

Hillebrand, Bernhard

Book

Ökologische und ökonomische Wirkungen der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes

edition der Hans-Böckler-Stiftung, No. 129

Provided in Cooperation with:

The Hans Böckler Foundation

Suggested Citation: Hillebrand, Bernhard (2004) : Ökologische und ökonomische Wirkungen der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes, edition der Hans-Böckler-Stiftung, No. 129, ISBN 3-86593-006-9, Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/116375>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Ökologische und ökonomische Wirkungen der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes

edition der
Hans **Böckler**
Stiftung ■■■

Fakten für eine faire Arbeitswelt.

Bernhard Hillebrand

Ökologische und
ökonomische
Wirkungen der
energetischen
Sanierung des
Gebäudebestandes

edition der Hans-Böckler-Stiftung 129

Bernhard Hillebrand war mehr als 25 Jahre im Bereich der empirischen Wirtschaftsforschung (RWI) tätig. Er hat in dieser Zeit Analysen zu sektoralen Strukturveränderungen, zur Modellierung von Energieangebot und Energieverbrauch, zu Instrumenten der Klimaschutzpolitik wie Ökosteuern und Emissionshandel sowie zur Liberalisierung der Energiemärkte durchgeführt. Seit dem 1. Oktober 2004 ist er selbständig (EEFA GmbH) und konzentriert seine Forschungen auf den Bereich Energie und Umwelt.

© Copyright 2004 by Hans-Böckler-Stiftung
Hans-Böckler-Straße 39, 40476 Düsseldorf
Buchgestaltung: Horst F. Neumann Kommunikationsdesign, Wuppertal
Produktion: Setzkasten GmbH, Düsseldorf
Printed in Germany 2004
ISBN 3-86593-006-9
Bestellnummer: 13129

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere die des öffentlichen Vortrages,
der Rundfunksendung, der Fernsehausstrahlung,
der fotomechanischen Wiedergabe, auch einzelner Teile.

INHALTSVERZEICHNIS

1. AUFGABENSTELLUNG	7
2. RAHMENBEDINGUNGEN UND EXOGENE VORGABEN	11
2.1. Gesetzliche Rahmenbedingungen	12
2.2. Energiepreise	14
2.3. Förderprogramme	16
2.4. Übrige exogene Vorgaben	19
3. REFERENZ-SZENARIO: DIE ENTWICKLUNG OHNE ZUSÄTZLICHE MASSNAHMEN ZUR CO₂-MINDERUNG	23
3.1. Struktur des Gebäude- und Wohnungsbestandes	23
3.2. Energieverbrauch und Wärmeverluste	26
3.3. Sektorale und gesamtwirtschaftliche Entwicklung	30
4. ALTERNATIV-SZENARIO: ENERGETISCHE GEBÄUDESANIERUNG	33
4.1. Die Förderinstrumente	34
4.2. Minderungspotentiale und -kosten	38
4.3. Energieeffizienz und Minderungs-Bilanz	40
4.4. Produktions- und Kostenimpulse	45
4.5. Gesamtwirtschaftliche Wirkungen	47
5. ZUSAMMENFASSUNG UND WIRTSCHAFTSPOLITISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN	51
LITERATUR	55
ANHANG: DAS METHODISCHE INSTRUMENTARIUM	57
SELBSTDARSTELLUNG DER HANS-BÖCKLER-STIFTUNG	75

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1:	Ausgewählte Steuersätze der ökologischen Steuerreform	13
Tab. 2:	Preisentwicklung ausgewählter Energieträger	15
Tab. 3:	Nominale Ausgaben des KfW-Programms zur CO ₂ -Gebäudesanierung	17
Tab. 4:	Altbausanierung durch KfW-Programme	18
Tab. 5:	Annahmen zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland	20
Tab. 6:	Gebäude und Wohnungsbestand in Deutschland	24
Tab. 7:	Gebäude und Wohnungsflächen in Deutschland	26
Tab. 8:	Wärmeverluste nach Gebäudeteilen im Referenz-Szenario	29
Tab. 9:	Entwicklung von Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe im Referenz-Szenario	30
Tab. 10:	Die gesamtwirtschaftliche Entwicklung im Referenz-Szenario	32
Tab. 11:	Einsparpotentiale der energetischen Gebäudesanierung	35
Tab. 12:	Entlastungswirkungen einer Modifikation der KfW-Programme zur Gebäudesanierung	39
Tab. 13:	Förderprogramme und Reduktion der CO ₂ -Minderungskosten im Gebäude- und Wohnungsbestand	41
Tab. 14:	Reduktion der Wärmeverluste durch die energetische Gebäudesanierung	42
Tab. 15:	CO ₂ -Minderungen der energetischen Gebäudesanierung	43
Tab. 16:	Heizkosten von Ersatzanlagen im sanierten Altbau	44
Tab. 17:	Energetische Gebäudesanierung und die unmittelbaren Produktions- und Beschäftigungseffekte im Baugewerbe	46
Tab. 18:	Energetische Gebäudesanierung und die Ausgaben der Privaten Haushalte	48
Tab. 19:	Gesamtwirtschaftliche Wirkungen der energetischen Gebäudesanierung	49

1. AUFGABENSTELLUNG

Die Beheizung von Wohnungen und Gebäuden hat sowohl für den Energieverbrauch insgesamt wie auch für die energiebedingten Umweltbelastungen eine große Bedeutung. Gegenwärtig werden etwa 785 TWh entsprechend 95 Mill. t SKE bzw. knapp 20 % des Primärenergieverbrauchs insgesamt für diesen Zweck verwendet. Dementsprechend entfallen mit rund 180 Mill. t mehr als 21 % der gesamten energiebedingten CO₂-Emissionen in Höhe von 850 Mill. t auf diesen Einsatzzweck. Ursächlich hierfür sind nicht nur klimatische Verhältnisse oder der Bestand an beheizten Gebäuden und Wohnungen, sondern insbesondere die geringe Effizienz der Energiebereitstellung. Zwar konnte der Energieverbrauch seit 1990 um knapp 15 % und der Ausstoß an CO₂-Emissionen sogar um knapp 30 % bzw. 74 Mio. t verringert werden; dieser Erfolg ist jedoch in erster Linie auf den Ersatz von Einzelfeuerungen auf Basis Braunkohle durch Erdgas in Ostdeutschland zurückzuführen. Der spezifische Energiebedarf je qm Wohnfläche ist mit 190 kWh auch gegenwärtig noch fast dreimal so hoch, wie der inzwischen allgemein geltende, gesetzlich fixierte Standard für Neubauten von im Mittel 70 kWh. Weder die Umwandlung von Endenergie- in Nutzenergie innerhalb der Wärmeerzeuger (Heizungsanlagen), noch der Wärmebedarf der Wohnungen und Gebäude entspricht deshalb dem gegenwärtig erreichbaren technischen Standard.

Der Wohnungsbau hat andererseits eine hohe gesamtwirtschaftliche und sektorale Bedeutung: durch den Bau neuer und die Modernisierung alter Wohnungen werden in diesem Sektor mehr als 7 % des Bruttoinlandsprodukts geschaffen, mehr als eine Million Personen beschäftigt und etwa 415 Mill. Stunden an Arbeit geleistet. Diese Bedeutung wird noch dadurch untermauert, dass dieser Sektor eine Vielzahl von Vorleistungen in Anspruch nimmt, eine dynamisch wachsende Bauindustrie daher auch zahlreiche Sektoren des produzierenden Gewerbes und der Dienstleistungen mit sich zieht. Angesichts dieser Relationen stellt sich die Frage, ob und wenn ja unter welchen Bedingungen die Energieeffizienz der Raumwärmeversorgung einerseits gesteigert und zugleich Arbeitsplätze im Gebäude- und Wohnungsbau und in den mit der Bauwirtschaft verbundenen Sektoren andererseits gesichert bzw. sogar neu geschaffen werden können.

In der folgenden Untersuchung soll der Zusammenhang zwischen Beschäftigung und Umwelt- bzw. Klimaschutz im Gebäudebestand näher untersucht und dabei an bereits vorliegende Analysen angeknüpft werden, die im Rahmen der KfW-

Programme oder der Politikszenerarien für den Klimaschutz durchgeführt wurden.¹ Die vorliegende Untersuchung weicht jedoch von den genannten Analysen insofern ab, als Beschäftigung und CO₂-Minderung in einem vollständig integrierten System behandelt werden, die ökonomischen und ökologischen Wirkungen der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes also unter Berücksichtigung der wechselseitigen Abhängigkeiten von Nachfrage, Produktion und Beschäftigung auf der einen, von Kosten- und Preisimpulsen auf der anderen Seite ermittelt werden. Dabei bedient sich die Untersuchung der Szenario-Technik. Mit dieser Methode sollen unterschiedliche Entwicklungspfade hinsichtlich der CO₂-Emissionen wie auch der zu erwartenden sektoralen und gesamtwirtschaftlichen Entwicklungen miteinander vergleichbar gemacht werden. Die Auswahl der Szenarien zielt darauf ab, Unterschiede hinsichtlich der zu erwartenden Minderungserfolge einerseits, der möglichen sektoralen und gesamtwirtschaftlichen Produktions- und Beschäftigungseffekte andererseits herauszuarbeiten. Konkret werden dabei zwei Reduktionsszenarien analysiert, die sich insbesondere hinsichtlich der Modernisierungsintensität des Gebäudebestandes und der dafür eingesetzten Maßnahmen unterscheiden.

Im Referenz-Szenario werden nur solche Beschlüsse und gesetzlichen Regelungen berücksichtigt, die bis zum Jahre 2003 in Kraft getreten sind. Dazu gehören für den Gebäudebestand insbesondere die Energiesparverordnung, die ökologische Steuerreform und die verschiedenen KfW-Programme zur CO₂-Minderung im Gebäudebestand. Da die Minderungseffekte dieser Instrumente in ihrer bisherigen Ausgestaltung begrenzt bleiben, sei es wegen der Konzentration auf den Neubau von Wohnungen und Gebäuden, sei es wegen der zu geringen Anreize zur Modernisierung des Altbaubestandes, werden im Alternativszenario zusätzliche Maßnahmen untersucht, die weitergehende Effizienzsteigerungen im Gebäudebestand auslösen können. Dies erscheint nicht zuletzt mit Blick auf den ab 2005 in der Europäischen Union (EU) beginnenden Handel mit Treibhausgasemissionen von Bedeutung, da bei der Festlegung der Emissionsrechte für die am Handel beteiligten Anlagen auch für die nicht am Handel beteiligten Sektoren Emissionsbudgets definiert wurden, die verbindlichen Minderungsverpflichtungen gleichzusetzen sind. Dies gilt nach dem nationalen Zuteilungsgesetz insbesondere auch für den Bereich der

1 Vgl. M. Kleemann, R. Heckler, A. Kraft, W. Kuckshinrichs (2003), Klimaschutz und Beschäftigung durch das KfW-Programm zur CO₂-Minderung und das KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 34, Jülich; M. Kleemann, R. Heckler, B. Krüger, (2003), Umweltschutz und Arbeitsplätze durch die Tätigkeiten des Schornsteinfegerhandwerks, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 37, Jülich sowie Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) u.a., (Hrsg.) (2003), Politikszenerarien für den Klimaschutz, – Langfristszenarien und Handlungsempfehlungen ab 2012, Berlin Jülich, Karlsruhe.

Gebäude- und Wohnraumbeheizung. Grundsätzlich können dafür bestehende Programme stringenter gefasst oder auch neue Instrumente in Betracht gezogen werden. Die folgende Untersuchung beschränkt sich darauf, bestehende Instrumente zu modifizieren und dadurch ihre Wirksamkeit zu erhöhen.

Dabei ist selbstverständlich, dass die im Alternativszenario untersuchten Maßnahmen und Maßnahmenbündel dem Gebot der Wirtschaftlichkeit unterliegen. Aus einzelwirtschaftlicher Sicht ist diese Bedingung gleichbedeutend damit, dass die (auf die Nutzungsdauer verteilten) finanziellen Aufwendungen einschließlich eventueller Förderprogramme nicht höher sein sollen als die über den gleichen Zeitraum erzielten kumulierten Energieeinsparungen und dem Wert der damit erzielten Emissionsminderungen. Diese einzelwirtschaftliche Analyse reicht für die Gesamtbeurteilung des zusätzlichen Maßnahmenbündels allerdings nicht aus, denn diese kann selbstverständlich nur die zu erwartenden Energieeinsparungen und die daraus resultierende Senkung der Energieausgaben auf der einen Seite, die dafür einzusetzenden Mittel und die daraus folgenden Kapitalkosten auf der anderen Seite berücksichtigen. Gerade die positiven Produktions- und Beschäftigungseffekte können jedoch gesamtwirtschaftliche Bewertungen nach sich ziehen, die die einzelwirtschaftliche Betrachtung nicht nur ergänzen, sondern erst zu einem vollständigen Gesamtbild machen.²

Dem methodischen Ansatz entspricht der Aufbau der Studie: nach einer Darstellung der exogenen Vorgaben, die für die beiden Szenarien identisch sind, werden im dritten und vierten Abschnitt die beiden Szenarien behandelt. Dabei werden zunächst die Wirkungen auf Gebäude- und Wohnraumbeheizung, daran anschließend die sektoralen und gesamtwirtschaftlichen Wirkungen vorgestellt. Den Abschluss bildet eine Bilanzierung der CO₂-Minderungen, die mit den vorgesehenen zusätzlichen Maßnahmen erreicht werden können. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse und daraus ableitbare wirtschaftspolitische Empfehlungen beschließen die Untersuchung.

2 Dies gilt selbstverständlich auch für die Annahmen über die zukünftige Entwicklung der Energiepreise, der CO₂-Kosten und der sonstigen Einflussfaktoren, die für das einzelwirtschaftliche Entscheidungskalkül von Bedeutung sind.

2. RAHMENBEDINGUN- GEN UND EXOGENE VORGABEN

Der Energieverbrauch zur Gebäude- und Wohnraumbeheizung ergibt sich aus einem komplexen Zusammenspiel von technischen, ökonomischen und ökologischen Determinanten; er lässt sich von spezifischen Besonderheiten abstrahiert in drei Komponenten zerlegen, eine

- Ausstattungs-,
- spezifischen Verbrauchs- und
- Nutzungskomponente.

Die erste Komponente charakterisiert den zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhandenen Kapitalstock, die zweite die technische Beschaffenheit der Kapitalgüter, die dritte die ökonomisch bestimmte Nutzung.

Charakteristisch für den Gebäude- und Wohnungsbestand sind die hohen Lebensdauern der Kapitalgüter: Heizungsanlagen erreichen eine Lebensdauer von bis zu 30 Jahren, die Gebäude und Wohnungen selbst sogar mehr als 100 Jahre. Entsprechend lang sind die Reaktionszeiten, um den Energieverbrauch über ordnungsrechtliche Standards, Energiepreise oder Investitionen in Wärmedämmung oder die Modernisierung der Heizungsanlagen beeinflussen zu können. Bei einem Gesamtbestand an Wohnungen von rund 38 Mio. Einheiten und einem jährlichen Neubau von 380.000 Einheiten beispielsweise vergeht ein Jahrhundert, um den für Neubauten festgelegten Standard eines Niedrigenergiehauses für den gesamten Bestand zu realisieren.

Die Zusammensetzung des Gebäude- und Wohnungsbestandes zu einem bestimmten Zeitpunkt hängt demnach von einer Vielzahl von Faktoren ab, die zum Teil weit in die Vergangenheit zurückreichen. Der energetische Zustand ist das Ergebnis der Bauweise der letzten 100 Jahre und der Effizienz der Heizungsanlagen der letzten 25 bis 30 Jahre. Beide Komponenten haben sich vor allem in den letzten dreißig Jahren grundlegend geändert. Dazu haben nicht nur die zum Teil erratischen Preisschwankungen auf den Energiemärkten, sondern zunehmend auch die ordnungsrechtlichen Standards beigetragen, die zunächst energie-, seit Ende der achtziger Jahre vor allem umweltpolitisch motiviert waren.

2.1. GESETZLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Gesetzliche Grundlage für diese Standards ist das Energieeinsparungsgesetz, das am 22. Juli 1976 in Kraft trat und dem Gesetzgeber die Möglichkeit einräumt, durch Rechtsverordnungen Vorgaben für den energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden, für die Anforderungen an Heizungs- und raumluftechnische Anlagen sowie an Brauchwasseranlagen, den Betrieb von Heizungs- und raumluftechnischen Anlagen sowie die Verteilung der Betriebskosten zu erlassen. Die Standards für den Wärmeschutz der Gebäude sind dabei in

- der im Jahr 1978 in Kraft getretenen Wärmeschutzverordnung, die die bis dahin gültige DIN 4108 ablöste,
- der Wärmeschutzverordnung vom 24. Februar 1982 und
- der Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden vom 16. August 1994

im einzelnen festgelegt. Dabei wurden die Standards im Zuge der Novellierungen stetig verschärft; so werden mit der Verordnung aus dem Jahre 1994 nicht nur eine Bilanzierung von Wärmeverlusten und -gewinnen ermöglicht, sondern auch die Höchstwerte für den spezifischen Wärmebedarf für Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäuser um bis zu 70 kWh/m² und Jahr abgesenkt. Diese Senkung entspricht im Neubau einer CO₂-Minderung pro Quadratmeter von bis zu 17,15 kg CO₂ bei Heizöl und bis zu 12,80 kg CO₂ bei Erdgas. Für die folgende Untersuchung von besonderer Bedeutung ist der Anwendungsbereich dieser gesetzlichen Regelungen, der sich grundsätzlich auf die Errichtung von Gebäuden, nicht jedoch auf die Modernisierung bereits bestehender Gebäude bezieht.³

Gesetzliche Standards für Heizungsanlagen wurden Ende der siebziger Jahre mit der ersten Verordnung über energiesparende Anforderungen an heizungstechnische Anlagen und Brauchwasseranlagen (HeizAnIV) definiert. In den Jahren 1982 und 1989 gab es jeweils Neufassungen, im Frühjahr 1994 trat die letzte Novelle in Kraft. Auch in diesen Verordnungen wurden die Effizienzstandards für Heizungsanlagen stetig erhöht, für Heizkessel Mindestwirkungsgrade festgelegt, die ab 1. Januar 1998 nur noch als Niedertemperatur- oder Brennwertkessel ausgeführt sein dürfen.

Den vorläufigen Abschluss dieser Gesetzesinitiativen bildet die Energieeinsparverordnung, die am 1. Februar 2002 in Kraft getreten ist und die Vorschriften der Wärmeschutz- und der Heizungsanlagenverordnung in einem Gesetz zusammen-

3 Gleichwohl sind diese Standards auch bei der Modernisierung des Gebäudebestandes wirksam, wie die Entwicklung der Dämmtechnik oder der Heizungsanlagentechnik zeigt.

fasst. Neben einer weiteren Verschärfung der Wärmeschutzstandards für neu erichtete Gebäude legt dieses Gesetz erstmals auch Standards für bestehende Gebäude und Heizungsanlagen fest, die bei Umbau- oder Modernisierungsmaßnahmen einzuhalten sind. Außerdem wird die Lebensdauer von Heizungsanlagen, die vor dem 1. Oktober 1978 in Betrieb genommen wurden, auf maximal 27 Jahre begrenzt; diese Anlagen müssen also bis zum 31. Dezember 2006 stillgelegt werden.

Über ordnungsrechtliche Standards hinaus werden in den letzten Jahren verstärkt marktkonforme Anreizsysteme eingesetzt, um ökologische Ziele zu erreichen. Die ökologische Wirkung resultiert in diesen Fällen nicht aus strengeren Vorschriften oder Verschärfungen von technischen Standards, sondern aus veränderten Preisrelationen und Wirtschaftlichkeitsanalysen. Besonders deutlich ist dieser Wechsel im Fall der ökologischen Steuerreform. Die ökologische Steuerreform ist Teil des umfassenden Klimaschutzprogramms der Bundesregierung. Mit diesem Instrument soll das Energiepreissystem so korrigiert werden, dass zusätzliche Anreize entstehen, die Energieeffizienz zu steigern oder den Ausstoß von klimawirksamen Spurengasen, darunter vor allem von Kohlendioxid (CO₂) zu verringern. Für die in diesem Zusammenhang wichtigen Heizstoffe sind die Steuern auf Heizöl und Erdgas, in Grenzen auch auf Strom von Bedeutung. Für Strom wurde ein Eingangsteuersatz von

Tabelle 1

Ausgewählte Steuersätze der ökologischen Steuerreform						
1999 bis 2003						
	Einheit	1999	2000	2001	2002	2003
Regelsteuersätze						
Heizöl, leicht	Euro/1000 l	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45
Heizöl, schwer	Euro/1000 kg	0,00	2,56	2,56	2,56	10,23
Erdgas	Euro/MWh	1,64	1,64	1,64	1,64	3,68
Strom	Euro/MWh	10,23	12,78	15,34	17,90	20,45
reduzierte Steuersätze						
Heizöl, leicht	Euro/1000 l	4,09	4,09	4,09	4,09	12,27
Heizöl, schwer	Euro/1000 kg	0,00	0,51	0,51	0,51	6,14
Erdgas	Euro/MWh	0,33	0,33	0,33	0,33	2,21
Strom	Euro/MWh	2,05	2,56	3,07	3,58	12,27
Nachtspeicher	Euro/MWh	5,11	6,39	7,67	8,95	12,27
Eigene Berechnungen und gesetzliche Grundlagen.						

