen	8912	2,6	8997	2,7
Übrige	51926	15,4	62442	19,0
Summe	337432	100,0	328670	100,0

Tabelle 3.9: Induzierte Produktion, Beschäftigung und CO₂-Emissionen durch den Investitionseffekt

Wertschöpfung immer noch etwa das vierfache des durchschnittlichen Koeffizienten. Auch wenn die Produktionsanteile dieses Sektors nur 6% betragen, ergibt sich daraus ein Anteil an den CO₂-Emissionen von ca. 23% in 1996.

Verdrängungseffekt

Der wirtschaftliche Impuls aus dem Verdrängungseffekt unterscheidet sich vom Investitionsimpuls in mehrfacher Hinsicht. Er ist in seinem Ausmaß viel geringer, hat eine andere Wirkungsrichtung und wirkt im wesentlichen auf die Energie bereitstellenden Produktionssektoren ein. Der Impuls aus der Reduktion von Energieverbräuchen und Substitution von Energieträgern ändert sich von -23,4 Mio. DM in 1996 bis auf -74,6 Mio. DM in 2000 an (Tabelle 3.10). Ab dem Ende der Investitionsphase in 2000 ist dann der Impuls konstant. Inklusive der Minderung der Vorleistungslieferungen ergibt sich ein induzierter Produktionsrückgang von 29,3 Mio. DM in 1996, bzw. 93,5 Mio. DM ab dem Jahr 2000.

Der aus dem Impuls des Verdrängungseffekts resultierende Rückgang der Beschäftigung beträgt 97 Personenjahre in 1996 und 276 Personenjahre in 2000. Nach 2000 reduziert sich der Beschäftigungseffekt entsprechend der Annahmen über die Entwicklung der Arbeitsproduktivität. Produktionsrückgang führt bei steigender Arbeitsproduktivität zu sinkendem Beschäftigungsausfall. Inklusive der Vorleistungsproduktion ergibt sich ein induzierter Beschäftigungsverlust von 127 Personenjahren in 1996 und 361 in 2000, der dann in der Folge auf 317 Personenjahre absinkt.

	Dimension	1996	1997	1998	1999	ab 2000*
Produktionseffekt, direkt	Mio. DM	-23,4	-38,7	-50,0	-62,3	-74,6
Produktionseffekt, gesamt	Mio. DM	-29,3	-48,0	-62,4	-78,0	-93,5
Beschäftigungseffekt, direkt	Personenjahr	-97	-159	-198	-238	-276 bis -244
Beschäftigungseffekt, gesamt	Personenjahr	-127	-206	-257	-310	-361 bis -317
CO ₂ -Emissionen, direkt	1.000 t	-21,9	-34,5	-44,7	-55,7	-66,7
CO ₂ -Emissionen, gesamt	1.000 t	-26,0	-41,3	-53,3	-66,4	-79,5

*: wegen steigender Arbeitsproduktivität ergeben sich nach 2000 sinkende Beschäftigungseffekte

Tabelle 3.10: Produktions- und Beschäftigungswirkungen sowie CO₂-Emissionen des Verdrängungseffekts

Die aufgrund des Produktionsausfalls vermiedenen CO₂-Emissionen steigen von 21.900 t in 1996 auf 66.700 t in 2000 und sind danach konstant. Inklusive vermiedener Produktion von Vorleistungen ergibt sich ein Rückgang der CO₂-Emissionen von 26.000 t in 1996 bzw. 79.500 t in 2000 und danach.

Produktionseffekte dominieren in den Produktionssektoren Elektrizität, Gas und Mineralölzeugnisse (vgl. Tabelle 3.11). Wegen des Brennstoffwechsels von Öl zu Gas sind die Werte für Gas durchweg positiv. Hinsichtlich des Beschäftigungseffekts gewinnt der Kohlesektor eine gewisse Bedeutung und zusätzlich spielen noch die Dienstleistungssektoren Nr. 43 bis 45 und 48 eine große Rolle. Insgesamt ist der Beschäftigungseffekt auf mehr Sektoren verteilt.

Die vermiedenen CO₂-Emissionen sind in 1996 zu ca zwei Dritteln auf den Produktionsrückgang des Elektrizitätssektors zurückzuführen (Tabelle 3.11). Der außerordentlich hohe CO₂-Koeffizient überkompensiert den Anteil des Produktionsrückgangs des Elektrizitätssektors.

Produktion, in Mio. DM		1996	2000
3	Elektrizität, Dampf, Warmwasser	-5,1	-15,3 -
4	Gas	25,9	78,5 -
10	Mineralölerzeugnisse	-33,5	-104,9 -
	Übrige	-16,6	-51,8 -
	Summe	-29,3	-93,5 -
Beschäftigung, in Personenjahren			
3	Elektrizität, Dampf, Warmwasser	-11	-29
4	Gas	32	82
6	Kohle, Erzeugnisse des Kohlebergbaus	-16	-40
10	Mineralölerzeugnisse	-12	-32
43	Dienstleistungen des Großhandels u.ä., Rückgew.	-40	-112
44	Dienstleistungen des Einzelhandels	-29	-82
45	Dienstl. D. Eisenbahnen, Schifffahrt, Wasserstraßen	-34	-94
48	Dienstl. des sonst. Verkehrs	-12	-34
	Übrige	-5	-20
	Summe	-127	-361
CO ₂ -Emissionen, in 1000 t			
3	Elektrizität, Dampf, Warmwasser	-17,3	-52,4
4	Gas	0,5	1,5
6	Kohle, Erzeugnisse des Kohlebergbaus	-1,2	-3,5
8	Erdöl, Erdgas	-0,6	-2,0
10	Mineralölerzeugnisse	-7,0	-21,8
	Übrige	-0,4	-1,3
	Summe	-26,0	-79,5

Tabelle 3.11: Induzierte Produktion, Beschäftigung und CO₂-Emissionen durch den Verdrängungseffekt

Produktionsinduzierter Gesamteffekt

Aus der Addition der beiden Einzeleffekte ergibt sich ein klares Bild (Tabelle 3.12). Die Impulse aus der Investitionsphase sind hinsichtlich der Wirkungen auf induzierte Produktion, Beschäftigung und CO₂-Emissionen dominant. Aufgrund des mit Ausnahme des Jahres 1997 nahezu konstanten Impulses zwischen 1996 und 2000 schwächt sich der Beschäftigungseffekt in dieser Zeit nur leicht ab. Nach dem Abschluß der Investitionsphase in 2000 zeigt ausschließlich der Verdrängungseffekt Wirkung, jedoch nur in Richtung eines gesamtwirtschaftlich vernachlässigenswerten Beschäftigungsausfalls. Aufgrund der Erstellung der Investitionsgüter und der notwendigen Vorleistungen ergeben sich in der Investitionsphase erhebliche CO₂-Emissionen. Der durch den Verdrängungseffekt induzierte Rückgang der CO₂-Emissionen schlägt erst mit dem Ende der Investitionsphase voll durch, erreicht aber in seiner absoluten Höhe pro Jahr nur etwa 32 % der durchschnittlichen Gesamtemission der Investitionsphase. Aufgrund der Bedeutung des Parameters Arbeitsproduktivität für die Quantifizierung der Beschäftigungseffekte ist für jeden Sektor eine um 1 Prozentpunkt pro Jahr höhere Entwicklung der Arbeitsproduktivität unterstellt.

