



Evaluierung der CO₂-Minderungsmaßnahmen im Gebäudebereich

M. Kleemann, P. Hansen



Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Umwelt/Environment

Band/Volume 60

Forschungszentrum Jülich GmbH
Programmgruppe Systemforschung und
Technologische Entwicklung (STE)

Evaluierung der CO₂-Minderungsmaßnahmen im Gebäudebereich

M. Kleemann
P. Hansen

Durchgeführt im Auftrag von
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Umwelt/Environment

Band/Volume 60

ISSN 1433-5530 ISBN 3-89336-419-6

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte Bibliografische Daten sind im Internet
über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Herausgeber
und Vertrieb: Forschungszentrum Jülich GmbH
Zentralbibliothek
D-52425 Jülich
Telefon: 02461 61-5368 · Telefax: 02461 61-6103
e-mail: zb-publikation@fz-juelich.de
Internet: <http://www.fz-juelich.de/zb>

Umschlaggestaltung: Grafische Medien, Forschungszentrum Jülich GmbH

Druck: Grafische Medien, Forschungszentrum Jülich GmbH

Copyright: Forschungszentrum Jülich 2005

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Umwelt/Environment Band/Volume 60

ISSN 1433-5530
ISBN 3-89336-419-6

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

ZUSAMMENFASSUNG	1
SUMMARY	2
TEIL I: WOHNGEBÄUDE	3
1 Zielsetzung der Untersuchung	3
2 Methodische Grundlagen	4
2.1 Zeithorizont und Szenarien	4
2.2 Wirtschaftliche und demographische Rahmenbedingungen.....	5
2.3 Leitparameter aus der Bau- und Heizungspraxis.....	9
2.4 Bilanzierung der CO ₂ -Einsparungen	12
2.5 Berechnung von Gesamteinsparung und Einzelmaßnahmeneinsparung.....	13
3 Einsparung der quantifizierbaren Einzelmaßnahmen.....	17
3.1 Evaluierung der gesetzlichen Regelungen	17
3.2 Evaluierung der monetären Fördermaßnahmen.....	21
3.3 Evaluierung sonstiger Fördermaßnahmen.....	30
3.4 Zusammenfassung der Maßnahmen-Evaluierung.....	34
4 Die szenarioabhängige Entwicklung der Gesamtemission	36
4.1 Trendszenario	36
4.2 Szenario verbesserte Sanierung.....	38
4.3 Zusätzliche Maßnahmen zur Zielerreichung.....	39
4.4 Auswirkungen einer Streichung der finanziellen Förderung	44
4.5 Der Einfluss kalter Winter auf das Minderungsziel	44
TEIL II NICHTWOHNGEBÄUDE	47
5 Anmerkungen zum methodischen Vorgehen	47
6 Die Gesamtemission bis 2020	48
7 Einsparpotenzial durch Stromeinsparung bei Klimaanlage.....	50
TEIL III METHODIK- UND DATENANHANG	53
8 ANHANG 1: Erfassung der Potenzialausnutzung.....	53
8.1 Übersicht der verwendeten Kennzahlen	53
8.2 Ermittlung des Sanierungsverhältnisses.....	53
8.3 Ermittlung des Einsparverhältnisses	61
8.4 Berechnung der Potenzialausnutzung	63
9 ANHANG 2: Ermittlung des Mehrverbrauchs im Neubaubereich durch Nutzerverhalten und abweichende Gebäudeeigenschaften.....	64
10 ANHANG 3: Modernisierung der Heizungsanlage.....	67
11 ANHANG 4: Justierung der Rechnungen auf den Ausgangswert für 2005.....	71
12 ANHANG 5: Vergleich mit „Politikszenerarien III“	72
13 ANHANG 6: Gebäude- und Verbrauchsstrukturen im Gewerbebereich.....	73
TEIL IV WEITERER FORSCHUNGSBEDARF	78
14 Ermittlung des Sanierungsverhaltens im Altbaubereich.....	78
15 Untersuchung des Mehrverbrauchs im Neubaubereich durch abweichende Gebäudeeigenschaften und Nutzerverhalten	78
16 Literatur	80

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der Studie ist es, die zukünftigen CO₂-Einsparungen der laufenden und geplanten Minderungsmaßnahmen im Rahmen eines *Trendszenarios* zu schätzen. Außerdem wird aufgezeigt, welche zusätzlichen Maßnahmen in einem *Szenario verbesserte Sanierung* erforderlich sind, um das Einsparziel von 120 Mio. t bis 2010 im Wohngebäudebestand zu erreichen.

Für die Rechnungen wird ein jahresdurchschnittliches BIP-Wachstum im Bereich von ein bis zwei Prozent angenommen. Beim Heizölpreis wird trotz des derzeitigen Hochpreisniveaus eine langfristige mittlere Steigerungsrate von 1,5 % pro Jahr unterstellt.

Entsprechend der Bevölkerungsprognose des BBR wird von 2005 bis 2020 ein Anstieg von 83 auf 84 Mio. erwartet. Die Wohnfläche pro Kopf steigt weiter an und als Folge dieser Entwicklungen wächst der gesamte Wohnflächenbedarf von 3,1 auf 3,4 Mrd. m².

Die Sanierungspotenzial wird derzeit nur unzureichend ausgeschöpft, weil die Anzahl der Sanierungen zu gering ist und weil die Qualität nicht immer den Anforderungen entspricht. Dies wird rechnerisch durch eine Potenzialausnutzung von 32 % berücksichtigt.

Für den Neubaubereich wird in den Modellrechnungen mit einem um 31 % erhöhten Verbrauch gerechnet, im Vergleich zum Normwert nach der EnEV.

Die folgende Aufstellung zeigt das Spektrum der betrachteten Maßnahmen:

• Modernisierungsprogramm • Städtumbau Ost • Sozialer Wohnungsbau • KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm • Vor-Ort-Beratung • Marktanreizprogramm	• Gebäude des Bundes • Energieeinsparverordnung • Deutsche Energie Agentur • Energiebedarfsausweis • Sonstige (weiche) Maßnahmen • Autonome Sanierungsmaßnahmen
--	--

Entsprechend folgender Tabelle verringert sich im *Trendszenario* die Emission von 2005 bis 2010 von 125,3 auf 121,7 Mio. t. Das ist eine Minderung von 3,6 Mio. t in fünf Jahren. Um das Ziel von 120 Mio. t zu erreichen, müssen weitere 1,7 Mio. t im *Szenario verbesserte Sanierung* eingespart werden. Deshalb wird dieses Szenario mit einer Potenzialausnutzung von 55 % gerechnet.

Bei sofortiger Streichung der Förderung oder im Falle einer Folge von relativ kalten Winter kann das Minderungsziel nicht erreicht werden.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Mio. t					
<i>Trendszenario (32 %)</i>	125,3	124,9	124,3	123,5	122,6	121,7
<i>Szenario verbesserte Sanierung (55 %)</i>	125,3	124,5	123,6	122,4	121,2	120,0

Die zusätzlich notwendigen Minderungsmaßnahmen im *Szenario verbesserte Sanierung* sind eine weitere Intensivierung der Öffentlichkeitsarbeit und der Förderprogramme zur CO₂-Minderung im Gebäudebestand. Zusätzlich müssen die Anreize der finanziellen Förderung attraktiver gemacht werden.

Bei der Bearbeitung hat sich gezeigt, dass zur Absicherung und Verfeinerung der verwendeten Daten ein zusätzlicher Forschungsbedarf für die beiden Bereiche „Sanierungsverhalten im Altbaubereich“ und „Mehrverbrauch im Neubaubereich“ besteht.

SUMMARY

The goal of this study is to estimate the future CO₂-savings of the current and planned reduction measures in the context of a *trend scenario*. In addition it has been analysed, which additional measures are necessary in a *scenario of improved building renovation*, in order to reach the reduction goal of 120 million tonnes by 2010 in the residential building sector.

For the calculations an average GDP growth between one to two percent has been assumed. And for the fuel oil price a long-term average growth rate of 1.5 % per year has been supposed, despite of the present high price level.

According to the population forecast of the BBR an increase from 83 millions in 2005 to 84 millions by 2010 is expected. The floor space per capita continues to rise and as a consequence the total floor space grows from 3.1 to 3.4 billion square metres.

At present the renovation potential is insufficiently exhausted, because the overall number of renovations is too small and the quality of the renovations does often not correspond to the requirements. For the calculations an exploitation factor of 32 % has been used.

For new buildings the model calculations have used a 31 % higher consumption compared to the standardized calculation method of the energy saving ordinance (ENEV).

The following list shows the spectrum of the measures which have been analysed.

• Building modernization programme • Town reconstruction programme in east Germany • Social housing programme • KfW-low interest loan programme for CO₂-reduction • Information campaign (on site advisory service) • Incentives for market penetration of renewables	• Buildings of the government • Energy saving ordinance (ENEV) • German Energy Agency (DEA) • Energy label for buildings • Other so-called soft measures • Autonomous building renovation
---	--

According to the following table the emission of the *trend scenario* will decline from 125.3 million tonnes in 2005 to 121.7 million tonnes by 2010. This is a decrease of 3.6 million tonnes within five years. In order to reach the goal of 120 million about 1.7 million tonnes have to be reduced additionally in the *scenario of improved building renovation*. The calculations for this scenario have been carried out with an increased exploitation factor of 55 %.

With an immediate cancellation of the financial support or in the case of a sequence of relatively cold winters the reduction goal can not be reached.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Millions of tonnes					
<i>Trend scenario (32 %)</i>	125.3	124.9	124.3	123.5	122.6	121.7
<i>Scenario of improved building renovation (55 %)</i>	125.3	124.5	123.6	122.4	121.2	120.0

The additionally necessary reduction measures in the *scenario improved building renovation* are a further intensification of the public information campaigns and of the financial support programmes for CO₂-reduction in the building stock. But the financial support incentives have to be made more attractive.

During the analysis it became evident that for confirmation and refinement of the used data base an additional research demand exists, especially for the two fields "renovation behaviour of building owners" and "increased consumption in new buildings".

TEIL I: WOHNGEBÄUDE

1 Zielsetzung der Untersuchung

Vor dem Hintergrund der laufenden Ressortabstimmungen zur aktuellen Klimaschutzpolitik der Bundesregierung benötigt BMVBW für die Minderungsmaßnahmen im Gebäudebereich Aussagen über die CO₂-Entwicklung. Darüber hinaus benötigt BMVBW aufgrund der Diskussionen des vorliegenden Nationalen Allokationsplans eine gesicherte Datengrundlage, um die eingeleiteten und geplanten klimaschutzpolitischen Maßnahmen im Gebäudebereich konkret abschätzen zu können und um damit die anstehenden politischen Diskussionen zu weiteren Klimaschutzaktivitäten mitgestalten zu können.

Erstes Hauptziel der vorliegenden Untersuchung ist es, die derzeitigen und zukünftigen Auswirkungen der Minderungsmaßnahmen auf die CO₂-Entwicklung für den Wohngebäude- und den Nichtwohngebäudebereich quantitativ zu bewerten, d.h. die Minderung in Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr bis mindestens 2008/2012 anzugeben. Dazu werden die derzeit laufenden bzw. eingeleiteten Maßnahmen in einem *Trendszenario* fortgeschrieben. Die Abschätzungen auf der Grundlage bisheriger sowie zusätzlicher Maßnahmen sollen diesbezügliche Aussagen des von BMU in Auftrag gegebenen Gesamtgutachtens „Politikszenerarien III“ konkretisieren, erweitern und aktualisieren.

Zweites Hauptziel der Untersuchung ist es, aufzuzeigen, welche zusätzlichen Maßnahmen über die schon laufenden Maßnahmen hinaus erforderlich sind, um im Wohngebäudebereich das Einsparziel von 120 Mio. Tonnen bis 2008/2012 zu erreichen. Hierzu wird ein *Szenario verbesserte Sanierung* entwickelt. Dabei wird auch untersucht, wie sich eine Streichung der monetären Förderung und eine Folge kalter Winter auf die Erreichung des Minderungszieles auswirken würden.

Zur rechnerischen Schätzung der CO₂-Emission und der Einsparungen wird neben neu entwickelten Rechenansätzen auch das IKARUS-Raumwärmemodell mit heran gezogen. Dabei erfolgt die Bilanzierung der CO₂-Mengen nach dem Quellenprinzip, d.h. es werden nur die Emissionen berücksichtigt, die in den Gebäuden entstehen.

Der vorliegende Bericht besteht aus vier Teilen. Im ersten Teil werden Methodik, Rahmenbedingungen und Ergebnisse für den Wohngebäudebereich ausführlich behandelt. Der zweite Teil befasst sich in komprimierter Form mit Methodik und Ergebnissen für den Nichtwohnbereich. Der dritte Teil schließlich enthält eine umfangreiche Materialsammlung, methodische Erläuterungen, Daten, Informationen und Beschreibungen wichtiger sanierungstechnischer Parameter Potenzialausnutzung umfasst. Im vierten Teil wird der weitere Forschungsbedarf aufgelistet.

2 Methodische Grundlagen

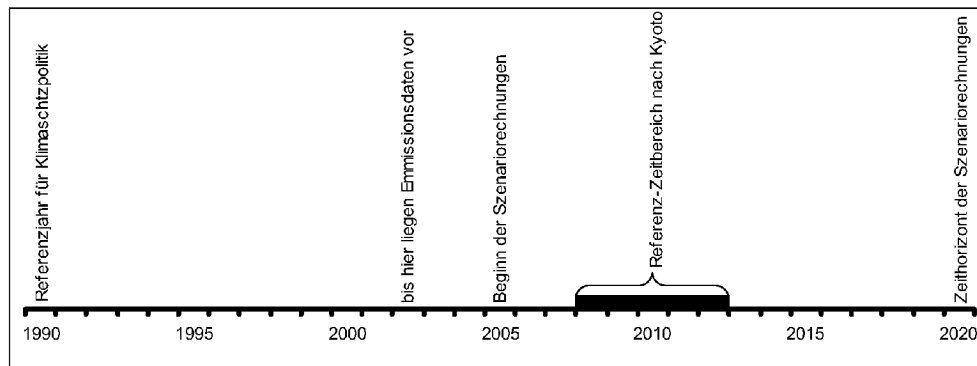
2.1 Zeithorizont und Szenarien

Die Zeitskala

Die Rechenergebnisse werden als Mittelwert über dem im Kyoto-Protokoll vereinbarten Zielzeitraum von 2008 bis 2012 angegeben. Zusätzlich werden die Szenariorechnungen bis 2020 weitergeführt, um die zukünftigen Trends aufzuzeigen, denn Klimaschutz ist eine längerfristige Aufgabe, die nicht mit dem Jahr 2012 aufhört.

Bis 2003 liegen die realen Verbrauchs- und Emissionsdaten vor. In deren Entwicklung sind die Effekte der in diesem Zeitraum wirksamen Minderungsmaßnahmen enthalten. Es ist im Rahmen dieser Studie nicht vorgesehen, die Vergangenheitsentwicklung nach zu rechnen. Die Szenarioanalysen sollen auf die reale Entwicklung aufsetzen. Als Startzeitpunkt wird das Jahr 2005 zugrunde gelegt. Die Fixpunkte auf der Zeitskala sind in Abbildung 2.1-1 dargestellt.

Abbildung 2.1-1: Benchmarks auf der Zeitskala



Die untersuchten Szenarien

Um den Spielraum für unterschiedliche Klimaschutzpolitiken darstellen zu können, werden folgende Szenarien definiert:

- Das *Nullszenario*
- Das *Trendszenario*
- Das *Szenario verbesserte Sanierung*
- Das *Szenario Subventionsabbau*
- Das *Szenario kalte Winter*

Nullszenario: In diesem fiktiven Szenario wird unterstellt, dass keine Sanierung der Gebäudehüllen erfolgt und dass keine Heizungsanlage erneuert wird. Die Verbräuche im Bestand bleiben unverändert auf dem Niveau des Ausgangsjahres 2005 stehen. Berücksichtigt werden nur Bestandsveränderungen, d.h. Abrisse und Neubauten. Dieses Szenario dient als rechnerisches Referenzniveau für die geschätzten Einsparungen in den anderen Szenarien.

Trendszenario: Dieses Szenario zeigt die Auswirkungen der heutigen Sanierungspraxis. Die Trends der laufenden, staatlich initiierten Minderungsmaßnahmen und sonstiger autonomer Maßnahmen¹ werden fortgeschrieben. Die finanzielle Förderung wird im wesentlichen auf dem Niveau von 2004 fortgesetzt, unter Berücksichtigung der angestrebten Umstrukturierungen der Programme. Des weiteren werden die Trends der technologischen Entwicklung extrapoliert, wie z.B. die Verbesserung der Wirkungsgrade der Heizungsanlagen.

Es wird von einer politisch gewollten und auch geförderten Energiespar- und Klimaschutzpolitik im Gebäudebereich ausgegangen. Der Altbausanierung kommt in diesem Zusammenhang eine Schlüsselrolle zu. Die Potenzialausnutzung, die das Sanierungsverhalten der Gebäudebesitzer beschreibt, wird im *Trendszenario* für das Ausgangsjahr 2005 auf den Wert von 32 % gesetzt und bis 2020 fort geschrieben. Anhang 1 enthält eine ausführliche Ableitung und Beschreibung der jährlichen Ausschöpfung der Sanierungspotenziale Potenzialausnutzung

Szenario verbesserte Sanierung: Hier wird gefordert, dass die CO₂-Emission bis 2008/2012 auf das Niveau auf 120 Mio. Tonnen reduziert wird. Die Umsetzung eines solchen Szenarios erfordert eine deutlich höhere Potenzialausnutzung Ausschöpfung der Sanierungspotenziale in der Praxis, die bei rund 55 % liegen muss, wie in Kapitel 4.2 nachgewiesen wird. Hierzu sind zusätzliche Minderungs-Maßnahmen notwendig.

Szenario Subventionsabbau: Mit diesem Szenario wird untersucht, wie sich die CO₂-Emission entwickelt, wenn die Förderprogramme im Gebäudebereich gestrichen werden. Die sonstigen Bedingungen und Rechenparameter dieses Szenarios, die von den Förderprogrammen nicht berührt werden, entsprechen dem *Trendszenario*.

Szenario kalte Winter: Die vorstehenden Szenarien werden für ein mittleres Klima gerechnet, um die jährlichen Schwankungen durch kalte und warme Winter zu eliminieren. Da das angestrebte Reduktionsziel bis 2008/2012 möglichst auch bei einer Folge von kalten Wintern erreicht werden soll, ist zu untersuchen, wie sich eine ungünstige Witterung auf die CO₂-Emission auswirkt.

2.2 Wirtschaftliche und demographische Rahmenbedingungen

Rahmenbedingungen begrenzen als externe Faktoren die zukünftige Entwicklung der CO₂-Emission. Sie werden als Parameter verwendet, um die Modellrechnungen in realistische Bahnen zu führen. Die Zahlenwerte der Rahmenbedingungen werden den Prognosen anerkannter Institute entnommen und in den folgenden Abschnitten zusammenfassend dargestellt.

¹ Darunter werden z.B. Sanierungen verstanden, die nicht durch staatliche Förderprogramme angestoßen wurden, sondern durch andere Gründe, wie z.B. der Wunsch, das Gebäude umzubauen, zu verschönern oder zu modernisieren oder schlichtweg ein Bauteil zu erneuern, das verschlissen ist, ohne dabei irgendwelche Förderungen in Anspruch zu nehmen.

Annahmen zur Wirtschaftsentwicklung

Die in der Studie zugrunde gelegten Annahmen zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung stützen sich auf UBA 2004 und Enquete Kommission 2002 ab. Danach wächst das Bruttoinlandsprodukt (BIP) bis 2010 um jahresdurchschnittlich 1,9 %. Dies deckt sich auch in etwa mit den Vorstellungen anderer Experten. Im Zeitraum danach schwächt sich das jährliche Wachstum auf 1,7 % ab. Da sich die Bevölkerungszahl in diesem Zeitraum nur unwesentlich verändert, wächst das BIP pro Kopf und damit der Lebensstandard etwa mit den gleichen Raten. Dies dient als Indikator für einen in Zukunft weiterhin steigenden Pro-Kopf-Wohnungsbedarf. Alles in allem entsprechen die Annahmen über die zukünftige Wirtschaftsentwicklung einer vergleichsweise optimistischen Entwicklung.