20,00 DM/MWh (entsprechend 10,23 €/MWh) festgelegt, der von 2000 bis 2003 jeweils um 5,00 DM/MWh (2,56 €/MWh) angehoben wurde und am Ende 40,00 DM/MWh (20,45 €/MWh) beträgt (vgl. Tabelle 1). Für Nachtspeicherheizungen, die vor dem Inkrafttreten des Gesetzes installiert wurden, gelten auf die Hälfte des Regelsatzes reduzierte Sätze.

Für die überwiegend als Heizstoffe eingesetzten Energieträger Heizöl und Erdgas wurde zum 1. April 1999 ein einmaliger Ökosteuersatz gewählt, auf eine Dynamisierung zunächst verzichtet. Erst mit der Fortentwicklung der ökologischen Steuerreform zu Beginn des Jahres 2003 wurde der Steuersatz auf Erdgas mehr als verdoppelt, so dass seit 2003 anstelle des Ausgangssatzes von 3,20 DM/MWh (H_2) (1,64 €/MWh) nun ein Steuersatz von 3,66 €/MWh gilt. Der Steuersatz für leichtes Heizöl liegt hingegen unverändert bei 40 Pf/l bzw. 20,45 c/l. Für schweres Heizöl gilt seit 2003 ein für alle Verwendungszwecke einheitlicher Steuersatz von 25 €/t, die Differenzierung nach Einsatz zur Stromerzeugung (bis 1999 ein Steuersatz von 55 DM/t) und zur Wärmeerzeugung (Steuersatz von 30 DM/t) wurde aufgehoben.

Die Beschränkung der Abgabepflicht allein auf die Energieverbraucher dürfte auf das bisher dominierende Verbrauchssteuersystem zurückzuführen sein. Dadurch konnte bei der konkreten Formulierung des Gesetzes auf bewährte gesetzliche Grundlagen zurückgegriffen werden: die Steuererhöhungen bei Erdgas, leichtem Heizöl und Kraftstoffen machten lediglich eine Anpassung der Steuersätze im Mineralölsteuergesetz notwendig. Für die Besteuerung von Strom mussten zwar zusätzliche Vorschriften formuliert werden, diese konnten jedoch zum überwiegenden Teil aus dem Mineralölsteuergesetz in das neue Gesetz übertragen werden. Auch in den folgenden Reformschritten wurde diese Gesetzessystematik beibehalten.

2.2. ENERGIEPREISE

Von besonderer Bedeutung für die Wirksamkeit von zusätzlichen Maßnahmen zur CO_2 -Minderung im Gebäudesektor ist die Entwicklung der Energiepreise. Ökonomischen Gesetzmäßigkeiten folgend ist das Energiepreisniveau allgemein und das Verhältnis der Preise zueinander maßgeblich dafür, in welchem Umfang der Verbrauch von Energie eingeschränkt oder teurere durch relativ preiswertere Energieträger ersetzt werden. Außerdem ist allgemein akzeptiert, dass die Kosten zur Vermeidung zusätzlicher CO_2 -Emissionen umso höher sind, je niedriger das bereits erreichte Emissionsniveau ist. Im Umkehrschluss folgt daraus, dass hohe oder stetig

steigende Energiepreise Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz wirtschaftlich werden lassen, die bei moderaten oder sogar fallenden Preisen unwirtschaftlich wären. Deshalb haben die folgenden Preisannahmen einen erheblichen Einfluss auf die ökonomischen und ökologischen Konsequenzen der zusätzlichen Maßnahmen zur Verringerung der CO₂-Emissionen im Gebäudebestand. Gleichwohl ist bereits an dieser Stelle der Hinweis wichtig, dass Preisprognosen über einen Zeitraum von zehn Jahren und mehr, die für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen erforderlich sind, mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sind.

So ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt kaum endgültig zu entscheiden, ob die gegenwärtige Labilität der Weltenergiemärkte bereits als Anzeichen einer Trendwende zu interpretieren ist, die auf mittlere und längere Sicht ein deutliches Ansteigen der Weltmarktpreise bedeutet oder auf Sonderfaktoren wie den Irak-Konflikt oder die Instabilität im Nahen Osten zurückzuführen ist, die sich in den nächsten Jahren wieder verlieren können. Die gegenwärtigen Angebots- und Nachfragebedingungen allein können nach allgemeiner Auffassung die Preisausschläge kaum erklären. Für die folgenden Berechnungen wird ein Mittelweg angenommen, also unterstellt, dass auch auf mittlere Sicht das Preisniveau real vergleichsweise hoch bleiben wird,

Tabelle 2

Preisentwicklung ausgewählter Energieträger						
2000 bis 2012						
Energieträger	Einheit	2000	2005	2008	2010	2012
		Einfuhrpreise ¹				
Erdöl real ²	\$/barrel	28,80	27,50	27,50	27,50	27,50
Erdöl nominal	\$/barrel	28,80	26,65	28,15	29,25	30,50
Erdgas real ²	€/MWh	10,25	10,65	10,65	10,65	10,65
Erdöl nominal	€/MWh	10,25	11,40	12,00	12,35	12,80
		Verbraucherpreise nominal ³				
Heizöl, leicht	€/MWh	35,65	34,90	36,10	37,35	38,35
Erdgas	€/MWh	37,70	46,50	48,70	50,50	51,80
Nachtstrom	€/MWh	58,60	61,00	70,25	73,55	77,90
Tarifstrom	€/MWh	155,90	152,85	166,70	174,10	183,75
Fernwärme	€/MWh	44,85	48,95	53,05	56,50	59,65
Eigene Berechnungen: 1 Ohne Verbrauchssteuern, Handels- und Transportleistungen und ohne Mehrwertsteuer; 2 in Preisen von 2000; 3 Einschl. Verbrauchs- und Ökosteuern, Handels- und Transportleistungen und einschl. Mehrwertsteuer.						

allerdings bis zum Ende der Untersuchungsperiode weitere Preissteigerungen ausgeschlossen werden können.⁴ Folglich wird der Preis für Erdöl auch in den nächsten Jahren auf einem relativ hohen Niveau von real etwa 27 bis 28 \$/barrel verharren. Dabei ist nicht ausgeschlossen, dass dieser mittelfristig stabile Preispfad durch politische Konflikte in einzelnen Jahren zum Teil empfindlich gestört werden kann.

Da der Erdölpreis auch in Zukunft als Leitpreis auf den Energiemärkten fungieren wird, orientieren sich die übrigen Energiepreise mehr oder weniger ausgeprägt an der Entwicklung des Erdölpreises. Dies ist unmittelbar einleuchtend für alle Mineralölprodukte, gilt wegen des Anlegbarkeitsprinzips jedoch auch für Erdgas. Eine deutlich geringere Abhängigkeit besteht für die im Inland erzeugten Sekundärenergieträger wie Strom und Fernwärme, deren zukünftige Entwicklung vor allem von den Kosten der Energieumwandlung und den Kosten des Transports und der Verteilung bestimmt werden. Beide Faktoren werden in nominaler Rechnung in den nächsten Jahren moderat ansteigen und daher zur Folge haben, dass die Verbraucherpreise auch für Strom und Fernwärme in den nächsten Jahren nominal ansteigen und insoweit eine ähnliche Entwicklung nehmen wie die Importenergien (vgl. Tabelle 2).

2.3. FÖRDERPROGRAMME

Die energetische Sanierung des Gebäudebestandes wurde bereits in der Vergangenheit durch zusätzliche Förderinstrumente unterstützt. So konnten von 1978 bis 1992 im Rahmen der Einkommensteuer die Kosten für die Modernisierung der Heizungsanlagen von der Einkommenssteuer abgesetzt werden. Auch die KfW/DtA unterstützt seit Anfang der neunziger Jahre die energetische Sanierung des Gebäudebestandes, zuerst vor allem mit dem generellen Ziel der Modernisierung des Gebäudebestandes in Ostdeutschland, seit 1996 speziell mit dem Ziel der CO₂-Minderung und Steigerung der Energieeffizienz. Mit dem 1996 aufgelegten CO₂-Minderungsprogramm wurden Maßnahmen zur CO₂-Minderung bis zu einer Obergrenze von 300 DM/m² Wohnfläche gefördert, wobei die Maßnahmen sowohl ein-

4 Dabei handelt es sich um eine plausible Setzung, deren Eintrittswahrscheinlichkeit vergleichsweise hoch eingeschätzt wird. Sicher ist diese Entwicklung allerdings nicht. Insbesondere kann nicht ausgeschlossen werden, dass der steigende Bedarf an Erdöl und Mineralölprodukten in Indien und China auf mittlere und längere Sicht stärkere reale Preissteigerungen induziert, die die Wirtschaftlichkeit der energetischen Gebäudesanierung deutlich verbessern würden.

Tabelle 3

Nominale Ausgaben des KfW-Programms zur CO₂-Gebäudesanierung 2003 bis 2017, €				
Jahre	Kapitaldienst ¹		Energiekosten- entlastungen	Saldo
	Eigenanteil	KfW-Mittel		
2003	204,52	102,26	136,08	68,43
2004	212,70	106,35	139,28	73,42
2005	221,21	110,60	142,65	78,55
2006	624,88	115,03	146,50	478,38
2007	624,88	107,13	149,42	475,47
2008	624,88	98,92	154,83	470,05
2009	624,88	90,38	159,12	465,76
2010	624,88	81,49	167,88	457,00
2011	624,88	72,26	172,14	452,74
2012	624,88	62,65	174,85	450,04
2013	624,88	0,00	179,07	445,82
2014	624,88	0,00	182,24	442,65
2015	624,88	0,00	184,35	440,53
2016	624,88	0,00	186,59	438,30
2017	624,88	0,00	188,75	436,14
Kumuliert	8.137,00	947,06	2.463,75	5.673,26
Eigene Berechnungen nach Angaben der KfW: 1 Bei einem Zinssatz von 6,0 %, einer Kreditlaufzeit von 15 Jahren und einem Investitionsvolumen von 5.000 €; 2 bei Energieeinsparungen von 2 780 kWh und einem Erdgaspreis von durchschnittlich 60 €/MWh.				

zeln als auch in Kombination miteinander durchgeführt werden konnten. Das zu Beginn des Jahres 2001 aufgelegte Programm zur CO₂-Gebäudesanierung sieht demgegenüber nur noch Förderungen von Maßnahmenkombinationen vor und ist von der Erkenntnis geleitet, dass eine optimale CO₂-Minderung nur bei Abstimmung von Heizungsanlage und Wärmebedarf des Gebäudes erzielt werden kann. Zwar ist auch eine Förderung von frei zusammengestellten Maßnahmen möglich, diese müssen jedoch in ihren Gesamtwirkungen eine CO₂-Minderung von mindesten 40 kg CO₂/m² garantieren. Die Höhe der Förderung ist nach Maßnahmen und den damit erreichbaren CO₂-Minderungen gestaffelt, beträgt im Höchstfall allerdings 250 €/qm.

Tabelle 4

Altbausanierung durch KfW-Programme 1996 bis 2001				
Jahre	CO ₂ -Minderungsprogramm		Gebäudesanierungsprogramm	
	Kredit- zusagen in Mio. €	Geförderte Wohnflächen in Mio. qm	Kredit- zusagen in Mio. €	Geförderte Wohnflächen in Mio. qm
1996	716	8,9		
1997	436	5,3		
1998	386	4,4		
1999	685	5,9		
2000	564	5,3		
2001	786	7,6	495	2,5
Kumuliert	3.573	37,4	495	2,5
Quelle: M. Kleemann (2003).				

Die Förderung läuft grundsätzlich über zinsvergünstigte Kredite, bedeutet also eine Verringerung der Zinsbelastungen über die Kreditlaufzeit. Zusätzlich können die ersten drei Jahre tilgungsfrei gestellt werden (vgl. Tabelle 3). Bei einem Zinssatz von 6,0 %, der für eine langfristige Zinsbindung über 15 Jahre durchaus realistisch ist, und einer Zinsverbilligung in den ersten zehn Jahren um 2 %-Punkte ist das KfW-Programm gleichbedeutend mit einer Kostenentlastung von rund 10 %. Im Vergleich zur Absetzbarkeit der Investitionen im Rahmen der Einkommensteuer hat das KfW-Programm eine deutlich geringere Kostenentlastung zur Folge, die mit steigendem Grenzsteuersatz zudem noch abnimmt. Bei einem Einfamilienhaus der Baualterklasse zwischen 1968 und 1978, einer Wohnfläche von 150 qm und einem Jahresverbrauch von 27 580 kWh wurde dieser Zuschuss durch die Erhöhung der Erdgassteuer zu Beginn des Jahres 2003 und die daraus folgende Ausgabenerhöhung um rund 99 € im Jahr bzw. 1 490 € in 15 Jahren mehr als aufgezehrt.⁵ Insoweit überrascht es nicht, dass die Wirkungen der KfW-Programme bislang eher begrenzt geblieben sind. Nach der bereits erwähnten Untersuchung von M. Kleemann wurden von 1996 bis 2001 Kredite in der Gesamtsumme von 4,1 Mrd. € zugesagt, damit rund 500 000 Wohnungen saniert, pro Jahr also etwa 85 000 (vgl. Tabelle 4). Bei einer

5 Die geringe Anreizwirkung mag auch die Tatsache verdeutlichen, dass der Verzicht auf die Inanspruchnahme des KfW-Programms bereits durch eine unverzügliche Tilgung der Mittel mehr als aufgewogen wird.

insgesamt geförderten Wohnfläche von 40 Mio. qm entspricht die Fördersumme einem Einsatz von etwa 100 €/qm. Bei einem Gesamtbestand von etwa 28 Mio. vor 1978 gebauten Wohnungen entspricht dies einer Renovierungsrate von 0,3 %.

Diese geringe Wirkung war Anlass, Anfang des Jahres 2003 die Förderbedingungen zu überarbeiten und damit die Anreize zur Altbausanierung zu erhöhen. Neben den bereits erwähnten Maßnahmenkombinationen werden besonders wirkungsvolle Sanierungen mit einem Erlass eines Teils der Kreditsumme belohnt. Konkret verringert sich der Kreditbetrag um 20 % der Investitionssumme, wenn durch die Modernisierungsmaßnahmen der Standard eines Niedrigenergiehauses im Sinne der EnSV erreicht wird.

2.4. ÜBRIGE EXOGENE VORGABEN

Für die Entwicklung des Gebäudebestandes und der zu beheizenden Flächen sind allerdings nicht allein speziell wohnungswirtschaftliche Faktoren von Bedeutung, sondern in erheblichem Umfang auch allgemein ökonomische Größen. Die bekannte Konjunkturreakibilität der Bauwirtschaft ist nur ein Hinweis darauf, dass dazu auch makroökonomische Einflussgrößen wie die Zins- oder Einkommensentwicklung, außenwirtschaftliche Veränderungen oder auch die demographische Entwicklung gehören. Ähnliches gilt *mutatis mutandis* für die vom Staat gesetzten Rahmenbedingungen, also etwa die Einkommen- und Körperschaftsteuersätze, die Sozialversicherungssätze oder das allgemeine Wettbewerbsrecht. Da die vorliegende Analyse sich auf die energetische Gebäudesanierung konzentriert, können diese staatlichen Rahmenseetzungen nicht im einzelnen diskutiert und begründet werden. So dürfte die Annahme eines fast unveränderten Sozialversicherungssatzes (vgl. Tabelle 5) vor dem Hintergrund der gegenwärtigen Reformbestrebungen sicher nicht unproblematisch sein, eine andere Setzung müsste jedoch eingehender begründet werden. Hinzu kommt, dass die Sozialversicherungssätze zwar die Arbeitskosten und damit die gesamtwirtschaftliche Entwicklung im Referenz-Szenario beeinflussen, für die gesamtwirtschaftlichen Effekte der energetischen Gebäudesanierung jedoch kaum von Bedeutung sind und insoweit für die Zwecke dieser Untersuchung ausreichend abgesichert scheinen.

Für die *Bevölkerungsentwicklung* liegen mit den demographischen Modellrechnungen relativ verlässliche Daten über die natürliche Bevölkerungsbewegung, d.h. die Entwicklung der Bevölkerungsstrukturen und -größe auf der Basis von altersspezifischen Geburten- und Sterbeziffern, vor. Diese Ziffern haben sich in den

letzten Jahren (wieder) als einigermaßen stabil erwiesen, so dass langfristige Bevölkerungsprognosen insoweit zum Standardprogramm der amtlichen Statistik gehören. Demgegenüber ist die Prognose der Wanderungen über die Grenzen des Staatsgebietes mit beträchtlichen Unsicherheiten verbunden. Auf lange Frist dürften die Erweiterung der EU, anhaltende politische Risiken in vielen Regionen der Welt und eine erkennbar zunehmende internationale Mobilität den Nettozustrom aus dem Ausland verstärken. Unter diesen Voraussetzungen ist bis zum Jahre 2012 mit einem leichten Rückgang der Bevölkerung auf 81,2 Mio. Personen zu rechnen.

Für eine exportorientierte Volkswirtschaft wie Deutschland ist die Entwicklung des Welthandels von erheblicher Bedeutung. Dabei ist gerade die Prognose dieser exogenen Größe mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Dazu tragen zum einen politische Faktoren wie das Gefährdungspotential durch den internationalen Terrorismus oder die Spannungen in verschiedenen Regionen der Welt bei, zum anderen aber auch ökonomische Risiken, die aus Ungleichgewichten in den staatlicher Einnahmen und Ausgaben oder der Leistungsbilanzen resultieren. Innerhalb dieser Unsicherheiten wird für die folgenden Berechnungen ein Wachstum des Welthandelsvolumens um jährlich 5 % angenommen. Diese Prognose orientiert sich an den Wachstumsperspektiven der wichtigsten Handelspartner; sie schließt nicht aus, dass in anderen Weltregionen erheblich höhere Außenhandelsvolumina realisiert werden.

Tabelle 5

Annahmen zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland					
2000 bis 2012					
	Einheit	2000	2005	2010	2012
Demographie					
Bevölkerung	Mio.	81,9	81,7	81,4	81,2
Haushalte	Mio.	37,9	39,2	39,7	39,8
Binnenwirtschaft					
Sozialversicherungstarif	%	39,3	39,0	38,7	38,5
Mehrwertsteuersatz	%	16,0	16,0	17,0	17,0
Nominalzins	%	5,4	6,0	6,0	6,0
Außenwirtschaft					
Wechselkurs	€/§	1,08	1,00	1,00	1,00
Welthandelsvolumen ¹	%	8,4	5,0	5,0	5,0
Eigene Berechnungen: 1 Jahresdurchschnittliche Veränderungsrate.					

Eine Prognose der Wechselkurse ist aufgrund der starken Schwankungen der einzelnen Währungen besonders schwierig. Zwar sollten Wechselkurse idealtypisch die unterschiedliche Inflationsentwicklung in den einzelnen Volkswirtschaften zum Ausgleich bringen; für die praktische Festlegung eines derartigen Wechselkurses fehlt jedoch sowohl der gegenwärtige Gleichgewichtswechselkurs als auch eine detaillierte Prognose der Inflationsraten wichtiger Handelspartner. Insofern erscheint eine Prognose für das Austauschverhältnis des Euro gegenüber dem Dollar von 1,00 \$/€ vertretbar. Mit dieser Annahme können insbesondere auch wechselkursbedingte Be- und Entlastungen der Import- und Exportpreisentwicklung vermieden werden, so dass von den Wechselkursen keine zusätzlichen Preisimpulse auf die deutsche Volkswirtschaft ausgehen.

Bei den *finanzpolitischen Vorgaben* wird angenommen, dass die im internationalen Vergleich überdurchschnittliche hohe Abgabenquote langfristig zurückgeführt werden wird. Für die Mehrwertsteuer wird unterstellt, dass im Zuge der EU-weiten Harmonisierung der Steuersätze bis 2010 eine schrittweise Anhebung des Mehrwertsteuersatzes auf 17 % erfolgt. Mögliche Einnahmeüberschüsse aus der Mehrwertsteuer können zum Abbau des staatlichen Defizits verwendet werden.

Für den Nominalzins, hier gemessen an der Umlaufrendite festverzinslicher Wertpapiere, wird angenommen, dass dieser sich in den nächsten Jahren nicht grundlegend ändert und deshalb über den gesamten Zeitraum bei 6 % liegt.

3. DAS REFERENZ-SZENARIO: DIE ENTWICKLUNG OHNE ZUSÄTZLICHE MASSNAHMEN ZUR CO₂-MINDERUNG

Der Energieverbrauch zur Gebäudebeheizung lässt sich – wie bereits erwähnt – definitiv zerlegen in den Bestand von Gebäuden und Wohnungen, den Wärmeleistungsbedarf der Gebäude und Wohnungen und dessen jährliche Nutzung sowie schließlich die Effizienz der Heizungsanlagen, die für die Umwandlung von End- in Nutzenergie eingesetzt werden. Unterschiede in der Wohnungsgröße, im Wärmebedarf je qm Wohnfläche und im Nutzerverhalten legen es nahe, diese definitive Beziehung für Wohngebäude getrennt nach Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern zu betrachten. Mit dieser Differenzierung wird zugleich dem unter dem Stichwort »Mieter-Vermieter-Dilemma« oder allgemeiner als Nutzer-Investor-Divergenz bekannten Sachverhalt Rechnung getragen, dass der selbstnutzende Eigentümer wesentlich flexibler auf neue Anforderungen des Wärmeschutzes reagieren kann als der Mieter.