	Dimension	1996	1997	1998	1999	2000	ab 2001*
Nachfrage	Mio. DM	1.885	1.212	1.827	1.959	1.916	-75
Bruttoproduktion	Mio. DM	3.404	2.242	3.383	3.633	3.560	-94
Beschäftigung (Hohe Arbeitsproduktivität)	Personenjahr	17.883	10.946	16.090	16.773	15.965	-351 bis -317
CO ₂ (I/O Modell)	1000 t	311	161	257	267	249	-80

*: wegen der steigenden Arbeitsproduktivität ergeben sich ab 2001 sinkende Beschäftigungseffekte

Tabelle 3.12: Gesamteffekte aus Investition und Verdrängung

3.6. Wirtschaftliche Ausgangslage und Einbettung der Modellergebnisse

Arbeitsplatzeffekte in der Gesamtwirtschaft

Die gesamtwirtschaftliche Lage Deutschlands ist 1998 durch einen angespannten Arbeitsmarkt mit hoher Erwerbslosigkeit geprägt. Insgesamt ist die Anzahl der Arbeitslosen von 2,6 Mio. in 1991 auf ca. 4,4 Mio. Ende 1997 gestiegen (Tabelle 3.13). Während der Westen einen Anstieg auf ca. 3,0 Mio. verzeichnete, wurden im Osten ca. 1,4 Mio. Arbeitslose registriert.

		1995	1996	1997	1998	1999
Deutschland	1000*	34860	34423	33962	33975	34095
Arbeitslosenquote	%	9,4	10,3	11,4	11,2	10,7
Arbeitslos	1000*	3612	3965	4385	4280	4070
Westdeutschland	1000*	28464	28156	27884	27925	28075
Arbeitslosenquote	%	8,3	9,0	9,8	9,4	8,9
Arbeitslos	1000*	2565	2796	3022	2900	2725
Beschäftigungswirkung durch KfW-Programm	1000*	-	18	11	16	17

Quelle: Arbeitsgemeinschaft deutscher wirtschaftswissenschaftlicher Forschungsinstitute, eigene Berechnungen. * Personenjahre

Tabelle 3.13: Gesamtwirtschaftliche Beschäftigungsentwicklung

Die Grenzen der Wirksamkeit von Ausgabenprogrammen gerade bei zunehmender Außenhandelsverflechtung sind bekannt und sollen hier nicht detailliert diskutiert werden (vgl. Schwarz, 1998). Ein Vergleich der Multiplikatorwirkung des KfW-Programms z.B. mit dem "Programm zur Stärkung von Bau- und anderen Investitionen" (Konjunkturprogramm) von 1975 und dem Bau eines Halbleiterwerks in Dresden 1995 ist aber dennoch interessant. Wie sich zeigt, ist der (dimensionslose) Produktionsmultiplikator, der das Verhältnis von auslösendem Impuls zu induzierter Produktion beschreibt, im Fall des KfW-Programms etwas geringer als der des Konjunkturprogramms 1975 (Tabelle 3.14). Der niedrigere Produktionsmultiplikator für den Bau des Halbleiterwerks in Dresden ist in erheblichem Ausmaß auf eine höhere Importquote für diese spezielle Investition zurückzuführen.

Der Anteil der importierten Vorleistungen am Bruttoproduktionswert eines Produktionsbereichs kann als eine der wesentlichen Einflußgrößen mit Blick auf die Wirksamkeit eines

Ausgabenimpulses identifiziert werden. Gerade für die Bauwirtschaft und die Dienstleistungssektoren ist der Importanteil aber unterdurchschnittlich. Impulse zeigen daher gerade im Bereich der Bauwirtschaft deutlichere binnenwirtschaftliche Effekte. Mit Blick auf die Beschäftigungswirkung ist auch der überdurchschnittlich hohe Beschäftigungskoeffizient der Bauwirtschaft von Bedeutung.

	Impuls	Induzierte Produktion	Produktions- multiplikator
Konjunkturprogramm 1975	4950 Mio. DM ₁₉₆₂	9160 Mio. DM ₁₉₆₂	1,85
Halbleiterwerk Dresden 1995*	710 Mio. DM ₁₉₉₅	1233 Mio. DM ₁₉₉₅	1,74
KfW-Programm 1996	1880 Mio. DM ₁₉₉₃	3430 Mio. DM ₁₉₉₃	1,83

*: Ohne Einkommenseffekt

Quelle: Stäglin (1976), Spitznagel (1976), Belitz/Edler (1998), eigene Berechnungen

Tabelle 3.14: Multiplikator der gesamtwirtschaftlichen Produktion

Arbeitsplatzeffekte in der Bauwirtschaft

Die Bauwirtschaft befindet sich in einer Phase anhaltenden strukturellen Anpassungsdrucks. Angesichts eines anhaltenden Aufschwungs der Industrie kann die Branche 1998 die Talsohle durchschreiten. Mit einem Beitrag zum gesamtwirtschaftlichen Wachstum kann erst für 1999 gerechnet werden. Die Impulse werden dabei vom Gewerbebau und vom Wohnungsbau in Westdeutschland ausgehen.

Während der Neubau seit 1994 real um etwa 27 Mrd. DM zurückging, sind die Bauleistungen bei Bestandsmaßnahmen real um ca. 23 Mrd. DM gestiegen. Das KfW-Programm und insbesondere die für Fenstererneuerung und Wärmedämmung fließenden Mittel unterstützen somit einen Baubereich, der derzeit an Bedeutung gewinnt.

Nach starkem Beschäftigungsabbau in der Bauwirtschaft in den Jahren 1996 und 1997 deutet sich auch hier eine Stabilisierung an. Der Beschäftigungsabbau kann aber auch hier erst im Zuge einer weiteren Erholung der Branche beendet werden (Tabelle 3.15).

Vor diesem Hintergrund muß der bauwirtschaftliche Beschäftigungseffekt des KfW-Programms gemessen an der absoluten Entwicklung zwar als spürbar, aber insgesamt gering eingeschätzt werden. Angesichts eines jährlichen Bauvolumens von ca. 250 Mrd. DM ist die durch das KfW-Programm induzierte Bauleistung von ca. 2,2 – 3,5 Mrd. DM zu gering, um deutlichere Effekte am Arbeitsmarkt zu hinterlassen. Auch hier gilt es zu berücksichtigen, daß das Programm primär als Beitrag zur Reduktion von energiebedingten CO₂-Emissionen dient und somit ein bauwirtschaftlich geringer Beschäftigungseffekt kein abqualifizierendes Argument sein kann.

Gemessen an der relativen Entwicklung im Baugewerbe ergibt sich jedoch ein anderes Bild. Von 1995 auf 1996 wurden 98.000 Arbeitsplätze in der westdeutschen Bauwirtschaft abgebaut. Mit dem Beschäftigungseffekt des KfW-Programms wurden in diesem Bereich 1996

10,500 Arbeitsplätze erhalten, d. h. ein um 11% höherer Verlust an Arbeitsplätzen im Bauge-
werbe wurde verhindert.