Annahmen zur Energiepreisentwicklung

Ausgehend von einem Preis von 40 Cent/Liter in 2000 für leichtes Heizöl für private Haushalte wird für die Studie eine Steigerungsrate von 1,5 % pro Jahr unterstellt. Damit erreicht der Preis in 2020 das Niveau von rund 55 Cent/Liter. Im gleichen Zeitraum wird ein Ölpreisanstieg von 29 auf 45 \$/Barrel angenommen. Dies sind Annahmen, die in etwa mit den Annahmen in anderen Langfrist-Studien übereinstimmen (Enquete-Kommission 2002, UBA 2004, Ewi/Prognos 2005). Bei einem solch moderaten, langfristigen Preisanstieg, wie er trotz des augenblicklichen Hochpreisniveaus (Mitte 2005) erwartet wird, ist keine nachhaltige Änderung des autonomen Sanierungsverhaltens zu erwarten, sofern nicht andere Parameter ganz wesentlich geändert werden. Eine solche Entwicklung mit einem unveränderten autonomen Sanierungsverhalten liegt dem *Trendszenario* der Studie zugrunde.

Im *Szenario verbesserte Sanierung* wird durch die Einführung des Energiepasses und eine erheblich verstärkte Öffentlichkeitsarbeit ein absoluter Anstieg der autonomen Sanierungen unterstellt. Dies reicht aber bei weitem nicht aus, um die in diesem Szenario geforderte Gesamteinsparung zu erzielen. Hierzu ist eine Fortführung und Aufstockung der Förderprogramme erforderlich, wie in der Studie beschrieben. Die zugrunde gelegte Energiepreisentwicklung ist in beiden Szenarien gleich.

Entwicklung der Wohnbevölkerung

Die Bevölkerungsvorausrechnung des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung geht von einer noch leicht ansteigenden Bevölkerungszahl in Deutschland aus (Tabelle 2.2-1). Bis 2020 wird bei moderater Zuwanderung das Niveau von 84 Mio. erreicht (BBR 2001).

Allerdings ist die Entwicklung in Ost- und Westdeutschland unterschiedlich. Aufgrund der Abwanderung und der geringen Zuzüge sinkt die Bevölkerungszahl in den neuen Bundesländern (NBL) von 2000 bis 2020 um 1,2 Millionen, während sie in den alten Bundesländern (ABL) im gleichen Zeitraum um knapp 2,5 Millionen ansteigt.

Tabelle 2.2-1: Bevölkerungsentwicklung (*auf 2020 hoch gerechnet)

		2005	2010	2015	2020*
NBL	Mio.	16,9	16,5	16,3	16,0
ABL	Mio.	66,4	67,0	67,4	68,0
D	Mio.	83,2	83,5	83,6	84,0

Anzahl der Haushalte

Während die Bevölkerung bis 2020 gerade mal um rund 1,0 % ansteigt, nimmt die Anzahl der Haushalte im gleichen Zeitraum um 4,4 % zu (Tabelle 2.2-2). In den neuen Bundesländern bleibt die Anzahl etwa konstant und in den alten Bundesländern erfolgt ein deutlicher Anstieg.

Da die Anzahl der Haushalte schneller steigt als die Bevölkerungszahl, sinkt die Haushaltsgröße im Betrachtungszeitraum von 2,14 Personen pro Haushalt auf 2,07. Der Anteil der Ein- und Zweipersonenhaushalte liegt 2005 im Bundesdurchschnitt bei rund 70 % und wird bis 2020 auf etwa 75 % ansteigen. Diese Trends ist bedingt durch die frühere Selbständigkeit der Kinder, durch mehr kinderlose Ehepaare, mehr Single-Haushalte und durch die Überalterung der Bevölkerung. Die Anzahl der Haushalte ist ein Maß für die Anzahl der Wohnungen.

Tabelle 2.2-2: Entwicklung der Privathaushalte (Quelle: BBR 2001, 2020 hoch gerechnet)

		2005	2010	2015	2020
Haushalte	Mio.	38,8	39,4	40	40,5
Haushaltsgröße	Pers.	2,14	2,12	2,09	2,07

Zukünftiger Wohnflächenbedarf

Die Wohnfläche pro Person steigt im Betrachtungszeitraum von 37,7 m² auf 39,4 m² an, was einer Wachstumsrate von fast 5 % entspricht (vgl. Tabelle 2.2-3). Verursacht wird dies durch einen weiter steigenden Lebensstandard aufgrund des unterstellten Wirtschaftswachstums und der damit verbundenen Einkommensentwicklung, durch die sozialen Veränderungen im familiären Bereich und durch den sog. "Remanenzeffekt". Dies sind nicht umziehende Haushalte, wo ältere Personen allein in großen Familienwohnungen zurück bleiben.

Tabelle 2.2-3: Entwicklung der Wohnfläche (BBR 2001 und eigene Schätzungen)

		2005	2010	2015	2020
Altbau (netto, ohne Leerstand)	Mrd. m ²	3,11	3,09	3,07	3,05
Neubau	Mrd. m ²	0,03	0,14	0,23	0,33
Gesamt	Mrd. m ²	3,13	3,23	3,30	3,38
Pro-Kopf-Wohnfläche	m ² /cap	37,7	38,6	39,2	39,4

Zusammenfassend ergibt sich, dass der gesamte Wohnflächenbedarf in Deutschland nach Tabelle 2.2-3 von 3,13 Mrd. m² auf 3,38 Mrd. m² anwächst. Dies entspricht einem Wachstum von 8 % in 15 Jahren. Hierbei handelt es sich um Nettoflächen, d.h. die Leerstandsflächen sind nicht enthalten.

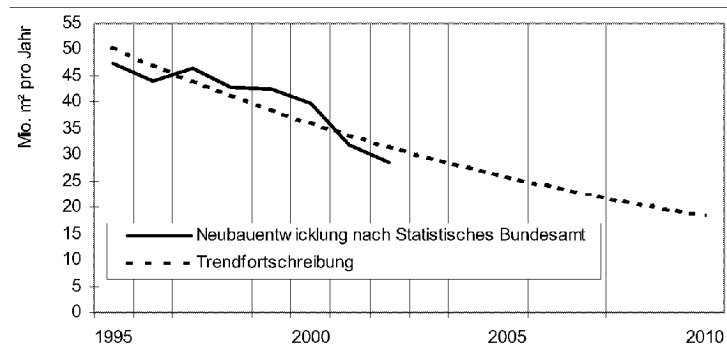
Entwicklung der jährlichen Neubaurate

Die jährliche Neubaufäche sinkt nach Erhebungen des Statistischen Bundesamtes von etwa 47 Mio. m² im Jahr 1995 auf fast 28 Mio. m² bis 2003 (vgl. Abbildung 2.2.-1). Das entspricht einem Rückgang um rund 40 % in acht Jahren. Für die zukünftige Entwicklung der Neubaurate, die einen starken Einfluss auf die CO₂-Emission des Wohngebäudebereichs hat, wird

ein weiterer Rückgang unterstellt. Dies wird unterstützt durch die z.T. weiterhin pessimistische Einschätzung der Baukonjunktur im Wohngebäudebereich und durch die Diskussionen um die Kürzung der Eigenheimzulage.

In Abbildung 2.2-1 wird der zukünftige Trend aus dem Verlauf von 1995 bis 2003 extrapoliert. Das jährliche Neubauvolumen fällt im Zeitraum 2005 bis 2010 von 26 Mio. m² oder 250.000 Wohnungen auf 19 Mio. m² oder 180.000 Wohnungen. Für den Zeitraum danach wird die Rate konstant gehalten. Die daraus resultierende kumulative Entwicklung des Neubauvolumens ist in der dritten Zeile von Tabelle 2.2-3 gezeigt. Die unterstellte Entwicklung hält die zusätzliche CO₂-Mehrmission aus dem Neubaubereich niedrig.

Abbildung 2.2-1: Entwicklung der jährlichen Neubaurate



Die zukünftige Neubaurate ist ein sehr sensibler Parameter, der die CO₂-Emission stark beeinflussen kann. Würden die Rechnungen ab 2005 mit einem konstanten Wert, entsprechend der Neubaurate von 2003 durchgeführt, dann wären die Gesamtemissionen im *Trend-szenario* im Jahr 2010 um rund eine Million Tonnen größer als bei den Rechnungen mit fallender Neubaurate. Dies würde die Zielerreichung erheblich erschweren.

Leerstand

Im Jahr 2001 waren in den neuen Bundesländern rund eine Million Wohnungen leer. Das sind 13 % des Bestands (Mieterschutzbund 2003). Davon waren schon 1990 rund 400.000 Wohnungen unbewohnbar und verfallen.

Von 1990 bis 2001 ist der Leerstand um weitere 600.000 Wohnungen angestiegen. Davon werden rund 300.000 als unbewohnbar eingestuft. Die anderen 300.000, die knapp 4 % des Bestands ausmacht, wird noch am Markt angeboten. Sie ist in den Zahlenangaben von Tabelle 2.2-3 enthalten. Es dürfte sich dabei um Wohnungen handeln, die sich in Gebäuden befinden, die noch teilweise bewohnt sind.

Selbst wenn die leer stehenden Wohnungen nicht beheizt sind, ziehen sie Wärme aus den Nachbarwohnungen und tragen so zu einem höheren Verbrauch bei. Für die Emissionsrechnungen wird deshalb angenommen, dass die 300.000 am Markt angebotenen Wohnungen einen Wärmeverbrauch haben. Der restliche Leerstand wird als unbeheizt angenommen.

2.3 Leitparameter aus der Bau- und Heizungspraxis

Die Leitparameter² aus der Bau- und Heizungspraxis gehen direkt in die Rechnungen ein und beeinflussen die erreichbare CO₂-Einsparung. Die relevanten Parameter sind:

1. Die Renovierungszyklen der Gebäudehülle und der Heizungen.
2. Die Ausschöpfung der Sanierungspotenziale (Potenzialausnutzung) im Altbaubereich.
3. Der Mehrverbrauch im Neubaubereich aufgrund von Nutzerverhalten und abweichenden Gebäudeeigenschaften.
4. Das Nutzerverhalten beim Heizen.

Bei den Parametern 2 und 3 macht es keinen Sinn mit den Standardwerten der genormten Rechenverfahren zu arbeiten. Die Ausführung von Sanierungen und Neubauten sowie das Nutzerverhalten führen in der Realität zu abweichenden Energieverbräuchen. Um diese richtig zu erfassen, müssen zusätzliche empirische Informationen und Daten zur Anpassung der Normrechnungen verwendet werden.

Renovierungszyklen der Gebäudehülle

Die Renovierungszyklen der Bauteile werden von den technischen Lebensdauern bestimmt. Tabelle 2.3-1 zeigt für verschiedene Bauteile der Gebäudehülle nach Gruson 1993 die Bereiche für die technischen Lebensdauern (vgl. auch Anhang 1).

Tabelle 2.3-1: Technische Lebensdauer der Bauteile in Jahren

	Min.	Max.
Außenputz, Fassaden	30	60
Steildach	40	60
Flachdach	20	40
Fenster	25*	40
Isolierverglasung	20*	35

Die Zahlen stammen aus der Sanierungspraxis und variieren in einem relativ großen Bereich. Gründe für die Streubreite sind die unterschiedliche Qualität der Bauteile, die verschiedenen Belastung bei der Nutzung und der mögliche Einfluss von Reparaturen. Gerechnet wird mit dem jeweiligen Mittelwert. Für die gesamte Gebäudehülle wird mit einem Mittelwert von anfangs 46 Jahren, der auf 50 Jahre steigt, für eine Vollsanierung gerechnet. Der niedrige Wert berücksichtigt die schlechtere Qualität der Nachkriegsgebäude.

Renovierungszyklen der Heizungsanlagen

Datenanalysen in Kleemann et al. 2003 zeigen, dass Ölkessel in einem Alter von 15 bis 34 Jahren (Durchschnitt 25 Jahre) erneuert werden und Gaskessel im Alter von 13 bis 30 Jah-

² Leitparameter sind Einflussparameter, die die Entwicklung der CO₂-Emission, maßgebend beeinflussen. Ihre Zahlenwerte gehen direkt in die Rechnungen ein. Sie werden aus technischen Eigenschaften, z.B. Lebensdauer der Bauteile, abgeleitet oder aus dem Verhalten der Gebäudebesitzer, z.B. Vollzug der Verordnung.

Rahmenparameter sind dagegen aus politischen, wirtschaftlichen und demographischen Bedingungen abgeleitet (vgl. Kapitel 2.2).

ren (Durchschnitt 22 Jahre). Dies sind wesentlich längere Erneuerungszyklen, als in der Literatur oft angegeben werden (vgl. Anhang 3).

Vom Ölfeuerungsbestand wurden rund 20 % oder 1,3 Mill. Anlagen vor 1979 gebaut. Bei den Gasfeuerungen sind etwa 10 % bzw. 1,25 Mill. Anlagen vor 1979 installiert worden. Alle diese Anlagen sind überaltert und müssen nach der 1.BImSch bis 2006 erneuert sein.

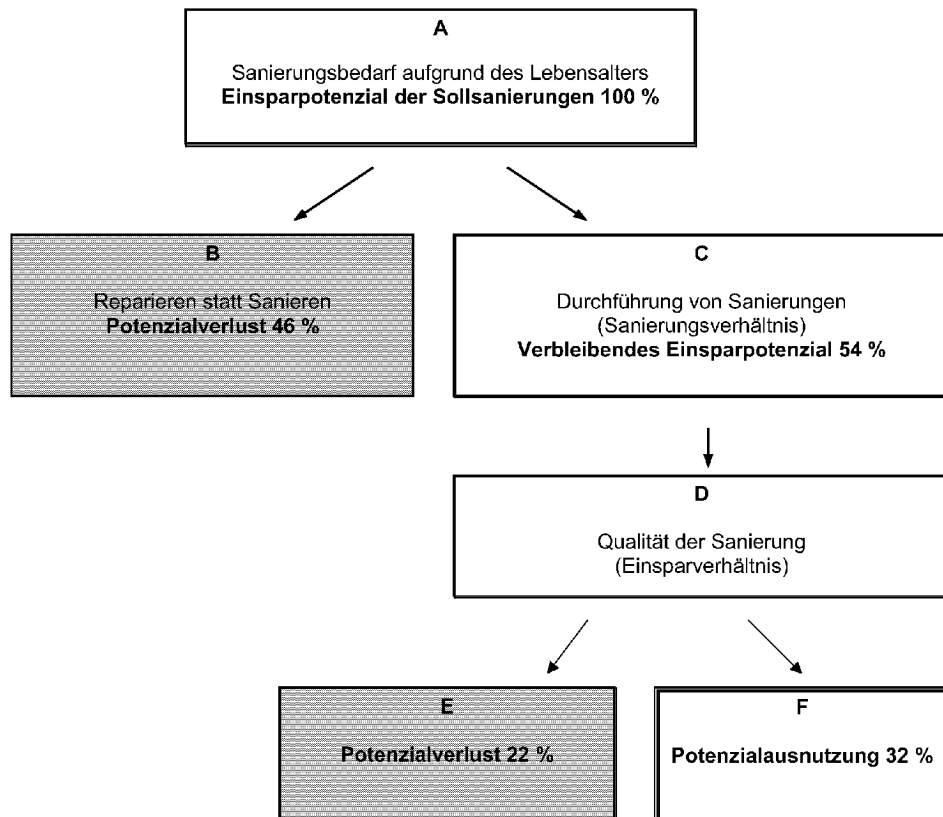
Für die Berechnung der Energieeinsparungen bei der Heizungserneuerung wurde die in Tabelle 10-1 im Anhang 3 gezeigte, leicht steigende Nutzungsgradentwicklung aufgrund technischer Verbesserungen zugrunde gelegt.

Potenzialausnutzung bei der Sanierung im Altbaubereich

Die Sanierungstätigkeit im Altbaubereich wird aufgrund der beiden Quellen Heinze Marktfor- schung 2002 und Kleemann et al. 2001 als unzureichend eingeschätzt. Die Anzahl der Sa- nierungen ist zu gering und die thermische Qualität entspricht nicht immer den Anforderun- gen. Um diese Zusammenhänge statistisch erfassen und in den Prognoserechnungen ver- wenden zu können, werden drei Kennzahlen definiert:

1. Das Sanierungsverhältnis: Diese Kennzahl ist das Verhältnis der tatsächlich durchgeführ- ten Sanierungen in einem Jahr, bezogen auf einen von der technischen Lebensdauer abhängigen Sollwert. Nach den Analysen und Daten im Anhang 1 ergibt sich für das Sa- nierungsverhältnis aus der derzeitigen Praxis ein Wert von 54 %.
2. Das Einsparverhältnis: Es gibt den nach einer durchgeführten energetischen Sanierung gemessenen Verbrauch an, bezogen auf den Sollwert der Verordnung. Der Zahlenwert für die Sanierungspraxis wurde mit 59 % ermittelt (vgl. Anhang 1). Er enthält zwei Ein- flüsse, die Verbrauchsminderung durch die Sanierung und die Verbrauchsveränderung durch das Nutzerverhalten. Beide Einflüsse werden mit dem Parameter zusammen er- fasst und gehen als Ganzes in die Rechnungen ein.
3. Die Potenzialausnutzung: Mit dieser Kenngröße werden die beiden Einflüsse durch die zu geringe Anzahl der Sanierungen und die unzureichende Qualität zusammen gefasst. Die Multiplikation von Sanierungsverhältnis und Einsparverhältnis ergibt eine Potenzial- ausnutzung von 32 % (vgl. Abbildung 2.3-1). Sie beschreibt die derzeitige Sanierungs- praxis und wird als Ausgangswert für die Rechnungen verwendet. Die Zahl 32 % bedeu- tet, dass bei der Sanierung des Altbaubestandes im Hinblick auf Energie- und CO₂- Einsparung dreimal mehr getan werden könnte.

Bei den Berechnungen wird zugelassen, dass sich die Potenzialausnutzung durch zusätzli- che Minderungsmaßnahmen verbessern kann. Die Begründung für die Übertragbarkeit der Kennzahlen, die ursprünglich für die WSchV95 ermittelt wurden, ist auf Basis des derzeitigen Daten- und Kenntnisstandes im Anhang 1 dargestellt. Ein gezieltes Forschungsvorhaben könnte hier zu einer weiteren Absicherung beitragen (vgl. TEIL IV). Es war nicht Zielsetzung dieser Studie, den Vollzug bei der Sanierung von Altbauten zu ermitteln. Für die Prognose- rechnungen sollten aus den vorliegenden Informationen und Daten mit einer pragmatischen Methodik die bestmöglichen Rechenparameter abgeleitet werden.

Abbildung 2.3-1: Ableitung der Potenzialausnutzung

Mehrverbrauch im Neubaubereich aufgrund von Nutzerverhalten und abweichenden Gebäudeeigenschaften

In der Untersuchung Kleemann et al. 2001 wurden die Verbräuche aller Gebäude der Baualtersklasse 1995 bis 1999 eines untersuchten Versorgungsgebiets aufbereitet, so dass sie mit den Sollwerten der Wärmeschutzverordnung 95 (WSchV95) verglichen werden konnten (vgl. Anhang 2). Entsprechend den Untersuchungsergebnissen wurden die Gebäude in drei Verbrauchsgruppen eingeteilt:

1. 30 % der Gebäudefläche lag deutlich unter dem von der Wärmeschutzverordnung 95 geforderten Wert.
2. 20 % der untersuchten Gebäudefläche lag mit dem Verbrauch innerhalb des Unsicherheitsbereichs von ± 15 % um den Sollwert der WSchV95.
3. 50 % der Gebäudefläche hatte einen erheblich höheren Verbrauch als die WSchV95 verlangt.