3.1. STRUKTUR DES GEBÄUDE- UND WOHNUNGSBESTANDES

Der Gesamtbestand an Wohnungen nimmt in den nächsten zehn Jahren nur noch marginal zu. Ursächlich hierfür sind vor allem demographische Faktoren, die eine expandierende Nachfrage nach Wohnungen kaum noch unterstützen. Ein geringer Impuls geht von der auch in den nächsten Jahren noch steigenden Haushaltszahl aus, die bei stagnierender Bevölkerung eine Folge der weiteren Singularisierung, d.h. der abnehmenden Anzahl von Personen ist, die in einem Haushalt leben.

Deutlich stärker ausgeprägt sind im Vergleich dazu die strukturellen Veränderungen im Gebäude- und Wohnungsbestand, und dies in mehrfacher Hinsicht:

- trotz der geringen Neubautätigkeit nimmt der Anteil der modernen, nach der Energiesparverordnung errichteten Wohnungen in den nächsten Jahren kontinuierlich zu und erreicht im Jahr 2012 mit knapp 3,0 Mio. Wohnungen bereits 7,5 % des Gesamtbestandes;

Tabelle 6

Gebäude- und Wohnungsbestand¹ in Deutschland					
2000 bis 2012					
Baualterklasse	2000	2005	2008	2010	2012
	Einfamilienhäuser				
Vor 1918	1.794	1.783	1.775	1.769	1.764
Bis 1948	1.539	1.531	1.526	1.522	1.518
Bis 1968	2.515	2.507	2.502	2.498	2.494
Bis 1978	1.701	1.699	1.698	1.697	1.697
Bis 1987	1.227	1.227	1.227	1.227	1.227
Bis 1995	772	772	772	772	772
Bis 2002	927	1.071	1.071	1.071	1.071
Neubau	0	515	858	1.063	1.262
Insgesamt	10.475	11.106	11.427	11.619	11.804
	Zweifamilienhäuser				
Vor 1918	1.429	1.424	1.420	1.418	1.416
Bis 1948	1.104	1.100	1.097	1.095	1.093
Bis 1968	1.931	1.927	1.924	1.923	1.921
Bis 1978	893	892	892	892	892
Bis 1987	603	603	603	603	603
Bis 1995	322	322	322	322	322
Bis 2002	366	407	407	407	407
Neubau	0	155	263	330	393
Insgesamt	6.648	6.830	6.929	6.990	7.047
	Mehrfamilienhäuser				
Vor 1918	3.344	3.321	3.307	3.297	3.287
Bis 1948	2.131	2.111	2.097	2.088	2.079
Bis 1968	6.277	6.241	6.214	6.196	6.179
Bis 1978	3.898	3.786	3.711	3.670	3.631
Bis 1987	1.809	1.809	1.809	1.809	1.809
Bis 1995	1.283	1.283	1.283	1.283	1.283
Bis 2002	1.395	1.482	1.482	1.482	1.482
Neubau	0	343	598	751	886
Insgesamt	20.137	20.376	20.501	20.576	20.636
	Insgesamt				
	37.260	38.312	38.857	39.185	39.487
Eigene Berechnungen, für 2000 nach Angaben des Statistisches Bundesamtes, für 2005 bis 2012 eigene Prognosen: 1 ohne Wohnungen in Nichtwohngebäuden, die im Jahr 2000 etwa 754.000 Einheiten oder 2 % des Gesamtbestandes erreichten.					

- durch den natürlichen Abgang von Gebäuden und Wohnungen aus den Altersklassen mit vergleichsweise niedriger Energieeffizienz erhöht sich die Effizienz des Gesamtbestandes; insbesondere der Rückbau ganzer Wohnsiedlungen in Ostdeutschland trägt wesentlich dazu bei, dass bis 2012 rund 585.000 weniger effiziente Wohnungen aus dem Bestand ausscheiden;

Dieser Einspareffekt wird jedoch teilweise kompensiert durch die Zunahme der zu beheizenden Wohnflächen, der

- auf die in allen Gebäudetypen zu erwartende Steigerung der spezifischen Wohnflächen von neu errichteten Wohnungen
- sowie dem auch in Zukunft anhaltenden Trend zum selbstgenutzten Eigentum insbesondere als Einfamilienhaus

zurückzuführen ist. So steigt die durchschnittliche Wohnfläche in neuerrichteten

- Einfamilienhäusern von 139 auf mehr als 143 qm,
- Zweifamilienhäusern auf 210 qm, je Wohnung also auf 105 qm

bis 2012 an. Im Vergleich dazu nehmen sich die durchschnittlichen Wohnflächen des Altbaus relativ bescheiden aus: Wohnungen in Einfamilienhäusern aus der Nachkriegszeit erreichen selten mehr als 100 qm, Wohnungen in Zweifamilienhäusern kaum 75 qm.⁶

Verstärkt wird dieser den Energieverbrauch erhöhende Trend durch die Zunahme der Einfamilienhäuser am gesamten Wohnungsbestand; während der Anteil gegenwärtig bei rund 28 % liegt, machen Einfamilienhäuser im Jahr 2012 immerhin 30 % aus. Diese Anteilsverschiebung geht ausschließlich zu Lasten der Mehrfamilienhäuser, deren Anteil von 54 % auf reichlich 52 % zurückgeht. Folglich nimmt die Wohnfläche insgesamt zwischen 2000 und 2012 von 2 904 auf 3 176 Mio. qm bzw. um 9,3 % zu, während der Wohnungsbestand nur um 2,2 Mio. bzw. 5,2 % wächst, so dass durch die strukturellen Veränderungen im gesamten Bestand die Wohnungsgröße im Durchschnitt auf 80,7 qm ansteigt (vgl. Tabelle 7). Für die hier im Zentrum stehende energetische Gebäudesanierung ergeben sich daraus zwei wichtige Erkenntnisse:

- auch wenn durch den Abgang älterer Gebäude und Wohnungen der Altbau an Bedeutung verliert, so wird die Entwicklung des Energieverbrauchs auch in den nächsten Jahren wesentlich vom energetischen Zustand des Altbaus bestimmt, denn auch im Jahr 2012 liegen mehr als 70 % der Wohnungen in Gebäuden, die vor 1978 und damit nach veralteten Wärmeschutzstandards errichtet wurden;

6 Dabei ist bereits berücksichtigt, dass ein erheblicher Teil der ursprünglich als Zweifamilienhäuser errichteten Gebäude im Laufe der Zeit in Einfamilienhäuser umgewidmet wurde; selbst diese Wohnungen sind kaum größer als 120 qm.

Tabelle 7

Gebäude- und Wohnungsflächen¹ in Deutschland					
2000 bis 2012					
	2000	2005	2008	2010	2012
	Mio. qm				
Einfamilienhäuser	1.111,4	1.196,7	1.241,2	1.268,2	1.294,5
Zweifamilienhäuser	517,9	537,1	547,5	554,0	560,1
Mehrfamilienhäuser	1.275,4	1.297,7	1.309,0	1.315,7	1.321,3
Wohnfläche insg.	2.904,6	3.031,5	3.097,7	3.137,9	3.175,9
	qm/Wohnung				
Einfamilienhäuser	107,7	109,3	110,1	110,6	111,1
Zweifamilienhäuser	77,9	78,6	79,0	79,3	79,5
Mehrfamilienhäuser	63,3	63,7	63,8	63,9	64,0
Wohnfläche insg.	78,3	79,4	80,0	80,4	80,7
Eigene Berechnungen, für 2000 nach Angaben des Statistisches Bundesamtes, für 2005 bis 2012 eigene Prognosen: 1 ohne Wohnungen in Nichtwohngebäuden, die im Jahr 2000 etwa 754.000 Einheiten oder 2 % des Gesamtbestandes erreichten.					

- trotz des Trends zum selbstgenutzten Eigentum bleibt auch in Zukunft der Anteil der Mietwohnungen am Gesamtbestand überdurchschnittlich hoch. Folglich ist bei der Förderung von Modernisierungsinvestitionen zu berücksichtigen, dass vermietete Objekte anderen gesetzlichen Regelungen und Marktbedingungen unterliegen als selbstgenutztes Eigentum. Insbesondere trägt der Vermieter zum Zeitpunkt der Modernisierung das finanzielle Risiko fast allein, da eine Überwälzung der Kapitalkosten auf die Mieter erst im Laufe der Jahre möglich ist, während der finanzielle Nutzen von Energieeinsparungen – sofern diese nicht mit generellen Wertsteigerungen des Gebäudes verbunden sind – überwiegend dem Mieter zu gute kommt. Umgekehrt gehen hohe Energiekosten über die Warmmiete quasi automatisch zu Lasten des Mieters, bieten für den Eigentümer also kaum Anreize zu zusätzlichen Investitionen in Wärmedämmung oder Anlagenmodernisierung.

3.2. ENERGIEVERBRAUCH UND WÄRMEVERLUSTE

Von den strukturellen Veränderungen im Gebäude- und Wohnungsbestand gehen insoweit widersprüchliche Impulse auf die Energieeffizienz und die CO₂-Emissionen

aus. Für den zukünftigen Energie- oder Wärmeleistungsbedarf (in W/qm) der Gebäude und Wohnungen ist jedoch darüber hinaus von Bedeutung, dass sich die für die jeweiligen Gebäude geltenden Normen und bautechnischen Standards im Zeitablauf ändern, sei es infolge von Modernisierungsinvestitionen, sei es aufgrund gesetzlicher Standards, die zwar zunächst für neuerrichtete Wohnungen, im Laufe der Zeit jedoch auch für Altbauten zur Norm werden.⁷ Deshalb ist die Entwicklung des Wärmebedarfs des Gebäude- und Wohnungsbestandes nicht nur eine Funktion der Alters- und Gebäudestruktur und der zum Zeitpunkt der Errichtung der Gebäude geltenden Standards, sondern auch der über die Lebenszeit eines Gebäudes zu beobachtenden Änderungen dieser Baustandards und gesetzlichen Normen.

Um diese vielfältigen Einflussfaktoren angemessen abbilden zu können, müssen die Gebäude und Wohnungen nicht nur nach Baualterklassen und Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern, sondern auch nach dem Wärmebedarf der jeweiligen Gebäude und Gebäudeteile unterschieden werden.⁸ Entsprechend den gesetzlichen Regeln zur Bestimmung des Transmissionswärmebedarfs werden dabei folgende Bauteile berücksichtigt:

- Fensterflächen,
- Außenwände,
- Kellerdecke und
- Dach bzw. Dachgeschoss.

Diese Unterscheidung trägt nicht nur der Tatsache Rechnung, dass die genannten Bauteile unterschiedliche Wärmedurchgangskoeffizienten mit individueller zeitlicher Entwicklung aufweisen, sondern erweist sich für die im folgenden Abschnitt zu analysierende energetische Modernisierung des Altbaubestandes als unverzichtbar, um die damit verbundenen absoluten und spezifischen CO_2 -Minderungskosten angemessen abbilden zu können.

- 7 Ein prägnantes Beispiel für diese Normbildung ist die Entwicklung der Fenstertechnik, während Anfang der siebziger Jahre Einfachverglasungen mit k -Werten von $5,7 W/(qm * K)$ noch Standard der Bautechnik waren, wurden im Zuge der Novellierung der Wärmeschutzverordnungen Isolierglas (k -Wert von $2,8 W/qm * K$) und später Wärmeschutzverglasungen (k -Wert von $1,1 W/(qm * K)$) auch für den Gebäude- und Wohnungsbestand zur Norm. Einzelheiten vgl. Prüfungsinstitut für Bauelemente (Hrsg.), Energiesparpotentiale durch moderne Fenster, Studie im Auftrag PVC und Umwelt e.V., Pirmasens, 2002.
- 8 Die dazu notwendigen Gebäudespezifika wurden vom Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) erstmals für die Enquete-Kommission »Schutz der Erdatmosphäre« erstellt und seither in regelmäßigen Abständen aktualisiert. Die hier verwendete Gebäudetypologie stammt aus dem Jahr 2003 und enthält erstmals auch aktuelle Datensätze zu den nach der EnEV erstellten Gebäuden. Einzelheiten vgl. IWU (Hrsg.), Deutsche Gebäudetypologie, Systematik und Datensätze, Darmstadt, 2003.

Ohne zusätzliche Maßnahmen im Gebäudebestand und trotz der für Neubauten inzwischen geltenden Wärmedämm-Standards wird der Wärmebedarf der Gebäude und Wohnungen in den nächsten Jahren noch zunehmen (vgl. Tabelle 8). Der Zuwachs ist mit 3,2 % zwischen 2000 und 2012 zwar deutlich geringer als die Zunahme der Wohnfläche, dennoch dürfte diese Entwicklung mit den Minderungsverpflichtungen der Bundesrepublik im Rahmen des EU-burden sharing kaum kompatibel sein. Ohne weitergehende Verminderungen der Wärmeverluste im Bestand entfällt die Hauptlast der Emissionsminderungen auf den Ersatz veralteter Heizungsanlagen und die weitere Verdrängung von kohlenstoffreichen durch kohlenstoffarme Energieträger. Zwar sind auch in diesem Bereich noch Energieeinsparungen und CO₂-Minderungen möglich, das technische Potential zur Verringerung der Wärmeverluste in den einzelnen Bauteilen dürfte jedoch erheblich größer sein. So beträgt der Wärmedurchgang je Quadratmeter

- bei moderner Wärmeschutzverglasung (1,1 W/(qm * K)) nur noch ein Drittel des Wertes, der bei modernisierten Altbauten (2,57 W/(qm * K)) erreicht wird und
- bei der Gebäudehülle (0,3 W/(qm * K)) sogar nur noch ein Fünftel des bei Altbauten realisierten Wertes (1,7 W/(qm * K)).

Würde man den Altbaubestand auf den für Neubauten geltenden Standard bringen, könnten die Wärmeverluste von rund 630 TWh auf 250 TWh, also um mehr als 60 % verringert werden. Selbstverständlich kann dieses Potential nicht innerhalb weniger Jahre erschlossen werden; immerhin wird deutlich, dass die Minderungspotentiale im Gebäudebestand erheblich sind.

Der im Referenzfall zu erwartende Anstieg der Wärmeverluste, wie er in Tabelle 8 zum Ausdruck kommt, kann allerdings als Hinweis darauf verstanden werden, dass diese Potentiale überwiegend nur unter Inkaufnahme zusätzlicher Kosten erschlossen werden können. Dies gilt insbesondere für jene Maßnahmen, die nicht im Rahmen von Renovierungszyklen, sondern zusätzlich durchgeführt werden müssen wie beispielsweise die Dämmung der Gebäudehülle oder die Isolierung des Dachgeschosses. Da diese Maßnahmen im Referenz-Szenario, also ohne zusätzliche finanzielle Anreize, die über die ökologische Steuerreform oder das KfW-Programm zur CO₂-Minderung und Gebäudesanierung hinausgehen, nicht wirtschaftlich sind, werden sie nicht durchgeführt, sondern nur jene Maßnahmen, die aus einzelwirtschaftlicher Sicht kostengünstig sind. Dazu gehören beispielsweise die Erneuerung der Fenster nach 30 bis 40 Jahren; der Ausbau des Dachgeschosses mit gleichzeitiger Wärmedämmung oder der Kellerausbau mit Dämmung der Bodenplatte durch Einbau zusätzlicher Fußböden.

Tabelle 8

Wärmeverluste nach Gebäudeteilen im Referenz-Szenario					
2000 bis 2012, TWh					
	2000	2005	2008	2010	2012
	Einfamilienhäuser				
Fensterflächen	49,1	51,9	53,1	53,9	54,7
Außenwände	124,4	128,0	129,7	130,7	131,7
Keller	46,2	48,0	48,8	49,4	49,9
Dach	54,9	55,9	56,4	56,6	56,9
	Zweifamilienhäuser				
Fensterflächen	24,5	24,8	25,0	25,2	25,3
Außenwände	32,8	33,1	33,2	33,4	33,5
Keller	23,7	23,9	24,0	24,0	24,1
Dach	18,8	18,9	19,0	19,0	19,1
	Mehrfamilienhäuser				
Fensterflächen	56,5	56,8	56,8	56,8	56,8
Außenwände	86,1	86,2	86,2	86,2	86,1
Keller	40,9	40,8	40,6	40,6	40,5
Dach	60,1	59,8	59,6	59,4	59,3
	Gebäude und Wohnungen insgesamt				
Fensterflächen	130,1	133,4	135,0	135,9	136,8
Außenwände	243,3	247,2	249,1	250,3	251,3
Keller	110,8	112,6	113,4	114,0	114,5
Dach	133,8	134,7	134,9	135,1	135,2
Eigene Berechnungen.					

Bereits zur Beginn wurde darauf hingewiesen, dass die einzelwirtschaftliche Sicht allerdings nicht ausreicht, um die einzelnen Maßnahmen insgesamt zu bewerten. Vielmehr sind dazu auch die sektoralen und gesamtwirtschaftlichen Wirkungen zu berücksichtigen, insbesondere die mit der energetischen Gebäudesanierung verbundenen positiven Produktions- und Beschäftigungseffekte. Diese bleiben bei einer Beschränkung der Altbausanierung auf die einzelwirtschaftlich sinnvollen Maßnahmen allerdings weitgehend aus.

3.3. SEKTORALE UND GESAMTWIRTSCHAFTLICHE ENTWICKLUNG

Demnach macht sich diese fehlende Sanierung zuerst bei der geringeren Steigerung der Energieeffizienz, dann aber auch bei der geringeren Dynamik der sektoralen Produktionsentwicklung bemerkbar. Denn nach den hier angenommen Rahmenbedingungen kann die Bauwirtschaft auch aus den übrigen Bereichen kaum nennenswerte zusätzliche Produktions- und Beschäftigungsimpulse erwarten. Die realen staatlichen Bauinvestitionen nehmen bis 2012 um weniger als 0,5 % pro Jahr zu, die gewerblichen Bauinvestitionen anfangs sogar ab, später allerdings dann um durchschnittlich 1,2 % pro Jahr zu. Auch der Bau neuer Wohnungen fällt wegen der demographischen Entwicklung, aber selbstverständlich auch wegen der geringen realen Einkommenszuwächse – das reale verfügbare Einkommen der privaten Haushalte wächst im Durchschnitt um etwas mehr als 1 % pro Jahr, wobei die Wachs-

Tabelle 9

Entwicklung von Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe und in baunahen Sektoren im Referenz-Szenario 2005 bis 2012				
	2005	2008	2010	2012
	Bruttoproduktion in Mrd. € ¹			
Baugewerbe	298,7	310,4	316,6	326,0
Baukeramik	37,6	38,9	39,9	40,9
Glasgewerbe	11,7	13,0	13,9	14,9
Kunststoffe	57,3	64,5	69,6	75,4
Holzwaren ²	32,4	35,4	37,5	39,9
Dienstleistungen ³	317,3	354,4	380,6	409,0
	Erwerbstätige in 1000			
Baugewerbe	2.365	2.291	2.198	2.188
Baukeramik	266	262	260	257
Glasgewerbe	75	72	69	67
Kunststoffe	310	308	307	308
Holzwaren ²	190	184	186	179
Dienstleistungen ³	2.704	2.717	2.707	2.683
Eigene Berechnungen: 1 in Preisen von 1995; 2 ohne Möbel; 3 unternehmensbezogene Dienstleistungen.				

tumsraten von Jahr zu Jahr geringer ausfallen – als Wachstumsmotor aus. Im Durchschnitt der Jahre von 2005 bis 2012 werden nur noch 230.000 neue Wohnungen gebaut, wobei auch hier die Bautätigkeit zu Beginn mit fast 260.000 höher ist als gegen Ende des Untersuchungszeitraumes mit nur noch 200.000 Einheiten. Lediglich die Modernisierungsinvestitionen, obwohl nicht explizit zusätzlich gefördert, sind sowohl vom Niveau als auch von der Entwicklung ein stabilisierender Faktor.

Insgesamt sind die Perspektiven der Bauwirtschaft in den nächsten Jahren daher eher gedämpft. Die reale Bruttoproduktion steigt zwar um knapp 1 % pro Jahr, gleichzeitig wird jedoch die Arbeitsproduktivität erheblich gesteigert, so dass die Zahl der Erwerbstätigen von diesem Produktionswachstum nicht nur nicht profitiert, sondern sogar weiter abnimmt (vgl. Tabelle 9).

Die geringe Dynamik des Baugewerbes schlägt sich unmittelbar auch bei den von der Bauwirtschaft abhängigen Vorleistungslieferanten nieder, insbesondere den vom Neubau abhängigen Sektoren der Steine- und Erdenindustrie: die Zementproduktion stagniert bei etwa 33,0 Mio. t und die übrigen Zulieferbereiche können nur deshalb eine Stagnation vermeiden, weil sie noch andere Märkte bedienen, die stärker expandieren. Dazu gehören insbesondere die Exportgütersektoren, die von der Expansion des Welthandels um jährlich 5 % profitieren und ihre Produktion zum Teil deutlich ausweiten können.