		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Deutschland	1.000	2.609	2.726	2.843	2.978	3.011	2.881	-	-
Veränderung	%	-	4,5	4,3	4,7	1,1	-4,3	-11*	-1,0*
Westdeutschland	1.000	1.857	1.864	1.876	1.898	1.882	1.784	-	-
Veränderung	%	-	0,4	0,6	1,2	-0,8	-5,2	-	-
Beschäftigungswirkung durch KfW-Programm	1.000	-	-	-	-	-	10,5	6,5	9,7

Quelle: Statistisches Jahrbuch, *: Commerzbank Research, eigene Berechnungen

Tabelle 3.15: Beschäftigungsentwicklung in der Bauwirtschaft

Zusammenfassung der CO₂-Emissionen

Tabelle 3.16 zeigt die Zusammenfassung der mit den Raumwärmemodell (RW) gerechneten CO₂-Einsparungen bei den Konsumenten mit den Effekten bei den Produzenten, die mit dem Input/Output-Modell (I/O) bestimmt wurden. Für die Gesamtemission ergibt sich ein stark variierender Verlauf. Im Jahre 1996 tritt eine Mehremission von 50.000 t auf, die sich laufend verringert, so daß 1997 schon eine Einsparung von 268.000 t zu verzeichnen ist. Die maximale Einsparung tritt 2001 auf und erreicht dann dauerhaft 880.000 t pro Jahr.

	Modell	Dimension	1996	1997	1998	1999	2000	≥ 2001
Bei den Produzenten	I/O Modell	10 ³ t CO ₂	311	161	257	267	249	-80
Bei den Konsumenten	RW Modell	10 ³ t CO ₂	-265	-443	-562	-694	-826	-826
Gesamt	I/O und RW	10 ³ t CO ₂	46	-282	-305	-427	-577	-906

Tabelle 3.16: Zusammenfassung der CO₂-Emissionen

PROGNOS, 1995 erwartet im Jahr 2000 für den Haushaltssektor in den alten Bundesländern eine CO₂-Emission von ca. 97 Mio. t. Davon entfallen rund 90 % auf die Raumwärmebereitstellung und 10 % auf die Warmwasserbereitung. Die Einsparung durch das KfW-Programm von 0,9 Mio. t bedeutet dann einen relativen Anteil von 0,9 %.

3.7 Literatur zu Kapitel 3

- Arbeitsgemeinschaft deutscher wirtschaftswissenschaftlicher Forschungsinstitute e.V. (1998), Die Lage der Weltwirtschaft und der deutschen Wirtschaft im Herbst 1998. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Wochenbericht 43/98.
- Bartholmai, B. (1998), Wohnungsbau 1998: Positive Impulse im Westen, scharfer Einbruch im Osten. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Wochenbericht 31/98.
- Belitz, H. / Edler, D. (1998), Gesamtwirtschaftliche und regionale Effekte von Bau und Betrieb eines Halbleiterwerkes in Dresden. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin, Sonderheft 164.
- Commerzbank Research (1997), Industrieprognose Deutschland 1997/98.

- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (1998), Wirkungen der Städtebauförderung in Mecklenburg-Vorpommern auf Investition und Beschäftigung. In: DIW-Wochenbericht 42/1998, S. 745-749.
- Garnreiter, F. / Jochem, E. / Gruber, E. (1983), Auswirkungen verstärkter Maßnahmen zum rationellen Energieeinsatz auf Umwelt, Beschäftigung und Einkommen. Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- Hohmeyer, O. / Jochem, E. / Garnreiter, F. / Mannsbart, W. (1985), Employment effects of energy conservation investments in EC countries. Luxembourg.
- Hohmeyer, O. / Kirsch, J. / Vögele, S. (1997), EMI 2.0 –A disaggregated Model Linking Economic Activities and Emissions. In: Bringezu, S. / Fischer-Kowalski, M. / Kleijn, R. / Palm, V. (eds.), Regional and National Material Flow Accounting: From Paradigm to Practice of Sustainability. Wuppertal Special 4.
- Holub, H.-W. / Tappeiner, G. (1982), Arbeitsmarktanalysen. Studie des Instituts für Wirtschaftsforschung für die Handels-, Industrie-, Handwerks- und Landwirtschaftskammer Bozen.
- INFRAS (1998), Beschäftigungs- und Innovationswirkungen der Ressortaktivitäten von Energie 2000. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern.
- Jochem, E. / Schön, M. (1994), Sparen als Konjunkturspritze. Teil 1 und 2 in: Energie & Management, 6/94, S. 42-45, und 7-8/94, S. 32-36.
- Koller, M. (Hrsg.) (1997), Industrieller Wandel als Chance für neue Arbeitsplätze. Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Beitr AB 211, Nürnberg.
- Kuckshinrichs, W. / Schwarz, G. / Müller-Kirchenbauer, J. (1998), Beschäftigungseffekte eines europäischen Programms zur Förderung des Einsatzes von Clean Coal Technologies. Forschungszentrum Jülich.
- Löbbecke, W. / Rettig, R. (1985), Zur volkswirtschaftlichen und arbeitsmarktpolitischen Bedeutung des Steinkohlebergbaus. Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Essen.
- Miller, R. E. / Blair, P. D. (1985), Input-output analysis: Foundations and extensions. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Pfaffenberger, W. (1997), Beschäftigungseffekte des Ausbaus erneuerbarer Energie. In: Elektrizitätswirtschaft, Jg. 96, Heft 24, S. 1400-1404.
- Proops, J.R. / Faber, M. / Wagenhals, G. (1993), Reducing CO₂ emissions – a comparative input-output study for Germany and the UK. Berlin: Springer-Verlag.
- Reichmann, S. (1998), Tertiarisierung in den alten und neuen Bundesländern im Vergleich. In: KfW-Beiträge zur Mittelstands- und Strukturpolitik, 4/98, S. 7-17.
- Schwarz, H.-G. (1998), Grenzen nachfrageorientierter Wirtschaftspolitik bei zunehmender Außenhandelsverflechtung: Eine theoretische und empirische Studie. Forschungszentrum Jülich, Interner Bericht FZJ-STE-IB 3/98.
- Schiffer, H.-W. (1997), Energiemarkt Bundesrepublik Deutschland. Köln: Verlag TÜV Rheinland.
- Spitznagel, E. (1976), Anwendung des erweiterten Input-Output-Modells auf das "Programm zur Stärkung von Bau- und anderen Investitionen". In: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Nr. 3/76, S. 350-362.

Statistisches Jahrbuch (1997).

Stäglin, R. (1976), Multiplikatorwirkungen des Konjunkturprogramms von 1975. In: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Beiträge zur Strukturforschung, Heft 45/76.

Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Fachserie 18, Reihe 2: Input-Output-Tabellen 1993.

Walz, R. (1997), Auswirkungen auf Beschäftigung durch rationelle Energieanwendung in Deutschland. In: VDI-Berichte 1311, Industriestandort Deutschland –Arbeitsplätze und Energie-, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1997, S. 69-80.

Zentralverband des Deutschen Baugewerbes (Hrsg.) (1998), Baujahr '97. Jahrbuch des deutschen Baugewerbes. Köln: Köllen Druck + Verlag GmbH.

Ziegelmann, A. / Mohr, M. / Unger, H. (1998), Arbeitsmarkteffekte neuer Energiesysteme. RUB E-I-200, Ruhr-Universität Bochum.

4. Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Ziel der Untersuchung ist eine Wirkungsanalyse des KfW-Programms zur CO₂-Minderung in den alten Bundesländern und Berlin (West). Mit Hilfe modellgestützter Schätzungen wird ermittelt, welchen Beitrag das Programm zur Reduktion energiebedingter CO₂-Emissionen leistet und welche Arbeitplatzeffekte im Bereich Bauwirtschaft (bauliche Sanierung und Niedrigenergiehausbau) und des Anlagenbaus (Heizungserneuerung) und darüber hinaus ausgelöst werden.

Die Studie besteht aus drei Teilen. Zuerst wird auf die Klimaproblematik und die auslösenden CO₂-Emissionen eingegangen. Dabei wird besonders die Rolle des Gebäudesektors beleuchtet. Außerdem wird im ersten Teil die Ausgestaltung des KfW-Programms behandelt und der Status seiner Umsetzung. Der zweite Teil der Studie beschreibt die Schätzung der Energie- und CO₂-Einsparungen im Gebäudebereich mit Hilfe des IKARUS-Raumwärmemodells. Im letzten Teil werden die produktionsinduzierten CO₂-Emissionen und die Wirkungen des Programms auf die Beschäftigung mit einem Input-Output-Modell untersucht.

Tabelle 4.1 zeigt die jährliche Entwicklung der Finanzmittel und Wohneinheiten seit Beginn des Programms am 01.01.1996 bis zum 31.07.1998. Bisher ist geplant, das Programm bis zu einem Fördervolumen von 5 Mrd. DM aufzustocken (KfW Mitteilung). Die Einsparrechnungen basieren auf diesem Fördervolumen.

In der Regel wird der Wärmeschutz zusammen mit sonstigen baulichen Renovierungsmaßnahmen durchgeführt, d. h. durch die Förderung von CO₂-Sparmaßnahmen werden immer weitere Investitionen angestoßen. Von 1996 bis 1998 sind nach KfW-Angaben die insgesamt angestoßenen Investitionen im Mittel etwa doppelt so groß wie die zugesagten Kredite (vgl. Tabelle 4.1).

	Dimension	1996	1997	1998 (bis 31. 07.)
Zusagebetrag	Mio. DM	1.425,0	894,0	490,7
Investitionsbetrag	Mio. DM	2.352,3	1.563,3	1.407,5
Geförderte Wohneinheiten	10 ³	104,5	62,8	22,9

Quelle : KfW, 1998/2

Tabelle 4.1: Jährliche Entwicklung des KfW-Förderprogramms

Der Anteil der privaten Haushalte an den geförderten Wohneinheiten betrug vor 1998 rund 65 %. Er ist dann 1998 auf etwa 75 % angestiegen. Die Wohneinheit der privaten Haushalte wurde 1998 im Mittel mit 24.000 DM gefördert, während die Förderung für Wohnungen von Genossenschaften und Unternehmen mit 15.000 DM je Einheit erheblich niedriger ist. Die im einzelnen geförderten Maßnahmen zeigt Tabelle 4.2.

Da über die bisher im KfW-Programm sanierten Gebäude keine detaillierten Informationen vorliegen, werden sie für die Rechnungen repräsentativen Typgebäuden zugeordnet. Die Ei-

genschaften dieser Typgebäude im unsanierten Zustand sind bekannt, so daß der energetische Effekt der Sanierung, die sich nach den geltenden Verordnungen richtet, berechnet werden kann. Mit der Anzahl der Gebäude und den relativen Anteilen der Typgebäude am Bestand läßt sich dann auf die Gesamtzahl der sanierten Gebäude hochrechnen

Die mittleren wohnflächenbezogenen Energieeinsparungen im Vergleich zum unsanierten Zustand sind für die Maßnahmen des KfW-Programms in Tabelle 4.2 zusammengefaßt. Die Übersicht zeigt, daß von den Dämmmaßnahmen (Nr. 1 bis 4) die Außenwanddämmung und der Fensteraustausch die höchsten Einsparungen erzielen. Im Falle der Fenster beziehen sich die Einsparungen auf Einfachverglasung. Interessant ist, daß der Einbau eines Brennwertkessels mehr Energie einspart als Außenwanddämmung oder der Fensteraustausch. Die Installation eines Brennwertkessels ist also eine sehr effektive Maßnahme, die darüber hinaus auch noch relativ kostengünstig ist. Werden die ersten vier Dämmmaßnahmen der Tabelle zusammen durchgeführt, dann werden je nach Gebäude Einsparungen von 180 bis 270 kWh/m²a erreicht. Bezogen auf den Endenergieverbrauch im Urzustand von 300 bis 420 kWh/m²a (Raumwärme plus Warmwasser) betragen die erreichbaren Einsparraten 60 bis 65 %. Im günstigsten Fall, wenn alle Dämmmaßnahmen und ein Kesselaustausch durchgeführt werden und wenn auch noch eine Solaranlage installiert wird, kann an einzelnen Gebäuden eine Einsparung von immerhin ca. 70 bis fast 80 % erreicht werden.

Die niedrigste Einsparung wird durch den Bau eines Niedrigenergiehauses erzielt, weil hier die derzeit geltende Wärmeschutzverordnung mit ihrem relativ hohen Standard als Referenz dient. Würde man z. B. ein altes Einfamilienhaus durch entsprechende Dämmung auf den Niedrigenergiehaus-Standard bringen, dann könnten ohne Heizungs-austausch statt 28 kWh/m² rund 270 kWh/m² eingespart werden.

Geförderte Maßnahme	Einsparung in kWh/m ² a
Außenwanddämmung	72
Fensteraustausch	88
Dachdämmung	48
Kellerdeckendämmung	22
Brennwertkessel (Gas)	94
Niedertemperaturkessel + Dämmung	252
Brennwertkessel + Solaranlage	122
Niedertemperaturkessel + Dämmung + Solaranlage	280
Nah-, Fernwärmeanschluß	≈ 0
Bau eines Niedrigenergiehauses	28

Tabelle 4.2: Endenergieeinsparung der Einzelmaßnahmen

Die jährlichen Gesamteinsparungen der Maßnahmen ergeben sich aus den spezifischen Einsparungen in Tabelle 4.1, multipliziert mit den sanierten Wohnflächen. Die kumulative Gesamteinsparung der Einzelmaßnahmen für den Förderzeitraum 01.01. 1996 bis 31.07. 1998 beträgt 4,9 PJ/a am Ende dieser Periode. Die folgenden drei Einzelmaßnahmen decken 86 %

der Gesamteinsparung ab: Installation von Brennwertkesseln (36 %), Außenwanddämmung (25 %) und Fensteraustausch (25 %).

Die Kreditzusagen für die rund 2,5 Jahre vom Programmbeginn Anfang 1996 bis Mitte 1998 betrugen rund 2,8 Mrd. Da das Fördervolumen auf einen Betrag von 5 Mrd. DM ausgedehnt werden soll, wurden die Gesamteinsparungen von 4,9 PJ/a proportional bis auf das Jahr 2000 hochgerechnet. Es ergibt sich ein Wert von 7,9 PJ/a.