Betrachtet man alle drei Gruppen zusammen und rechnet den Minderverbrauch der Gruppe Nr. 1 gegen den Mehrverbrauch der Gruppe Nr. 3 auf, dann wird der Sollverbrauch der WSchV95 um 31 % überschritten.

Dieser Mehrverbrauch entsteht teils durch abweichende Gebäudeeigenschaften und Umnutzungen sowie teils durch das Nutzerverhalten. Auf diesen Effekt wird z.B. auch in Mügge G. 1993 hin gewiesen. Eine Aufschlüsselung in diese beiden Einflüsse ist aus den gemessenen Gesamtverbräuchen nicht möglich. Im Hinblick auf die insgesamt vom Neubaubereich verursachte Mehremission ist es unerheblich, ob diese von den Nutzern oder von der unzureichenden Dämmung verursacht wird. Wesentlich ist die Gesamtwirkung der Effekte. In den Modellrechnungen wird deshalb zunächst mit einem mittleren, gegenüber dem Sollwert der EnEV, um 31 % erhöhten Wert gerechnet. Dabei wird zugelassen, dass sich dieser Wert in der Zukunft aufgrund bestimmter Maßnahmen oder Randbedingungen verringern kann.

Obwohl dieser Wert für die WSchV95 ermittelt wurde, wird seine Gültigkeit für die EnEV unterstellt. Diese Arbeitshypothese ist aus den bisher vorliegenden Daten und Erfahrungen plausibel (vgl. Anhang 2). Allerdings wird hier noch ein weiterer Forschungsbedarf gesehen (vgl. TEIL IV).

Nutzerverhalten beim Heizen

Das Nutzerverhalten wird durch drei Modellparameter ausgedrückt:

1. Mittlere Innentemperatur (Raumtemperatur),
2. Warmwasserverbrauch,
3. Luftwechselzahl.

Raumtemperatur und Beheizungsumfang werden durch eine mittlere Temperatur beschrieben, die mit den beheizten und unbeheizten Nutzflächen eines Gebäudes gewichtet wird. Dabei ist berücksichtigt, dass innerhalb des Gebäudes Wärme von den beheizten Zonen zu den nicht beheizten fließt und dass interne Wärmequellen in Form von Personen und Geräten zusätzlich Wärme liefern. Die Berechnungen des Wärmebedarfs erfolgen mit Standardwerten für die mittlere Raumtemperatur (Gülec et al. 1994).

Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass in Gebäuden mit Zentralheizung gegenüber Einzelofenheizung der Beheizungsumfang und damit die mittlere Temperatur größer sind. Bei älteren Gebäudenutzern besteht der Trend, den Beheizungsumfang zu verringern, dafür aber die Temperatur in den beheizten Räumen eher etwas höher einzustellen.

Der mittlere Warmwasserverbrauch wird in den Rechnungen mit 40 Liter pro Person und Tag angenommen. Die mittlere Luftwechselzahl beträgt bei unsanierten Gebäuden ca. 0,8/h und bei sanierten Objekten 0,65/h (Kleemann et al. 2000).

Langfristig wird ein etwas energiesparenderes Verhalten bei einem zunehmenden Teil der Nutzer unterstellt. Dies wird im Rechenmodell hauptsächlich durch eine geringe Abnahme des Warmwasserverbrauchs umgesetzt.

2.4 Bilanzierung der CO₂-Einsparungen

Energieträgerstrukturen

Die Energieträgerstrukturen für den Wohngebäudebereich werden dem Rechenmodell entsprechend Tabelle 2.4-1 vorgegeben. Sie gelten grundsätzlich für alle Szenarien.

Nach Tabelle 2.4-1 sinkt der Ölanteil von 37,3 % im Jahr 2005 auf 31 % bis 2020, während der Gasanteil im selben Zeitraum von 43,6 % auf fast 52 % ansteigt. Strom und Fernwärme nehmen in der Summe geringfügig ab, während der Kohleverbrauch deutlich zurück geht. Die Lücken werden u.a. durch eine Zunahme von Sonnenenergie und Biomasse geschlossen.

Die Energieträgerstruktur ist hier der Vollständigkeit halber mit allen Energieträgern gezeigt. Die Anteile von Strom und Fernwärme werden bei der Bilanzierung der CO₂-Emission für den Gebäudesektor nicht berücksichtigt (vgl. nächsten Absatz).

Tabelle 2.4-1: Energieträgerstruktur in % (Raumwärme und Warmwasser, Bezug Gebäudefläche)

	2005	2010	2015	2020
Gas	43,6	48,4	50,0	51,0
Heizöl	37,3	33,5	32,0	31,0
Kohle	0,3	0,6	0,5	0,4
Biomasse	3,5	3,7	3,8	4,0
Sonnenenergie	0,5	0,7	1,0	1,2
Strom + Fernwärme	14,9	13,1	12,8	12,5
Summe	100	100	100	100

Nur die CO₂-Emission aus der Nutzung der fett gedruckten Energieträger wird nach dem Quellenprinzip bilanziert und den Wohngebäuden angerechnet.

Bilanzierung der CO₂-Emissionen im Haushaltssektor

Die CO₂-Emissionen werden international nach dem Quellenprinzip bilanziert. Maßgebend für die Zuordnung zu einem Sektor ist die emittierende Quelle. Das bedeutet für den Bereich Gebäude, dass Emissionen, die direkt im Gebäude entstehen (z.B. aus Gas- oder Ölheizungen) den Sektoren Haushalte bzw. Gewerbe zugerechnet werden. Emissionen, die nicht direkt im Gebäude entstehen (z.B. aus Strom- oder Fernwärmeerzeugung), werden nicht den Sektoren Haushalte bzw. Gewerbe zugerechnet, sondern dem Sektor Energieerzeugung.

Das führt einerseits dazu, dass ein Teil der Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz im Gebäudebereich zu Emissionsminderungen im Sektor Energieerzeugung und nicht im Sektor Haushalte beiträgt (z.B. Dämmmaßnahmen an fernwärmeversorgten Wohngebäuden). Die Umrüstung von Stromdirektheizung auf Erdgas ruft sogar Mehremissionen im Sektor Haushalte hervor. Andererseits fallen z.B. Emissionen der Wohngebäude aus dem Sektor Haushalte heraus, die an Fernwärme angeschlossen werden, und der steigende Stromverbrauch der Haushalte "belastet" den Sektor Energieerzeugung.

2.5 Berechnung von Gesamteinsparung und Einzelmaßnahmen einsparung

Modellgestützte Berechnung der Gesamteinsparung

Zur rechnerischen Ermittlung des künftigen Energieverbrauchs wird ein Raumwärmemodell verwendet. Das Modell erlaubt es, die Auswirkungen verschiedener Sanierungsmaßnahmen am Einzelgebäude zu ermitteln. Mit Hilfe einer umfassenden Gebäude- und Heizungstypolo-

gie, die den gesamten Gebäudebestand in Deutschland abbildet, kann auf den Gesamtverbrauch an Energie hoch gerechnet werden.

Die zeitabhängige Entwicklung im Bestand wird in Jahresschritten gerechnet, wobei der Zeithorizont hier auf 2020 fest gelegt ist. Bei solchen Szenariorechnungen wird das Modell zuerst auf den vereinbarten Ausgangszustand im Referenzjahr 2005 angepasst. Bestandsentwicklungen, Heizungsstrukturen, Wärmeschutzmaßnahmen für Neubauten und Sanierungsmaßnahmen für Altbauten werden, je nach Szenario, in ihrer zeitlichen Abfolge vorgegeben. Daraus berechnet das Modell die zeitliche Gesamtentwicklung der szenarioabhängigen Energie- und CO₂-Einsparungen. Die Gesamtentwicklung enthält alle Einzelmaßnahmenwirkungen in der Summe.

Definition „weicher“, „harter“ und sonstiger Maßnahmen

Bei den vom Staat initiierten Maßnahmen zur CO₂-Minderung wird zwischen „weichen“ Maßnahmen und „harten“ Maßnahmen unterschieden. Maßnahmen, die nicht vom Staat initiiert sind, werden als sonstige (autonome) Maßnahmen bezeichnet.

Beispiele für „weiche“ Maßnahmen sind Motivation, Information, Beratung, Fortbildung sowie Forschung und Entwicklung. Diese Maßnahmen können nur quantifiziert werden, wenn sozioempirische Daten aus Umfragen über Wirkungspfade und Umsetzungsraten vorliegen oder wenn Erwartungswerte von Experten verfügbar sind. Die Einschätzung „weicher“ Maßnahmen gestaltet sich in der Regel schwierig, weil Wechselwirkungen und Überschneidungen verschiedener Maßnahmen auftreten.

Typische „harte“ Maßnahmen sind z.B. monetäre Förderprogramme, von denen ein konkretes Zahlengerüst vorliegt. Aus den bekannten Finanzvolumina und den durchgeführten Maßnahmen können CO₂-Einspareffekte ausreichend genau berechnet werden. Allerdings sind hier Mitnahmeeffekte und Überschneidungen mit anderen Maßnahmen möglich. Deshalb ist bei der Evaluierung darauf zu achten, dass keine Doppelzählung auftritt. Zu den harten Maßnahmen sind auch gesetzliche Regelungen zu rechnen, die z.B. konkrete Einsparungen in Zahlenform vorgeben wie z.B. die EnEV. Auch bei den gesetzlichen Regelungen kommt es zu Überschneidungen mit anderen Maßnahmen.

Als sonstige Maßnahmen werden Impulse bezeichnet, aufgrund derer eine autonome, d.h. von „harten“ Maßnahmen, insbesondere von Förderprogrammen nicht beeinflusste, Sanierung durchgeführt wird. Solche Impulse sind z.B. Umbauten oder Modernisierungen zur Verbesserung der Wohnsituation oder einfach die Erneuerung eines defekten Bauteils. Eine Überschneidung von „weichen“ und autonomen Maßnahmen ist nicht auszuschließen.

Einstufung der „weichen“ und „harten“ Maßnahmen

„Weiche“ Maßnahmen werden in Tabelle 2.5-1 als indirekt und nur in der Summe quantifizierbar eingestuft. Eine Ausnahme ist die Maßnahme Nr. 10, hier liegen Umfragedaten aus Evaluierungen vor, die eine direkte, separate Quantifizierbarkeit erlauben.

„Harte“ Maßnahmen werden in der Regel als direkt quantifizierbar eingestuft. Bei der Rechnung werden Überschneidungen mit „weichen“ Maßnahmen und Mitnahmeeffekte natürlich nicht separat ermittelt. Problematisch ist die Quantifizierung der Nr. 1 Energieeinsparverordnung (EnEV), da es hier Überschneidungen mit praktisch allen anderen Maßnahmen gibt. Die separate Behandlung der EnEV ist in Kapitel 3.1.1 beschrieben.

Tabelle 2.5-1: Quantifizierbarkeit der Einzelmaßnahmen

Nr.	Maßnahme	Einstufung	Anmerkung
Gesetzliche Regelungen im Gebäudebereich			
1	Energieeinsparverordnung EnEV	hart	Wegen Überschneidungen mit anderen Maßnahmen nicht doppelzählfrei quantifizierbar.
2	Energiebedarfsausweis	hart	Direkt quantifizierbar
3	Eu Richtlinie Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden	hart	direkt quantifizierbar, Klimaanlage im Gewerbe
Monetäre Förderung der Energieeinsparung			
4	Ökozulage	hart	Kein Beitrag zur Einsparung ab 2005
5	Investitionszulage	hart	Kein Beitrag zur Einsparung ab 2005
6	Wohnraummodernisierungsprogramme	hart	Direkt quantifizierbar
7	Stadtlumbau Ost	hart	Direkt quantifizierbar
8	Bestandsmaßnahmen in soz. Wohnraumförderung	hart	Direkt quantifizierbar
9	KfW-CO ₂ -Gebäudesanierungsprogramm	hart	Direkt quantifizierbar
10	Förderung der Energieberatung bei Wohngebäuden	weich	Direkt quantifizierbar mittels Umfragedaten
11	Förderschwerpunkt „EnSan“	weich	Nur indirekt quantifizierbar
12	Marktanreizprogramm	hart	Direkt quantifizierbar, Maßnahme des BMU
Verschiedene Maßnahmen			
13	Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)	hart	Derzeit nicht quantifizierbar
14	„Initiative kostengünstig qualitätsbewusst Bauen“	weich	Nur indirekt quantifizierbar
15	„Initiative Architektur und Baukultur“	weich	Nur indirekt quantifizierbar
16	Einsparungen in den Gebäuden des Bundes	hart	Direkt quantifizierbar
17	Novellierung des Baugesetzbuchs	weich	Nur indirekt quantifizierbar
18	Umzugsbedingten Bundesbaumaßnahmen in Berlin	hart	Wird unter Gebäude des Bundes mit quantifiziert
19	Anpassung des Energieeinsparrechts	weich	Nur indirekt quantifizierbar
20	„Leitfaden Nachhaltiges Bauen“	weich	Nur indirekt quantifizierbar

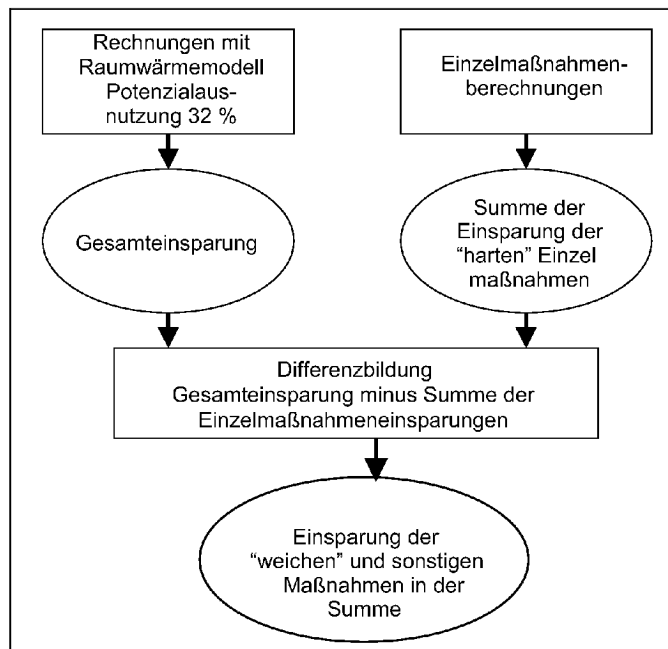
Verfahren für die Berechnung der Einsparungen

Das Konzept zur Berechnung der CO₂-Einsparungen ist so angelegt, keine Überschneidungen vermieden werden. Der Rechenablauf erfolgt in drei Schritten, entsprechend der folgenden Abbildung 2.5-1:

- Berechnung der Gesamteinsparung:** Die Berechnung erfolgt mit dem Raumwärmemodell für den Bestand, so wie im vorangehenden Absatz „*Modellgestützte Berechnung der Gesamteinsparung*“ beschrieben (Top-Down-Ansatz). Da die Potenzialausnutzung von 32 % empirisch ermittelt wurde, enthält sie die Wirkung aller „harten“, „weichen“ und sonstigen Maßnahmen. Sie berücksichtigt das reale Sanierungsverhalten in der Praxis.
- Berechnung der quantifizierbaren Maßnahmen:** Die Einsparung jeder einzelnen Maßnahme wird aus charakteristischen Daten separat berechnet (Bottom-Up-Ansatz). Treten Überschneidungen „harter“ Maßnahmen untereinander auf, dann werden sie mit plausiblen Ansätzen separiert. Überschneidungen mit „weichen“ Maßnahmen und Mitnahmeeffekte werden nicht einzeln berücksichtigt, sie sind in den Einsparungen der „harten“ Maßnahmen mit enthalten. Dieses Vorgehen wird *als direkte Quantifizierung* bezeichnet. Hierzu werden neu entwickelte Recheninstrumente eingesetzt.
- Berechnung der „weichen“ und sonstigen Maßnahmenwirkungen:** Die Einsparungen aus den nicht direkt quantifizierbaren Maßnahmen werden aus der Differenz von Gesamteinsparung minus Einsparungen der „harten“ Einzelmaßnahmen berechnet. Die Einsparung der „weichen“ und sonstigen Maßnahmen liegt dann in der Summe vor. Eine Aufteilung auf einzelne Maßnahmen ist nicht möglich.

Die folgende Abbildung 2.5-1 veranschaulicht die Recheninstrumente und das prinzipielle Vorgehen bei der Berechnung.

Abbildung 2.5-1: Schema für die Berechnung der Einsparungen



3 Einsparung der quantifizierbaren Einzelmaßnahmen

3.1 Evaluierung der gesetzlichen Regelungen

3.1.1 Energieeinsparverordnung

Qualitative Beschreibung der Spareffekte der EnEV

Durch die Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) werden gegenüber der vorangehenden Wärmeschutzverordnung von 1995 (WSchV95) folgende energiesparende Verbesserungen erreicht:

- Es wird erwartet, dass die Zusammenführung von Wärmeschutzverordnung und Heizungsanlagenverordnung in der EnEV bei den Akteuren einen Anpassungsprozess auslöst, weil mit der EnEV eine bis dahin nicht allgemein übliche, ganzheitliche Planung angestoßen wurde. Das führt zu einer besseren Abstimmung zwischen den thermischen Eigenschaften von Gebäude und Heizungsanlage und spart so Energie. Eine Quantifizierung dieses Effektes ist im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht möglich, da Daten über Einsparungs- und Umsetzungsraten fehlen.
- Die Anforderungen in Bezug auf den flächenspezifischen Jahresverbrauch in Neubauten wurden um ca. 25 % verschärft. Ein Neubau nach der EnEV benötigt also nur 75 % der Energiemenge nach der WSchV95. Die 25-prozentige Einsparung ist eine fiktive Einsparung, die bei der Bilanzierung der Gesamtemission nicht in Erscheinung tritt. Was dagegen bei der Gesamtbilanzierung in Erscheinung tritt, ist der Mehrverbrauch der Neubauten, da nicht für jeden Neubau ein entsprechender Altbau abgerissen wird.
Langfristig wird jedoch durch die Neubauten der durchschnittliche Verbrauch im Bestand gesenkt. Dieser Effekt wird im Rechenmodell bei der Gesamtbilanzierung durch die Bestandsveränderungen berücksichtigt, wird aber nicht einzeln ausgewiesen.
- Die bedingte Anforderung bei bestehenden Gebäuden verlangt, dass Bauteile dann wärmetechnische Mindestanforderungen erfüllen müssen, wenn ein bestimmter Anteil der Bauteilfläche erneuert/saniert wird. Diese Bestimmung bestand im Prinzip auch schon bei der WSchV95, außerdem sind die Anforderungen der EnEV im Altbaubereich gegenüber der WSchV95 nur um 10 bis 15 % verschärft worden (vgl. Tabelle 8.3-1). Eine nennenswerte Einsparung gegenüber der WSchV95 lässt sich deshalb für den Altbaubereich kaum angeben.
- Dämmung der obersten Geschossdecke beheizter Räume bis zum 31. Dezember 2006. Sie ist pauschal in den Modellrechnungen für die Gesamtemission enthalten, allerdings mit der üblichen Potenzialausnutzung von 32 %.
- Anforderungen zur Begrenzung der Verluste bei der Wärmeverteilung. Die erreichbare Einsparung kann nach Anlagenart, Zustand, Gebäude, Räumlichkeiten usw. im Einzelfall erheblich schwanken. Für den Bestand wird dies bei den Modellrechnungen mit einem pauschalen Zuschlag beim Nutzungsgrad der Heizungsanlage berücksichtigt (vgl. Anhang 3).
- Der Bezug auf den Jahres-Primärenergiebedarf führt dazu, dass elektrischer Strom mit seiner hohen CO₂-Emission pro Kilowattstunde zunehmend aus dem Wärmemarkt herausgedrängt wird. Dieser Einspareffekt wird aber in dieser Studie, die nach dem Quellenprinzip bilanziert wird, nicht erfasst.