Diese Entwicklung ist ein Hinweis darauf, dass das Wachstum der deutschen Volkswirtschaft auch in Zukunft maßgeblich von weltwirtschaftlichen Faktoren abhängt. Bei der hier unterstellten Welthandelsentwicklung ergibt sich für die Wirtschaft in Deutschland von 2005 bis 2012 demnach eine vergleichsweise günstige Entwicklung. Das Bruttoinlandsprodukt wächst mit einer durchschnittlichen jährlichen Rate von etwa 2,0 % (jahresdurchschnittliche Veränderung des BIP in Preisen von 1995 gegen vorherigen Zeitpunkt, vgl. Tabelle 10) – und damit wieder etwas rascher als im Durchschnitt der letzten zehn bzw. zwanzig Jahre, aber merklich langsamer als in den letzten 25 oder gar 40 Jahren.

Von diesem Wachstum profitieren auch die Ausrüstungsinvestitionen, die mit 3,8 % pro Jahr überdurchschnittlich wachsen, während die Bauinvestitionen – wie bereits erwähnt – auch im Prognosezeitraum das gesamtwirtschaftliche Wachstum eher dämpfen (mit knapp 1 % Wachstum). Ähnliches gilt für den privaten Verbrauch, der zwar dominierende Nachfragekomponente bleibt, mit einem Wachstum von rund 1 % freilich kaum expansiv wirkt. Für die gesamtwirtschaftlichen Exporte wird ein Wachstum von 4,5 %, für die Importe von 3,2 % prognostiziert. Dies impliziert, dass die hohe außenwirtschaftliche Verflechtung der deutschen Wirtschaft auch in Zukunft im Wesentlichen erhalten bleiben wird.

Tabelle 10

Die gesamtwirtschaftliche Entwicklung in Deutschland¹ Jahresdurchschnittliche Wachstumsraten in %, 2005 bis 2012						
					Durchschnitt	
	2005	2008	2010	2012	2005/07	2008/12
Privater Verbrauch	1,6	2,0	2,0	1,9	1,8	2,0
Staatsverbrauch	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Ausrüstungen	3,7	3,8	3,2	3,2	3,8	3,4
Bauten	0,5	1,0	0,7	0,7	0,8	0,9
Ausfuhr	5,6	4,5	3,5	4,2	5,1	4,3
Einfuhr	3,3	3,1	2,5	2,7	3,1	3,0
Bruttoinlandsprodukt	1,9	2,0	1,4	1,7	2,0	1,9
nachrichtlich: Erwerbstätige in 1000	38.450	38.590	38.610	38.650	38.490	38.615

Eigene Berechnungen: 1 in Preisen von 1995.

4. ALTERNATIV-SZENARIO: ENERGETISCHE GEBÄUDESANIERUNG

Die unter den dargestellten exogenen Vorgaben insgesamt positive wirtschaftliche Entwicklung ist im Hinblick auf die CO₂-Bilanz nicht unproblematisch. Zwar können die im Rahmen des EU-burden sharing eingegangenen Minderungsverpflichtungen grundsätzlich eingehalten werden, eine Garantie für die Zielkonsistenz ist jedoch nur für jenen Teil der Emittenten zu erwarten, die am Emissionshandel teilnehmen. Für die übrigen Bereiche ist die im Zuteilungsgesetz festgelegte Menge an Emissionsberechtigungen nur eine mehr oder weniger stringente Setzung, die durch die tatsächliche Entwicklung unter- oder auch überschritten werden kann. Dies kann insbesondere bei unerwarteten wirtschaftlichen Entwicklungen eintreten. Hinzu kommt, dass der Emissionshandel zwar die Einhaltung der vorgegebenen Minderungsziele erzwingt, allerdings ohne Rücksicht auf die damit verbundenen Kosten. Insoweit kann auch nicht ausgeschlossen werden, dass eine produktions- und wachstumsbedingte Mehrnachfrage nach Emissionsrechten unerwartete Preissteigerungen auf dem Handelsmarkt nach sich zieht und damit den unter sektoralen oder gesamtwirtschaftlichen Aspekten gewünschten Anstieg von Produktion und Beschäftigung behindert oder sogar im Ansatz erstickt. Deshalb erscheint es zwingend notwendig, zusätzliche Minderungsoptionen einschließlich der dazugehörigen Kosten verfügbar zu haben, um auf unvorhersehbare Entwicklungen angemessen reagieren zu können. Der Bereich der Gebäude- und Wohnraumbeheizung stellt auch unter diesem Aspekt ein geeignetes Minderungspotential dar.

Für die folgende Analyse ist dabei von Bedeutung, dass die energetische Gebäudesanierung konträre Wirkungen im Wirtschaftskreislauf hervorruft:

- zum einen bedeuten die dafür eingesetzten Investitionen zusätzliche Nachfrage und Produktion, die zu mehr Beschäftigung nicht nur in der Bauwirtschaft, sondern auch in anderen Bereichen führen;
- in die gleiche Richtung wirken die daraus folgenden Energieeinsparungen, die bei unveränderten Einkommen eine Reduktion der Energieausgaben und eine Erhöhung der sonstigen Ausgabemöglichkeiten bedeuten;
- dem stehen allerdings kontraktive Wirkungen gegenüber, die aus den Zusatzkosten folgen, die die Investitionen über höhere Abschreibungen erzwingen und bei den selbstnutzenden Eigentümern als höhere Kapitalkosten in Form

von Zins- und Tilgungsleistungen, für den Mieter in Form steigender Mieten wirksam werden;

Der Nettoeffekt lässt sich nur mit Hilfe eines vollständig integrierten Modellsystems errechnen, das sowohl die Nachfrage- und Produktionsseite wie auch die Kosten- und Preiseffekte simultan erfasst. Das im folgenden verwendete Modell erfüllt diese Voraussetzungen, da es folgende Teilsysteme umfasst:⁹

- ein güterwirtschaftliches Output-System, in dem die Endnachfrage und die intermediären Lieferungen abgebildet werden;
- ein Preismodell, in dem die sektoralen Stückkosten aus dem Zusammenwirken von verschiedenen Kostenkomponenten (Arbeit, Kapital, Vorleistungen) und staatlichen Belastungen oder Entlastungen (indirekte Steuern oder Subventionen) erklärt und die Preise der einzelnen Güter bzw. Gütergruppen nach Verwendungsbereichen differenziert bestimmt werden;
- eine Kapitalbestands- und Potentialrechnung, in der sektorale Bruttoausstattungs- und Bruttobauvermögen sowie Produktionskapazitäten und Auslastungsgrade erklärt werden,
- ein Arbeitsmarktmodell, in dem auf gesamtwirtschaftlicher Ebene das Arbeitsangebot festgelegt wird und auf sektoraler Ebene die Arbeitsvolumina, durchschnittlichen Arbeitszeiten, Zahl der Beschäftigten, Arbeitsproduktivitäten, Lohnsätze und Bruttoeinkommen aus unselbständiger Arbeit erfasst werden,
- ein Umverteilungsmodell, mit dem im wesentlichen das Steuer-, Sozialversicherungs- und Transfersystem abgebildet wird, um daraus die Einnahmen und Ausgaben des Staates sowie das verfügbare Einkommen der privaten Haushalte bestimmen zu können.

4.1. DIE FÖRDERINSTRUMENTE

Im voraufgegangenen Abschnitt wurde bereits darauf hingewiesen, dass das CO₂-Minderungspotential im Gebäudebestand erheblich ist, im Extremfall einer vollständigen Sanierung des Altbaubestandes 385 TWh bzw. rund 100 Mio. t CO₂ erreichen kann. Der energetische Zustand der einzelnen Bauteile und Gebäudetypen und die unterschiedlichen Renovierungszyklen haben zur Folge, dass diese Potentiale sich je nach Bauteil und Gebäudetyp erheblich unterscheiden. Rund die Hälfte des Potentials kann aus der Sanierung der Einfamilienhäuser gewonnen werden,

9 Eine ausführlichere Modellbeschreibung mit entsprechenden Literaturhinweisen findet sich im Anhang zu dieser Studie.

ein Hinweis darauf, dass auch für selbstnutzende Eigentümer die bisherigen Förderprogramme nicht attraktiv genug waren, um eine grundlegende energetische Sanierung ihrer Immobilie in betracht zu ziehen. Unter den Bauteilen liegen die größten Einsparpotentiale im Bereich der Außenwanddämmung, gefolgt von der Dachisolierung und der Kellerdämmung. Der Ersatz der Fenster bringt im Vergleich dazu nur unterdurchschnittliche Effizienzverbesserungen, nicht zuletzt wegen der in Altbauten in den letzten Jahren bereits durchgeführten Modernisierungsmaß-

Tabelle 11

Einsparpotentiale der energetischen Gebäudesanierung				
2012, TWh				
	Referenz-Szenario	Einspar-Potential	Abweichungen	
			Absolut	%
Einfamilienhäuser				
Fensterflächen	54,7	35,6	19,1	34,9
Außenwände	131,7	44,3	87,4	66,4
Keller	49,9	22,2	27,7	55,5
Dach	56,9	19,8	37,1	65,1
Zweifamilienhäuser				
Fensterflächen	25,3	14,4	10,9	43,0
Außenwände	33,5	10,4	23,1	69,0
Keller	24,1	9,2	14,9	62,0
Dach	19,1	6,5	12,6	65,9
Mehrfamilienhäuser				
Fensterflächen	56,8	34,4	22,4	39,5
Außenwände	86,1	31,0	55,1	64,0
Keller	40,5	15,1	25,4	62,7
Dach	59,3	9,9	49,3	83,2
Gebäude und Wohnungen insgesamt				
Fensterflächen	136,8	84,4	52,4	38,3
Außenwände	251,3	85,7	165,6	65,9
Keller	114,5	46,4	68,0	59,4
Dach	135,2	36,3	98,9	73,2
Eigene Berechnungen.				

nahmen, die wegen der auf 30 bis 40 Jahre begrenzten Lebensdauer der Fenster ohnehin notwendig waren.

Bei den in Tabelle 11 zusammengefassten Einsparpotentialen handelt es sich allerdings um Potentialschätzungen, die zum einen die damit verbundenen Kosten, zum anderen die zur Umsetzung der Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden notwendigen Kapazitäten in der Bauwirtschaft unberücksichtigt lassen. Für die konkrete Umsetzung sind aus diesen Potentialschätzungen Minderungsoptionen zu entwickeln, die einen möglichst rationellen Einsatz der dafür notwendigen Mittel gewährleisten und außerdem eine längerfristige Beschäftigung der in der Bauwirtschaft vorhandenen Produktionskapazitäten ermöglichen. Sprunghafte Mitteleinsätze sind dafür nicht geeignet; sie hätten außerdem zur Folge, dass selbstnutzende Eigentümer erhebliche Zusatzkosten infolge der höheren Kapitalkosten, Mieter kräftige Mietpreissteigerungen tragen müssten. Außerdem gehen Emissionsminderungen von 100 Mio. t weit über die bis 2012 im Rahmen des EU-burden sharing zu erbringenden Minderungsleistungen hinaus. Aus diesem Grund wird im folgenden ein Programm zur energetischen Gebäudesanierung, mit dem innerhalb weniger Jahre die vorhandenen Potentiale vollständig erschlossen können, ausgeschlossen, sondern stattdessen ein Sanierungspfad gewählt, der zwar zusätzliche Emissionsminderungen erbringt, in der Ausgestaltung jedoch als längerfristige Strategie angelegt ist und auch über 2012 hinaus weiterverfolgt werden kann. Grundsätzlich sind für eine derartige Strategie sowohl die Objekt- wie auch die Subjektförderung denkbar; die Objektförderung setzt am Gebäude, die Subjektförderung am Eigentümer des Gebäudes an. Beide Optionen sind geeignet, zusätzliche Anreize zur Sanierung des Altbaubestandes zu entfalten, solange mit diesen Instrumenten die Wirtschaftlichkeit von Modernisierungsinvestitionen deutlich verbessert wird. Für die Absetzbarkeit im Rahmen der Einkommensteuer sind diese Voraussetzungen umso eher gegeben, je höher der Grenzsteuersatz und damit das Einkommen des jeweiligen Investors sind. Gerade dieser Zusammenhang ist jedoch für die Wirksamkeit des Instruments problematisch. Denn je höher das Einkommen und damit die mögliche Steuerersparnis ist, umso mehr verschiebt sich der Anreiz zur Modernisierung von den Kosten der Modernisierungsmaßnahmen und den damit erzielbaren Energiekostenentlastungen zu den erwarteten Steuerersparnissen – Mitnahmeeffekte eingeschlossen. Umgekehrt ist der Anreiz zur Modernisierung bei geringerem Einkommen deutlich niedriger. Folglich hängt die Wirksamkeit des Instruments nicht mehr von der Ausgestaltung der Förderbedingungen, sondern von der Einkommenssituation des Investors

ab, die im Zweifel erheblich schwieriger zu beeinflussen ist.¹⁰ Diese Unsicherheiten lassen sich beim Übergang auf eine Objektförderung wie auch durch die Gewährung von festen Investitionszuschüssen vermeiden.

Denn diese Förderinstrumente greifen ausschließlich in das Wirtschaftlichkeitskalkül der Modernisierungsinvestitionen ein und hier vor allem zugunsten einer Verringerung der Kapitalkosten.¹¹ Dieser Ansatz ist von der Erkenntnis geleitet, dass die energetische Sanierung der Gebäude einen erheblichen Einsatz zusätzlicher finanzieller Mittel erfordert, die Verringerung der Kapitalkosten daher der wirksamste Weg zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahmen ist. Dabei ist es unter Wirtschaftlichkeitsaspekten gleichgültig, ob dazu direkte Investitionszulagen oder der von der KfW gewählte Weg einer Zinsverbilligung gewählt werden. Denn jeder Zinsverbilligung entspricht eindeutig eine bestimmte Höhe eines Förderbetrages und umgekehrt.¹² Dies gilt allerdings nur solange, wie die Wirtschaftlichkeitsanalyse auf den gesamten Zeitraum der Finanzierung bezogen wird. Eine Einschränkung des Zeitraumes auf einzelne Jahre, etwa auf den Zeitpunkt der Modernisierungsinvestition, lässt die Vorteile eines festen Förderbetrages deutlich ansteigen. Denn in dieser Betrachtung wirkt der Vorteil der Zinsvergünstigungen, der sich erst über den gesamten Finanzierungszeitraum einstellt, deutlich geringer entlastend als der zum Zeitpunkt der Investition ausbezahlte Förderbetrag.

Für die folgenden Berechnungen wesentlich wichtiger ist jedoch die Höhe der Zinsverbilligung oder des Förderbetrages. Wie im zweiten Abschnitt bereits erläutert, konnten mit dem KfW-CO₂-Minderungsprogramm bis 2001 nur geringe Wirkungen erzielt werden. Nicht zuletzt deshalb wurde das Programm in den letzten Jahren modifiziert und in seinen Anreizwirkungen verstärkt. Insbesondere wurde im Mai 2003 das KfW-Programm zur CO₂-Gebäudesanierung mit Mitteln aus der Ökosteuer ausgeweitet und der finanzielle Anreiz für durchgreifende Sanierungsmaßnahmen deutlich ausgeweitet. So können bis zu 20 % der Investitionssumme erlassen werden, wenn durch die Sanierung ein Energiestandard erreicht wird, der dem eines Niedrigenergiehauses im Sinne der EnSV entspricht. Zusätzlich wurde

10 Diese Unsicherheit betrifft nicht nur die CO₂-Minderungserfolge, sondern selbstverständlich auch die staatlichen Einnahmen; auf die damit verbundenen Verteilungswirkungen sei nur am Rande verwiesen.

11 Grundsätzlich kann das Wirtschaftlichkeitskalkül auch über eine Erhöhung der Energiepreise und -kosten beeinflusst werden. Abgesehen von den damit verbundenen Durchsetzungsproblemen auf der politischen Ebene hängt die Wirksamkeit dieser Variante dann allerdings nicht nur von den gewählten Steuersätzen, sondern zusätzlich von der Entwicklung der Energiepreise ab.

12 Beispielsweise entspricht dem KfW-CO₂-Minderungsprogramm mit einer Zinsverbilligung von 2 %-Punkten und einer tilgungsfreien Startphase von drei Jahren bei einem Zinssatz von 6 % ein Förderbetrag von rund 16 %.

die Zinsverbilligung je nach Maßnahmenpaket auf bis zu 2,85 %-Punkte ausgeweitet.

Die damit verbundenen Anreizverstärkungen erfordern zwar den Einsatz zusätzlicher Mittel, haben jedoch die Wirksamkeit des Modernisierungsprogramms nach den bisher vorliegenden Ergebnissen deutlich erhöht.¹³ So konnte nach Angaben der KfW durch die Mittelausweitung die Anzahl der zugesagten Kredite in der ersten Hälfte des Jahres 2004 gegenüber dem vergleichbaren Zeitraum des Jahres 2003 um mehr 75 % (von 17 565 auf 30 752) und die Kreditvolumina von 729 auf 1 287 Mio. € gesteigert werden. Im Rahmen des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms erreichten nach Abschluss der Modernisierungsarbeiten zusätzlich mehr als 27 % der gesamten Kreditzusagen den Status eines Niedrigenergiehauses und konnten mit dem Erlass von 20 % der beantragten Mittel belohnt werden. Die Verbesserung der Förderbedingungen zeigt demnach an, dass ohne eine nennenswerte Erhöhung der Fördermittel zusätzliche CO₂-Minderungen nicht erreichen werden können. Insoweit zeigt die Überarbeitung des Programms in die richtige Richtung, dürfte allerdings für die potentiellen CO₂-Minderungen nicht ausreichen. Dabei sei nochmals betont, dass die im Rahmen des KfW-Programms gewählte Zinsverbilligung einer Förderung über Investitionszuschüsse gleichkommt und insoweit die Aussagekraft der folgenden Simulationen nicht einschränkt, auch wenn diese sich auf Zinsverbilligungen als dem Instrument zur Steigerung der Modernisierungsaktivitäten beschränken.

4.2. MINDERUNGSPOTENTIALE UND -KOSTEN

Auch wenn unstrittig ist, dass eine Erhöhung der Fördermittel die wesentliche Voraussetzung für zusätzliche CO₂-Minderungen im Gebäudebestand ist, so ist die konkrete Form der Instrumentierung in weiten Grenzen gestaltbar. Im Rahmen von Zinsverbilligungen könnten beispielsweise

- die Zinsverbilligung über die gesamte Laufzeit des Kredits gewährt (forciertes KfW-Programm),
- die Zinsverbilligung von 2 auf 4%-Prozentpunkte gesteigert (Zusätzliches KfW-Programm) oder
- beide Maßnahmen kombiniert (maximales KfW-Programm)

13 Einzelheiten vgl. KfW Bankengruppe (Hrsg.), Umwelt-Monitor August 2004, Frankfurt a. Main, 2004

Tabelle 12

Entlastungswirkungen einer Modifikation der KfW-Programme zur Gebäudesanierung¹ 2003 bis 2017, €				
	Standard- KfW- Programm	Forciertes KfW- Programm	Zusätzliches Förder- programm	Maximales Förder- programm
2003	102,26	102,26	204,52	204,52
2004	106,35	106,35	208,61	208,61
2005	110,60	110,60	212,78	212,78
2006	115,03	115,03	217,03	217,03
2007	107,13	107,37	199,97	200,85
2008	98,92	99,41	182,57	184,35
2009	90,38	91,13	164,81	167,52
2010	81,49	82,52	146,71	150,35
2011	72,26	73,56	128,24	132,83
2012	62,65	64,25	109,40	114,97
2013	0,00	54,57	0,00	96,75
2014	0,00	44,49	0,00	78,16
2015	0,00	34,02	0,00	59,21
2016	0,00	23,12	0,00	39,87
2017	0,00	11,79	0,00	20,15
Kumuliert	947,05	1.120,47	1.774,63	2.087,94
nachrichtlich: Restbelastung	5.673,26	5.528,33	4.270,39	4.005,39

Eigene Berechnungen: 1 Bei einem Zinssatz von 6,0%, einer Kreditlaufzeit von 15 Jahren und einem Investitionsvolumen von 5.000 €.

werden. Die größten Effekte werden selbstverständlich mit einer Zinsverbilligung um 4 %-Punkte und einer Ausdehnung dieser Zinsverbilligung auf die gesamte Laufzeit erzielt. Bei einem Marktzins von 6 % sind diese Varianten äquivalent mit einem Zuschuss von

- 17,5 % (forciertes KfW-Programm),
- 30,5 % (Zusätzliches KfW-Programm) bzw.
- 32,5 % (maximales KfW-Programm)

zu den insgesamt eingesetzten Mitteln. Die Kostenentlastungen können mehr als 30 % der Gesamtkosten erreichen und liegen damit doppelt so hoch wie die mit den bisherigen Konditionen erzielten Wirkungen. Dabei wirkt sich eine Verringerung der Zinsbelastungen erheblich stärker aus als eine Verlängerung des Zeitraumes, für den die Zinsverbilligung gewährt wird (vgl. Tabelle 12). Während diese nämlich nur eine Entlastung von 2,5 % bzw. 6,0 % der gesamten Kreditkosten bedeutet, reduziert eine weitergehende Zinsvergünstigung die Belastungen um bis zu knapp 30 %, ein Hinweis auf die bereits erwähnte Kapitalintensität der Modernisierungsinvestitionen.