PROGNOS (1995) erwartet für das Jahr 2000 in den alten Bundesländern für Raumwärme und Warmwasser einen Gesamtverbrauch der Haushalte von 1.929 PJ. Bezogen auf diesen Verbrauch beträgt die Einsparung durch das KfW-Programm rund 0,4 %.

In Tabelle 4.3 sind die gesamten Energieeinsparungen nach Energieträgern für alle Jahre zusammengestellt. Die letzte Spalte zeigt die prozentuale Aufteilung der kumulativen Einsparung. Öl erreicht mit rund 57,2 % den höchste Anteil. Der Prozentsatz des jeweils nächsten Energieträgers in Tabelle 4.3 halbiert sich etwa in Bezug auf den vorangehenden Energieträger. Der Strom hat mit 6,6 % den geringsten Anteil.

	1996	1997	1998	1999	2000	1996-2000	
	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	%
Öl	1,301	1,029	0,694	0,770	0,770	4,564	57,2
Gas	0,784	0,401	0,292	0,307	0,307	2,091	26,2
Kohle	0,266	0,191	0,106	0,118	0,118	0,799	10,0
Strom	0,170	0,092	0,083	0,091	0,091	0,527	6,6
Summe	2,521	1,714	1,174	1,285	1,285	7,981	100

Tabelle 4.3: Jährliche Einsparung nach Energieträgern bis 2000

Eine CO₂-Minderung beim Konsumenten ergibt sich aus zwei Effekten:

- Energieeinsparung durch Wärmedämmung und Heizungs austausch
- CO₂-Einsparung durch Brennstoffwechsel

Zur Berechnung der CO₂-Minderung bei den Konsumenten durch Wärmedämmung und Heizungs austausch werden die Energieeinsparungen der verschiedenen Energieträger in Tabelle 4.3 mit den zugehörigen CO₂-Koeffizienten multipliziert.

Durch den Einbau von Brennwertkesseln werden rund 60 % alte Ölkessel ersetzt, 20 % alte Kohlekessel, 5 % Elektroheizungen und 15 % alte Gasheizungen. Für die CO₂-Einsparung durch Brennstoffwechsel ist die Differenz der CO₂-Koeffizienten von Öl; Kohle und Strom zu Gas maßgebend. Die gesamte CO₂-Einsparung durch Brennstoffwechsel ergibt sich dann durch Multiplikation mit dem Energieverbrauch derjenigen Brennwertkessel, die Öl, Kohle und Strom ersetzt haben.

Die so ermittelten CO₂-Einsparungen sind in Tabelle 4.4 dargestellt. Die Gesamteinsparung in der letzten Zeile wird noch überlagert durch Einsparungen im Produktionsbereich, verursacht durch eine verringerte Herstellung von Energieträgern. Dazu kommen noch Mehrmissionen durch die Herstellung der Heizungsanlagen und der Baumaterialien sowie deren Verarbeitung.

		CO ₂ Koeff. t/PJ	1996	1997	1998	1999	2000	1996-2000 (kumuliert)	
			Mio. t/a	Mio. t/a	Mio. t/a	Mio. t/a	Mio. t/a	Mio. t/a	%
a	Öl	73.750	0,096	0,076	0,051	0,057	0,057	0,337	40,8
a	Gas	55.700	0,044	0,022	0,016	0,017	0,017	0,116	14,0
a	Kohle	108.190	0,029	0,021	0,011	0,013	0,013	0,087	10,5
a	Strom	168.800	0,0287	0,0156	0,0141	0,0153	0,0151	0,0888	10,8
b	Brennstoff- wechsel-	26.980	0,067	0,043	0,027	0,030	0,030	0,197	23,9
	Summe	-	0,265	0,178	0,119	0,132	0,132	0,826	100

**Tabelle 4.4: Jährliche CO₂ Einsparung bei den Konsumenten
(für 5 Mrd. DM Kreditvolumen)**

Nach PROGNOSE, 1995 kann man im Jahr 2000 für den Haushaltssektor der alten Bundesländer eine CO₂ Emission von ca. 97 Mio. Tonnen erwarten. Davon entfallen rund 90 % auf die Raumwärmebereitstellung und 10 % auf die Warmwasserbereitung. Die Einsparung durch das KfW-Programm von 0,826 Mio. Tonnen bedeutet dann einen relativen Anteil von rund 0,9 %.

Im Hinblick auf die produktionsinduzierten Effekte des KfW-Programms stehen der Investitions- und der Verdrängungseffekt im Vordergrund. Der Investitionseffekt beschreibt die durch die Nachfrage nach Investitionen in Wärmedämmung, Kesselanlagen usw. ausgelösten Aktivitäten in den Produktionssektoren. Ausgangspunkt für die Ermittlung der zusätzlichen Endnachfrage durch den Investitionseffekt ist die Information seitens der KfW über das Ausmaß der durch das Programm angestoßenen Investitionen und deren Struktur. Kreditzusagen über 5,0 Mrd. DM für den Zeitraum 1996 bis 2000 stoßen auf der Basis der KfW-Daten Investitionen in Höhe von 11,6 Mrd. DM (in laufenden Werten) an. Die Differenz von 6,6 Mrd. DM bezieht sich auf den Investitionsaufwand, der nicht durch das KfW-Programm kreditfinanziert wird, aber in unmittelbarem Zusammenhang mit den KfW-finanzierten Investitionen steht.

Mit dem Verdrängungseffekt werden die durch die investiven Maßnahmen induzierte Substitution der Energieträger sowie die Reduktion der Energieträger für den Einsatz zur Raumwärmeerzeugung hinsichtlich ihres Nachfrageeffekts quantifiziert. Ausgangspunkt für die Ermittlung der Nachfrageänderung durch den Verdrängungseffekt ist die mit dem Raumwärmeansatz ermittelte Information bezüglich Energieträgerreduktion und -substitution.

Die folgende Tabelle 4.5 zeigt die Nachfrageeffekte des KfW-Programms, abdiskontiert auf 1993. Mit Betrachtung der beiden Einzeleffekte ergibt sich ein klares Bild. Die Nachfrageimpulse aus der Investitionsphase sind mit Beträgen von 1,25 bis 2,02 Mrd. DM₁₉₉₃ dominant.

Nach Ablauf der Investitionsphase bleibt ab 2001 nur noch der Verdrängungseffekt in einer Größenordnung von ca. 100 Mio. DM₁₉₉₃/Jahr.

Mio. DM ₁₉₉₃	1996 - 2000	2001 - 2005
Investitionseffekt	1.760	0
Verdrängungseffekt	-69,0	-100,5
Gesamteffekt	1.691	-100,5

Tabelle 4.5: Jahresdurchschnittliche Nachfrageeffekte

Die direkten und indirekten Produktions- und Beschäftigungswirkungen des Investitions- und des Verdrängungseffekts des KfW-Programms werden mit der Input-Output-Analyse quantifiziert. Tabelle 4.6 zeigt die jährlichen Produktions- und Beschäftigungseffekte. Entsprechend der Entwicklung der Nachfrageimpulse zeigt sich auch hinsichtlich Bruttoproduktion und Beschäftigung die Dominanz der Investitionsphase von 1996 bis 2000. Jahresdurchschnittlich beträgt die induzierte (direkte und indirekte) Produktion ca. 3,286 Mrd. DM₁₉₉₃/Jahr. Der das Verhältnis von auslösendem Impuls zu induzierter Produktion darstellende Multiplikator beträgt somit ca. 1,82. Die daraus gesicherte Beschäftigung beläuft sich auf ca. 15.531 Personenjahre pro Jahr. Die Jahreswerte schwanken zwischen 1996 und 2000 im Bereich von ca. 11.000 bis ca. 18.000 Personenjahre.