- Ein weiterer Effekt des Primärenergiebezugs ist, dass die Nutzung erneuerbarer Energien begünstigt wird. Im Rahmen dieser Untersuchung wird zwischen zwei Entwicklungen unterschieden, die getrennt berechnet werden:
 - * Die Installation von Biomasse- und Solarheizungen im Rahmen des Marktanreizprogramms. Die hiermit erzielten Einsparungen werden in Kapitel 3.2.8 erfasst.
 - * Die Installation von Biomasse- und Solarheizungen außerhalb des Marktanreizprogramms. Die damit verursachten Einsparungen werden bei der Berechnung der Gesamteinsparungen im *Trendszenario* (Potenzialausnutzung 32 %) berücksichtigt, aber nicht separat ausgewiesen. Grundlage für die Berechnung ist die Energieträgerstruktur in Tabelle 2.4-1.

Problematik der Zuordnung und der Darstellung der Einsparung

Die EnEV ist eine übergreifende Maßnahme, die bei der Umsetzung jeder anderen Maßnahme gleichzeitig auch mit wirksam wird. Deshalb gibt es Überschneidungen der EnEV mit praktisch allen anderen Maßnahmen. Da sich die einzelnen Einflüsse, die zu einer Sanierung führen, nicht rechnerisch separieren lassen, ist eine genaue Darstellung der Einsparungen der EnEV aus methodischen Gründen nicht möglich. Entsprechend dem in dieser Studie zugrunde liegenden Rechenansatz werden die Überschneidungen der EnEV mit anderen Maßnahmen nicht der EnEV angerechnet, sondern den anderen Maßnahmen.

Im Gegensatz zu dieser Methode wird auf Wunsch des Auftraggebers im folgenden Absatz versucht, die Größe der Einsparungen der EnEV zu zuordnen, wobei die Beiträge der anderen Maßnahmen der EnEV angerechnet werden. Damit werden bewusst Doppelzählungen in Kauf genommen.

Grobschätzung des Anteils der EnEV an den Einsparungen

Bei der Schätzung der Einsparungen durch die EnEV ist zunächst das Referenzniveau fest zu legen, gegen das die Einsparung zu rechnen ist. Hier gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Die Einsparungen durch die EnEV werden gegen das Niveau der Wärmeschutzverordnung von 1995 gerechnet. Damit wird die Verbesserung der EnEV gegenüber der Wärmeschutzverordnung 1995 bestimmt. Die erzielte Einsparung im Bestand liegt dann für den Zeitraum 2005 bis 2010 für das *Trendszenario* bei etwa 1,3 Mio. Tonnen. Diese Zahl ist nicht überschneidungsfrei.
2. Die Einsparungen durch die EnEV werden gegen das Niveau des *Nullszenarios* gerechnet. Damit wird unterstellt, dass es keinen Wärmeschutz gäbe, wenn die Verordnung nicht existieren würde. Die Einsparung beträgt unter diesen Voraussetzungen im *Trendszenario* maximal 4,5 Mio. Tonnen (vgl. Tabelle 4.1.1-1).

Je nach Betrachtungsweise liegen die Einsparungen der EnEV also bei 1,3 oder maximal bei 4,5 Mio. Tonnen CO₂. Die so berechneten Beträge können nicht zu den in den folgenden Kapiteln ermittelten Einsparungen der monetären Fördermaßnahmen gerechnet werden, weil es dann zu Doppelzählungen kommt.

3.1.2 Energiebedarfsausweis

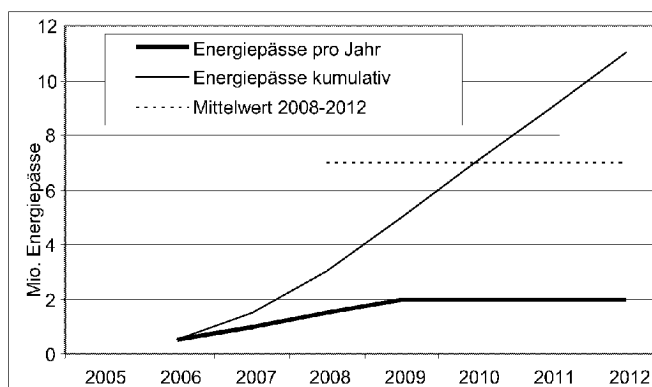
Unterstellte Entwicklung der Energiepasszahlen

Die Anzahl der Gebäude, bei denen ein Mieterwechsel oder ein Verkauf statt findet, wurde von dena im Mittel auf maximal zwei Million pro Jahr geschätzt. Der Mieterbund gibt an, dass etwa in 10 % des Mietwohnungsbestands pro Jahr ein Mieterwechsel statt findet. Das bestätigt ungefähr die von dena genannte Zahl.

Allerdings stellt die Zahl von zwei Millionen Energiepässen pro Jahr eine optimistische Erwartung dar, die nach Meinung von Fachleuten wegen verschiedener Hemmnisse so schnell nicht umgesetzt wird. So erwartet BMWA, dass die Anzahl der vorhandenen Fachleute, die zur Ausstellung des Passes befähigt sind, nicht ausreicht (ista 2005). Wirtschaftlich problematisch kann für den Mieter sein, dass Gebäude, die aufgrund von Energiepässen saniert wurden, zwar niedrigere Energiekosten haben, aber gleichzeitig höhere Kaltmieten erfordern wegen der Modernisierungumlage.

Trotz der genannten Hemmnisse wird im Rahmen dieser Untersuchung mit der optimistischen Annahme von 2 Mio. Energiepässen pro Jahr gerechnet. Allerdings wird angenommen, dass die maximale Zahl nicht schlagartig im Einführungsjahr 2006 erreicht wird, sondern erst nach einer Übergangszeit von drei Jahren (vgl. Abbildung 3.1.2-1). Bis 2012 steigt dann die Gesamtzahl auf 11 Mio. Energiepässe an.

Abbildung 3.1.2-1: Entwicklung der Energiepasszahlen im Alt- und Neubaubereich



Berechnung der Einsparungen im Altbaubereich

Der Berechnung der Einsparung im Altbaubereich liegt die Annahme zugrunde, dass von den Gebäuden, die einen Energiepass erhalten, nur diejenigen saniert werden, die in einem sanierungsbedürftigen Zustand sind, d.h. die sich im Renovierungszyklus befinden. Es wird kaum ein Gebäudebesitzer, der noch über intakte Fenster, Wände oder Dach verfügt, diese erneuern wollen nur um die Dämmung zu verbessern.

Die wärmetechnische Berechnung dieser Gebäude erfolgt mit einer Potenzialausnutzung von 100 %, weil davon auszugehen ist, dass durch die mit dem Energiepass verbundene Beratung der Vollzug deutlich verbessert wird.

Im Neubaubereich ist durch Einführung des Energiepasses keine nennenswerte, zusätzliche Einsparung zu erzielen. Die Anzahl der Pässe in diesem Bereich wird niedrig bleiben, wegen der zurückgehenden Neubauraten. Der Anteil der Altbauten liegt bei über 92 %.

Aus den vorangehenden Ausführungen und Annahmen ergibt sich bis 2010 eine rechnerische Bruttoeinsparung durch die energiepassbedingten Gebäudesanierungen von 1,04 Mio. Tonnen (vgl. Tabelle 3.1.2-1). Es wird unterstellt, dass ein Teil dieser Sanierer monetäre Förderprogramme in Anspruch nimmt. Dieser Anteil wird nach Tabelle 4.1.2-2 mit 62 % festgelegt.

Damit ergibt sich eine energiepaßbedingte Einsparung von 0,62 Mio. Tonnen, die finanziell gefördert wird und somit eine Überschneidung der Maßnahme „Energiepass“ mit der Maßnahme „monetäre Förderung“ bedeutet. Für die nicht geförderten Sanierungen ergibt sich eine Nettoeinsparung von 0,42 Mio. Tonnen (Tabelle 3.1.2-1).

Der Betrag der Überschneidung ist auch in den berechneten Einsparungen für die monetären Fördermaßnahmen in Kapitel 3.2 enthalten. Um Doppelberechnungen zu vermeiden, darf der Betrag der Überschneidung bei der Summe der Einsparung aller Maßnahmen nur einmal berücksichtigt werden.

Tabelle 3.1.2-1: CO₂-Einsparung durch den Energiepass

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Mittelwert 2008-2012
	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Mio. t
Bruttoeinsparung (100 %), inklusive einer Überschneidung mit monetären Fördermaßnahmen	0	0,06	0,17	0,39	0,71	1,04	1,04
Überschneidung mit monetären Maßnahmen (62 %)	0	0,04	0,10	0,23	0,43	0,62	0,62
Nettoeinsparung (38 %), ohne Überschneidung mit monetären Fördermaßnahmen	0	0,02	0,07	0,15	0,28	0,42	0,42

Durch die vom Energiepass angestoßene, verstärkte Sanierung steigt die Potenzialausnutzung des Systems über den Trendwert von 32 % hinaus an (vgl. Kapitel 4.2)

Erfahrungen in Dänemark

Dänemark verlangt den Gebäudeenergiepass seit 1997. Allerdings braucht dieses Dokument nur beim Verkauf des Gebäudes ausgestellt zu werden, nicht jedoch bei der Vermietung. Es sind zwei Kategorien von Pässen vorgesehen: Für Gebäude bis 1.500 m² und für Gebäude über 1.500 m². Bis 2005 wurden insgesamt ca. 350.000 Pässe für Gebäude unter 1.500 m² ausgestellt, das sind 44.000 Stück pro Jahr. Damit besitzen etwa 25 % des Bestands an Einfamilienhäusern einen solchen Pass. Die mittlere Einführungsrate beträgt damit in Dänemark rund 3 % pro Jahr. In Deutschland werden 10% pro Jahr angestrebt. Bei den großen Gebäuden über 1.500 m² ist die Datenlage in Dänemark unklar (Clausnitzer 2004).

Interessant ist noch die Umsetzungsrate der Energiesparmaßnahmen. Die Vorschläge, die in den Pässen gemacht werden, orientieren sich am Mindest-Neubaubestand. Eine Erfolgskontrolle ergab, dass 26 % Energiesparmaßnahmen durchführten, weitere 21 % dies noch vorhatten, was aber nicht überprüft wurde, und 59 % keine Maßnahmen durchführten. Über die Art der durchgeführten Maßnahmen liegen keine Informationen vor (Clausnitzer 2004).

3.2 Evaluierung der monetären Fördermaßnahmen

3.2.1 Ökozulage

Die Ökozulage war vor dem Anlaufjahr der Szenariorechnungen 2005 schon zuende (IWU 2001). Da sie durch neuere KfW-Programme ersetzt wurde, ist an eine Fortschreibung der Ökozulage im Rahmen dieser Studie nicht gedacht, sie hier nicht weiter behandelt.

3.2.2 Wohnraummodernisierungsprogramme

Kurzbeschreibung der Programme

Das Modernisierungsprogramm I wurde 2000 abgeschlossen, seine Auswirkungen auf die CO₂-Emission sind in den realen Emissionswerten der Vergangenheit enthalten. Das Modernisierungsprogramm II lief von 2000 bis 2002. In der Referenz KfW 2004 sind die Kreditzusagen für Maßnahmen zur Energieeinsparung wie Wärmedämmung, Fenstererneuerung und Heizungsmodernisierung separat angegeben (vgl. Zeile 3 in Tabelle 3.2.2-1). Die mittleren Aufwendungen pro Wohneinheit (WE) hierfür liegen im Bereich von 7.000 bis 9.000 EUR. Dies ist vergleichbar mit den Aufwendungen im Rahmen des KfW-Programms zur CO₂-Minderung, die bei 8.160 EUR/WE liegen (Kleemann et al. 2003).

Das Modernisierungsprogramm wurde 2003 auf ganz Deutschland erweitert. Das Programm fördert Modernisierung und Instandsetzung von Wohngebäuden, unter bestimmten Voraussetzungen den Ausbau von Dachgeschossen, Anbau oder Aufstockung, Wohnumfeldverbesserungen von Mehrfamilienhäusern sowie in den neuen Ländern und Berlin Ost den Rückbau von leer stehenden Mietwohngebäuden. Die Förderung lief Ende 2004 aus. Ab Anfang 2005 wurden das Modernisierungsprogramm und das CO₂-Minderungsprogramm zusammengelegt. Das Programm wird ab diesem Zeitpunkt hier als „Neues Modernisierungsprogramm“ bezeichnet.

Rechenverfahren

Aufgrund der ähnlichen Kostenstruktur lassen sich die Kennzahlen des KfW-Programms zur CO₂-Minderung in guter Näherung auch für die Modernisierungsprogramme anwenden. So wurde die jährliche CO₂-Minderung aus dem Volumen der finanziellen Mittel und der Kennzahl von 270 t CO₂ pro Mio. EUR gerechnet. Diese Kennzahl wurde in Kapitel 3.2.6, vorletzter Absatz aus den Daten des KfW-Programms zur CO₂-Minderung und des KfW-Programms zur CO₂-Gebäudesanierung abgeleitet.

Entsprechend den KfW-Daten für die Modernisierungsprogramme ist das Verhältnis von Mitteln für Einsparmaßnahmen zu gesamten Fördermitteln rund 0,25. Dieses Verhältnis wird in den Rechnungen verwendet, um den energetischen Anteil in Tabelle 3.2.2-1 zu schätzen.

Fortschreibung bis 2010

Ab 2005 wird das Modernisierungsprogramm von 2003 mit dem KfW-Programm zur CO₂-Minderung zusammen gelegt (vgl. auch Kapitel 3.2.4). Damit werden Finanzierungsmöglichkeiten sowohl für Klimaschutzrelevante Maßnahmen als auch für nicht-energetische Modernisierungsmaßnahmen bereit gestellt. Klimaschutzrelevante Maßnahmen, im Programm „ÖKO-Plus-Maßnahmen“ genannt, werden mit einem besonders günstigen Zinssatz gefördert,

der sich an dem heutigen Effektivzinssatz im KfW-Programm zur CO₂-Minderung anlehnt (dena 2004).

Für die Berechnung der Einsparungen bis 2010 wurde mit einem gesamten Kreditvolumen von 9 Mrd. EUR gerechnet. Daraus ergibt sich der jährliche Betrag mit 1,5 Mrd. EUR, was knapp dem Mittelwert der Förderung während in den Jahren 2000 bis 2004 entspricht. Bei der Umsetzung der Energieeinsparanforderungen wurde mit einem Einsparverhältnis von 100 % gerechnet. Diese Annahme ist wegen der „Öko-Plus-Maßnahmen“ gerechtfertigt. Die erreichbare Minderung beträgt bis 2010 rund 0,6 Mio. Tonnen CO₂ (vgl. Tabelle 3.2.2-1).

Tabelle 3.2.2-1: Fördermittel und CO₂-Einsparung (Modernisierungsprogramm und CO₂-Minderungsprogramm)

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	Mittelwert 2008-2012
Gesamtes Fördervolumen (100 %)	Mio. EUR	1500	1500	1500	1500	1500	1500	-
Mittel für Einsparmaßnahmen (25 %)	Mio. EUR	377	377	377	377	377	377	-
Einsparung (kumulativ) 2005-2010	Mio. t	0,10	0,20	0,31	0,41	0,51	0,61	0,61

3.2.3 Investitionszulage

Seit 1999 werden in den neuen Ländern Modernisierungsmaßnahmen an Mietwohnungsgebäuden mit einer Investitionszulage gefördert, wenn die Maßnahmen vor dem 1.1. 2005 abgeschlossen sind. Die Zulage beträgt 15 % der im Jahr geleisteten Aufwendungen. Ab dem Jahr 2002 ist die Investitionszulage durch eine erhöhte Kostenobergrenze und einen erhöhten Fördersatz für den innerstädtischen Altbaubereich mit den Zielsetzungen des Programms „Stadtumbau Ost“ abgestimmt.

Eine Fortschreibung des Programms bis 2010 wird im Rahmen dieser Untersuchung nicht durchgeführt.

3.2.4 Stadtumbauprogramm Ost

Programmübersicht

Mit dem seit Anfang 2002 laufenden Programm Stadtumbau Ost sollen nach BMVBW sowohl der Rückbau von Wohnungen zur Marktbereinigung und Stabilisierung der lokalen Wohnungsmärkte wie auch die Aufwertung der vorhandenen Bestände und der Stadtquartiere bzw. des unmittelbaren Wohnumfeldes erreicht werden.

Für den Stadtumbau werden in den Jahren 2002 bis 2009 insgesamt 2,7 Mrd. EUR bereit gestellt (BMVBW 3 2004). Die jährliche Förderung beläuft sich damit im Mittel auf rund 340 Mio. EUR. Dabei wird unterstellt, dass die Mittel je zur Hälfte für Rückbau- und Aufwertungsmaßnahmen eingesetzt werden.

Rückbaumaßnahmen

Im Zeitraum von 2002 bis 2009 sollen rund 350.000 Wohnungen vom Markt genommen werden. Das entspricht einer mittleren Jahresrate von etwa 45.000 Wohnungen. Beim Rückbau dürfte es sich überwiegend um dauerhaft leer stehende Wohnungen handeln. Wie in Kapitel 3, Abschnitt „Leerstand“ ausgeführt ist, kann man davon ausgehen, dass diese Leerstände

vor dem Abriss in der Regel zu einem Teil beheizt sind. Sofern die Heizung mit Fernwärme erfolgte, wird die Einsparung hier nicht angerechnet (Quellenprinzip der Bilanzierung)

Aufwertungsmaßnahmen

Die Aufwertungsmaßnahmen umfassen z.B. die Anpassung der städtischen Infrastruktur, Verbesserungen des Wohnumfeldes, Aufwertungen des vorhandenen Gebäudebestandes sowie sonstige Bau- und Ordnungsmaßnahmen zur Unterstützung des Stadtumbaus. Energie- und CO₂-Sparen sind nicht als ausdrückliche Ziele in diesem Programm genannt. Trotzdem werden durch den Programnteil „Aufwertungen des vorhandenen Gebäudebestandes“ gewisse Energieeinsparungen erzielt. Unterstellt man, dass ein Drittel der Mittel, das sind gut 55 Mio. EUR pro Jahr, für die Aufwertungsmaßnahmen eingesetzt werden, dann kann erwartet werden, dass damit 3.000 bis 4.000 Haushalte (Wohnungen) gefördert werden können (BMVBW 3 2004).

In den neuen Bundesländern sind in den Städten 50 bis 60 % der Wohnungen an die Fernwärmeversorgung angeschlossen (AGFW 2004). Für die Schätzung der anrechenbaren CO₂-Einsparung bleiben damit 1.500 bis 2.000 Wohnungen übrig. Bei einer mittleren Stadtwohnungsgröße von 70 m² und einer spezifischen CO₂-Einsparung von 50 kg/m² ergibt sich die in Tabelle 3.2.4-1 dargestellte Entwicklung.

Die erreichbare spezifische CO₂-Einsparung für das Programm Stadtumbau Ost wurde mit 50 kg/m² größer angesetzt als der Mittelwert der KfW-CO₂-Programme von 40 kg/m². Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass es sich hier um alte unsanierte Gebäude handelt, die im Mittel einen höheren Ausgangsverbrauch haben als die in den KfW-CO₂-Programmen sanierten Gebäude. Hier wird mit der Sanierung mehr erreicht.

Tabelle 3.2.4-1: CO₂-Einsparungen in Programm Stadtumbau Ost

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	Mittelwert 2008-2012
Einsparung (kumulativ)	Mio. t CO ₂	0,007	0,013	0,020	0,027	0,034	0,040	0,040

3.2.5 Bestandsmaßnahmen in der sozialen Wohnraumförderung

Die Rechnungen sind nach dem gleichen Schema durchgeführt, wie im Kapitel 3.2.2 unter dem Absatz „Rechenverfahren“ beschrieben.