Selbstverständlich erhöht sich dabei auch der zusätzliche Mittelbedarf, der für den Ausgleich der Zinsdifferenzen bereitgestellt werden muss, im Extremfall einer Zinsverbilligung um 4 %- Punkte über die gesamte Laufzeit um mehr als das Doppelte.¹⁴ Die günstigeren Zinskonditionen haben zur Folge, dass bislang unwirtschaftliche Maßnahmen an die Schwelle zur Wirtschaftlichkeit geführt und damit eine größere Anzahl von Maßnahmen gefördert werden, nicht nur im Sinne einer Ausweitung der Förderzahlen, sondern auch der Modernisierungstätigkeiten. So wäre im Bereich der Einfamilienhäuser eine Dämmung der Außenwände je nach Baualterklasse um bis zu knapp 117 €/t CO₂ kostengünstiger als bei den seit 1996 geltenden Zinsverbilligungen über maximal 10 Jahre (vgl. Tabelle 13). Dadurch verbessert sich die Wirtschaftlichkeit ganzer Maßnahmenpakete, so dass anstelle von kombinierten Einzelmaßnahmen¹⁵ nun auch die vollständige energetische Sanierung eines Gebäudes wirtschaftlich attraktiv wird. Eine vergleichbare Wirkung konnte – wie bereits erwähnt – mit dem zu Beginn des Jahres 2003 modifizierten CO₂-Gebäudesanierungsprogramm der KfW erzielt werden; denn der Status eines Niedrigenergiehauses im Sinne der EnSV lässt sich in der Regel nur durch die gleichzeitige Dämmung von Dach, Kellerdecke und Außenwänden und den Einbau von Wärmeschutzverglasung erreichen.

4.3. ENERGIEEFFIZIENZ UND CO₂-BILANZ

Die Erhöhung der Zinsverbilligung auf 4%-Punkte und die daraus folgende stärkere Inanspruchnahme der von der KfW bereitgestellten Mittel hat zur Folge, dass im Vergleich zum Referenz-Szenario bis 2012 die Wärmeverluste im Gebäudebestand

14 Ein Teil dieser Mittel finanziert sich, wie in Abschnitt 4.5. gezeigt wird, jedoch selbst.

15 Die frei wählbare Kombination von Maßnahmen wurde nach der bereits zitierten Auswertung von Kleemann u.a. des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms von 2001 am häufigsten gefördert.

Tabelle 13

Förderprogramme und Reduktion der CO₂-Minderungskosten¹ im Gebäude- und Wohnungsbestand				
2005, €/t CO ₂				
Baualterklasse	Dach	Wände	Keller	Fenster
Einfamilienhaus				
Forciertes KfW-Programm				
Vor 1918	- 13,50	- 51,25	- 12,40	- 16,60
Bis 1948	- 13,50	- 37,45	- 12,40	- 16,60
Bis 1968	- 17,35	- 48,45	- 17,10	- 13,20
Bis 1978	- 30,55	- 61,40	- 25,75	- 16,60
Maximales KfW-Programm				
Vor 1918	- 25,85	- 98,05	- 23,75	- 31,80
Bis 1948	- 25,85	- 71,65	- 23,75	- 31,80
Bis 1968	- 33,15	- 92,65	- 32,75	- 25,25
Bis 1978	- 58,45	- 117,45	- 49,25	- 31,80
Mehrfamilienhaus				
Forciertes KfW-Programm				
Vor 1918	- 4,00	- 48,00	- 6,20	- 16,60
Bis 1948	- 8,20	- 40,90	- 10,40	- 7,05
Bis 1968	- 4,65	- 57,35	- 17,10	- 16,60
Bis 1978	- 34,15	- 135,34	- 17,10	- 14,10
Maximales KfW-Programm				
Vor 1918	- 7,75	- 91,80	- 11,90	- 31,80
Bis 1948	- 15,65	- 78,30	- 19,85	- 13,50
Bis 1968	- 8,85	- 109,80	- 32,75	- 31,80
Bis 1978	- 65,35	- 259,00	- 32,75	- 26,95
Eigene Berechnungen: 1 Verringerung der Kapitalkosten und Erhöhung der Energiekosteneinsparungen gegenüber dem KfW CO ₂ -Minderungsprogramm von 1996.				

um knapp 60 TWh reduziert werden können und damit innerhalb von acht Jahren mehr als 15 % des gesamten Potentials zur Verringerung der Wärmeverluste erschlossen wird (vgl. Tabelle 14). Der größte Beitrag kommt von den selbstnutzenden Eigentümern, die über 53 % des gesamten Minderungspotentials erbringen.

Tabelle 14

Reduktion der Wärmeverluste durch die energetische Gebäudesanierung 2012, TWh				
	Referenz- Szenario	Gebäude- sanierung	Abweichungen	
			Absolut	%
Einfamilienhäuser				
Fensterflächen	54,7	46,0	8,7	15,8
Außenwände	131,7	118,4	13,3	10,1
Keller	49,9	46,6	3,3	6,5
Dach	56,9	50,5	6,4	11,3
Zweifamilienhäuser				
Fensterflächen	25,3	22,7	2,6	10,3
Außenwände	33,5	29,5	4,0	12,0
Keller	24,1	23,1	1,0	4,1
Dach	19,1	17,2	1,9	10,1
Mehrfamilienhäuser				
Fensterflächen	56,8	51,9	4,9	8,6
Außenwände	86,1	78,5	7,6	8,8
Keller	40,5	38,6	1,9	4,6
Dach	59,3	55,7	3,6	6,2
Gebäude und Wohnungen insgesamt				
Außenwände	251,3	226,4	24,9	9,9
Keller	114,5	108,4	6,1	5,3
Dach	135,2	123,3	12,0	8,9
Alle Bauteile:	637,8	578,7	59,2	9,3
Eigene Berechnungen.				

Dabei werden neben kompletten Sanierungen einschließlich Erneuerung der Heizungsanlagen vor allem Maßnahmen zur Dämmung der Außenwände in Verbindung mit einer Fenstererneuerung in Anspruch genommen. Eine ähnliche Präferenz zeigte sich bereits bei der Inanspruchnahme des KfW-Programms zur CO₂-Minderung; auch dort wurden im Rahmen der Gebäudesanierung rund 38 % der beantragten Mittel für die Außenwanddämmung und 31 % für die Fenstererneuerung verwendet. Die höheren Förderbeiträge lassen diese Anteile nochmals leicht ansteigen.

Die durchgeführten Maßnahmen haben eine deutliche Verringerung der CO₂-Emissionen im Bereich der Gebäude- und Wohnraumbeheizung zur Folge, die Minderungserfolge sind mehr als doppelt so hoch wie das im Rahmen der Politikszenerien für den Klimaschutz fortgeführte KfW CO₂-Minderungsprogramm, das außerdem über die energetische Sanierung der Gebäude noch Effizienzverbesserungen und Brennstoffsubstitutionen in der Energiebereitstellung umfasst. Bis zum Jahr 2012 können mit diesem forcierten Programm rund 15 Mio. t CO₂ an zusätzlichen Emissionsminderungen erzielt werden (vgl. Tabelle 15).

Tabelle 15

CO₂-Minderungen der energetischen Gebäudesanierung 2005 bis 2012, Abweichungen vom Referenz-Szenario, Mio. t				
	2005	2008	2010	2012
Gebäude und Wohnungen	0,0	- 3,0	- 8,9	- 14,8
Handel, Gewerbe	0,0	- 1,6	- 2,6	- 3,6
Industrie	0,8	- 0,6	- 1,4	- 2,1
Verkehr	0,3	0,2	0,1	- 0,2
Energiewirtschaft	1,4	4,3	6,6	9,2
Insgesamt	2,5	-0,7	- 6,3	- 11,5
Eigene Berechnungen.				

Die Minderungserfolge stellen sich allerdings erst allmählich ein; die energetische Sanierung des Gebäudebestandes schlägt sich mithin erst auf mittlere Sicht in der CO₂-Bilanz nieder und erfordert insoweit auch bei der Planung der Förderinstrumente einen längeren Atem. Kurzfristige Programme sind angesichts der Reaktionszeiten im Gebäude- und Wohnungssystem kaum sinnvoll. In den ersten Jahren ist sogar mit einem leichten Anstieg der CO₂-Emissionen zu rechnen, da die zusätzliche Nachfrage nach Bauleistungen, Dämmstoffen und Fenstern die Produktion insbesondere in den vom Bau abhängigen Vorleistungssektoren befördert. Dieser Produktionseffekt hat insbesondere einen Anstieg des Stromverbrauchs zur Folge und erhöht die Emissionstätigkeit der Energiewirtschaft, insbesondere der Stromerzeugung.

Die Minderungserfolge bleiben allerdings nicht auf die Beheizung der Gebäude und Wohnungen beschränkt. Vielmehr ist zu erwarten, dass insbesondere im Bereich des Handels, des Gewerbes und der Dienstleistungen zusätzliche, wenn auch deutlich geringere Emissionsminderungen erzielt werden. Dies liegt daran, dass

auch in diesen Bereichen Energie vor allem zur Beheizung eingesetzt wird, die Wirtschaftlichkeit der Minderungsoptionen auch hier durch die forcierten Fördermaßnahmen erheblich verbessert wird.

Dabei ist – wie erwähnt – noch nicht berücksichtigt, dass die energetische Sanierung des Gebäudes vielfach auch den Austausch der veralteten Heizungsanlagen nach sich zieht. Denn die Reduktion des Wärmeleistungsbedarfs des Gebäudes macht den Weiterbetrieb der Altanlage nicht nur ökologisch, sondern vor allem auch technisch zum Problem. Die installierte Kesselleistung, die bei älteren Anlagen ohnehin zumeist relativ großzügig bemessen wurde, ist bei modernisierten Altbauten völlig überdimensioniert. Hinzu kommt, dass der Austausch der Heizungsanlage zu den kostengünstigen Minderungsoptionen zählt, der Ersatz der Altanlage im Rah-

Tabelle 16

CO₂-Minderungen der energetischen Gebäudesanierung 2005 bis 2012, Abweichungen vom Referenz-Szenario, Mio. t			
	Einfamilienhaus	Zweifamilienhaus	Mehrfamilienhaus
	Referenz-Szenario		
Erdgas – Brennwert	13,9	13,7	11,8
- Niedertemperatur	14,0	13,7	12,1
Heizöl	14,6	14,2	12,1
Nachtspeicher	16,4	16,4	16,2
Fernwärme	15,1	14,7	12,8
Wärmepumpe	16,9	17,6	17,4
Solarenergie	23,2	25,6	38,3
	Energetische Altbausanierung		
Erdgas – Brennwert	12,8	12,6	11,2
– Niedertemperatur	13,0	12,8	11,4
Heizöl	13,4	13,0	11,2
Nachtspeicher	15,2	15,2	15,0
Fernwärme	13,8	13,5	11,9
Wärmepumpe	15,4	16,2	15,9
Solarenergie	21,8	24,5	35,8
Eigene Berechnungen: 1 Nominale Kosten kumuliert über eine Betriebsdauer von 20 Jahren.			

men des Gesamtpakts von Wärmedämmung des Gebäudes und Austausch der Fenster die Kosten nur noch geringfügig erhöht. Wenn die Heizungsanlage das Ende der technischen Lebensdauer erreicht hat und ohnehin durch eine Neuanlage ersetzt werden muss, sind die Zusatzkosten dieser Maßnahme sogar negativ; denn zusätzliche Kapitalkosten fallen nicht an, da die Kesselleistung infolge des hohen Wärmedämmstandards des Gebäudes deutlich niedriger ausgelegt werden kann als bei einer isolierten Erneuerung der Heizungsanlage.

Die CO₂-Minderungseffekte der Anlagenmodernisierung, die die erhöhte Zinsverbilligung auslöst, sind im Vergleich zu den Wirkungen bei der Gebäudesanierung allerdings eher bescheiden. Denn zum einen wird ein großer Teil der Anlagen durch die gesetzlichen Standards der EnSV in den nächsten Jahren ohnehin ersetzt, zum anderen hat diese Zinsverbilligung keine Auswirkungen auf die Rangfolge der über einen Zeitraum von 20 Jahren kalkulierten Heizkosten (vgl. Tabelle 16). Kapitalintensive Anlagensysteme werden zwar durch die Zinsverbilligung überdurchschnittlich begünstigt, der Abstand zwischen den Anlagenkosten ist jedoch zu groß, als dass eine Zinsbegünstigung von zusätzlich 2 %-Punkten diese Differenz ausgleichen könnte.

4.4. PRODUKTIONS- UND KOSTENEFFEKTE

Die weitergehenden Zinsverbilligungen induzieren zusätzliche Produktion und Beschäftigung über den gesamten hier betrachteten Zeitraum. Die zusätzlichen Investitionen in die energetische Sanierung des Altbaus erreichen im Durchschnitt rund 3 Mrd. € pro Jahr. Diese erhöhte Investitionstätigkeit wirkt sich unmittelbar auf die Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe aus; im Durchschnitt der Jahre 2005 bis 2012 können rund 52 000 zusätzliche Personen beschäftigt werden (vgl. Tabelle 17). Bereits in diesem Sektor ist jedoch erkennbar, dass die direkten Effekte nur einen Teil der positiven Wirkungen ausmachen, da die Bruttoproduktion im Baugewerbe um deutlich mehr als die genannten 3 Mrd. € steigt. Die Liefer- und Leistungsverflechtungen der Sektoren untereinander schlägt sich nämlich in einem im Vergleich zum ursprünglichen Investitionsimpuls deutlich höheren Produktions- und Beschäftigungseffekt nieder (Multiplikator deutlich größer als 2,0) und hat zur Folge, dass die zusätzlichen Investitionen in die energetische Sanierung des Altbaubestandes einen Produktionseffekt induzieren, der den ursprünglichen Impuls mehr als verdoppelt. Besonders begünstigt sind neben der Bauwirtschaft selbst zunächst die Lieferanten von Isoliermaterialien, neuen Fenstern und Dämmstoffen

(Sektor Glas, Chemie und Kunststoffe). Relativ geringe Impulse entfallen auf den Bereich der Baukeramik, da die Produkte dieses Sektors weniger bei der Sanierung als vielmehr beim Bau neuer Wohnungen und Gebäude verwendet werden.

Die Lieferanten von Vorleistungen für die energetische Gebäudesanierung müssen den größten Teil der indirekten Leistungen bereitstellen, auch wenn ein Teil der Aufträge an ausländische Anbieter verloren geht, da die Substitutionskonkurrenz durch Importe auch bei Dämmstoffen, Fensterprofilen oder anderen Materialinputs vergleichsweise intensiv ist. Diese Effekte bleiben jedoch nicht auf diese Sektoren beschränkt, sondern breiten sich über die mehr oder weniger intensiven Vorleistungsverflechtungen auf die gesamte Wirtschaft aus und begünstigen dann auch

Tabelle 17

Produktions- bzw. Beschäftigungseffekte der energetischen Gebäudesanierung 2005 bis 2012, Abweichungen gegenüber dem Referenz-Szenario				
	2005	2008	2010	2012
	Bruttoproduktion in Mrd. € ¹			
Baugewerbe	3,650	3,611	3,623	3,625
Baukeramik	0,137	-0,037	- 0,057	- 0,064
Glasgewerbe	0,029	0,030	0,029	0,027
Kunststoffe	0,256	0,260	0,248	0,229
Holzwaren ²	0,054	0,060	0,061	0,051
Investitionsgüter	0,717	0,778	0,643	0,421
Dienstleistungen	1,640	1,073	0,710	0,324
Alle Sektoren	8,459	6,367	4,792	2,831
	Erwerbstätige in 1000			
Baugewerbe	53,762	51,994	50,826	50,366
Baukeramik	1,160	-0,329	-0,472	-0,502
Glasgewerbe	0,154	0,112	0,076	0,056
Kunststoffwaren	2,286	2,240	2,088	1,978
Holzwaren ²	0,291	0,292	0,274	0,243
Investitionsgüter	5,770	4,645	2,537	-0,083
Dienstleistungen	16,208	8,667	4,484	0,257
Alle Sektoren	103,518	77,453	62,324	45,809
Eigene Berechnungen: 1 in Preisen von 1995. 2 ohne Möbel; 3 unternehmensbezogene Dienstleistungen.				

jene Sektoren, die mit der Modernisierung des Altbaubestandes unmittelbar nicht befasst sind, so etwa die Investitionsgüterindustrie oder die Dienstleistungsbereiche. Das produzierende Handwerk als Teil des Produzierenden Gewerbes profitiert davon in ähnlicher Weise, auch wenn infolge der funktionalen Abgrenzung der Sektoren¹⁶ eine exakte Quantifizierung dieses Beschäftigungseffektes nicht möglich ist.

Die verstärkte Komplettisanierung des Altbaubestandes hat neben einer Reduktion des Wärmebedarfs zur Folge, dass Heizungserneuerungen nicht mehr isoliert erfolgen, sondern auf den verringerten Wärmebedarf des Gebäudes abgestimmt werden. Dadurch verringern sich die Kesselleistung und damit die Größe der Anlage zum Teil erheblich. Gleichzeitig werden Ersatzinvestitionen, die ohne die forcierte Förderung nicht durchgeführt worden wären, nun vorgezogen und erhöhen dadurch die Produktionsleistung der Heizungsanlagenbauer. Per Saldo gleichen sich diese Effekte weitgehend aus, so dass der Heizungsanlagenbau nur unterdurchschnittlich von den zusätzlichen Förderprogrammen begünstigt wird.

Vergleichbar positive Effekte haben die Energieeinsparungen, die mit der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes verbunden sind. Am Ende des Untersuchungszeitraumes sind die Energieausgaben um mehr als 2,6 Mrd. € geringer als im Referenz-Szenario und bedeuten insoweit eine Erhöhung des für andere Konsumzwecke verfügbaren realen Einkommens um 0,15 %.

Dem stehen allerdings Kosten- und Ausgabesteigerungen gegenüber, die sich bei selbstnutzenden Eigentümern zunächst in höheren Kreditkosten bzw. in kalkulatorisch höheren Mietausgaben, bei Mietern durch die Umlage von jährlich 11 % der zusätzlich aufgewendeten Kosten auf die Miete niederschlagen. Per Saldo überwiegen diese Kostenbelastungen die Energieeinsparungen (vgl. Tabelle 18), allerdings mit im Zeitablauf fallender Tendenz – Ausdruck der zu Beginn dargestellten Annahme nominal steigender Energiepreise und ein Hinweis darauf, dass die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen entscheidend von diesen Annahmen abhängt.

4.5. GESAMTWIRTSCHAFTLICHE WIRKUNGEN

Diese kontraktiven Wirkungen sind für die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Altbauanierung von erheblicher Bedeutung; denn sie tragen dazu bei, dass der private Verbrauch als größte Komponente der Verwendungsrechnung zunächst ge-

16 Nach diesem Gliederungskonzept sind Handwerksbetriebe und Industrieunternehmen mit mehr als 20 Beschäftigten in einem Sektor zusammengefasst.

Tabelle 18

Energetische Gebäudesanierung und die Ausgaben der Privaten Haushalte 2005 bis 2012, Abweichungen gegenüber dem Referenz-Szenario				
	2005	2008	2010	2012
	in Mrd. €			
Energie	- 0,0	- 0,4	- 1,4	- 2,6
Kapitalkosten	0,0	1,3	2,1	3,0
Saldo	-0,0	0,9	0,7	0,4
	in % des realen verfügbaren Einkommens			
Energie	- 0,0	- 0,05	- 0,16	- 0,29
Kapitalkosten	0,0	0,15	0,24	0,33
Saldo	- 0,0	0,10	0,08	0,04
Eigene Berechnungen.				

ringförmig ansteigt, im Zeitablauf jedoch vom positiven ins negative abgeleitet. Für das Bruttoinlandsprodukt ist dieser Effekt zwar nicht ausschlaggebend, ohne diesen Kostenimpuls wäre der Wachstumsimpuls jedoch noch stärker. Denn die übrigen Aggregate der gesamtwirtschaftlichen Güterverwendung leisten überwiegend positive Wachstumsbeiträge, allen voran natürlich die Bauinvestitionen, die mit durchschnittlich 2,2, % über den gesamten Zeitraum wachsen. Die interdependente Verflechtung der Sektoren untereinander und hier insbesondere die bereits erwähnten wechselseitigen Abhängigkeiten der baunahen Sektoren untereinander und die Verbindung von Einkommensentstehung und -verwendung sorgen allerdings dafür, dass sich dieser Investitionsimpuls über die gesamte Volkswirtschaft ausbreitet und damit auch die übrigen Aggregate der gesamtwirtschaftlichen Verwendung beeinflusst, auch wenn die Effekte angesichts des vergleichsweise geringen Investitionsimpulses von jährlich 3,0 Mrd. € eher bescheiden sind (vgl. Tabelle 19).