		1996 - 2000	2001 - 2005
Bruttoproduktion	Mio. DM ₁₉₉₃ /Jahr	3.286	-94
Beschäftigung	Personenjahr/Jahr	15.531	-334

Tabelle 4.6: Jahresdurchschnittliche Produktions- und Beschäftigungseffekte

Angesichts der relativ begrenzten Mittel des KfW-Programms kann der gesamtwirtschaftliche Beschäftigungseffekt zwar als spürbar, aber insgesamt doch als gering eingeschätzt werden. Gemessen an der Entwicklung der westdeutschen Bauwirtschaft ergibt sich jedoch ein anderes Bild. Von 1995 auf 1996 wurden hier 98.000 Arbeitsplätze abgebaut. Mit dem Beschäftigungseffekt des KfW-Programms wurden zu diesem Zeitpunkt in der Bauwirtschaft ca. 10.500 Arbeitsplätze gesichert, was einen um 10,4 % höheren Verlust an Arbeitsplätzen verhindert hat. Außerdem wurden gleichzeitig ca. 7.400 weitere Arbeitsplätze in anderen Bereichen erhalten. Für einen großen Teil der durch das KfW-Programm induzierten Bauleistung kann eine Auftragsvergabe an Klein- und Mittelbetriebe erwartet werden.

Hinsichtlich des CO₂-Effektes sind die Emissionswirkungen aus dem Bereich der Raumwärmeerzeugung und dem Produktionsbereich zu verrechnen. Abbildung. 4.1 zeigt das Ergebnis.

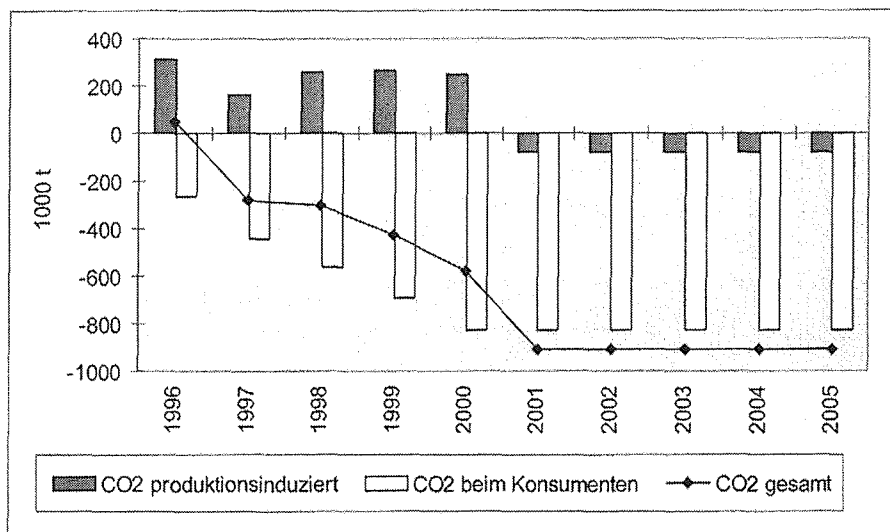


Abbildung 4.1: Zusammenfassung der raumwärme- und produktionsinduzierten Veränderung der CO₂-Emissionen (5 Mrd. DM Kreditvolumen)

Aus der Raumwärme- und Warmwassererzeugung beim Konsumenten wachsen die eingesparten CO₂-Emissionen von ca. 265.000 t in 1996 auf ca. 826.000 t gegen Ende der Investitionsphase in 2000 an. Nach Abschluß der investiven Maßnahmen beträgt die über den Betriebseffekt erzeugte Einsparung an CO₂-Emissionen dann dauerhaft 826.000 t entsprechend der Lebensdauer der Investitionen. Die zusätzlichen produktionsinduzierten CO₂-Emissionen liegen in der Investitionsphase zwischen 161.000 t und 311.000 t. Nach Ablauf der Investitionsphase bleibt durch die Verringerung der Aktivitäten bei den Energieproduzenten eine CO₂-Einsparung von jährlich 80.000 t. Über die Zeit betrachtet ergibt sich insgesamt ab dem zweiten Jahr des KfW-Programms eine Nettoeinsparung an CO₂-Emissionen jährlich von 282.000 t, die bis auf 906.000 t ab dem Jahre 2001 ansteigt.

PROGNOS, 1995 erwartet im Jahr 2000 für den Haushaltssektor in den alten Bundesländern eine CO₂-Emission von ca. 97 Mio. t. Davon entfallen rund 90 % auf die Raumwärmebereitstellung und 10 % auf die Warmwasserbereitung. Die CO₂-Einsparung durch das KfW-Programm von 0,906 Mio. t bedeutet dann einen relativen Anteil von 0,9 %.

5. Anhang

5.1 Input-Output-Methodik

Die Leontief-Produktionsfunktion lautet:

$$x_{ij} = a_{ij} \cdot x_j \quad (1)$$

$$\text{mit } i, j = 1, \dots, n$$

wobei x_j der Output des Sektors j ist und x_{ij} die Vorleistungsbezüge des Sektors j von Sektor i sind. So ist festgelegt, daß sich die Vorleistungsbezüge eines Sektors proportional zu seinem Output verhalten. Der Input-Koeffizient a_{ij} gibt den spezifischen Vorleistungsbedarf der Produktionsbereichs j an im Inland produzierten Produkten des Produktionsbereichs i an für die Produktion einer Einheit des Produktes j . Er zeigt also über die Vorleistungsstruktur die produktionstechnische Verflechtung des Sektors j und des Sektors i . Er zeigt gleichzeitig die direkten Produktionseffekte im Sektor i , die durch die Produktion einer Einheit im Sektor j ausgelöst werden.

y_i bezeichnet den Teil der Produktion des Sektors i , der in die Endnachfrage geht:

$$y_i = C_i + G_i + I_i + V_i + E_i \quad (2)$$

Die Bilanzgleichung beschreibt den Zusammenhang zwischen Vorleistung, Endnachfrage und Bruttoproduktion.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} + y_i = x_i \quad (3)$$

Durch Kombination der Gleichungen erhält man:

$$x_i = \sum_{j(1)}^n a_{ij} \cdot x_j + y_i \quad (4)$$

Um ein solches System linearer Gleichungen einfacher darstellen und lösen zu können, bedient man sich der Matrix-Schreibweise.

$$x = Ax + y \quad (5)$$

mit: A = Matrix der Input-Koeffizienten a_{ij}
 X = Outputvektor (Bruttoproduktion)
 Y = Endnachfragevektor (exogene Nachfragevariation)

Die allgemeine Lösung nach x ist gegeben durch

$$x = (I - A)^{-1} \cdot y \quad (6)$$

$(I - A)^{-1}$ wird dabei als Leontief-Inverse oder auch als Matrix der inversen (Leontief-) Koeffizienten bezeichnet¹³. (9a) läßt sich auch als unendliche Reihe schreiben:

$$x = y + A \cdot y + A^2 \cdot y + \dots + A^n \cdot y \quad (7)$$

¹³ Das Modell hat dann eine Lösung, wenn der Wert der Determinanten der Leontief-Matrix von 0 verschieden ist, und die Lösung ist sinnvoll, wenn x ein Spaltenvektor mit nichtnegativen Elementen ist.