Die Fördermittel werden mit dem Wert von 2003 bis 2010 hoch gerechnet. Wie Tabelle 3.2.5-1 zeigt, beträgt das Reduktionspotenzial von 2005 bis 2010 rund 0,07 Mio. Tonnen.

Tabelle 3.2.5-1: CO₂-Einsparung soziale Wohnraumförderung

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	Mittelwert 2008-2012
Gesamtes Fördervolumen Bestand (100 %)	Mio. EUR	300	300	300	300	300	300	300
Mittel für Einsparmaßnahmen (25%)	Mio. EUR	75	75	75	75	75	75	75
Einsparung (kumulativ) 2005-2010	Mio. t CO ₂	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07

3.2.6 KfW-CO₂-Programme

Kurzbeschreibung der beiden Programme

Die KfW-CO₂-Programme dienen der zinsgünstigen, langfristigen Finanzierung von Investitionen zur Energieeinsparung und zur CO₂-Reduzierung in Wohngebäuden sowie der Errichtung von Energiespar- und Passivhäusern, wobei der Zinssatz verbilligt wird. Gefördert werden bis zu 100 % der Investitionskosten einschließlich der Nebenkosten. Die Anträge können von Privatpersonen, Wohnungsunternehmen, Gemeinden, Kreisen sowie sonstigen Körperschaften und Anstalten des öffentlichen Rechts gestellt werden. Anfang 1996 wurde das *KfW-Programm zur CO₂-Minderung* begonnen, das im wesentlichen Einzelmaßnahmen finanziert. Als Ergänzung wurde 2001 das *KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm* eingerichtet, das Maßnahmenpakete (Kombination von Maßnahmen) fördert. Damit wurden die Kreditmittel wirkungsvoller eingesetzt.

Steigende Kreditnachfrage

Die Kreditzusagen für die Altbauersanierung im *KfW-Programm zur CO₂-Minderung* sinken nach Tabelle 3.2.6-1 von 716 Mio. EUR im Startjahr 1996 auf ein Minimum von 386 Mio. EUR im Jahr 1998. Danach ist ein aufsteigender Trend zu verzeichnen. Im *KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm* sind die Kredite für die Altbauerneuerung seit der Einführung 2001 pro Jahr stark gestiegen, was positiv zu werten ist, weil dies zeigt, dass immer mehr Gebäudeeigentümer willens sind, energiegerecht zu sanieren.

Tabelle 3.2.6-1: Jährliche Kreditzusagen für die Altbaumodernisierung in Mio. EUR

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
KfW-Programm zur CO ₂ -Minderung	716	436	386	685	564	824	575	675	1.136
KfW-CO ₂ -Gebäudesanierungsprogramm						508	736	1.332	1.470
Summe	716	436	386	685	594	1.332	1.311	2.007	2.606

Sanierte Wohnflächen und Wohneinheiten

Im Rahmen des *KfW-Programms zur CO₂-Minderung* wurden in der neunjährigen Laufzeit von 1996 bis 2004 insgesamt 56,8 Mio. m² oder 685.000 Mio. Wohneinheiten saniert (vgl. Tabelle 3.2.6-2). Im Rahmen des *KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramms* kommen noch 16,3 Mio. m² oder 196.000 Wohneinheiten dazu. Bezogen auf den gesamten Wohnflächenbestand von rund 3,3 Mrd. m² entspricht die in beiden Programmen bisher sanierte Fläche von 73,1 Mio. m² einem Anteil von 2,2 %.

Tabelle 3.2.6-2: Sanierte Altbau-Wohnfläche in Mio. m² (kumuliert, 2004 vorläufig)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
KfW-Programm zur CO ₂ -Minderung	8,9	14,2	18,6	24,5	29,8	37,8	43,2	49,8	56,8
KfW CO ₂ -Gebäudesanierungsprogramm						2,6	6,2	11,1	16,3
Summe	8,9	14,2	18,6	24,5	29,8	40,4	49,4	61,0	73,1

Kreditverteilung im KfW-Programm zur CO₂-Minderung

In Tabelle 3.2.6-3 sind die relativen Anteile der Kreditzusagen für die einzelnen Verwendungszwecke dargestellt. Insgesamt werden für die Dämmmaßnahmen Nr. 1 bis 4 rund 66 % der Kredite verbraucht. Sie haben damit die größte Bedeutung in der Altbauanierung. Etwa 22 % entfallen auf die Installation von Brennwert- und Niedertemperaturkessel sowie Nah- und Fernwärmesysteme einschließlich KWK. Letztere hat einen Anteil von 0,3 %. Erneuerbare Energien für Alt- und Neubauten haben mit 11,8 % bei ansteigendem Trend inzwischen einen relativ großen Anteil erobert.

Tabelle 3.2.6-3: Kreditverteilung des KfW-Programms zur CO₂-Minderung für 2001 bis 2003

Nr.	Maßnahme	%	%
1	Außenwanddämmung	19,1	
2	Fenstererneuerung	16,3	
3	Dachdämmung	14,7	
4	Kellerdämmung	16,1	
	<i>Zwischensumme Dämmung</i>		66,2
5	Brennwertkessel	15,0	
6	Niedertemperaturkessel	5,3	
7	Fern- und Nahwärme, KWK	1,7	
	<i>Zwischensumme nichtregen. Anlagen</i>		22,0
8	Erneuerbare Energien	11,8	11,8
	Summe	100	100

Kreditverteilung im KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm

Tabelle 3.2.6-4 zeigt, dass die Pakete 0, 1 und 2 mit 14 bis 15 % etwa gleich stark nachgefragt werden. Paket 3 fällt auf 9,7 % ab. Die meisten Kredite fließen mit 43,3 % in Paket 4. Die Beliebtheit dieses Paketes kann mit der Flexibilität der relativ frei wählbaren Maßnahmen erklärt werden. Der Austausch von Einzelöfen und Kesseln nach Paket 5 erreicht nur 3 %. Die Energiespar- und Passivhäuser sind als Neubaumaßnahme hier nicht berücksichtigt.

Tabelle 3.2.6-4: Maßnahmenpakete

Paket Nr.	Maßnahme	%
Paket 0	(Komplette Dämmung der Gebäudehülle)	14,2
Paket 1	(Heizung, Dach, Außenwände)	14,3
Paket 2	(Heizung, Dach, Keller, Fenster)	15,6
Paket 3	(Heizung, Umstellung Energie, Fenster)	9,7
Paket 4	(Maßnahmenkombinationen)	43,2
Paket 5	(Austausch Einzelöfen und Altkesseln)	3,0
Summe		100

Fortschreibung bis 2010

Das CO₂-Minderungsprogramm wird zusammen mit dem Modernisierungsprogramm 2003 ab 2005 als neues Programm fortgeführt und deshalb in Kapitel 3.2.2 weiter behandelt. Das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm wird von 2005 bis 2010 mit einem Kreditbetrag von insgesamt 4 Mrd. EUR fort geschrieben. Dieser Betrag ist etwas geringer als der Mittelwert aus

den Krediten der bisherigen Laufzeit von 2001 bis 2003. Damit wird eine Einsparung von insgesamt etwa 1,2 Mio. Tonnen erzielt (vgl. Tabelle 3.2.6-5).

Tabelle 3.2.6-5: CO₂-Einsparung in Mio. Tonnen KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	Mittelwert 2008-2012
CO ₂ -Einsparung (kumuliert)	Mio. t	0,19	0,41	0,61	0,81	1,01	1,22	1,22

Ableitung einer Minderungskennzahl

Da die KfW-Programme gut untersucht sind, wird aus den oben stehenden Ergebnissen eine Minderungskennzahl gebildet, mit der die CO₂-Minderungen der anderen Förderprogramme aus den finanziellen Mitteln berechnet werden können. Natürlich ist eine Übertragbarkeit nur dann zulässig, wenn ähnliche Maßnahmen- und Kostenstrukturen unterstellt werden können.

Die Kennzahl gibt an, wie viele Tonnen CO₂ pro eine Million EUR eingespart werden. Um die Zahl zu ermitteln, wird die mit beiden KfW-Programmen von 2000 bis 2004 erreichte CO₂ Minderungen von 2,72 Mio. Tonnen zu der im gleichen Zeitraum für die Energieeinsparung bereitgestellten Kreditsumme von 10 Mrd. EUR ins Verhältnis gesetzt. Dabei ist zu beachten, dass neben der energetischen Sanierung auch eine gewisse bauliche Sanierung mit enthalten ist. Die Zahlen haben sich aus der Praxis der mit KfW Mitteln durchgeführten Sanierungen ergeben und sind deshalb mit ausreichender Genauigkeit auf die anderen Förderprogramme übertragbar. Für die Jahre 2000 bis 2004 ergibt sich über beide Programme ein mittlerer Wert von 270 t CO₂/Mio. EUR.

Die Minderungskennzahl beschreibt keine CO₂-Minderungskosten

Der Reziprokwert dieser Kennzahl darf nicht als Minderungskosten interpretiert werden, weil hier nur die Summenwerte über die Laufzeit ins Verhältnis gesetzt wurden. Für die Minderungskostenberechnung wären dagegen die Annuitäten über die Laufzeit und die Verzinsung zu ermitteln und ins Verhältnis zu den jährlichen CO₂-Einsparungen zu setzen.

3.2.7 Förderung der Energieberatung (Vor-Ort-Beratung)

Durchgeführte Beratungen

Die Laufzeit des Programms ist noch bis mindestens 2006 gesichert. Nach BMVBW 2 2004 wurden in den letzten Jahren im Mittel rund 5.000 Beratungen jährlich durchgeführt. Die Ausgaben für das Programm beliefen sich 2002 auf 1,6 Mio. EUR und 2003 auf 1,76 Mio. EUR. Im Mittel wurden pro Beratung rund 340 EUR aufgewendet.

Umsetzung der Beratungen

Nicht alle Beratungsvorschläge werden in der Praxis umgesetzt. So hat eine Befragung des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle ergeben, dass 64 % der Befragten in ihrer Entscheidung zur Durchführung von Energiesparinvestitionen stark von der Beratung beeinflusst waren (PROGNOS, IER 2004 und BAFA 2000). In eza 2004 wurden dagegen folgende Umsetzungsraten der Vor-Ort-Beratung ermittelt:

- Heizung 70 %
- Fassadendämmung 44 %
- Dachdämmung 43 %
- Fenster 40 %
- Arithmetischer Mittelwert 50 %

Die folgende Schätzung der CO₂-Einsparungen geht von dem optimistischeren Wert der BAFA-Studie von 64 % aus.

Unterstellt man, dass die Beratungen „quer“ durch den gesamten Gebäudebestand durchgeführt werden, dann ergibt sich eine mittlere gewichtete Gebäudegröße von 270 m² (AGFW 2004). Unterstellt man weiterhin, dass die aufgrund der Beratungen durchgeführten Sanierungen den in den KfW-CO₂-Programmen durchgeführten Sanierungen ähnlich sind, dann lassen sich die dort erzielten Einsparungen von 40 kg CO₂ pro Quadratmeter Wohnfläche auch auf dieses Programm übertragen. Wie Tabelle 3.2.7-1 zeigt, führen diese Daten zu einer jährlichen Einsparung von rund 22.118 t CO₂.

Tabelle 3.2.7-1: Schätzung der jährlichen Einsparung

Durchgeführte Beratungen	Anzahl	5.000
Umsetzungsrate nach BAFA	%	64
Mittlere Wohnfläche	m ²	270
Spezifische Einsparung (KfW-Programme)	kg/m ²	40
Gesamteinsparung	t/a	34.560
Gesamteinsparung 64 % Umsetzung	t/a	22.118

Bei einer Fortschreibung des Programms von 2005 bis 2010 mit 5.000 Beratungen jährlich, wird eine kumulative Bruttoeinsparung bis 2010 von 0,13 Mio. Tonnen CO₂ umgesetzt (vgl. Tabelle 3.2.7-2).

Viele Beratene nehmen eine Förderung in Anspruch. Damit ergibt sich eine Überschneidung mit den berechneten Einsparungen der Fördermaßnahmen. Der prozentuale Anteil der Förderung wird nach Tabelle 4.1.2-2 mit 62 % angesetzt. Um Doppelzahlungen zu vermeiden, wird der Anteil, der aus der Überschneidung resultiert, bei der Berechnung der Summe der Einsparungen nur einmal berücksichtigt (vgl. Tabelle 3.4.1-1). Die Frage, wem der Betrag der Überschneidung zuzuordnen ist, den monetären Fördermaßnahmen oder der „Vor-Ort-Beratung“, kann nicht eindeutig beantwortet werden.

Tabelle 3.2.7-2: CO₂-Einsparung durch Vor-Ort-Beratung

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Mittelwert 2008-2012
	Mio. t CO ₂						
Bruttoeinsparung inklusive einer Überschneidung mit monetären Fördermaßnahmen (100 %)	0,02	0,04	0,07	0,09	0,11	0,13	0,13
Davon Überschneidung mit monetären Maßnahmen (62 %)	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,08

3.2.8 Marktanreizprogramm

Mit dem im Jahr 1999 gestarteten Marktanreizprogramm zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien soll im Interesse einer zukunftsfähigen und nachhaltigen Energieversorgung die Marktdurchdringung der Technologien gestärkt werden. Für den Gebäudesektor sind aus den verschiedenen Förderbereichen des Programms die Förderung von Solarkollektoren und die Verfeuerung fester Biomasse relevant. Antragsberechtigt sind Privatpersonen, freiberuflich tätige Personen sowie kleine und mittlere Unternehmen.

Sonnenkollektoren

Unter den Klimaverhältnissen der Bundesrepublik Deutschland ist die Warmwasserbereitung die Hauptanwendung für die Nutzung der Sonnenenergie. Aus den Daten der Quelle BMU 2004 lassen sich die mit dem Förderprogramm pro Jahr installierten Kollektorflächen entnehmen (vgl. Zeile 3 in Tabelle 3.2.8-1).

Unter den klimatischen Verhältnissen in unserem Lande beträgt die jährliche Einstrahlung auf diese Flächen im Mittel rund 1050 kWh/m². Bei einem Systemnutzungsgrad für Flachkollektoranlagen von 35 % und von 45 % für Vakuumkollektoranlagen ergeben sich die in Zeile vier von Tabelle 3.2.8-1 aufgeführten Endenergieeinsparungen. Dabei ist ein mittlerer Nutzungsgrad für die konventionelle Warmwasserbereitung entsprechend Tabelle 10-1 unterstellt worden.

Die Umrechnung auf die CO₂-Einsparung ergibt sich aus der Energieträgerstruktur der Warmwasserbereitung, die aus PROGNOSE, EWI 1999 ermittelt wurde. Der Anteil von Gas beträgt 38 %, Heizöl 31 % und 2% Sonstige. Der Rest von 29 % ist Strom und Fernwärme, die nach den Regeln der Quellenprinzip-Bilanzierung hier nicht mit betrachtet werden.

Tabelle 3.2.8-1: Einsparungen durch Sonnenkollektoren

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	Mittelwert 2008-2012
Investitionsvolumen	Mio. EUR	540	540	540	540	540	540	-
Gesamtfläche	1.000 m ²	600	600	600	600	600	600	-
Energieeinsparung	TWh	0,24	0,24	0,22	0,21	0,20	0,18	-
CO ₂ -Einsp. ab 2005 (kumulativ)	Mio. t	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,24

Bei der Berechnung wurde unterstellt, dass etwa ein Drittel der Anlagen im gewerblichen Bereich installiert wird und dass 5 % der neuen Anlagen Erneuerung von alten Solaranlagen sind. Für diese beiden Anteile kann keine CO₂-Einsparung angerechnet werden (vgl. auch nächsten Abschnitt „Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse“).

Wird das Programm mit den Parametern des Jahres 2004 bis 2010 fort geschrieben, dann wird von 2005 bis 2010 eine Einsparung von 0,24 Mio. Tonnen CO₂ erreicht (vgl. letzte Zeile in Tabelle 3.2.8-1).

Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse

Für die Jahre 2000 bis 2004 schwanken die mit dem Förderprogramm jährlich angestoßenen Investitionen zwischen 46 Mio. EUR und 151 Mio. EUR. Die mit diesen Mitteln installierten Anlagen sind nach folgenden Kategorien untergliedert (BMU 2004):

1. handbeschickt bis 50 kW, mit relativ kurzer Nutzungsdauer (600 h/a)
2. automatisch beschickt bis 50 kW (1500 h/a)
3. automatisch beschickt 50 bis 100 kW (1500 h/a)

Aus der Anzahl der geförderten Anlagen, den mittleren Leistungen und den geschätzten, mittleren Nutzungsdauern wird die bereit gestellte Energie berechnet. Die Gas- und Ölheizungen, die mit Holzgefeuerten Anlagen ersetzt werden, haben in der Regel einen höheren Wirkungsgrad. Deshalb wird die von den Holzöfen bereit gestellte Energie mit dem Wirkungsgradverhältnis von 0,9 runter gerechnet.

Da die Anlagen sowohl im privaten als auch im gewerblichen Bereich genutzt werden, muss der gewerblich Teil abgezogen werden. Er wird hier mit 33 % angesetzt, abgeleitet aus dem Verhältnis der Gebäudeenergieverbräuche. Bei den kleinen Anlagen ist der gewerbliche Anteil eher kleiner und bei den großen Anlagen ist er größer.

Von 2000 bis 2004 wurden im Rahmen des Förderprogramms im Mittel rund 150.000 Anlagen pro Jahr errichtet. Das sind 60 % der in den letzten Jahren im Mittel pro Jahr insgesamt abgesetzten Anlagen.

Aus den Quellen Kaltschmitt und Becher 1994 und Staiß 2003 lässt sich ableiten, dass Ende der siebziger bis Anfang der achtziger Jahre ein Anlagenbestand von 800.000 bis 1.000.000 Holzfeuerungen vorhanden war. Bei einer mittleren Lebensdauer der Anlagen von 25 Jahren bedeutet das derzeit eine Erneuerungsrate von etwa 36.000 Anlagen pro Jahr. Unterstellt man, dass davon 60 % im Rahmen des Förderprogramms erneuert werden, dann sind das rund 22.000 Anlagen, die 15 % des Programmvolumens von 150.000 ausmachen. Für diese Anlagen kann keine Einsparung angerechnet werden.

Die Fortschreibung des Programms erfolgt mit dem Mittelwert des Investitionsvolumens über die Periode 2000 bis 2004. Der Betrag beläuft sich auf 100 Mio. EUR pro Jahr. Bis 2010 ergibt sich eine Einsparung von 0,83 Mio. Tonnen CO₂ (vgl. Tabelle 3.2.8-2).

Tabelle 3.2.8-2: Einsparung durch Biomasse

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	Mittelwert 2008-2012
Investitionsvolumen (Hh + GHD)	Mio. EUR	100	100	100	100	100	100	-
Energieeinsparung (Hh)	TWh/a	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	-
CO ₂ -Einsp. ab 2005 (kumulativ)	Mio. t	0,13	0,28	0,41	0,55	0,69	0,83	0,83

Hh = Haushalte, GHD = Gewerbe

3.3 Evaluierung sonstiger Fördermaßnahmen

3.3.1 Gebäude des Bundes

Obwohl in diesem Unterkapitel Nichtwohngebäude behandelt werden, wird auf Wunsch von BMVBW der Text in Teil I dieses Papiers eingeordnet und nicht in Teil II.

Die Ausgangssituation: Bestand, Energieverbrauch und CO₂-Emission

Die Anzahl der Bundesliegenschaften beläuft sich nach IEMB 2002 auf 1.970 Gebäude mit einer Nutzfläche von 7,28 Mio. m². Der Heizenergieverbrauch aller Bundesliegenschaften wird für 1999 mit 1,5 Mio. MWh angegeben. Daraus resultiert ein mittlerer flächenspezifischer Jahresverbrauch von 206 kWh/m² (Endenergie). Schneidet man die wenigen Gebäude mit sehr niedrigem und sehr hohem Verbrauch ab, dann streuen mehr als 95 % der Werte zwischen 50 kWh/m² und 500 kWh/m².