Die gegenläufigen Entwicklungen von Produktion und Beschäftigung auf der einen und Kosten- und Preisimpuls auf der anderen Seite trüben auch die zunächst außerordentlich positive Beschäftigungsbilanz. Die zu Beginn vergleichsweise hohen zusätzlichen Arbeitsplatzgewinne von mehr als 100.000 flachen im Zeitablauf deutlich ab und werden vom Kostenimpuls in etwa halbiert. Immerhin ist auch am Ende des Untersuchungszeitraumes der Beschäftigungseffekt noch deutlich positiv. Insofern stehen klima- und arbeitsmarktpolitische Ziele nicht im Widerstreit, sondern ergänzen sich.

Tabelle 19

Makroökonomische Wirkungen der energetischen Gebäudesanierung 2005 bis 2012, Abweichungen gegenüber dem Referenz-Szenario in %				
	2005	2008	2010	2012
Privater Verbrauch	0,17	- 0,04	- 0,14	- 0,25
Staatsverbrauch	0,00	- 0,00	- 0,01	- 0,03
Ausrüstungen	0,20	0,28	0,28	0,26
Bauinvestitionen	2,17	2,18	2,22	2,20
Ausfuhr	0,00	0,00	0,00	0,01
Einfuhr	0,22	0,11	0,06	0,03
Bruttoinlandsprodukt	0,27	0,21	0,18	0,14
Erwerbstätige	0,33	0,25	0,22	0,18
Staatseinnahmen	0,27	0,21	0,21	0,20
Nachrichtlich: Erwerbstätige in 1000	103,5	77,5	62,3	45,8
Staatseinnahmen in Mrd.€	2,90	2,45	2,40	2,20
Eigene Berechnungen.				

Von besonderem Interesse sind die staatlichen Einnahmen und Ausgabenentwicklungen; denn selbstverständlich müssen die der KfW zugestandenen Mittel zunächst aus dem Bundeshaushalt bereitgestellt werden. Diese Mittel werden jedoch durch steigende Steuereinnahmen und geringere Zuschüsse an die Bundesagentur für Arbeit infolge des höheren Wirtschaftswachstums und der positiven Beschäftigungsbilanz zu einem erheblichen Teil refinanziert. Per Saldo bleibt ein deutlich geringes Defizit als es die Höhe der Mittelzuweisungen zunächst erwarten ließe, das Programm finanziert sich durch diese positiven Effekte zum großen Teil selbst. Dabei entfällt der größte Teil der zusätzlichen Einnahmen auf ein höheres Umsatzsteuerertrag, da private Bauherren nicht zum Vorsteuerabzug berechtigt sind und auf die höheren gewinnabhängigen Steuern wie Körperschaft- oder Gewerbesteuer. Positiv wirkt sich die höhere Beschäftigung auch auf die Beitragseinnahmen der Sozialversicherungen aus, die zu Beginn um rund 810 Mio. € höher sind als bei einer unmodifizierten Fortführung des KfW-Programms.

5. ZUSAMMENFASSUNG UND WIRTSCHAFTSPOLITISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Beheizung von Wohnungen und Gebäuden hat sowohl für den Energieverbrauch insgesamt wie auch für die energiebedingten Umweltbelastungen eine große Bedeutung. Gegenwärtig werden knapp 20 % des gesamten Primärenergieverbrauchs für diesen Zweck verwendet und mehr als 21 % der gesamten energiebedingten CO₂-Emissionen aus der Gebäude- und Wohnraumbeheizung freigesetzt. Andererseits hat der Wohnungsbau eine hohe gesamtwirtschaftliche und sektorale Bedeutung: durch den Bau neuer und die Modernisierung alter Wohnungen werden in diesem Sektor mehr als 7 % des Bruttoinlandsprodukts geschaffen, mehr als eine Million Personen beschäftigt und etwa 415 Mill. Stunden an Arbeit geleistet. Deshalb liegt die Frage auf der Hand, ob und wenn ja unter welchen Bedingungen die Energieeffizienz der Raumwärmeversorgung einerseits gesteigert und zugleich Arbeitsplätze im Gebäude- und Wohnungsbau andererseits gesichert bzw. sogar neu geschaffen werden können.

Die bisherige Bilanz der Förderprogramme ist vergleichsweise ernüchternd. Mit einem Gesamtaufwand von mehr als 4 Mrd. € konnten im Rahmen der bisherigen KfW-Programme nur 1,3 % der gesamten Wohnfläche modernisiert und ein CO₂-Minderungspotential von etwa 1 Mio. t erschlossen werden. Selbst eine ambitionierte Fortführung verspricht eine CO₂-Minderung von nicht mehr als 6 Mio. t. Dabei wären zusätzliche Minderungsoptionen für eine Flexibilisierung der Klimapolitik, nicht zuletzt für den ab 2005 in der EU geltenden Emissionshandel dringend erforderlich. Denn der Emissionshandel garantiert zwar die Einhaltung der vorgegebenen Minderungsziele, allerdings ohne Rücksicht auf die damit verbundenen Kosten. Insoweit kann auch nicht ausgeschlossen werden, dass eine produktions- und wachstumsbedingte Mehrnachfrage nach Emissionsrechten unerwartete Preissteigerungen auf dem Handelsmarkt nach sich zieht und damit den unter sektoralen oder gesamtwirtschaftlichen Aspekten gewünschten Anstieg von Produktion und Beschäftigung behindert oder sogar im Ansatz erstickt. Deshalb erscheint es zwingend notwendig, zusätzliche Minderungsoptionen einschließlich der dazugehörigen Kosten verfügbar zu haben, um auf unvorhersehbare Entwicklungen angemessen reagieren zu können. Der Bereich der Gebäude- und Wohnraumbeheizung stellt auch unter diesem Aspekt ein geeignetes Minderungspotential dar.

Um dieses Minderungspotential in den nächsten Jahren kontinuierlich erschließen zu können, bieten sich verschiedene Instrumente an, die sämtlich mit spezifischen Vor- und Nachteilen verbunden sind. Mit den KfW-Programmen zur CO₂-Minderung und CO₂-Gebäudesanierung könnten jedoch deutlich stärkere Wirkungen erzielt werden, wenn das Mittelvolumen spürbar erhöht und damit zugleich die Entlastungswirkungen der Investoren verstärkt würden. Diese Einsicht hat Anfang 2003 bereits erste Wirkungen gezeigt, da ab diesem Zeitpunkt die Konditionen für die Inanspruchnahme von Krediten deutlich verbessert wurden. Mit einer noch weitergehenden Zinsverbilligung von bis zu 4 %-Punkten wäre eine Reduktion der Restbelastung um bis zu 30 % verbunden; gleichzeitig würden bislang unwirtschaftliche Maßnahmen die Schwelle zur Wirtschaftlichkeit erreichen und damit eine größere Anzahl von Maßnahmen gefördert. Damit könnte ein Altbausanierungsprogramm im Volumen von jährlich rund 3,0 Mrd. € angestoßen werden, das über einen längeren Zeitraum etwa bis zum Jahr 2012 die energetische Sanierung des Gebäudebestandes forcieren soll. Die damit verbundenen ökologischen und ökonomischen Wirkungen wären beachtlich.

Im Vergleich zur unmodifizierten Fortführung der bisherigen Förderinstrumente könnten die Wärmeverluste im Gebäudebestand bis 2012 um knapp 60 TWh reduziert und damit mehr als 15 % des gesamten Potentials zur Verringerung der Wärmeverluste erschlossen werden. Dabei werden neben kompletten Modernisierungspaketen insbesondere Maßnahmen zur Dämmung der Außenwände in Verbindung mit einer Fenstererneuerung in Anspruch genommen. Die durchgeführten Maßnahmen haben daher eine deutliche Verringerung der CO₂-Emissionen im Bereich der Gebäude- und Wohnraumbeheizung zur Folge, die Minderungserfolge sind mehr als doppelt so hoch wie das im Rahmen der Politiksznarien für den Klimaschutz fortgeführte KfW CO₂-Minderungsprogramm, das außerdem über die energetische Sanierung der Gebäude noch Effizienzverbesserungen und Brennstoffsubstitutionen in der Energiebereitstellung umfasst. Bis zum Jahr 2012 können mit diesem forcierten Programm rund 15 Mio. t CO₂ an zusätzlichen Emissionsminderungen erzielt werden.

Auch die ökonomischen Wirkungen sprechen für ein derartiges Programm. Zwar stehen den positiven Produktions- und Beschäftigungseffekten kontraktive Wirkungen entgegen, die sich bei selbstnutzenden Eigentümern zunächst in höheren Zins- und Tilgungsleistungen, bei Mietern in höheren Mieten niederschlagen, dennoch ist die Produktions- und Beschäftigungsbilanz insgesamt durchweg positiv. Zu Beginn können mehr als 100.000 zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen werden, von denen etwa die Hälfte sogar dauerhaft erhalten bleibt. Das Wachstum des Brut-

toinlandsprodukts wird gestärkt und geht auf binnenwirtschaftliche Expansionskräfte zurück. Und schließlich refinanzieren sich die zusätzlichen Mittel durch steigende Steuereinnahmen und geringere Zuschüsse an die Bundesagentur für Arbeit infolge des höheren Wirtschaftswachstums und der positiven Beschäftigungsbilanz zu einem erheblichen Teil selbst. Per Saldo bleibt ein deutlich geringes Defizit als es die Höhe der Mittelzuweisungen zunächst erwarten ließe.

Die Minderungserfolge stellen sich allerdings erst allmählich ein; die energetische Sanierung des Gebäudebestandes schlägt sich mithin erst auf mittlere Sicht in der CO₂-Bilanz nieder und erfordert insoweit auch bei der Planung der Förderinstrumente einen längeren Atem. Kurzfristige Programme sind angesichts der Reaktionszeiten im Gebäude- und Wohnungssystem nicht sinnvoll.

- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) u.a., (Hrsg.) (2003), Politikszenerien für den Klimaschutz, – Langfristszenarien und Handlungsempfehlungen ab 2012, Berlin Jülich, Karlsruhe.
- Frohn, J., P.Chen, B. Hillebrand et. al. (2003), Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen – Abschätzungen mit zwei ökonometrischen Modellen, Berlin et. al., Springer.
- Haynes Stephen E./Stone, Joe A.; (1983) Secular and Cyclical Responses of U.S.Trade to Income: An Evaluation of Traditional Models; in: The Review of Economics and Statistics;
- Hillebrand, B. (1997), Das Modellinstrumentarium des RWI – Konzeption, Erklärungsansätze und Anwendungsmöglichkeiten, in : S. Molt, U.Fahl (Hrsg.), Energiemodelle in der Bundesrepublik Deutschland – Stand der Entwicklung, Jülich.
- Hillebrand, B. (2004), Verknüpfung von Energie- und Beschäftigungssystem im RWI-Modell; in : S. Briem, U.Fahl (Hrsg.), Ansätze zur Modellierung von Beschäftigungseffekten in Energiesystemen, Berlin.
- Houthakker, H.S. and Magee, Stephen P., (1969) Income and Price Elasticities in World Trade; The Review of Economics and Statistics; May 1969; S. 111-125.
- Institut für Wohnen und Umwelt – IWU (Hrsg.), Deutsche Gebäudetypologie, Systematik und Datensätze, Darmstadt, 2003.
- Johansen, L., (1959) Substitution versus Fixed Coefficients in Theory of Economic Growth: A Synthesis. »Econometrica«, New Haven, CT, vol. 27, S. 157ff.
- Johansen, L., (1972) Production Functions, An Integration of Micro, Short Run and Long Run Aspects. Amsterdam und London.
- KfW Bankengruppe (Hrsg.), Umwelt-Monitor August 2004, Frankfurt a. Main, 2004
- Kleemann, M., R. Heckler, A. Kraft, W. Kuckshinrichs (2003), Klimaschutz und Beschäftigung durch das KfW-Programm zur CO₂-Minderung und das KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 34, Jülich.
- Kleemann, M., R. Heckler, B. Krüger, (2003), Umweltschutz und Arbeitsplätze durch die Tätigkeiten des Schornsteinfegerhandwerks, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 37, Jülich.

Prüfungsinstitut für Bauelemente (Hrsg.) (2002), Energiesparpotentiale durch moderne Fenster, Studie im Auftrag PVC und Umwelt e.V., Pirmasens.

Salter, W.E.G. (1966) Productivity and Technical Change. 2nd Edition, Cambridge.

Scheiper, Ulrich; (1984), Die sektoralen Importe und Exporte der Bundesrepublik Deutschland. Eine ökonometrische Analyse unter Berücksichtigung flexibler Funktionsformen; Schriften zur angewandten Ökonometrie; Heft 13; Frankfurt/Main.

1. ÜBERBLICK

Um die Auswirkungen von alternativen ökonomischen Entwicklungen auf die CO₂-Bilanz oder die Klimagasemissionen quantifizieren zu können, wird im folgenden ein Modellsystem eingesetzt, das die Wechselwirkungen zwischen energiewirtschaftlichen, sektoralen und gesamtwirtschaftlichen Entwicklungen einerseits, den daraus ableitbaren Emissionen andererseits abbildet. Die einzelnen Elemente dieses Systems sind ein Struktur-, ein Energienachfrage- und Energieangebots- sowie ein Emissionsmodell.¹⁷

- Das Energiemodell bildet in Anlehnung an das Schema der Energiebilanz die verschiedenen Stufen der Energieversorgung von der Primärenergie bis zum endgültigen Endverbrauch ab;
- Das nach 60 Sektoren differenzierte Strukturmodell ist ein vollständig integriertes, dynamisches System, das in Anlehnung an das Verflechtungsschema einer Input-Output-Tabelle die reale Güternachfrage und die Preisbildung in sektoraler Gliederung abbildet;
- Das Emissionsmodell, mit dem zum gegenwärtigen Zeitpunkt die mit dem Verbrauch und der Umwandlung von Energie verbundenen Schadstoffemissionen, der Flächenverbrauch sowie die Kosten einzelner Vermeidungstechniken berechnet werden können.

Mit dem Emissionsmodell wird eine möglichst vollständige Bilanzierung aller ökologischen Wirkungen von Energieverbrauch und Energieumwandlung angestrebt, darunter die bei der Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzten traditionellen Luftschadstoffe wie CO und NO_x, die klimarelevanten Spurengase CO₂ und CH₄, die bei der Umwandlung von Primär- in Sekundärenergie und von End- in

17 Für eine vertiefende Darstellung vgl. beispielsweise Hillebrand, B. (1997), Das Modellinstrumentarium des RWI – Konzeption, Erklärungsansätze und Anwendungsmöglichkeiten, in : S. Molt, U.Fahl (Hrsg.), Energiemodelle in der Bundesrepublik Deutschland – Stand der Entwicklung, Jülich. Zu Modellerweiterungen und Simulationsstudien vgl. Frohn, J., P.Chen, B. Hillebrand et. al. (2203), Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen – Abschätzungen mit zwei ökonometrischen Modellen, Berlin et. al., Springer.

Nutzenergie nicht genutzte Abwärme sowie die insbesondere bei der Stromerzeugung anfallenden radioaktiven und nicht radioaktiven Abfallprodukte. Zusätzlich enthält das Modell Informationen über den Flächenverbrauch der einzelnen Sektoren.

Grundsätzlich sind die Modelle als ökonometrische Modelle konzipiert, enthalten jedoch in Abhängigkeit von der Problemstellung und den zu analysierenden Phänomenen auch Optimierungsansätze. Der Gebietsstand für das sektorale Strukturmodell ist bis 1994 das Gebiet der alten Bundesländer, ab 1995 Deutschland insgesamt. Aufgrund der unterschiedlichen Versorgungsstrukturen und des Strukturbruchs in den neuen Bundesländern Anfang der neunziger Jahre können jedoch Energieangebot und -verbrauch sowie die damit verbundenen Emissionen getrennt nach alten und neuen Bundesländern behandelt werden. Der Stützbereich für die ökonometrischen Analysen hängt von der Verfügbarkeit der Daten ab, er reicht in einzelnen Teilen des Strukturmodells – insbesondere in der Vorleistungsverflechtung – nur bis zum Jahr 1991, im Energiemodell ist der größte Teil bis zum Jahr 1998 geschätzt. Alle Modelle werden für Prognosen bis zum Jahr 2030 genutzt.

Das Strukturmodell umfasst in seiner gegenwärtigen Form 3278 Gleichungen, der größte interdependente Block besteht aus 1708 Gleichungen, das Energiemodell 1598 Gleichungen, wovon 310 Gleichungen auf das Energieangebot entfallen, darunter 42 Gleichungen, die den optimalen Kraftwerkspark mit Hilfe elektrizitätswirtschaftlicher Kennziffern (Stromverbrauch, Grund-, Mittel- und Spitzenlast) und verschiedener Techniken (konventionelle Kondensation, Kraft-Wärme-Kopplung, Gas- und Dampfturbinen (GuD), regenerative Energiequellen) bestimmen. Das Emissionsmodell umfasst gegenwärtig 767 Gleichungen zur Ermittlung der Emissionen von Kohlendioxid (CO_2), Schwefeldioxid (SO_2), Stickoxiden (NO_x), Kohlenmonoxid (CO), Staub, Distickstoffoxid (N_2O), flüchtige organische Verbindungen sowie Methan (CH_4). Darüber hinaus werden die Reststoffe bei der Verstromung von Stein- und Braunkohle (Asche, Gips), die radioaktiven Emissionen beim Betrieb der Kernkraftwerke sowie die ungenutzte Abwärme der Stromerzeugung insgesamt ermittelt. Das Modell zur Bestimmung der Flächennutzung umfasst gegenwärtig 283 Gleichungen, wobei der Flächenverbrauch nach den Kategorien der Flächennutzungsstatistik einerseits, nach der Gliederung des Energie- und Strukturmodells andererseits erklärt wird.

2. DAS ENERGIEMODELL

Ziel des Energiemodells ist zum einen die realitätsnahe Erklärung des Energieverbrauchs und des Energieangebots, zum anderen die Ermittlung der Energiekosten als Teil der sektoralen Kostenstrukturen, der Energieausgaben als Teil der Gesamtausgaben der privaten Haushalte. Diese Zielsetzung kommt deutlich in der formalen Struktur des Modells, in der Wahl der Erklärungsansätze und insbesondere in der gewählten Gliederungstiefe zum Ausdruck. Denn die sektorale Gliederung entspricht der Systematik der Input-Output-Rechnung die Unterscheidung nach vierzehn Energieträgern weitgehend der Systematik der Energiebilanz (vgl. Übersicht 1). Erheblich stärker disaggregiert wird der Energieeinsatz in den energieintensiven Bereichen erklärt.

Energieintensive Produktionsprozesse sind kurzfristig annähernd linear-limitational. Der Energieverbrauch variiert proportional zur Produktion. Auf lange Sicht ist das Verhältnis der Faktoren zueinander zwar variabel, Substitutions- und Einsparprozesse benötigen jedoch Zeit, und erfordern in der Regel auch einen vermehrten Einsatz an Sachkapital. Die Variabilität des Kapitalstocks ist für die Effizienz des gesamten Produktionsprozesses von entscheidender Bedeutung, da in dem hier angewendeten Konzept des faktorgebundenen technischen Fortschritts der Verbrauch von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen sowie von Energie und Arbeit von der Umschichtung des Kapitalstocks gesteuert wird. Der Strukturwandel des Produktionsapparates zu effizienteren Anlagen ist damit die Voraussetzung dafür, dass die Effizienz der übrigen Produktionsfaktoren erhöht werden kann. Der Kapitalstock und seine Entwicklung in der Zeit sind demnach die zentralen Elemente des Modells.

Formal wird der Zusammenhang zwischen variabler Faktornachfrage und Kapitaleinsatz im Rahmen eines »vintage«-Modells¹⁸ abgebildet, in dem der Kapitalstock als Aggregat voraufgegangener Investitionsentscheidungen definiert wird. Die einzelnen Investitionsjahrgänge sind durch die in ihnen inkorporierte Technik charakterisiert, die sich in Form spezifischer Verbräuche der einzelnen variablen Faktoren messen lassen (Marginalkonzept). Auf kurze Sicht besteht zwischen dem Kapitaleinsatz und den übrigen Faktoren ein nahezu komplementäres Verhältnis, eine

18 Die theoretischen Wurzeln dieses Ansatzes liegen bei Johansen und Salter. Zu Einzelheiten vgl. L. Johansen, *Production Functions, An Integration of Micro, Short Run and Long Run Aspects*. Amsterdam und London 1972; W.E.G. Salter *Productivity and Technical Change*. 2nd Edition, Cambridge 1966; L. Johansen, *Substitution versus Fixed Coefficients in Theory of Economic Growth: A Synthesis*. »Econometrica«, New Haven, CT, vol. 27 (1959), S. 157ff.

Variation der Faktoreinsatzmengen (z.B. Energie) ist allenfalls über eine Variation der Auslastung einzelner Produktionsanlagen möglich. Preisinduzierte Substitutionsvorgänge sind nach dieser Modellvorstellung nur bis zum Zeitpunkt der Realisierung einer Investitionsentscheidung möglich. Ist die Entscheidung für eine Produktionstechnik gefallen, können hingegen annähernd fixe Inputkoeffizienten für die variablen Faktoreinsatzmengen angenommen werden.