Die Koeffizienten c_{ij} der inversen Leontief-Matrix geben an, wieviel der Sektor i insgesamt an alle anderen Sektoren an Vorleistungen liefern muß, damit Sektor j eine Endnachfrageeinheit produzieren kann. Während also durch die Input-Koeffizienten a_{ij} die direkten Produktionseffekte ausgedrückt werden, zeigt c_{ij} die direkten und die indirekten. Indirekt bedeutet, daß der Sektor i nicht unmittelbar an den Sektor j liefert, sondern an andere Wirtschaftszweige. Diese stellen dann entweder dem Sektor j direkt oder noch einem weiteren Glied dieser Vorleistungskette ihre Erzeugnisse zur Verfügung.

Bei der Bewertung der Produktionseffekte einer angenommenen Endnachfragevariation, die mit Hilfe dieses Modells ermittelt werden, muß berücksichtigt bleiben, daß die dann als marginale Koeffizienten eingesetzten a_{ij} und c_{ij} Durchschnittskoeffizienten einer Ex-Post-Input-Output-Tabelle sind.

Mit dem offenen statischen Input-Output-Modell kann der Vektor der Produktionswerte x unter Vorgabe des Vektors der Endnachfrage y und der Matrix der Input-Koeffizienten A bestimmt werden.

Beschäftigungseffekte¹⁴

Eine Erweiterung der Grundform des offenen statischen Input-Output-Modells um Arbeitskoeffizienten bzw. Arbeitsproduktivitäten erlaubt die Bestimmung der durch eine Endnachfragevariation induzierten gesamten (direkten und indirekten) Beschäftigungseffekte.

Die sektoralen Arbeitskoeffizienten sind definiert durch die Zahl der Beschäftigten je Output-einheit eines Wirtschaftsbereiches. Die Diagonalmatrix L der Arbeitskoeffizienten lautet

$$L = \begin{pmatrix} l_{11} & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ & \dots & l_{ij} & \dots & 0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & l_{nn} \end{pmatrix} \quad (8)$$

Ein Arbeitskoeffizient von z.B. 4 bedeutet also, daß in diesem Sektor vier Personen notwendig sind, um einen Output von einer Geldeinheit zu produzieren. Die zugehörige Arbeitsproduktivität beträgt $\frac{1}{4}$, d.h. jeder Erwerbstätige in diesem Sektor erbringt eine Produktion von 0,25 Geldeinheiten.

Mit Hilfe der sektoralen Arbeitskoeffizienten kann die Input-Output-Tabelle in Beschäftigtenzahlen transformiert werden. Das Ergebnis einer Multiplikation der als Diagonalmatrix L geschriebenen Arbeitskoeffizienten mit dem 1. und 2. Quadranten der Input-Output-Tabelle ist eine Beschäftigungsmatrix. Eine Beschäftigungsmatrix zeigt zeilenweise, wieviele Personen für die jeweilige Sektorproduktion notwendig sind. Die einzelnen Elemente der Zeile geben an, wieviele Beschäftigte in diesem Wirtschaftszweig für die Belieferung der anderen Sekto-

¹⁴ Vgl. Stäglin et al. (1976).

ren mit Vorleistungen und die Befriedigung der Endnachfrageformen eingesetzt sind (= absatzorientierte Betrachtung). Spaltenweise zeigt die Matrix die Arbeitsintensität der vom betrachteten Sektor bezogenen Vorleistungen. Die Arbeitsintensität gibt die Zahl der Erwerbstätigen an, die in den anderen Sektoren direkt für die Vorleistungsproduktion tätig sind (= bezugsorientierte Betrachtung).

Neben der Input-Output-Tabelle kann auch die Leontief-Inverse in Beschäftigtenzahlen transformiert werden, indem sie mit der Arbeitskoeffizientendiagonalmatrix multipliziert wird. Während das Matrixelement c_{ij} der Leontief-Inversen angibt, wieviele Vorleistungen der Sektor i an alle anderen Sektoren liefern muß, damit der Sektor j eine Endnachfrageeinheit produzieren kann, zeigt das entsprechende Element der sogenannten Beschäftigungsinversen $c_{ij} \cdot l_{ij}$ wieviele Erwerbstätige hierfür im Sektor i beschäftigt werden müssen. Einer Spalte dieser Beschäftigungsinversen kann man dagegen entnehmen, wieviel Beschäftigung in allen Wirtschaftszweigen durch die Endnachfragegüterproduktion des betrachteten Sektors induziert wird. Da in der zugrundeliegenden Leontief-Inversen die gesamten intersektoralen Produktionsverflechtungen abgebildet sind, können so sämtliche direkten und indirekten Beschäftigungswirkungen einer Endnachfragevariation quantifiziert werden:

$$E = (I - A)^{-1} \cdot L \cdot y \quad (9)$$

mit: E = sektoraler Beschäftigungsvektor
 $(I - A)^{-1} \cdot L$ = Beschäftigungsinverse

Um der Produktivitätsentwicklung in einzelnen Sektoren Rechnung zu tragen, kann der Arbeitskoeffizient entsprechend mit dem Faktor r der zunehmenden Arbeitsproduktivität korrigiert werden:

$$l_i(t) = l_i(0) \cdot (1 - r_i)^t \quad (10)$$

Emissionseffekt

Für die Berechnung der Input-Output-Tabelle von 1993 wurde eine vertiefte Berechnung von Angaben über Erzeugung und Verwendung von Energie nach Energieträgern vorgenommen.¹⁵ Die Angaben zur Verwendung von Energieträgern werden auch zur Berechnung der energiebedingten Emissionen von Luftschadstoffen herangezogen. Sektoriale CO_2 -Koeffizienten sind definiert durch die Höhe der Emissionen, die einer Outputeinheit eines Wirtschaftsbereiches zugeordnet werden. Sektoriale CO_2 -Emissionen werden vom Statistischen Bundesamt ausgewiesen. Die Diagonalmatrix F der CO_2 -Koeffizienten lautet

¹⁵ Vgl. Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Fachserie 18, Reihe 2: Input-Output-Tabellen 1993, S. 68 ff. Zu den konzeptionellen Unterschieden in Darstellung und Struktur zwischen Input-Output-Tabellen der Energieströme des Statistischen Bundesamtes und der Energiebilanz der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen vgl. insbesondere S. 70.

$$F = \begin{pmatrix} f_{11} & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ & \dots & f_{ij} & \dots & 0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & f_{nn} \end{pmatrix} \quad (11)$$

Die CO₂-Emission EM aus der induzierten Produktion ergibt sich aus der Multiplikation der Matrix der sektoralen CO₂-Emissionskoeffizienten F mit dem Vektor der zusätzlichen Produktion x.

$$EM = (I - A)^{-1} \cdot F \cdot y \quad (12)$$

Mit (12) sind die produktionsinduzierten CO₂-Emissionen sektoral zugeordnet.