Nach AGFW 2004 liegen die gemessenen Verbräuche von Nichtwohngebäuden und Gebäuden mit gemischter Nutzung (Gewerbe und Wohnen) im Bestand bei etwa 211 kWh/m². Die Bundesliegenschaften weichen mit 206 kWh/m² in ihrem Verbrauch praktisch nicht von den gewerblich genutzten Gebäuden ab.

Unterstellt man, dass die mittlere Energieträgerstruktur für Nichtwohngebäude in deutschen Städten entsprechend Tabelle 3.3.1-1 auch auf die Gebäude des Bundes übertragbar ist, so ergibt sich eine jährliche CO₂-Emission von insgesamt 272.000 Tonnen. Dies entspricht einer mittleren flächenspezifischen Jahresemission von 46 kg/m². Dabei sind nur die Emissionen für die Brennstoffe Erdgas und Heizöl berücksichtigt. Die Fernwärme-Emissionen werden nach der üblichen Bilanzierungsmethodik (Quellenprinzip) dem „Energiesektor“ angerechnet.

Tabelle 3.3.1-1: Mittlere Energieträgerstruktur für Nichtwohngebäude in deutschen Städten (Quelle AGFW 2004)

Energieträger	Flächenanteil der Gebäude in %
Erdgas	56
Heizöl	26
Fernwärme	18
Summe	100

Zur Verbrauchsentwicklung liegen keine umfassenden und längerfristigen Daten vor. In Rotter 2004 werden die Verbräuche einer Stichprobe von 140 größeren zivilen Liegenschaften für vier Jahre angegeben. Auf diese Auswahl entfällt rund 30 % des geschätzten Verbrauchs aller Liegenschaften. Vom Umfang her kann die Stichprobe als repräsentativ angesehen werden. Die Verbrauchsentwicklung von 1998 bis 2001 zeigt einen leicht abnehmenden Trend.

Einsparpotenziale und deren Umsetzung

IEMB 2002 weist durch Reduktion des Energieverbrauchs bei den Höchstverbrauchern ein realistisches Einsparpotenzial von 10 % oder 27.200 Tonnen CO₂ aus, das jedoch wegen schwerwiegender Hemmnisse nicht so ohne weiteres umsetzbar ist.

Die kostenlose Energie-Hotline der dena informiert jederzeit über Erneuerbare Energien und den effizienten Umgang mit Energie. Die Information und Beratung von Bürgern, Fachplanern und Architekten durch diese Energie-Hotline und die Informationsbroschüren werden gut angenommen. Sie stärken damit die Akzeptanz des Themas Klimaschutz in der Öffentlichkeit und machen auf die Minderungspotenziale im Gebäudebereich aufmerksam, was als Grundlage für weitere Erfolge bei den Verringerungen der CO₂-Emissionen notwendig ist.

Contracting

In vielen Liegenschaften ist der Energieverbrauch unnötig hoch. Dadurch entstehen hohe Kosten und CO₂-Emissionen. Gleichzeitig wird wenig in die Instandsetzung und Modernisierung baulicher und technischer Anlagen investiert. Die Folge: Das bestehende Energiesparpotenzial wird nicht ausgeschöpft. Eine Lösung des Problems kann Contracting sein, das besonders geeignet ist, die Energieversorgung von öffentlichen Liegenschaften zu optimieren. Die Bundesregierung hat deshalb das Projekt „Energieeffizienz-Contracting in den Liegenschaften des Bundes“ beschlossen. Das Projekt verfolgt das Ziel, möglichst viele geeignete Bundesliegenschaften durch Contracting-Projekte energetisch zu optimieren und hierdurch Kosten zu senken. dena führt das Projekt durch.

Umsetzung Energieeinsparverordnung (EnEV)

Die EnEV stellt an Planer und Bauherren neue Anforderungen, schafft aber auch mehr Freiraum für integrierte Lösungen zwischen Gebäudehülle und Gebäudetechnik. Ein niedrigerer Standard im baulichen Wärmeschutz kann durch effizientere Gebäudetechnik kompensiert werden und umgekehrt. Um diese Spielräume optimal zu nutzen und so Bau- und Betriebskosten zu sparen, muss die Gebäudetechnik von Anfang an in die Gebäudeplanung einbezogen werden.

Zur Umsetzung der EnEV informiert die dena die Fachöffentlichkeit, Bauherren und Verbraucher durch:

- Das Internet-Portal „zukunft-haus.info“.
- Die Broschüre "Bauen für die Zukunft".
- Das Info-Paket „EnEV gut – alles gut.“

Das kostenlose Info-Paket ermöglicht einen ersten Überblick über die EnEV. Neben aktuellen EnEV-Checklisten für den Neubau und für bestehende Gebäude gibt es Informationen zu den Auswirkungen der EnEV auf die Neubauplanung, den Kombinationsmöglichkeiten von Heiztechnik und Wärmedämmung und Informationen zur Anlagentechnik.

Wissensportal Thema Energie

Das Wissensportal Thema Energie bietet in über 20 Rubriken Einführungen und Fachwissen zu den wichtigsten Energiethemen. Solar- und Windenergie, Strom sparen im Haushalt, Energie sparendes Bauen und Heizen sind ebenso Themen wie Förderprogramme und Finanzierung. Dieses von der dena entwickelte Internetportal zur Information von Fachplanern, Architekten und Endverbrauchern hat sich als gut geeignetes Medium erwiesen.

Energiepass

Anders als bei Autos oder Haushaltsgeräten wissen Käufer oder Mieter von Wohnungen und Häusern nur wenig über deren Energiebedarf. Objektive Informationen sind Mangelware, Vergleichsmaßstäbe fehlen.

Die Deutsche Energie-Agentur entwickelt deshalb einen einheitlichen Energiepass für Gebäude. Er informiert Verbraucher objektiv, zeigt Einsparpotenziale auf und ermöglicht es, den Energiebedarf von Häusern bundesweit unkompliziert zu vergleichen. Zudem zertifiziert dena die Software, die Architekten und Ingenieure nutzen, um den Energiebedarf von Gebäuden zu berechnen.

Der von der dena unter Einbeziehung aller wichtigen Marktpartner entwickelte „Prototyp“ für einen freiwilligen, bundeseinheitlichen Energiepass für Gebäude wird ergebnisoffen am Markt im Rahmen eines Feldversuchs getestet und anhand der gewonnenen Praxiserfahrung weiter optimiert.

Ziel der Aktivitäten ist es, dass in Immobilienanzeigen künftig so selbstverständlich mit Energieeffizienzklasse A geworben werden soll, wie es bei Kühlschränken und Waschmaschinen längst Praxis ist.

Niedrigenergiehaus

Energiesparende Bauweisen tragen nicht nur bei Neubauten zu einer Reduktion des klimaschädlichen CO₂-Ausstoßes bei, auch bei der Sanierung des großen Altbaubestands können sie angewendet werden. Um dieses Potenzial zu nutzen, hat die dena das Pilotprojekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“ ins Leben gerufen. Mit diesem Pilotprojekt wird gezeigt, dass energetische Sanierung auch wirtschaftlich sinnvoll ist. Zur Niedrigenergiebauweise im Bestand gibt es Informationen für Architekten, Ingenieure und die Wohnungswirtschaft.

Anhand von bundesweiten Modellprojekten werden beispielhafte Sanierungen bis zu einem Primärenergiebedarf von 40, 50 oder 60 kWh pro Quadratmeter und Jahr durchgeführt. Die Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt werden in Publikationen, im Internet, bei Workshops und Kongressen einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Initiative Solarwärme Plus

Solarthermische Anlagen erfreuen sich bei Hauseigentümern wachsender Beliebtheit. Um ein deutliches Wachstum auf dem Solarwärmemarkt zu unterstützen, hat die dena zusammen mit den relevanten Marktakteuren die „Initiative Solarwärme Plus“ gegründet. Die Kampagne informiert Hausbesitzer über die Vorteile der Solarwärme und unterstützt das Handwerk bei Beratung und Verkauf.

Interessierte Hausbesitzer erhalten über die Internetseite und eine Expertenhotline fundierte Informationen und können Informationsbroschüren bestellen. Die Initiative vermittelt auch den Kontakt zum qualifizierten Handwerksbetrieb in der Umgebung. Zudem werden Verbraucher durch die intensive Pressearbeit der Initiative auch über die Medien informiert.

Fachhandwerksbetriebe, die an der „Initiative Solarwärme Plus“ teilnehmen, erhalten praxisgerechte Unterstützung bei Beratung und Verkauf. Sie bekommen ein Paket mit hilfreichen Werbe- und Informationsmaterialien und werden in die Datenbank der Initiative aufgenommen. Auch eine praxisgerechte Beratungs- und Verkaufsschulung für Solarhandwerker

gehört zum Programm. Die Schulung wurde von der Initiative entwickelt und wird von Handwerksverbänden und Solarherstellern durchgeführt.

Bewertung der dena Aktivitäten

Bei den Aktivitäten, die von der Deutschen Energieagentur dena umgesetzt werden, handelt es sich um ein breites Spektrum „weicher“ und „harter“ Maßnahmen, die bisher noch nicht quantifiziert wurden. Im Rahmen dieser Untersuchung konnten nur die Maßnahmen "Contracting" (Kapitel 3.3.1) und "Energiepass" (Kapitel 3.1.2) evaluiert werden, an denen dena einen großen Anteil hat.

3.4 Zusammenfassung der Maßnahmen-Evaluierung

3.4.1 Zusammenstellung der monetären Maßnahmen

In der folgenden Tabelle 3.4.1-1 sind die Minderungen für alle quantifizierten, monetären Maßnahmen doppelzählfrei zusammen gestellt. Es wird gezeigt, welche CO₂-Reduktionspotenziale bei einer Weiterführung der Programme von 2005 bis 2010 im *Trend-szenario* noch ausgeschöpft werden können. Der Betrag erreicht 2,81 Mio. Tonnen CO₂. Die ab 2005 nicht weiter geführten Maßnahmen „Ökozulage“ und „Investitionszulage“ sind in der Tabelle nicht mehr aufgeführt.

Die erfolgreichste Einzelmaßnahme ist das KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm mit einer Einsparung von 1,22 Mio. Tonnen. Dann folgt das Marktanreizprogramm Biomasse mit 0,83 Mio. Tonnen und an dritter Stelle das neue Modernisierungsprogramm mit 0,36 Mio. Tonnen %.

Tabelle 3.4.1-1: Kumulative CO₂-Einsparung bei Weiterführung der Förderprogramme

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	Mittelwert 2008 - 2012
		Mio. t						
1	Neues Modernisierungsprogramm	0,06	0,12	0,18	0,24	0,3	0,36	0,36
2	Stadtbau Ost	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
3	Sozialer Wohnungsbau	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07
4	KfW-CO ₂ -Gebäudesanierungsprogramm	0,19	0,41	0,61	0,81	1,01	1,22	1,22
5	Vor-Ort-Beratung (Bruttoeinsparung)	0,02	0,04	0,07	0,09	0,11	0,13	0,13
6	Marktanreizprogramm Sonne	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2	0,24	0,24
7	Marktanreizprogramm Biomasse	0,12	0,28	0,41	0,55	0,69	0,83	0,83
8	Gebäude des Bundes	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005
9	Abzüge wegen Überschneidung von Nr. 5 mit anderen monetären Fördermaßnahmen (vgl. Tabelle 3.2.7-2)	-0,01	-0,03	-0,04	-0,05	-0,07	-0,08	-0,08
10	Summe der monetären Einzelmaßnahmen (doppelzählfrei)	0,43	0,93	1,41	1,88	2,33	2,81	2,81

3.4.2 Beitrag der „harten“ nichtmonetären Maßnahmen

Grobe Schätzung der Einsparungen der EnEV

Der Beitrag der EnEV zur Energieeinsparung kann nicht doppelzählungsfrei ausgewiesen werden, weil die Größe der Überschneidung mit anderen Maßnahmen nicht genau ermittelbar ist. Um trotzdem eine Orientierungszahl für die Größe der Einsparungen durch die EnEV angeben zu können, wird entgegen dem generellen Rechenverfahren dieser Studie, die Einsparung der EnEV unter Einschluss der Überschneidungen grob geschätzt. Je nach Betrachtungsweise liegen die Einsparungen der EnEV also bei 1,3 oder maximal bei 4,5 Mio. Tonnen CO₂ (vgl. auch Kapitel 3.1.1). Diese Werte sind nicht mit den Zahlen der Tabelle 3.4.1-1 kompatibel und dürfen auch nicht mit diesen addiert werden, weil es dann zu Doppelzählungen kommt.

Tabelle 3.4.2-1: Kumulative CO₂-Einsparung der nichtmonetären „harten“ Maßnahmen bis zum Jahr 2010

	Bruttoeinsparung mit Doppelzählungen	Überschneidung mit anderen Maßnahmen	Überschneidungsfreie Einsparung
	Mio. t	Mio. t	Mio. t
Energieeinsparverordnung (s.a. Tabelle 3.1.1-1)	1,3 / 4,5	unbekannt	unbekannt
Deutsche Energie Agentur	unbekannt	unbekannt	unbekannt
Energiebedarfsausweis (nach Tabelle 3.1.2-1)	1,04	0,62	0,42

Aktivitäten der dena sind nicht quantifiziert.

Die Minderungs-Maßnahmen, die von der dena umgesetzt werden, wurden bisher noch nicht quantifiziert (vgl. Kapitel 3.3.2).

Einsparung durch Einführung des Energiepasses

Die Bruttoeinsparung durch Einführung des Energiebedarfsausweises erreicht bis zum Jahr 2010 einen Wert von 1,04 Mio. Tonnen CO₂ (vgl. Tabelle 3.4.2-1). In dieser Zahl steckt eine Überschneidung von 0,62 Mio. Tonnen mit monetären Fördermaßnahmen (vgl. Tabelle 3.1.2-1). Die überschneidungsfreie Einsparung beläuft sich auf 0,42 Mio. Tonnen.

3.4.3 Zuordnung der quantifizierten Maßnahmen zu den Szenarien

Die Einsparungen durch die monetären Maßnahmen, die im wesentlichen auf dem Niveau der letzten Jahre fort geschrieben wurden, werden dem *Trendszenario* zugeordnet.

Die Einsparungen durch Einführung des Energiepasses, die 2006 beginnen, werden beiden Szenarien angerechnet. Die 0,62 Mio. Tonnen, die sich mit den monetären Fördermaßnahmen überdecken, werden dem *Trendszenario* zugeordnet. Dabei wird unterstellt, dass dies durch die relativ großzügige Fortschreibung der Fördermittel abgedeckt ist. Die verbleibenden 0,42 Mio. Tonnen werden dem *Szenario verbesserte Sanierung* angerechnet. Die Einführung des Energiepasses ist ja als eine Maßnahme gedacht, um die Transparenz zu erhöhen und so das Sanierungsverhalten zu verbessern, d.h. die Entwicklung des *Trendszenarios* zu durchbrechen und die Potenzialausnutzung zu erhöhen.

4 Die szenarioabhängige Entwicklung der Gesamtemission

4.1 Trendszenario

4.1.1 Gesamtemission im Trendszenario

Unbereinigte Emissionswerte von 1990 bis 2002 als Ausgangsbasis

Für die Entwicklung von 1990 bis 2002 wurden die nicht temperaturbereinigten CO₂-Emissionen zugrunde gelegt, die aufgrund der unterschiedlichen, witterungsbedingten Einflüsse ganz erheblich schwanken (vgl. Abbildung 4.1.1-1). Eine Trendlinie zeigt, dass die Emission im Mittel sinkt. Ursachen sind milde Winter in Folge und gleichzeitig stärker greifende Einsparmaßnahmen. Eine Separierung der beiden Effekte stößt auf methodische Grenzen.

Abbildung 4.1.1-1: Die Entwicklung der CO₂-Emission von 1990 bis 2020

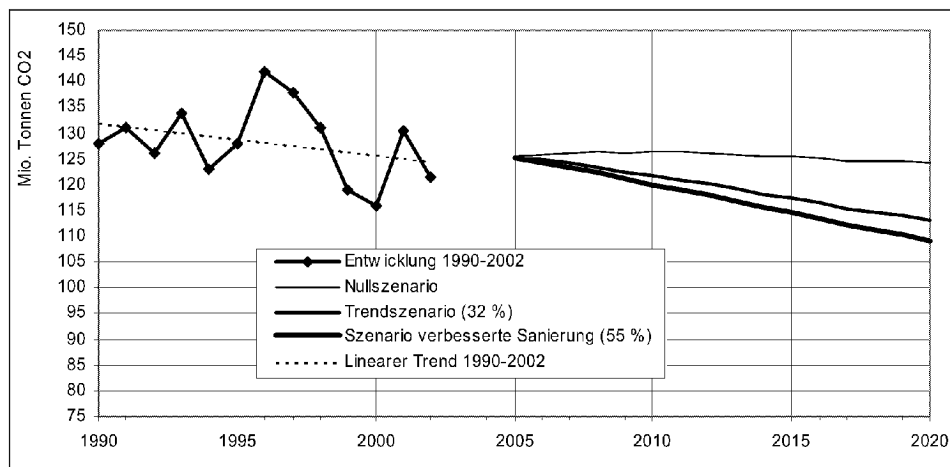


Tabelle 4.1.1-1: CO₂-Emission 1990 bis 2020 in Fünfjahresschritten (Mio. t)

	Jahreswerte							Mittelwert 2008-2012	Veränderung 2005-2010
	1990	1995	2000*	2005	2010	2015	2020		
Entwicklung 1990-2002	128	128	126						
Nullszenario				125,7	126,2	125,5	124,2	126,2	0,5
Trendszenario (32 %)				125,3	121,7	117,4	113,0	121,7	-3,6
Trendszenario (32 %), Veränderung gegen Nullszenario				-0,4	-4,5	-8,1	-11,2	-4,5	
Szenario verbesserte Sanierung (55 %)				125,3	120	114,5	109,1	120	-5,3
Szenario verbesserte Sanierung (55 %), Veränderung gegen Nullszenario				-0,4	-6,2	-11	-15,1	-6,2	

Festlegung des Ausgangswertes für 2005

Für die Berechnung der Entwicklung von 2005 bis 2020 ist die Größe des Ausgangswertes für 2005 entscheidend. Reale Ausgangswerte für 2003 und 2004, an die man den Wert 2005 anschließen könnte, existieren nicht. Sie wären auch nicht geeignet, da sie, bedingt durch die Witterung, in bestimmten Grenzen Zufallswerte sind. Die witterungsbedingten Schwan-

kungen kann man besten durch geeignete Mittelwertbildung eliminieren. Dies ist im Anhang 4 beschrieben. Danach wurde der Ausgangswert für 2005 mit 125,3 Mio. Tonnen berechnet.

Emissionsentwicklung im Nullszenario

Das *Nullszenario* ist ein fiktives Szenario, das zu Referenzzwecken dient. Es berücksichtigt keine Minderungsmaßnahmen, sondern nur Bestandsveränderungen von 2005 bis 2020, ohne Heizungserneuerungen und ohne Sanierungen der Gebäudehüllen. Eine gewisse Minderung des Energieverbrauchs ergibt sich durch die Verringerung der Bestandsfläche infolge von Abriss. Dazu addiert wird dann der zusätzliche Verbrauch der Neubauten von 2005 bis 2020. Die CO₂ Emission vergrößert sich im *Nullszenario* von 125,7 Mio. Tonnen im Jahr 2005 bis auf 126,2 Mio. Tonnen im Jahr 2010 (s.a. Abbildung und Tabelle 4.1.1-1).