Dieses zunächst abstrakte Konzept lässt sich empirisch nur dann vollständig umsetzen, wenn der Energieverbrauch bis hin zu einzelnen Produktionsprozessen detailliert erfasst werden kann. Dies ist aufgrund der lückenhaften Datenbasis für alle energierelevanten Prozesse nicht möglich. Folglich musste im RWI-Modell ein Kompromiss zwischen dem theoretisch Wünschenswerten und dem empirisch Machbaren gefunden werden. Dieser besteht darin, dass für einige wichtige Prozesse der Vintage-Ansatz detailliert umgesetzt wurde, für andere ein aggregiertes Konzept realisiert wurde, das sich mit Abstrichen beim Vintage-Ansatz empirisch noch auffüllen lässt.

Auch wenn die einzelnen Segmente jeweils spezifische Verbrauchsbedingungen aufweisen, wird der Energieverbrauch formal stets ähnlich definiert. Er ergibt sich aus der Multiplikation einer Ausstattungs-, spezifischen Verbrauchs- und Nutzungskomponente. Die erste Komponente charakterisiert den zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhandenen Kapitalstock, die zweite die technische Beschaffenheit der Kapitalgüter, die dritte die ökonomisch bestimmte Nutzung.

Für die vorliegende Untersuchung ist insbesondere der Gebäude- und Wohnungsteil von Bedeutung, der eine detaillierte Darstellung des Energieverbrauchs zur Gebäudebeheizung enthält. Formal ergibt sich der Energieverbrauch aus der Multiplikation des Bestandes von Gebäuden und Wohnungen bzw. deren Flächen, den Wärmeleistungsbedarfen der Gebäude und Wohnungen und dessen jährliche Nutzung sowie schließlich die Effizienz der Heizungsanlagen, die für die Umwandlung von End- in Nutzenergie eingesetzt werden. Unterschiede in der Wohnungsgröße, im Wärmebedarf je qm Wohnfläche und im Nutzerverhalten werden dadurch aufgefangen, dass Wohngebäude getrennt nach Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern unterschieden werden. Für sämtliche Gebäude werden Baualterklassen verwendet, die durch jeweils spezifische Energiebedarfe gekennzeichnet sind und die Bautechnik des jeweiligen Baujahres widerspiegeln.

Die Wohnungsbestände ergeben sich über Definitionsgleichungen aus dem Bestand der jeweiligen Vorperiode und den Nettoeinzugängen. Die Neuzugänge werden mit Hilfe von Verhaltensgleichungen erklärt, in die als Einflussfaktoren das Einkommen, der Zins, die Baupreise und der Sättigungsgrad eingehen. Die Wohnflächen werden als Funktion des Einkommens und der Baukosten bestimmt.

Der spezifische Wärmeverbrauch pro m^2 Wohnfläche ist die zentrale Größe in diesem Modellteil, da dieser eine Vielzahl von Einflussfaktoren widerspiegelt, die sich relativ grob in überwiegend technisch bzw. rechtlich vorgegebene Größen einerseits und ökonomisch beeinflusste Größen andererseits unterteilen lassen. Zur ersten Kategorie zählen der in W/m^2 gemessene Wärmebedarf sowie der Wirkungsgrad der Feuerungsanlage, zur zweiten Kategorie gehören Jahresbenutzungsstunden sowie die Kosten des jeweiligen Heizsystems.

Insbesondere die zuletzt genannte Größe hat einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung des Energieverbrauchs im Raumwärmebereich und damit auf die Emissionen klimarelevanter Spurengase. Denn aus den Kosten des jeweiligen Heizsystems leitet sich nicht nur der spezifische Wärmeverbrauch insgesamt, sondern auch die Aufteilung des gesamten Wärmebedarfs auf die dafür eingesetzten Energieträger ab. Dieser Kostenvergleich wird nicht nur beim Zubau von Wohnungen, sondern auch bei der Modernisierung alter Heizungsanlagen (sogenannte Umrüstungen) durchgeführt, so dass der spezifische Energieverbrauch nicht nur durch Zu- und Abgänge von Wohnungen, sondern auch durch die in der Regel nach 20 Jahren anfallende Heizungsmodernisierung verändert wird.

Witterungseinflüsse, die zu einem erheblichen Teil die Schwankungen der jährlichen Energieverbräuche verursachen, werden über die Korrektur der Jahrebenutzungsstunden mit Hilfe der Zahl der Heizgradtage berücksichtigt.

Der Angebotsteil des Energiemodells dient zum einen dazu, das zur Deckung des Endenergieverbrauchs und des nichtenergetischen Verbrauchs erforderliche Angebot an Primärenergien zu errechnen. Dabei werden traditionell die Umwandlung von Stein- und Braunkohle in Kokereien und Brikettfabriken, die Destillation von Rohöl in Raffinerien, die Stromerzeugung in öffentlichen und Industriekraftwerken sowie die Fernwärmeproduktion in Heizkraftwerken und Fernheizwerken unterschieden.

Gleichzeitig werden auf der Basis der in den genannten Umwandlungsbereichen entstehenden Kosten die Energiepreise nach Energieträgern und Abnehmergruppen bestimmt.

3. DAS STRUKTURMODELL

Das Strukturmodell kann als ein vollständig integriertes System zur Erklärung der sektoralen und gesamtwirtschaftlichen Entwicklung charakterisiert werden. In Anlehnung an das Verflechtungsschema einer Input-Output-Tabelle lassen sich folgende Teilsysteme identifizieren:

- ein güterwirtschaftliches Output-System, in dem die Endnachfrage und die intermediären Lieferungen abgebildet werden;
- ein Preismodell, in dem die sektoralen Stückkosten aus dem Zusammenwirken von verschiedenen Kostenkomponenten (Arbeit, Kapital, Vorleistungen) und staatlichen Belastungen oder Entlastungen (indirekte Steuern oder Subventionen) erklärt und die Preise der einzelnen Güter bzw. Gütergruppen nach Verwendungsbereichen differenziert bestimmt werden;
- eine Kapitalbestands- und Potentialrechnung, in der sektorale Bruttoausstattungs- und Bruttobauvermögen sowie Produktionskapazitäten und Auslastungsgrade erklärt werden,
- ein Arbeitsmarktmodell, in dem auf gesamtwirtschaftlicher Ebene das Arbeitsangebot festgelegt wird und auf sektoraler Ebene die Arbeitsvolumina, durchschnittlichen Arbeitszeiten, Zahl der Beschäftigten, Arbeitsproduktivitäten, Lohnsätze und Bruttoeinkommen aus unselbständiger Arbeit erfasst werden,
- ein Umverteilungsmodell, mit dem im wesentlichen das Steuer-, Sozialversicherungs- und Transfersystem abgebildet wird, um daraus die Einnahmen und Ausgaben des Staates sowie das verfügbare Einkommen der privaten Haushalte bestimmen zu können.

Das Preismodell erklärt die nach 60 Produktgruppen (vgl. Übersicht 2) differenzierten Güterpreise der Vorleistungsnachfrage sowie der Endnachfragekomponenten Konsum, Ausrüstungsinvestitionen und Ausfuhren von Waren und Dienstleistungen. Bei der Erklärung der Preise wurden im Sinne der Vollkostentheorie in erster Linie »cost-push« –, aber auch »demand-pull« – Elemente verwendet. Von der »cost-push«-Seite werden die Güterpreise durch die Stückkosten sowie die Importpreise determiniert. Die »demand-pull«-Komponente wird berücksichtigt, indem die Annahme eines konstanten Aufschlagsatzes aufgegeben wird und stattdessen ein flexibler »mark-up« eingeführt wird, dessen Höhe von einer sektoralen Nachfragevariablen abhängt.

Als zentrale Variable beeinflussen die sektoralen Herstellungskosten über die »cost-Push«-Seite das Preismodell. In Anlehnung an die Input-Output-Tabelle, wo jede Spalte die Kostenstruktur eines Wirtschaftszweiges repräsentiert, ergeben sich

die sektoralen Stückkosten als Summe der auf den Bruttoproduktionswert bezogenen Aufwendungen für produzierte Produktionsfaktoren zuzüglich den Aufwendungen für Primärinputs in Form originärer Produktionsfaktoren sowie den kalkulatorischen Aufwendungen für die sektoralen Abschreibungen plus den Zahlungen von indirekten Steuern minus den empfangenen Subventionen des jeweiligen Sektors.

Die Stückkosten sind vollständig in das Input-Output-Modell integriert: Sie sind einerseits von Veränderungen in der Faktornachfragestruktur und den zugehörigen Preisen abhängig, bestimmen aber andererseits die Güterpreise auf den genannten Märkten selbst. Die wesentliche Verbindung zwischen dem Preis- und dem Mengengerüst des Modells wird damit über die sektoralen Stückkosten hergestellt.

Für die Erklärung der Konsum- und Ausrüstungsinvestitionsgüterpreise werden neben den sektoralen Stückkosten als zweite »cost-push«-Variable auch die Importpreise herangezogen. Die Importpreise stellen die Preise der zu den im Inland erzeugten Waren und Dienstleistungen konkurrierenden ausländischen Erzeugnisse dar. Die Gleichungen für die Konsum- und Ausrüstungsinvestitionsgüterpreise enthalten außerdem sektorale Nachfragevariablen zur Abbildung des »demand-pull«-Effektes.

Die sektoralen Exportpreise hängen zum einen von den sektoralen Stückkosten, zum anderen jedoch auch von der Wechselkursentwicklung ab, da Verschiebungen der Wechselkursrelationen in der Regel eine Korrektur der Exportpreise in heimischer Währung nach sich ziehen. Eine Aufwertung des Euro beispielsweise hätte je nach Preiselastizität der Nachfrage entsprechende Exporteinbußen zur Folge, die sich nur durch entsprechende Preisanpassungen in heimischer Währung auffangen lassen.

Das realwirtschaftliche Nachfragesystem zerfällt in insgesamt vier voneinander unabhängige Blöcke – dem System der sektoralen Energie-, Material- und Dienstleistungsverbräuche, dem Konsummodell, dem Investitionsmodell sowie dem Exportmodell. Die Nachfrage auf diesen einzelnen Märkten ergibt in der Summe die gesamte Güterverwendung. Zieht man von diesen Größen die in ebenfalls 60 Gütergruppen gegliederten Importe ab, erhält man die Produktion der inländischen Sektoren.

Wollte man die intermediären Lieferungen und Leistungen vollständig erfassen, müsste man etwa 3.000 Faktornachfragefunktionen spezifizieren und schätzen. Abgesehen von den dadurch hervorgerufenen technischen Problemen – das Strukturmodell würde auf mehr als 5.000 Gleichungen anwachsen – ginge bei einem derart komplexen System jede sinnvolle Relation zwischen Aufwand und Ertrag verlo-

ren. Denn wie Sensitivitätsanalysen zeigen, sind von den insgesamt etwa 3.000 Vorleistungslieferungen nur 550 »wichtig«, erreichen also eine Größenordnung, die sowohl für die realwirtschaftliche Güterversorgung als auch für die Erklärung der sektoralen Stückkosten und Preise von Gewicht ist. Aus diesem Grunde konzentriert sich das Modell der intermediären Verflechtungen auf diese wichtigen Güter- und Dienstleistungsströme.

Es würde über den Rahmen dieses zusammenfassenden Überblicks hinausgehen, die gewählten Schätzansätze im einzelnen darzustellen. Grundsätzlich ergeben sich die sektoralen Energie-, Material- und Dienstleistungsinputs jedoch aus ähnlich detaillierten Vorstudien, wie sie bereits bei der Erklärung der Energienachfrage der energieintensiven Sektoren dargelegt wurden. Der allgemeine Ansatz, die sektorale Vorleistungsnachfrage in Abhängigkeit von der Produktion, den relativen Preisen und dem technischen Fortschritt zu erklären, wird insofern den sektoralen Produktionsbedingungen entsprechend modifiziert.

Die Nachfrage der privaten Haushalte nach Konsumgütern ist die weitaus stärkste Komponente in der gesamten Endnachfrage. Insofern beeinflusst das Konsummodell in besonderer Weise Stabilität, Simulations- und Prognoseeigenschaften des Gesamtmodells. Die Art des gewählten Schätzansatzes und damit die Wahl der Parameter im Konsummodell stützt sich auf die traditionelle Nachfragetheorie. Bei gegebener Präferenzordnung (Nutzenfunktion) sind die optimalen Verbrauchsmengen eine Funktion der Güterpreise aller Güter und des Einkommens.

Die Nachfrage nach einzelnen homogenen Gütern steht am Ende eines über mehrere Stufen (Utility-tree) ablaufenden Entscheidungsprozesses. Im ersten Schritt wird das verfügbare Einkommen auf Konsum und Ersparnis aufgeteilt. Im zweiten Schritt wird der Konsum insgesamt den neun Ausgabearten zugeteilt; diese daraus errechneten Ausgabenaggregate stellen die Einkommensrestriktion für die weitere Differenzierung der Nachfrage nach einzelnen Gütern dar, die im dritten Schritt ermittelt wird. Die Summation der Nachfrage nach Gütern innerhalb der einzelnen Ausgabekategorien ergibt schließlich die nach den 60 Sektoren des Strukturmodells differenzierte Nachfrage der privaten Haushalte.

Bei der Quantifizierung der Faktoren, die die Ausgabenentscheidung der privaten Haushalte bestimmen, ist zu berücksichtigen, dass kurzfristig unveränderliche Größen wie beispielsweise der Bestand an langlebigen Gebrauchsgütern, die tatsächlichen oder kalkulatorischen Ausgaben für Mieten oder vertraglich festgelegte Ausgaben die zeitnahe Dispositionsfreiheit des Konsumenten einschränken. Dieser Effekt wird über einen exogen ermittelten Basiskonsum erfasst, der sich etwa bei langlebigen Konsumgütern oder bei den Ausgaben für Energie aus einer Ausstattungs-

einer technisch determinierten Verbrauchs- und einer verhaltensbedingten Nutzungskomponente zusammensetzt. Der reale Basisverbrauch spiegelt diese kurzfristig nicht beeinflussbaren Ausgaben wider. Zieht man von dem gesamten Konsumbudget der privaten Haushalte die Summe der zu jeweiligen Preisen bewerteten Basisverbräuche ab, erhält man den sogenannten Überschusskonsum, der kurzfristig disponibel ist und entsprechend den Präferenzen der privaten Haushalte sowie der Entwicklung der relativen Preise auf einzelne Konsumausgaben aufgeteilt wird.

Während die Konsumausgaben aufgrund ihres hohen Anteils an der gesamten Endnachfrage die sektorale und gesamtwirtschaftliche Entwicklung bestimmen, prägen die Investitionen aufgrund ihres dualen Charakters die Dynamik des Modells. Investitionen stellen nämlich auf der einen Seite – ähnlich wie die Konsumnachfrage – Güterkäufe dar, die die sektorale Produktion unmittelbar beeinflussen. Auf der anderen Seite belasten Investitionen über kalkulatorische Abschreibungen die sektoralen Kostenstrukturen und Preisentwicklungen. Dieser duale Charakter wird im Strukturmodell vollständig abgebildet. Die sektorale Nachfrage nach Investitionsgütern ist als Summe aus Ausrüstungs- und Bauinvestitionen definiert. Die Bauinvestitionen setzen sich wiederum aus den gewerblichen und staatlichen Bauten und den Wohnungsbauinvestitionen zusammen. Während die staatlichen Bauinvestitionen exogen vorgegeben sind, ergeben sich alle übrigen Komponenten aus Verhaltensgleichungen, in denen Akzeleratoransätze mit neoklassischen Ansätzen zur Faktorsubstitution kombiniert werden. Eine besondere Aufmerksamkeit erhält dabei die Abbildung der Erwartungsbildung von zukünftigen Produktions- und Faktorpreisentwicklungen. Der Einfluss der Investitionen auf die sektoralen Produktionskosten wird über die kalkulatorischen Abschreibungen erfasst. Ausgehend von einer nach Anlagegütern differenzierten durchschnittlichen Nutzungsdauer ergeben sich spezifische Abschreibungsbeträge, die wichtiger Bestandteil der sektoralen Herstellungskosten sind. Diese Zusammenhänge werden im Strukturmodell mit Hilfe von definitorischen Beziehungen abgebildet.

Das Exportmodell erklärt die Ausfuhr der 60 Gütergruppen. Dabei wird ein globaler Ansatz verwendet; auf eine Differenzierung der Exporte nach Abnehmerländern oder Regionen wird im Hinblick auf die Datenproblematik, die dazu notwendige umfangreiche Erweiterung der Gleichungszahl im Modell und nicht zuletzt wegen der mit dem gewählten Schätzansatz hinreichend guten Ergebnisse verzichtet.

Die Exporte insgesamt sind die Summe der Waren- und Dienstleistungsexporte. Die Warenexporte werden mit Hilfe eines modifizierten Exportnachfragemodells

erklärt, das auf dem Ansatz von Houthakker und Magee¹⁹ basiert. Allgemein sind die Warenexporte darin eine Funktion der Sozialproduktentwicklung in den Empfängerländern sowie der Wettbewerbssituation des liefernden Landes im Vergleich zu allen exportierenden Nationen insgesamt. Als Indikator für die gesamtwirtschaftliche Entwicklung wird der Index der Weltexporte verwendet, die Wettbewerbssituation beschreibt ein sektorspezifisches Austauschverhältnis, das als Quotient aus Export- und Importpreisen ermittelt wird. Die Dienstleistungsexporte lassen sich mit diesem Ansatz nicht befriedigend erklären. Zum einen ist die Preisentwicklung und damit die Wettbewerbsfähigkeit nicht hinreichend exakt quantifizierbar, zum anderen sind Dienstleistungsexporte häufig Serviceleistungen für bereits getätigte oder noch ausstehende Warenexporte. Aus diesen Überlegungen lässt sich ableiten, dass die Warenexporte zu einem erheblichen Teil die Ausfuhr von Dienstleistungen z.B. aus dem Bereich des Transportwesens, der Banken und Versicherungen bestimmen.

Das Strukturmodell erfasst in der derzeitigen Version die Importe nach 60 Produktgruppen und zumindest drei Verwendungszwecken (Zwischennachfrage, Privater Verbrauch, Anlageinvestitionen). Bei ihrer Erklärung ist zwischen komplementären und substitutiven Einfuhren zu unterscheiden. Während komplementäre Importe vor allem von der Produktion der jeweiligen Abnehmer im Inland abhängen, dürften substitutive Einfuhren von den relativen Preisen mitbestimmt werden. In die Importfunktionen sind einerseits Nachfrageelemente und andererseits Preiselemente – als Ausdruck des Wettbewerbs zwischen inländischen und importierten Gütern gleicher Art – aufgenommen. Als Nachfragegröße wurde entweder die gesamte inländische Nachfrage nach diesem Produkt oder, falls die Importe schwerpunktmäßig einem Verwendungszweck zugeordnet werden konnten, ein spezielles Nachfrageaggregat oder eine sektorale Produktion ausgewählt. Die Substitutionseffekte konnten mit Hilfe sektoraler Preisrelationen erfasst werden.

19 Vgl. Houthakker, H.S. and Magee, Stephen P., *Income and Price Elasticities in World Trade; The Review of Economics and Statistics*; May 1969; S. 111-125. Die doppelt logarithmische Funktionsform wurde aufgrund ihrer einfachen Interpretationsfähigkeit hinsichtlich der Elastizitäten von Houthakker und Magee ausgewählt. Vgl. dazu Houthakker/Magee (1969); S. 111. Eine Erweiterung des dort beschriebenen Ansatzes durch die Berücksichtigung zyklischer Einflüsse lieferten Haynes Stephen E./Stone, Joe A.; *Secular and Cyclical Responses of U.S. Trade to Income: An Evaluation of Traditional Models*; in: *The Review of Economics and Statistics*; 1983; S. 87-95. Zum Begriff des »traditionellen Exportnachfragemodells« und allgemein zur ökonometrischen Schätzung von Exportnachfragefunktionen vgl. Scheiper, Ulrich; *Die sektoralen Importe und Exporte der Bundesrepublik Deutschland. Eine ökonometrische Analyse unter Berücksichtigung flexibler Funktionsformen*; Schriften zur angewandten Ökonometrie; Heft 13; Frankfurt/Main 1984, S. 97ff.

Das Umverteilungsmodell besteht im wesentlichen aus zwei Teilsystemen. Zum einen werden die wichtigsten Komponenten der Staatseinnahmen und -ausgaben sowie die Staatsverschuldung erklärt; in einem zweiten Block wird die Entstehung des verfügbaren Einkommens der privaten Haushalte aus den im Input-Output-System erfassten Bruttoeinkommensgrößen abgeleitet. Das Umverteilungsmodell stellt dadurch die Verbindung von der Einkommensentstehung zur Endnachfrage her.

Die Staatseinnahmen setzen sich aus den sechs Komponenten

- indirekte Steuern,
- direkte Steuern,
- Sozialabgaben,
- Abschreibungen des Staates,
- Empfangene Vermögensübertragungen und
- Sonstige laufende Übertragungen

zusammen.