5.2 Umrechnung von Einheiten

Energieträger	
Heizstrom	278000 MWh/PJ
Strom	278000 MWh/PJ
Fernwärme	278000 MWh/PJ
Erdgas	32000 1000 m ³ /PJ
Kokskohle	34000 t SKE/PJ
Braunkohlebriketts	34000 t SKE/PJ
Heizöl leicht	27531 1000 ltr/PJ

Für Heizöl leicht: Heizwert = 42733 kJ/kg

Dichte = 0,85 kg/ltr

Tabelle 5.1: Umrechnung physikalischer Einheiten

Energieträger	Einheit	Verbr.-St.	MWSt Verr.	Verbr.-Preis	P _{netto}
Heizstrom	Pf/kWh	0	0	8.89	8.89
Strom	Pf/kWh	0	0	26.3	26.30
Fernwärme	Pf/kWh	0	0	8	8.00
Erdgas	Pf/m ³	3.5	0	49.9	49.87
Kokskohle	DM/tSKE	0	15	272	236.52
Braunk.-Brik.	DM/tSKE	0	15	211	183.48
Heizöl leicht	Pf/l	8	15	50.7	44.01

Datenquelle: Schiffer (1997)

Annahme: P_{netto} = konstant

Tabelle 5.2: Preisermittlung für die Energieträger

1. **Energiemodelle in der Bundesrepublik Deutschland. Stand der Entwicklung**
IKARUS-Workshop vom 24. bis 25. Januar 1996
herausgegeben von S. Molt, U. Fahl (1997), 292 Seiten
ISBN 3-89336-205-3
2. **Ausbau erneuerbarer Energiequellen in der Stromwirtschaft**
Ein Beitrag zum Klimaschutz
Workshop am 19. Februar 1997, veranstaltet von der Forschungszentrum Jülich GmbH und der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
herausgegeben von J.-Fr. Hake, K. Schultze (1997), 138 Seiten
ISBN 3-89336-206-1
3. **Modellinstrumente für CO₂-Minderungsstrategien**
IKARUS-Workshop vom 14. bis 15. April 1997
herausgegeben von J.-Fr. Hake, P. Markewitz (1997), 284 Seiten
ISBN 3-89336-207-X
4. **IKARUS-Datenbank - Ein Informationssystem zur technischen, wirtschaftlichen und umweltrelevanten Bewertung von Energietechniken**
IKARUS. Instrumente für Klimagas-Reduktionsstrategien
Abschlußbericht Teilprojekt 2 „Datenbank“
H.-J. Laue, K.-H. Weber, J. W. Tepel (1997), 90 Seiten
ISBN 3-89336-214-2
5. **Politiksznarien für den Klimaschutz**
Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes
Band 1. Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO₂-Emissionen in Deutschland bis zum Jahre 2005
herausgegeben von G. Stein, B. Strobel (1997), 410 Seiten
ISBN 3-89336-215-0
6. **Politiksznarien für den Klimaschutz**
Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes
Band 2. Emissionsminderungsmaßnahmen für Treibhausgase, ausgenommen energiebedingtes CO₂
herausgegeben von G. Stein, B. Strobel (1997), 110 Seiten
ISBN 3-89336-216-9

7. **Modelle für die Analyse energiebedingter Klimagasreduktionsstrategien**
IKARUS. Instrumente für Klimagas-Reduktionsstrategien
Abschlußbericht Teilprojekt 1 „Modelle“
P. Markewitz, R. Heckler, Ch. Holzapfel, W. Kuckshinrichs, D. Martinsen,
M. Walbeck, J.-Fr. Hake (1998), VI, 276 Seiten
ISBN 3-89336-220-7
8. **Politiksznarien für den Klimaschutz**
Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes
Band 3. Methodik-Leitfaden für die Wirkungsabschätzung von Maßnahmen zur Emissionsminderung
herausgegeben von G. Stein, B. Strobel (1998), VIII, 95 Seiten
ISBN 3-89336-222-3
9. **Horizonte 2000**
6. Wolfgang-Ostwald-Kolloquium der Kolloid-Gesellschaft
3. Nachwuchstage der Kolloid- und Grenzflächenforschung
Kurzfassungen der Vorträge und Poster
zusammengestellt von F.-H. Haegel, H. Lewandowski, B. Krah-Urban (1998),
150 Seiten
ISBN 3-89336-223-1
10. **Windenergieanlagen - Nutzung, Akzeptanz und Entsorgung**
von M. Kleemann, F. van Erp, R. Kehrbaum (1998), 59 Seiten
ISBN 3-89336-224-X
11. **Policy Scenarios for Climate Protection**
Study on Behalf of the Federal Environmental Agency
Volume 4. Methodological Guideline for Assessing the Impact of Measures for Emission Mitigation
edited by G. Stein, B. Strobel (1998), 103 pages
ISBN 3-89336-232-0
12. **Der Landschaftswasserhaushalt im Flußeinzugsgebiet der Elbe**
Verfahren, Datengrundlagen und Bilanzgrößen
Analyse von Wasserhaushalt, Verweilzeiten und Grundwassermilieu im
Flußeinzugsgebiet der Elbe (Deutscher Teil). Abschlußbericht Teil 1.
von R. Kunkel, F. Wendland (1998), 110 Seiten
ISBN 3-89336-233-9

13. **Das Nitratabbauvermögen im Grundwasser des Elbeeinzugsgebietes**
Analyse von Wasserhaushalt, Verweilzeiten und Grundwassermilieu im
Flußeinzugsgebiet der Elbe (Deutscher Teil). Abschlußbericht Teil 2.
von F. Wendland, R. Kunkel (1999), 166 Seiten
ISBN 3-89336-236-3
14. **Treibhausgasminderung in Deutschland zwischen nationalen Zielen und
internationalen Verpflichtungen**
IKARUS-Workshop am 27.05.1998, Wissenschaftszentrum Bonn-Bad
Godesberg. Proceedings
herausgegeben von E. Läge, P. Schaumann, U. Fahl (1999), ii, VI, 146 Seiten
ISBN 3-89336-237-1
15. **Satellitenbildauswertung mit künstlichen Neuronen Netzen zur
Umweltüberwachung**
Vergleichende Bewertung konventioneller und Neuronaler Netzwerkalgorithmen
und Entwicklung eines integrierten Verfahrens
von D. Klaus, M. J. Canty, A. Poth, M. Voß, I. Niemeyer und G. Stein (1999),
VI, 160 Seiten
ISBN 3-89336-242-8
16. **Volatile Organic Compounds in the Troposphere**
Proceedings of the Workshop on Volatile Organic Compounds in the
Troposphere held in Jülich (Germany) from 27 – 31 October 1997
edited by R. Koppmann, D. H. Ehhalt (1999), 208 pages
ISBN 3-89336-243-6
17. **CO₂-Reduktion und Beschäftigungseffekte im Wohnungssektor durch das
CO₂-Minderungsprogramm der KfW**
Eine modellgestützte Wirkungsanalyse
von M. Kleemann, W. Kuckshinrichs, R. Heckler (1999), 29 Seiten
ISBN 3-89336-244-4

Forschungszentrum Jülich



Lehrstuhl für Experimentalphysik

Physikalisches Institut

Physikalisches Institut

Physikalisches Institut

Physikalisches Institut

Physikalisches Institut