Emissionsentwicklung Trendszenario

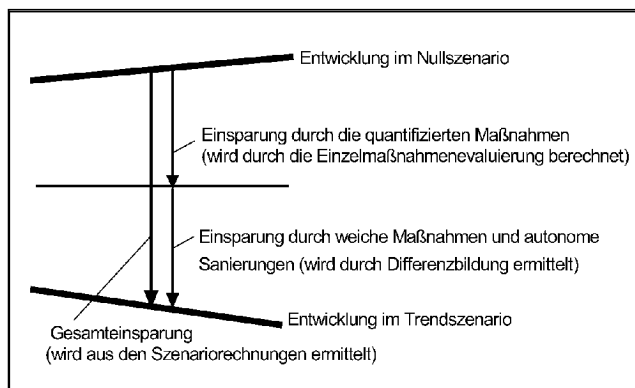
Die derzeitige Praxis wird im *Trendszenario* mit einer Potenzialausschöpfung Potenzialausnutzung von 32 % beschrieben (vgl. Anhang 1). Die Rechnungen für die Emissionsentwicklung werden mit diesem Wert durchgeführt.

Im *Trendszenario* verringert sich die Emission von 2005 bis 2010 von 125,3 auf 121,7 Mio. Tonnen (Abbildung und Tabelle 4.1.1-1). Das ist eine Veränderung von 3,6 Mio. Tonnen in 5 Jahren. Um den Zielwert von 120 Mio. Tonnen zu erreichen, ist gegenüber dem *Trendszenario* von 2005 bis 2010 eine weitere Minderung von 1,7 Mio. Tonnen erforderlich. Das ist fast noch einmal die Hälfte der im *Trendszenario* erreichten Einsparung. Die bisher auf den Weg gebrachten monetären und nichtmonetären Maßnahmen reichen also nicht aus.

4.1.2 Anteil der Maßnahmeneinsparungen an der Gesamteinsparung

In den folgenden Ausführungen wird der Anteil der evaluierten Einzelmaßnahmen an der Gesamteinsparung des *Trendszenarios* dargestellt und die Größe der Einsparungen der „weichen“ und sonstigen Maßnahmen bestimmt. Abbildung 4.1.2-1 zeigt das Schema der Differenzbildung.

Abbildung 4.1.2-1: Schema zur Erläuterung der Differenzbildung in Tabelle 4.1.2-1 (Einsparung gegenüber dem *Nullszenario*)



Für 2010 ergibt sich aus der Differenz der Emissionen von *Trendszenario* und *Nullszenario* eine Gesamteinsparung von 4,5 Mio. Tonnen. Davon entfallen nach Tabelle 3.4.1-1 rund 2,8 Mio. Tonnen auf die monetären Fördermaßnahmen. Der verbleibende Rest von 1,7 Mio. Tonnen wird den sonstigen, nicht einzeln quantifizierbaren Maßnahmen zugerechnet.

Tabellen 4.1.2-1: Anteil der Maßnahmen im *Trendszenario* (Mio. t)

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	Mittelwert 2008-2012
1	Gesamtemission im <i>Nullszenario</i> (aus Abb. 4.1.1-1)	125,7	126,0	126,2	126,2	126,2	126,2	126,2
2	Einsparung der evaluierten, monetären Einzelmaßnahmen (aus Tabelle 3.4.1-1)	-0,4	-0,93	-1,4	-1,9	-2,3	-2,8	-2,8
3	Einsparung durch weiche und autonome Maßnahmen (Differenz aus Zeile 4 - Zeile 2)	-0,1	-0,15	-0,5	-0,8	-1,3	-1,7	-1,7
4	Gesamteinsparung im <i>Trendszenario</i> (Differenz aus Zeile 1 minus Zeile 5)	-0,5	-1,1	-1,9	-2,7	-3,6	-4,5	-4,5
5	Gesamtemission im <i>Trendszenario</i> 32 % (aus Abb. 4.1.1-1)	125,3	124,9	124,3	123,5	122,6	121,7	121,7

Tabelle 4.1.2-2 zeigt die prozentualen Anteile der geförderten und der nicht geförderten (autonomen) Maßnahmen. Mit der monetären Förderung werden 62 % der gesamten CO₂-Minderungen erzielt. Dies zeigt die große Bedeutung der Förderprogramme für den Klimaschutz. Die Minderungsaktivitäten außerhalb der Förderprogramme bewirken 38 % Einsparungen.

Bei dem hier zugrunde gelegten moderaten, langfristigen Preisanstieg von 1,5 % pro Jahr, ist keine nachhaltige Änderung des autonomen Sanierungsverhaltens zu erwarten, sofern nicht andere Parameter ganz wesentlich geändert werden. Eine solche Entwicklung mit einem unveränderten autonomen Sanierungsverhalten liegt dem *Trendszenario* der Studie zugrunde.

Tabelle 4.1.2-2: Anteile der geförderten und nicht geförderten Maßnahmen

	Veränderung gegenüber dem <i>Nullszenario</i> in 2010 Mio. t	Prozentuale Anteile %
Anteil der monetär geförderten Maßnahmen	-2,8	62
Anteil der sonstigen Maßnahmen	-1,7	38
Gesamteinsparung im <i>Trendszenario</i>	-4,5	100

4.2 Szenario verbesserte Sanierung

4.2.1 Die entstehende Einsparlücke

Im *Szenario verbesserte Sanierung* wird mit einer mittleren Potenzialausnutzung von 55 % von 2005 bis 2010 gerechnet. Damit wird in 2010 ein Emissionsniveau von 120 Mio. Tonnen erreicht (Tabelle und Abbildung 4.1.1-1). Die Mehreinsparung im *Szenario verbesserte Sanierung* gegenüber dem *Trendszenario* beläuft sich bis 2010 auf etwa 1,75 Mio. Tonnen (Zeile 4 von Tabelle 4.2.1-1).

Durch die ab 2006 einsetzenden Minderungen durch den Energiepass werden bis 2010 rund 0,4 Mio. Tonnen CO₂ eingespart (Zeile 2 in Tabelle 4.2.1-1). Zieht man diese Menge von der notwendigen Mehreinsparung ab, dann bleibt noch eine Einsparlücke von rund 1,3 Mio. Tonnen. Diese Lücke ist durch zusätzliche Maßnahmen zu schließen, die in Kapitel 4.3 beschrieben sind.

Tabelle 4.2.1-1: Anteil der Maßnahmen im *Szenario verbesserte Sanierung* (Mio. t)

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	Mittelwert 2008-2012
1	Gesamtemission im Trendszenario 32 % (aus Abb. 4.1.1-1)	125,3	124,9	124,3	123,5	122,6	121,7	121,7
2	Doppelzählungsfreie Einsparung durch den Energiepass (aus Tabelle 3.4.2-1)	0	0,02	0,07	0,15	0,28	0,42	0,42
3	Einsparungslücke, die durch zusätzliche Maßnahmen geschlossen werden muss (Differenz Zeile 4 - Zeile 2)	0	-0,38	-0,73	-0,91	-1,13	-1,33	-1,33
4	Mehreinsparung im Szenario verbesserte Sanierung gegenüber dem Trendszenario (Differenz Zeile 5 – Zeile 1)	0	-0,36	-0,80	-1,06	-1,41	-1,75	-1,75
5	Gesamtemission im Szenario verbesserte Sanierung 55 %	125,3	124,5	123,6	122,4	121,2	120,0	120,0

4.2.2 Verbesserung der Potenzialausnutzung durch den Energiepass

Die Potenzialausnutzung verändert sich proportional mit dem Betrag der Einsparung. Durch die überschneidungsfreie, energiepassbedingte Einsparung von 0,4 Mio. Tonnen in 2010 wird die Potenzialausnutzung von 32 % auf 37 % erhöht (vgl. Tabelle 4.2.2-1).

Die Einsparung im *Szenario verbesserte Sanierung* gegenüber dem *Trendszenario* von 1,75 Mio. Tonnen erhöht die Potenzialausnutzung um 23 Prozentpunkte auf 55 %.

Tabellen 4.2.2-1: Entwicklung der Potenzialausnutzung (2010)

	Einsparung gegenüber Trendszenario	Verbesserung der Potenzialausnutzung	Potenzialausnutzung des Systems
	Mio. t	%	
Trendszenario (Referenzniveau)	0	0	32
Energiepass, überschneidungsfrei	0,42	5	37
Szenario verbesserte Sanierung	1,75	23	55
Theoretische Obergrenze	5,2	68	100

4.3 Zusätzliche Maßnahmen zur Zielerreichung

4.3.1 Identifizierung der zusätzlichen Maßnahmen

Aufklärung und Anreize statt Baupolizei

Zur Erhöhung der Potenzialausnutzung von 32 % auf 55 % werden baupolizeiliche Maßnahmen und Kontrollen als ungeeignet angesehen. Es ist das erklärte Ziel baurechtlicher Bestrebungen, die Prüftätigkeit des Staates soweit wie möglich zu reduzieren, um dem Bauherrn eigenverantwortliches Handeln zu ermöglichen. Da dies aber in der Vergangenheit nicht ausgereicht hat, müssen verstärkt Maßnahmen zur Aufklärung und zur Schaffung von stärkeren Anreizen umgesetzt werden.

Das Maßnahmenbündel in der Übersicht

Gegenüber dem *Trendszenario* ist eine weitere Minderung um 1,75 Mio. Tonnen notwendig, um das Emissionsniveau von 120 Mio. Tonnen im Jahr 2010 zu erreichen. Um dies umzusetzen, wird neben der Einführung des Energiepasses eine Erhöhung der monetären Förderung vorgeschlagen und als flankierende Maßnahme eine Intensivierung von Öffentlichkeitsarbeit und Beratung. Eine Übersicht der Maßnahmen und der angestrebten Einsparungen zeigt Tabelle 4.3.1-1.

Tabelle 4.3.1-1: Maßnahmenoption zur Umsetzung der angestrebten Einsparungen im Szenario verbesserte Sanierung

Maßnahmen im Szenario verbesserte Sanierung	Erwartete Einsparung 2008-2012
	Mio. t
Einsparung durch den Energiepass (doppelzählungsfreier Anteil)	0,42
Erhebliche Intensivierung von Öffentlichkeitsarbeit und Beratung	0,23
• für Gebäudebesitzer, Vermieter und Mieter	
• für die allgemeine Öffentlichkeit über die Wichtigkeit der Gebäudesanierung und die Verbesserung des Nutzerverhaltens	
• für das Handwerk zur Durchführung einer verordnungsgerechten Sanierung und zur Erstellung eines verordnungsgerechten Neubaus	
Erhöhung der monetären Förderung um weitere 40 %	1,1
• Vergrößerung des Kreditvolumens	
• deutliche Verbesserung der wirtschaftlichen Anreize für den Kreditnehmer	
Summe	1,75

4.3.2 Maßnahme „Intensivierung von Öffentlichkeitsarbeit und Beratung“

Wie wichtig eine erheblich verstärkte Öffentlichkeitsarbeit ist, zeigen sozioempirische Studien in privaten Haushalten zum Themenbereich Umweltbewusstsein und Verhalten sowie zum Informationsstand über den eigenen Energieverbrauch.

Umweltbewusstsein und Verhalten in privaten Haushalten kontrastieren

Die Ergebnisse empirischer Studien der Sozialforschung über den Zusammenhang von Umweltbewusstsein und Verhalten kommen zu dem Ergebnis, dass sich zwar ein Trend zu einem höheren Umweltbewusstsein zeigt, dass es aber gleichzeitig zu erhöhtem Ressourcenverbrauch und materiellem Wohlstand kommt. Energiesparen liegt nicht in der Lebensmitte der Haushalte (hat keine so hohe Priorität). Obwohl diese Aussagen natürlich nicht für alle Haushalte gelten, ist im allgemeinen eine geringe Bereitschaft vorhanden energiesparende Verhaltensänderungen und Investitionen vorzunehmen (Brohmann 2000).

Diese Aussagen werden durch die Auswertung der Studie Heinze Marktforschung 2002 im Rahmen der vorliegenden Untersuchung bestätigt. So bringen nur 34 % der Bauherren, die eine größere Modernisierungsmaßnahme an der Außenwand durchführen, auch eine Wärmedämmung dort an. Beim Dach beträgt dieser Anteil 42 %. In beiden Fällen bestand aber nach der WSchV95 die Pflicht eine Wärmedämmung anzubringen.

Geringer Informationsstand über den eigenen Energieverbrauch

Der Informationsstand über den eigenen Energieverbrauch ist in den meisten Haushalten unzureichend. Rund 86 % der befragten Haushalte kennen ihren tatsächlichen monatlichen Energieverbrauch nicht, die Verbrauchsmengen in kWh sind nahezu unbekannt. Die Geldausgaben für Energie kennen 16 % genau und 56 % immerhin ungefähr.

Es ist klar, dass derjenige, der seinen Verbrauch nicht kennt und der nicht weiß, wo er auf der Verbrauchsskala liegt, keinen Sparanreiz verspürt. Bei Besserverdienern ist häufig kein Interesse am Thema zu beobachten („wir können uns Energieverbrauch leisten“).

Der überwiegende Teil der Befragten ist nicht in der Lage, die größten Energieverbraucher im Haushalt richtig anzugeben. Fast 40 % geben Bügeln, Staubsaugen, TV und Beleuchtung als die „Energiefresser“ an, was von einer gravierenden Fehleinschätzung zeugt, die nicht mit der tatsächlichen Situation übereinstimmt.

Interessant ist die Einstellung zur Energieberatung. Lediglich 9 % der Befragten haben eine Verbrauchsanalyse/Energieberatung durchgeführt oder durchführen lassen. Es handelt sich dabei um Neubauten, Umbauten und Sanierungen. Etwa 17 % äußerten die Bereitschaft, einen Energieberater im eigenen Haushalt zu empfangen, 66 % lehnen Energieberatungen in den eigenen vier Wänden ab (Brohmann 2000).

Anmerkungen zur Maßnahme

Um eine Minderung von 0,23 Mio. Tonnen zu erreichen, bedarf es eines intensiven, breit angelegten und lang anhaltenden Informations- und Beratungsprogramms, das vom Staat finanziell gefördert werden muss. Dies erfordert u.a. eine Vervielfachung der finanziell geförderten Beratung, z.B. der Vor-Ort-Beratung. Eine gelegentliche Veröffentlichungen z.B. in den Mitgliedsorganen der Mieterverbände mit der Hoffnung, dass dann so etwas wie ein Selbstläufer entsteht, ist voraussichtlich nicht ausreichend.

Zielgruppen für diese Programme sind:

- Mieter, die sich eine neue Wohnung mieten wollen.
- Interessenten, die sich einen Altbau kaufen wollen.
- Gebäudebesitzer und Vermieter, die einen Energiepass wegen einer Vermietung einführen sollen.
- Besitzer sanierungsbedürftiger Altbauten, die nicht vermietet werden, für die also der Zwang zum Energiepass nicht oder noch nicht besteht. Ziel ist die generelle Verbesserung der Sanierungskultur.
- Hausbesitzer, Bauherren und Mieter allgemein, mit dem Ziel, das Nutzerverhalten zu verbessern.
- Ganz besonders wichtig sind die Motivation und Weiterbildung des Handwerks. Es ist ein untragbarer Zustand, dass 66 % der Fassadenmodernisierer und 58 % der Dacherneuerer keine Dämmung aufbringen. Hier muss insbesondere der Handwerker dazu gebracht werden, dass er den Gebäudebesitzer ordnungsgerecht berät. An vielen Sanierungen sind Architekten gar nicht beteiligt, so dass den Handwerkern eine besondere Rolle zukommt.
- Der Immobilienhandel.

4.3.3 Maßnahme „Erhöhung der monetären Förderung um weitere 40 %“

Im *Szenario verbesserte Sanierung* sind nach Tabelle 4.3.1-1 weitere 1,1 Mio. Tonnen bis 2010 einzusparen. Die Möglichkeiten der Öffentlichkeitsarbeit sind erschöpft. Die Menge von 1,1 Mio. Tonnen kann nach den in Deutschland bisher gemachten Erfahrungen nur durch eine Erhöhung der monetären Förderung realisiert werden. Alle Versuche, dies mit nichtmonetären Maßnahmen zu umgehen werden nicht zum Erfolg führen, es sei denn die Rahmenbedingungen ändern sich drastisch, z.B. durch einen sehr starken Anstieg des Ölpreises.

Mit den im *Trendszenario* angesetzten Fördermitteln können nach Tabelle 3.4.1-1 rund 2,8 Mio. Tonnen eingespart werden. Um weitere 1,1 Mio. Tonnen einzusparen zu können, müssen die Fördermittel gegenüber dem *Trendszenario* um 40 % erhöht werden. Dies alleine wird aber nicht ausreichen, zusätzlich müssen die Anreize für die Kredite erhöht werden und es muss ein ergänzendes Förderprogramm entwickelt werden, dass versucht, Gebäudeeigentümer mit Eigenmitteln stärker mit einzubeziehen.

Die politische Umsetzung dieser Maßnahmen muss unverzüglich beginnen, weil angesichts des kurzen Zeitraums bis 2010 von nur 5 Jahren eine vollständige Umsetzung der Einsparpotenziale kaum erreichbar ist.

4.3.4 Zusammenfassende Bewertung der Maßnahmen

Die Bundesregierung hat ein Bündel von steuernden und fördernden Maßnahmen zur Verringerung der CO₂-Emissionen im Gebäudebereich entwickelt und auf den Weg gebracht. Diese Maßnahmen wurden im *Trendszenario* für den Zeitraum von 2005 bis 2010 fortgeschrieben. Für die monetären Förderprogramme wurde unterstellt, dass sie im wesentlichen mit den Finanzvolumina der letzten Jahre bis 2010 fortgeführt werden. Durch die Fortschreibung der Maßnahmen auf gleichem Niveau wird unterstellt, dass sich im *Trendszenario* die Klimaschutzbemühungen gegenüber den letzten Jahren nicht verändern. Infolgedessen wird sich auch das Sanierungsverhalten in der Baupraxis bis 2010 sehr wahrscheinlich nicht verändern. Die Schlussfolgerung daraus ist, dass sich damit auch die Potenzialausnutzung nicht verändert. Deshalb wird im *Trendszenario* mit einer Potenzialausnutzung von 32 % gerechnet.

Unter diesen Voraussetzungen kann im *Trendszenario* der CO₂-Ausstoß von 125,3 Mio. Tonnen im Jahr 2005 bis auf 121,7 Mio. Tonnen im Jahr 2010 reduziert werden. Im *Nullszenario*, in dem keine Minderungsmaßnahmen angenommen werden, würde durch den Neubau die Gesamtemission bis 2010 dagegen auf 126,2 Mio. Tonnen ansteigen. Die Differenz von 126,2 Mio. Tonnen minus 121,7 Mio. Tonnen beträgt 4,5 Mio. Tonnen. Das ist die Einsparung, die mit den Maßnahmen der Bundesregierung unter den Bedingungen des *Trendszenarios* erzielt wird. Davon werden rund 2,8 Mio. Tonnen oder 62 % mit den monetären Förderprogrammen erbracht, während die restlichen 1,75 Mio. Tonnen oder 38 % durch sonstige, nichtmonetäre und autonome Maßnahmen umgesetzt werden.

Große Hoffnungen werden auf die 2006 beginnende Einführung des Energiepasses gesetzt. Unter den hier zugrunde gelegten optimistischen Bedingungen wird bis 2010 eine CO₂-Einsparung durch vom Energiepass angestoßene Sanierungen von rund einer Million Tonnen errechnet. Diese Einsparung wird nicht automatisch, d.h. als Selbstläufer erfolgen, sondern sie erfordert flankierende Maßnahmen in Form einer intensiven Öffentlichkeitsarbeit. Von der Gesamteinsparung von 1,04 Mio. Tonnen entfallen rund 0,62 Mio. Tonnen auf diejenigen Sanierungen, die auch ohne den Energiepass stattfinden würden, weil die Gebäude

sanierungsbedürftig sind und weil Förderkredite zur Finanzierung zur Verfügung stehen. Diese Menge wird dem *Trendszenario* zugeordnet. Bei den restlichen 0,42 Mio. Tonnen handelt es sich um zusätzlich angestoßene Einsparungen, die dem *Szenario verbesserte Sanierung* zugeordnet werden.