Größte Komponente der Staatsausgaben ist der Staatsverbrauch, der definitiv als Summe aus Bruttowertschöpfung, die als wesentliche Komponente wiederum das Einkommen aus unselbständiger Arbeit enthält, und staatlichen Vorleistungskäufen abzüglich der Vorleistungskäufe des Staates an Unternehmen erfasst wird.

4. DAS EMISSIONSMODELL

Umweltindikatoren können auf verschiedenen Ebenen und mit unterschiedlichen Ansätzen in das Modellsystem integriert werden. Grundsätzlich sind dabei die reale Ebene der Güter- und Leistungsströme und die nominale Ebene der Kosten- und Preisentwicklung zu unterscheiden. Die Inanspruchnahme von Ressourcen und deren Quantifizierung mit Hilfe von Indikatoren knüpft unmittelbar an die reale Ebene, die Implementation verschiedener Instrumente zur Beeinflussung der Ressourcen-Intensität zusätzlich an die nominale Ebene an. Dabei erweist sich die Verknüpfung der realen Güter- und Leistungsströme mit Umweltindikatoren als vergleichsweise einfach, insbesondere bei solchen Indikatoren, die über feste Koeffizienten mit bereits bestehenden Variablen des Modells verbunden werden können. Typisch hierfür ist der Umweltbereich Klima, bei dem der Umweltindikator mit Hilfe von spezifischen Emissionskoeffizienten (hier: dem Kohlenstoffgehalt einzelner Energieträger) und physischen Energieverbräuchen definitiv festgelegt werden kann.

Diese Voraussetzungen sind allerdings nur für ausgewählte Spezialfälle gegeben; bereits bei der Erweiterung des Umweltindikators Klima um zusätzliche Klimagasen, wie sie nach den Vereinbarungen auf der dritten Vertragsstaatenkonferenz in Kyoto internationaler Standard geworden sind, wären diese Voraussetzungen nicht mehr gegeben. Zwar lassen sich für alle Indikatoren Anknüpfungspunkte im bestehenden Modellsystem finden, die Zusammenhänge sind jedoch nur in Ausnahmefällen über definitorische Verknüpfungen herzustellen.

Mit dem Emissionsmodell in seiner bisherigen Form wird eine möglichst vollständige Bilanzierung aller ökologischen Wirkungen von Energieverbrauch und Energieumwandlung angestrebt. Dabei werden die Emissionen nach den traditionellen Luftschadstoffen Schwefeldioxid (SO₂), Stickoxiden (NO_x), Kohlenmonoxid (CO), Staub sowie flüchtige organische Verbindungen einerseits, nach den klimawirksamen Spurengasen Distickstoffoxid (N₂O), Methan (CH₄) und Kohlendioxid (CO₂) andererseits unterschieden. Darüber hinaus werden die Reststoffe bei der Verstromung von Stein- und Braunkohle (Asche, Gips), die radioaktiven Emissionen beim Betrieb der Kernkraftwerke sowie die ungenutzte Abwärme der Stromerzeugung insgesamt ermittelt.

Die Emissionsbilanzen für die genannten Schadstoffe (E_j) lassen sich in der Regel aus der Multiplikation von geeignet definierten Emissionskoeffizienten (EK_{jk}), die den Ausstoß von Schadstoff j im Prozess k charakterisieren, und Verbrauchs- (VE_k):

$$1.) E_j = EK_{j1} * VE_1 + EK_{j2} * VE_2 + \dots + EK_{jn} * VE_n$$

bzw. Umwandlungsvolumina (UE_k)

$$2.) E_j = EK_{j1} * UE_1 + EK_{j2} * UE_2 + \dots + EK_{jn} * UE_n$$

errechnen. Die Emissionskoeffizienten sind dabei als durchschnittliche Größen zu verstehen, die sich bei solchen Sektoren, denen eine detaillierte Kapitalstocksrechnung zugrunde liegt, aus den Emissionskoeffizienten der einzelnen Investitionsjahrgänge und deren Anteil am gesamten Anlagenbestand zusammensetzt. Für den Verkehrsbereich werden die Emissionen darüber hinaus noch nach Straßenkategorien unterschieden, wobei diese wiederum mit den bereits erwähnten Fahrtzwecken verknüpft werden. Von besonderer Bedeutung für die Veränderung der Emissionskoeffizienten sind umweltrechtliche Vorschriften beispielsweise die Großfeuerungsanlagenverordnung, die TA-Luft oder die Kleinf Feuerungs- bzw. Heizungsanlagenverordnung. Die Verbrauchs- und Umwandlungsströme ergeben sich unmittelbar aus dem Energiemodell, in dem die Energieverbräuche und die wichtigsten Energieumwandlungsprozesse – wie bereits beschrieben – detailliert abgebildet werden.

Übersicht 1

Abgrenzung der Energieträger im Energiemodell			
Lfd. Nr.	Variable	Bezeichnung in der Energiebilanz	Nr. EBZ
1	Steinkohle	Steinkohle, roh	1
2	Braunkohle	Braunkohle, roh, Hartbraunkohle	8, 12
3	Koks u.a.	Steinkohlenkoks, -briketts Braunkohlenbriketts, -koks, -staub, Brennholz, Brenntorf	2,3,9,10 11,13,14,15
4	Erdöl	Erdöl, roh	16
5	Motorenbenzin	Motorenbenzin	17
6	Rohbenzin	Rohbenzin	18
7	Diesel, Kerosin	Flugbenzin, Diesel, Kerosin	19,20,21
8	Heizöl, leicht	Heizöl, leicht	22
9	Heizöl, schwer	Heizöl, schwer	23
10	Übrige Mineralöle	Petrolkoks, übrige Mineralöle	24,25
11	Erdgas	Erdgas, Erdölgas	30,31
12	Übrige Gase	Raffinerie- und Flüssiggas, Gichtgas Kokereigas, Klär- und Grubengas	26,27,28,29,32,33
13	Strom	Strom	34,35,36
14	Fernwärme	Fernwärme	37
Eigene Berechnungen.			

Übersicht 2

Abgrenzung der Energieträger im Energiemodell			
Lfd. Nr.	Bezeichnung	Lfd. Nr.	Bezeichnung
1	Landwirtschaft	31	Holzwaren
2	Forstwirtschaft, Fischerei	32	Holzschliff, Papier
3	Elektrizität	33	Papierwaren
4	Gas-, Wärmeverteilung	34	Druckerei
5	Wasserversorgung	35	Leder, Lederwaren
6	Kohlenbergbau	36	Textilien
7	Übriger Bergbau	37	Bekleidung
8	Erdöl-, Erdgas	38	Nahrungsmittel
9	Chemie	39	Milchprodukte
10	Mineralölverarbeitung	40	Fleischwaren
11	Kunststoffe	41	Getränke
12	Gummiwaren	42	Tabakwaren
13	Steine, Erden	43	Wohnungsbau
14	Feinkeramik	44	Übriger Bau
15	Glas, Glaswaren	45	Großhandel
16	Eisen, Stahl	46	Einzelhandel
17	NE-Metalle	47	Eisenbahn
18	Giesserei	48	Schifffahrt
19	Zieherei	49	Nachrichtenübermittlung
20	Stahlbau, Schienenfzbau	50	Übriger Verkehr
21	Maschinenbau	51	Kreditinstitute
22	ADV-Waren	52	Versicherungen
23	Straßenfahrzeugbau	53	Vermietung
24	Wasserfahrzeugbau	54	Gaststätten
25	Luftfahrzeugbau	55	Wissenschaft, Verlage
26	Elektrotechnik	56	Gesundheit
27	Feinmechanik, Optik	57	Übrige Dienstleistungen
28	EBM-Waren	58	Gebietskörperschaften
29	MSSS-Waren	59	Sozialversicherung
30	Holzbearbeitung	60	Private Organisationen
Eigene Berechnungen.			

In der edition der Hans-Böckler-Stiftung sind bisher erschienen:

Nr.	Autor/Titel	€	Bestell-Nr.	ISBN-Nr.
50	<i>Peter Kalkowski/Matthias Helmer/ Otfried Mickler</i> Telekommunikation im Aufbruch	10,23	13050	3-935145-22-5
51	<i>Dunja M. Mohr</i> Lost in Space: Die eigene wissen- schaftliche Verortung in und außerhalb von Institutionen	14,32	13051	3-935145-23-3
53	<i>Wolfhard Kohte</i> Störfallrecht und Betriebsverfassung	10,23	13053	3-935145-25-X
54	<i>Manfred Deiß/Eckhard Heidling</i> Interessenvertretung und Expertenwissen	13,29	13054	3-935145-28-4
55	<i>Herbert Bassarak/Uwe Dieter Steppuhn (Hrsg.)</i> Angewandte Forschung und Entwicklung an Fachhochschulen in Bayern	15,00	13055	3-935145-29-2
56	<i>Herbert Bassarak/Uwe Dieter Steppuhn (Hrsg.)</i> Angewandte Forschung und Entwicklung an Fachhochschulen Sozialer Arbeit	23,00	13056	3-935145-30-6
57	<i>Heide Pfarr (Hrsg.)</i> Ein Gesetz zur Gleichstellung der Geschlechter in der Privatwirtschaft	12,00	13057	3-935145-31-4
58	<i>Stefan Eitenmüller</i> Reformoptionen für die gesetzliche Rentenversicherung	15,00	13058	3-935145-32-2
59	<i>Bernd Kriegesmann/Marcus Kottmann</i> Neue Wege für Personalanpassungen in der Chemischen Industrie	10,00	13059	3-935145-33-0
60	<i>Hans-Böckler-Stiftung/DGB-Bundesvorstand</i> Welthandelsorganisation und Sozialstandards	7,00	13060	3-935145-34-9
61	<i>Renate Büttner/Johannes Kirsch</i> Bündnisse für Arbeit im Betrieb	11,00	13061	3-935145-35-7
62	<i>Elke Ahlers/Gudrun Trautwein-Kalms</i> Entwicklung von Arbeit und Leistung in IT-Unternehmen	9,00	13062	3-935145-36-5
63	<i>Thomas Fritz/Christoph Scherrer</i> GATS 2000. Arbeitnehmerinteressen und die Liberalisierung des Dienstleistungshandels	12,00	13063	3-935145-37-3
64	<i>Achim Truger/Rudolf Welz Müller</i> Chancen der Währungsunion – koordinierte Politik für Beschäftigung und moderne Infrastruktur	13,00	13064	3-935145-38-1
65	<i>Martin Sacher/Wolfgang Rudolph</i> Innovation und Interessenvertretung in kleinen und mittleren Unternehmen	19,00	13065	3-935145-39-X

Nr.	Autor/Titel	€	Bestell-Nr.	ISBN-Nr.
66	Volker Meinhardt/Ellen Kirner/ Markus Grabka/Ulrich Lohmann/Erika Schulz Finanzielle Konsequenzen eines universellen Systems der gesetzlichen Alterssicherung	12,00	13066	3-935145-40-3
67	Thomas Ebert Langfrist-Arbeitszeitkonten und Sozialversicherung	12,00	13067	3-935145-41-1
68	Jan Prieue unter Mitarbeit von Christoph Scheuplein und Karsten Schuldt Ostdeutschland 2010 – Perspektiven der Innovationstätigkeit	23,00	13068	3-935145-42-X
69	Sylke Bartmann/Karin Gille/Sebastian Haunss Kollektives Handeln	30,00	13069	3-935145-43-8
70	Bernhard Nagel Mitbestimmung in öffentlichen Unter- nehmen mit privater Rechtsform und Demokratieprinzip	12,00	13070	3-935145-44-6
72	Eva Kocher Gesetzentwurf für eine Verbandsklage im Arbeitsrecht	12,00	13072	3-935145-46-2
73	Hans-Böckler-Foundation (ed.) Future Works	10,00	13073	3-935145-47-0
74	Reinhard Schüssler/Claudia Funke Vermögensbildung und Vermögensverteilung	16,00	13074	3-935145-48-9
75	Ingrid Ostermann (Hrsg.) Perspektive: GLOBAL! Inter-nationale Wissenschaftlerinnenkooperationen und Forschung	20,00	13075	3-935145-49-7
76	Christine Schön Betriebliche Gleichstellungspolitik	12,00	13076	3-935145-50-0
77	Volker Korthäuer/Marius Tritsch US-Cross-Border-Lease	8,00	13077	3-935145-51-9
78	Jörg Towara Tarifvertragliche Regelungen zur Teilzeitarbeit	8,50	13078	3-935145-52-7
79	Anja Riemann Auswertung und Darstellung gesetzlicher Bestimmungen zur Teilzeitarbeit	8,00	13079	3-935145-53-5
80	Heide Pfarr/Elisabeth Vogelheim Zur Chancengleichheit von Frauen und Männern im Bündnis für Arbeit, Ausbildung und Wettbewerbsfähigkeit	12,00	13080	3-935145-56-X
81	Wilfried Kruse/Daniel Tech/Detlev Ullenbohm Betriebliche Kompetenzentwicklung. 10 Fallstudien zu betrieblichen Vereinbarungen	12,00	13081	3-935145-57-8

Nr.	Autor/Titel	€	Bestell-Nr.	ISBN-Nr.
82	<i>Stefan Bach/Bernd Bartholmai</i> Perspektiven der Vermögensbesteuerung in Deutschland	12,00	13082	3-935145-58-6
83	<i>Charlotte Wahler (Hrsg.)</i> Forschen mit Geschlecht? Zwischen Macht und Ohnmacht: Frauen in der Wissenschaft	20,00	13083	3-935145-59-4
84	<i>Henry Schäfer</i> Sozial-ökologische Ratings am Kapitalmarkt	16,00	13084	3-935145-60-8
85	<i>Maliszewski/Neumann</i> Bündnisse für Arbeit – Best Practice aus Ländern und Regionen	14,00	13085	3-935145-61-1
86	<i>Matthias Müller</i> International Accounting Standards	9,00	13086	3-935145-62-4
87	<i>Arno Prangenberg</i> Grundzüge der Unternehmensbesteuerung	8,00	13087	3-935145-63-2
88	<i>Klaus Jacobs/Jürgen Wasem</i> Weiterentwicklung einer leistungsfähigen und solidarischen Krankenversicherung unter den Rahmenbedingungen der europäischen Integration	12,00	13088	3-935145-64-0
89	<i>Thomas Schönwälder</i> Begriffliche Konzeption und empirische Entwicklung der Lohnnebenkosten in der Bundesrepublik Deutschland – eine kritische Betrachtung	25,00	13089	3-935145-65-9
90	<i>Helene Mayerhofer</i> Handbuch Fusionsmanagement Personalpolitische Aufgaben im Rahmen von Fusionen	10,00	13090	3-935145-66-7
91	<i>Helene Mayerhofer</i> Handbuch Fusionsmanagement Fusionsbedingte Integration verschiedener Organisationen	10,00	13091	3-935145-67-5
92	<i>Hans-Erich Müller</i> Handbuch Fusionsmanagement Übernahme und Restrukturierung: Neuausrichtung der Unternehmensstrategie	8,00	13092	3-935145-68-3
93	<i>Christian Timmreck</i> Handbuch Fusionsmanagement Unternehmensbewertung bei Mergers & Acquisitions	10,00	13093	3-935145-69-1
94	<i>Volker Korthäuer, Manuela Aldenhoff</i> Handbuch Fusionsmanagement Steuerliche Triebfedern für Unternehmensumstrukturierungen	6,00	13094	3-935145-70-5
95	<i>Dieter Behrendt</i> Ökologische Modernisierung: Erneuerbare Energien in Niedersachsen	11,00	13095	3-935145-73-X

Nr.	Autor/Titel	€	Bestell-Nr.	ISBN-Nr.
96	<i>Uwe Wilkesmann/Ingolf Rascher</i> Wissensmanagement – Analyse und Handlungsempfehlungen	12,00	13096	3-935145-71-3
97	<i>Tanja Klenk/Frank Nullmeier</i> Public Governance als Reformstrategie	12,00	13097	3-935145-72-1
98	<i>Reiner Hoffmann/Otto Jacobi/Berndt Keller/ Manfred Weiss (eds.)</i> European Integration as a Social Experiment in a Globalized World	14,00	13098	3-935145-74-8
99	<i>Angelika Bucerius</i> Alterssicherung in der Europäischen Union	25,00	13099	3-935145-75-6
100	<i>Werner Killian/Karsten Schneider</i> Die Personalvertretung auf dem Prüfstand	12,00	13100	3-935145-76-4
102	<i>Susanne Felger/Angela Paul-Kohlhoff</i> Human Resource Management	15,00	13102	3-935145-78-0
103	<i>Paul Elshof</i> Zukunft der Brauwirtschaft	16,00	13103	3-935145-79-9
104	<i>Henry Schäfer/Philipp Lindenmayer</i> Sozialkriterien im Nachhaltigkeitsrating	19,00	13104	3-935145-80-2
107	<i>Axel Olaf Kern/Ernst Kistler/Florian Mamberer/ Ric Rene Unteutsch/Bianka Martolock/ Daniela Wörner</i> Die Bestimmung des Leistungskataloges in der gesetzlichen Krankenversicherung	18,00	13107	3-935145-84-5
108	<i>Dea Niebuhr/Heinz Rothgang/Jürgen Wasem/ Stefan Greß</i> Die Bestimmung des Leistungskataloges in der gesetzlichen Krankenversicherung	28,00	13108	3-935145-85-3
109	<i>Yasmine Chahed/Malte Kaub/Hans-Erich Müller</i> Konzernsteuerung börsennotierter Aktiengesellschaften in Deutschland	14,00	13109	3-935145-86-1
110	<i>Klaus Löbbe</i> Die europäische Chemieindustrie	25,00	13110	3-935145-87-X
113	<i>Uwe Fachinger, Anna Frankus</i> Selbstständige im sozialen Abseits	13,00	13113	3-935145-90-X
114	<i>Frank Havighorst</i> Jahresabschluss von Krankenhäusern	14,00	13114	3-935145-91-8
115	<i>Achim Sollanek</i> Versicherungsbilanzen nach deutschem Handelsrecht	10,00	13115	3-935145-92-6
120	<i>Andreas Boes, Michael Schwemmler unter Mitarbeit von Ellen Becker</i> Herausforderung Offshoring	15,00	13120	3-935145-97-7

**Bestellungen
bitte unter
Angabe der
Bestell-Nr. an:**



Kreuzbergstraße 56
40489 Düsseldorf
Telefax: 02 11 / 408 00 90 40
E-Mail: mail@setzkasten.de

Hans-Böckler-Stiftung

Die Hans-Böckler-Stiftung ist das Mitbestimmungs-, Forschungs- und Studienförderungswerk des Deutschen Gewerkschaftsbundes. Gegründet wurde sie 1977 aus der Stiftung Mitbestimmung und der Hans-Böckler-Gesellschaft. Die Stiftung wirbt für Mitbestimmung als Gestaltungsprinzip einer demokratischen Gesellschaft und setzt sich dafür ein, die Möglichkeiten der Mitbestimmung zu erweitern.

Mitbestimmungsförderung und -beratung

Die Stiftung informiert und berät Mitglieder von Betriebs- und Personalräten sowie Vertreterinnen und Vertreter von Beschäftigten in Aufsichtsräten. Diese können sich mit Fragen zu Wirtschaft und Recht, Personal- und Sozialwesen, Aus- und Weiterbildung an die Stiftung wenden. Die Expertinnen und Experten beraten auch, wenn es um neue Techniken oder den betrieblichen Arbeits- und Umweltschutz geht.

Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliches Institut (WSI)

Das Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Institut (WSI) in der Hans-Böckler-Stiftung forscht zu Themen, die für Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer von Bedeutung sind. Globalisierung, Beschäftigung und institutioneller Wandel, Arbeit, Verteilung und soziale Sicherung sowie Arbeitsbeziehungen und Tarifpolitik sind die Schwerpunkte. Das WSI-Tarifarchiv bietet umfangreiche Dokumentationen und fundierte Auswertungen zu allen Aspekten der Tarifpolitik.

Forschungsförderung

Die Stiftung vergibt Forschungsaufträge zu Strukturpolitik, Mitbestimmung, Erwerbsarbeit, Kooperativer Staat und Sozialpolitik. Im Mittelpunkt stehen Themen, die für Beschäftigte von Interesse sind.

Studienförderung

Als zweitgrößtes Studienförderungswerk der Bundesrepublik trägt die Stiftung dazu bei, soziale Ungleichheit im Bildungswesen zu überwinden. Sie fördert gewerkschaftlich und gesellschaftspolitisch engagierte Studierende und Promovierende mit Stipendien, Bildungsangeboten und der Vermittlung von Praktika. Insbesondere unterstützt sie Absolventinnen und Absolventen des zweiten Bildungsweges.

Öffentlichkeitsarbeit

Im Magazin »Mitbestimmung« und den »WSI-Mitteilungen« informiert die Stiftung monatlich über Themen aus Arbeitswelt und Wissenschaft. Mit der homepage www.boeckler.de bietet sie einen schnellen Zugang zu ihren Veranstaltungen, Publikationen, Beratungsangeboten und Forschungsergebnissen.

Hans-Böckler-Stiftung
Abteilung Öffentlichkeitsarbeit
Hans-Böckler-Straße 39
40476 Düsseldorf
Telefax: 0211/7778 - 225
www.boeckler.de

**Hans Böckler
Stiftung** 

Fakten für eine faire Arbeitswelt.