Um das Minderungsziel von 120 Mio. Tonnen bis 2010 zu erreichen, ist gegenüber dem *Trendszenario* eine weitere Reduktion um 1,75 Mio. Tonnen mit zusätzlichen Maßnahmen notwendig. Um dieses Einsparpotenzial zu erreichen, wird im *Szenario verbesserte Sanierung* erwartet, dass 0,42 Mio. Tonnen durch den Energiepass ausgeschöpft werden, 0,23 Mio. Tonnen durch eine Intensivierung von Öffentlichkeitsarbeit, Beratung und Fortbildung und umzusetzen. Damit wird ein Anstieg der Sanierungen erreicht, was aber bei weitem nicht ausreicht, um die in diesem Szenario geforderte Gesamteinsparung zu erzielen. Hierzu ist eine Fortführung der monetären Förderung erforderlich. Der Rest von 1,1 Mio. Tonnen soll durch eine Aufstockung der Förderprogramme um 40 % erschlossen werden. Damit einher gehen muss eine Verstärkung der Anreize für die Förderprogramme.

Durch die Maßnahmen im *Szenario verbesserte Sanierung* wird die Potenzialausnutzung gegenüber dem *Trendszenario* verbessert. Die zusätzlichen Einsparungen des Energiepasses von 0,42 Mio. Tonnen erhöhen die Potenzialausnutzung des Systems von 32 % auf 37 %. Werden die 1,75 Mio. Tonnen des *Szenarios verbesserte Sanierung* umgesetzt, dann wird damit die Potenzialausnutzung auf 55 % vergrößert.

Damit sind aber noch nicht alle Potenziale ausgeschöpft. Eine Potenzialausnutzung von bis zu 80 % dürfte in der Praxis durchaus erreichbar sein. Dies zu realisieren muss auf jeden Fall eine Klimaschutzpolitische Aufgabe für die Zeit nach 2012 sein.

In bezug auf die Erreichbarkeit der berechneten Minderungen bestehen u.a. durch Veränderung der äußeren Rahmenbedingungen folgende Risiken und Unsicherheiten:

Die berechneten Minderungen werden nicht erreicht, wenn die Neubaurate nicht bis 2010 abnimmt, wie hier in den Rechnungen unterstellt. Bleibt die Neubaurate bis 2010 etwa konstant auf dem Niveau von 2003, dann wird die Gesamtemission um etwa eine Million Tonnen höher sein. Im *Trendszenario* werden dann nicht 120 Mio. Tonnen erreicht, sondern nur 121 Mio. Tonnen.

Bei einer Folge von relativ kalten Wintern kann das Minderungsziel nicht erreicht werden. Im ungünstigsten Fall, wenn die Winter von 2005 bis 2010 so kalt sind wie die von 1993 bis 1997, steigt die Emission im Jahr 2010 auf rund 125 Mio. Tonnen. Eine Vorsorge, um in diesem ungünstigsten Fall das Ziel trotzdem zu erreichen, ist nicht möglich.

Ein weitere Unbekannte ist die Entwicklung des Ölpreises. Sollte der Ölpreis wieder stärker sinken, dann ist die Erreichung der berechneten Minderungsziele gefährdet, weil die Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen verschlechtert wird, was die Bereitschaft der Gebäudebesitzer hemmt, in eine Sanierung zu investieren. Umgekehrt hat natürlich ein weiterer Anstieg des Preises mit Sicherheit einen positiven Impuls auf die Sanierungstätigkeit.

Die im *Szenario verbesserte Sanierung* berechnete Minderung setzt voraus, dass die Umsetzung der zusätzlichen Maßnahmen möglichst schnell, d.h. schon 2005 beginnen muss. Je weiter die Umsetzung zeitlich nach hinten verschoben wird, um so schwieriger ist die Erreichung des Minderungsziels.

4.4 Auswirkungen einer Streichung der finanziellen Förderung

Ziel der Untersuchungen in diesem Kapitel ist es, die Auswirkungen einer Streichung aller Förderprogramme auf die CO₂-Minderung aufzuzeigen (*Szenario Subventionsabbau*).

Bei einer Streichung der Förderung werden auf jeden Fall die autonomen Sanierer weiter machen. Wobei bei der zu erwartenden Energiepreisentwicklung nicht davon auszugehen ist, dass sich der Anteil der autonomen Sanierer erhöht (vgl. Kap. 2.2). Dazu kommt ein Anteil von Sanierern, die eine Förderung bisher mitgenommen haben, die aber andererseits auch ohne Förderung saniert hätten. Über die Größenordnung dieser Mitnahmeeffekte liegen keine genauen Daten vor. Um zumindest eine grobe Vorstellung von der Auswirkung zu bekommen, wird für die Mitnahmeeffekte der Bereich von 0 % bis 30 % betrachtet. Diese Zahlen geben an, welcher Anteil an den gesamten maßnahmenbedingten Minderungen den Mitnahmeeffekten zugeordnet werden kann.

Tabelle 4.4-1 zeigt, dass im Jahr 2010 durch die Streichung der Förderung die Emission um 2 bis 3 Mio. Tonnen höher wäre als im *Trendszenario*. Die Gesamtemission würde dann 2010 um 3,7 bis 4,5 Mio. Tonnen über dem Ziel von 120 Mio. Tonnen liegen, und sich damit weit vom angestrebten Klimaschutzziel weg bewegen. Eine Streichung der Förderung muss also auf jeden Fall vermieden werden.

Tabelle 4.4-1: Einfluss des Subventionsabbaus auf die Emission

	Emission 2010	Mehremission gegenüber <i>Trendszenario</i>
	Mio. t	Mio. t
<i>Trendszenario</i> mit Weiterführung der Förderung	121,7	
<i>Szenario Subventionsabbau</i>		
keine Förderung, 30% Mitnahmeeffekte	123,7	2,0
keine Förderung, 0% Mitnahmeeffekte	124,5	2,8

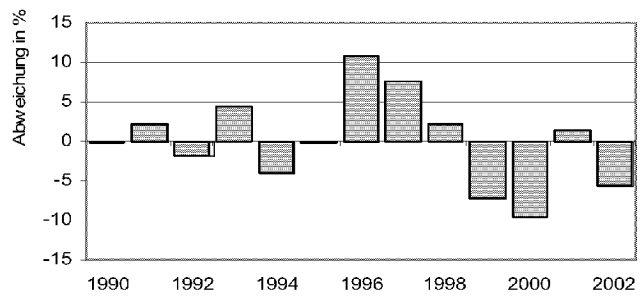
4.5 Der Einfluss kalter Winter auf das Minderungsziel

Starke Schwankung der Jahreswerte

Die Rechnungen für das *Trendszenario* und das *Szenario verbesserte Sanierung* werden mit einem mittleren Klima durchgeführt, das über den ganzen Zeithorizont konstant gehalten wird. Dabei wird unterstellt, dass sich die kalten und warmen Winter im langfristigen Mittel ausgleichen. Der Einfluss einer Folge von kalten Wintern muss deshalb mit Hilfe von Plausibilitätsüberlegungen im *Szenario kalte Winter* geschätzt werden.

Abbildung 4.5-1 zeigt von 1990 bis 2002 die relativen Abweichung der unbereinigten jährlichen CO₂-Emission vom Mittelwert, der bei 128 Mio. Tonnen liegt.

Die Abweichungen zeigen über den ganzen Zeitraum keinen eindeutigen Trend, d.h. sie sind zufällig und damit im wesentlichen von der Witterung bestimmt. Die Abweichungen der Einzelwerte nach oben und unten sind erheblich. Sie liegen etwa im Bereich von ± 10 % oder ± 13 Mio. Tonnen.

Abbildung 4.5-1: Jährliche Abweichung vom Mittelwert

Die Ursachen für den Abwärtstrend von 1996 bis 2002 sind nicht eindeutig

Betrachtet man den Zeitraum von 1996 bis 2002, dann lässt sich bei der Gesamtemission ein eindeutiger Abwärtstrend erkennen (vgl. Abbildung 4.1.1-1). Es wäre aber fatal diesen Trend alleine als ein Greifen der Minderungsmaßnahmen zu interpretieren. Tatsächlich waren die Jahre 1996 und 1997 relativ kalt und die Jahre 1999 und 2000 relativ warm. Dadurch ist der Haupttrend von 1996 bis 2002 maßgeblich mit bestimmt. Es überlagert sich natürlich noch der Effekt durch die Wirkung der Minderungsmaßnahmen. Eine getrennte Quantifizierung der beiden Einzeleffekte ist mit den vorliegenden Daten nicht möglich.

Geringere Schwankung durch Fünfjahresmittelwerte

Der Zielzeitraum für das Kyoto-Protokoll reicht von 2008 bis 2012, also über 5 Jahre. Bildet man nach Tabelle 4.4-1 für alle möglichen Fünfjahresperioden innerhalb des Zeitraums von 1990 bis 2002 die Mittelwerte, so zeigt sich, dass die Abweichungen der Fünfjahresmittelwerte vom Gesamtmittelwert gegenüber den Abweichungen der Einzelwerte vom Gesamtmittelwert verringert werden.

Wie Tabelle 4.4-1 zeigt, betragen die mittleren Abweichungen in den Fünfjahresperioden bezogen auf den gesamten Mittelwert von 128 Mio. Tonnen nur noch knapp $\pm 4\%$ oder $\pm 4,7$ Mio. Tonnen. Die Einzelwerte nach Abbildung 4.4-1 weichen dagegen um mehr als das Doppelte ab ($\pm 10\%$).

Das heißt, es bestehen gute Chancen, dass sich bei einem von 2008 bis 2012 gemittelten Zielwert für 2010 die kalten und milden Winter zum Teil kompensieren.

Die wärmste Periode von 1998 bis 2002 und die kälteste Periode von 1993 bis 1997 sind in Tabelle 4.4-1 durch Fettdruck gekennzeichnet.

Tabelle 4.4-1: Fünfjahresmittel

Jahreswerte in Mio. t													Mittelwert	Abweichung vom Gesamt-mittelwert
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002		%
128	131	126	134	123	128	142	138	131	119	116	130	121	128	0
128	131	126	134	123									128	0
	131	126	134	123	128								128	0
		126	134	123	128	142							131	2
			134	123	128	142	138						133	4
				123	128	142	138	131					132	3
					128	142	138	131	119				132	3
						142	138	131	119	116			129	1
							138	131	119	116	130		127	-1
								131	119	116	130	121	123	-4

Das Minderungsziel von 120 Mio. Tonnen kann durch eine Folge von kalten Wintern deutlich verfehlt werden

Die folgenden Überlegungen im Rahmen des *Szenarios kalte Winter* sollen zeigen, dass eine 100-prozentige Vorsorge zur Erreichung des 120 Mio. Tonnen Reduktionsziels bei einer Folge von kalten Wintern bis 2010 nicht möglich ist.

Die kälteste Fünfjahresperiode nach Tabelle 4.4-1 von 1993 bis 1997 hat einen Mehrverbrauch gegenüber dem Mittelwert von +4% oder etwa 5 Mio. Tonnen. Nimmt man diese Perioden als Referenz, dann müsste der Zielwert für 2010 von 120 Mio. Tonnen um fast 5 Mio. Tonnen auf 115 Mio. Tonnen runter gesetzt werden, um auf der sicheren Seite zu liegen. Eine solche Minderung würde selbst bei einer Potenzialausnutzung von 100 % nicht bis 2010 zu erreichen sein.

Bei einer Folge von mehreren relativ kalten Wintern kann das Minderungsziel nicht erreicht werden. Im ungünstigsten Fall, wenn die Winter von 2005 bis 2010 so kalt sind wie von 1993 bis 1997, beträgt die Emission im Jahr 2010 nicht 120 Mio. Tonnen, sondern rund 125 Mio. Tonnen.

TEIL II NICHTWOHNGBÄUDE

5 Anmerkungen zum methodischen Vorgehen

Unterschiede zum Wohngebäudebereich

Der Bestand an Nichtwohngebäuden im Gewerbebereich weicht in einer Reihe von Punkten erheblich vom Wohngebäudebestand ab.

- Die Gebäude sind im gewerblichen Bereich sehr inhomogen, so dass sich eine übersichtliche Typologie nicht so leicht wie im Wohngebäudebereich aufstellen lässt.
- Die Gebäudedatenbasis ist bei weitem nicht so gut und vollständig wie im Wohngebäudebereich.
- Der gesamte Energieverbrauch des Sektors enthält einen prozessbedingten Anteil und einen gebäudebedingten Anteil. Letzterer muss in der Regel aus den Energiebilanzen separiert werden.
- Die meisten der in Kapitel 3 behandelten Fördermaßnahmen sind nicht für den Gewerbebereich anwendbar.

Methodisches und rechnerisches Vorgehen

Die Berechnung erfolgt mit dem gleichen Ansatz und den gleichen Recheninstrumenten wie im Wohngebäudebereich. Allerdings kann der Sektor wegen des begrenzten Projektrahmens hier nur pauschal behandelt werden, d.h. es wird keine detaillierte Maßnahmenanalyse wie bei den Wohngebäuden durchgeführt. Statt dessen erfolgt die Rechnung mit einer festgelegten Potenzialausnutzung. Darüber hinaus müssen wegen der anderen Situation nicht alle Szenarien gerechnet werden, die im Wohngebäudebereich untersucht wurden.

Den Analysen liegen die Rahmenbedingungen und Leitparameter zugrunde, die in Kapitel 2 festgelegt sind, sofern sie für den Gewerbebereich zutreffen. Abweichend davon sind folgende gewerbespezifischen Parameter und Informationen im Anhang 6 dargestellt, die in den Rechnungen verwendet werden:

- Eine Beschreibung der Gebäudecharakteristik.
- Die Ableitung des Energieverbrauchs für Raumwärme und Warmwasser (1990 – 2003).
- Die prognostizierte Energieverbrauchsstruktur bis 2020.
- Die prognostizierte Entwicklung der zu beheizenden Gebäudefläche bis 2020.

Szenarien

Es werden die folgenden zwei Szenarien gerechnet:

- *Nullszenario*, für das die in Kapitel 2 beschriebenen Definitionen gelten.
- *Trendszenario*, ebenfalls mit der in Kapitel 2 beschriebenen Definition, wobei mit einer Potenzialausnutzung von 32 % gerechnet wird.

Das *Szenario verbesserte Sanierung* entfällt, weil für den gebäudebedingten Anteil im Gewerbebereich kein separates Ziel definiert wurde. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass der Energieverbrauch, bezogen auf 1990, deutlich über 21 % reduziert werden kann.

6 Die Gesamtemission bis 2020

Die Entwicklung der CO₂-Emission aus der Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung zeigt von 1990 bis 2003 einen sehr unregelmäßigen Verlauf, der im Trend stärker abfällt als im Wohngebäudebereich (vgl. Abbildung 7-1). Von 1990 bis 2003 fällt die Emission von 66,4 Mio. Tonnen auf rund 53 Mio. Tonnen, was einer Minderungsrate von 20 % entspricht. Drei Ursachen sind dafür verantwortlich:

- Die Umstrukturierungen im Gewerbebereich der neuen Bundesländer.
- Die seit 1996 milder werdenden Winter.
- Die im Vergleich zum Wohngebäudebereich sehr hohen Abrisse und Erneuerungsraten.

Der Mittelwert der letzten fünf Jahre von 1999 bis 2003 dient als Orientierungswert für das Anschlussniveau der prognostizierten Entwicklung ab 2005. Er beträgt 52,9 Mio. Tonnen. Im *Trendszenario* wird bis 2010 die Emission auf 50,4 Mio. Tonnen verringert, was einer Minderung von 2,5 Mio. Tonnen in fünf Jahren entspricht. Die Reduktion kommt durch Kesselerneuerungen, Sanierungseffekte an der Hülle und durch den zunehmenden Einsatz von Solaranlagen und Biomassefeuerungen zustande. Darüber hinaus tritt im Gewerbebereich ein wesentlich stärkerer Abriss auf als im Wohngebäudebereich. Alte, meist schlecht gedämmte Gebäude werden eher durch neue Gebäude ersetzt, was u. a. die relativ starke Minderung in der Vergangenheit mit erklärt.

Bezogen auf den Emissionswert von 1990 mit 66,4 Mio. Tonnen kann im Jahr 2010 eine Minderungsrate im *Trendszenario* von 24 % erwartet werden.

Abbildung 7-1: Entwicklung der CO₂-Emission von 1990 bis 2020

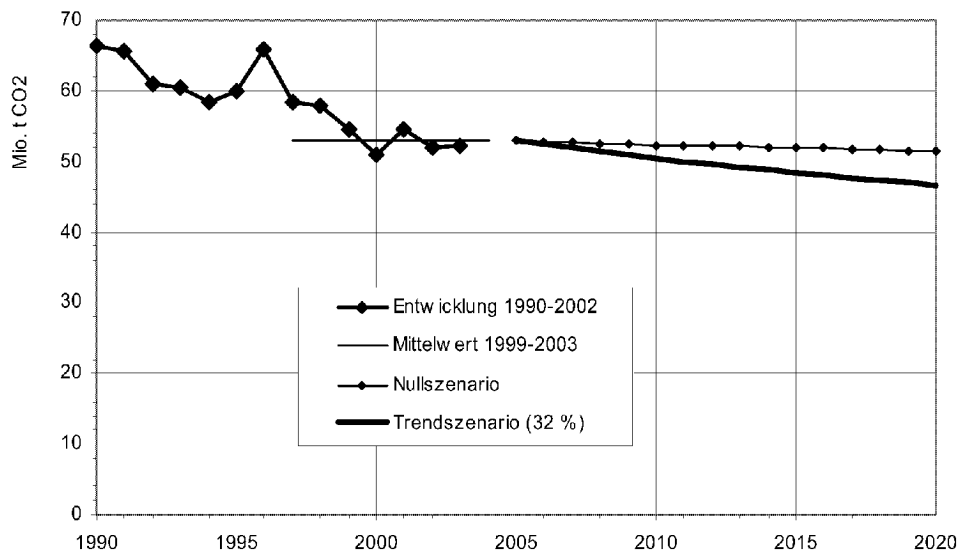


Tabelle 7-1: Entwicklung der CO₂-Emission von 1990 bis 2020

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	Mittelwert 2008- 2012	Veränderung 2005-2010
Entwicklung 1990-2002	66,4	59,9	51,0						
<i>Nullszenario</i>				53,0	52,4	52,0	51,5	52,4	-14,9
<i>Trendszenario (32 %)</i>				53,0	50,4	48,4	46,7	50,4	-19,7

7 Einsparpotenzial durch Stromeinsparung bei Klimaanlage

Die CO₂-Minderung wird nicht dem Gebäudesektor angerechnet

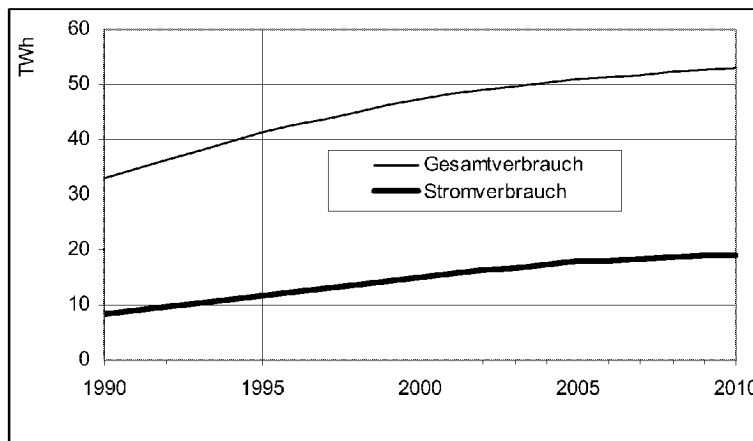
Wie in Kapitel 2 ausgeführt, werden die CO₂-Emissionen international nach dem Quellenprinzip bilanziert. Das bedeutet für den Nichtwohnbereich, dass die durch Sanierung und Betriebsoptimierung entstehenden Stromeinsparungen an Klimaanlage dem Sektor Energieerzeugung angerechnet werden. Sie sind deshalb in der Gesamtbilanz in Kapitel 6 nicht berücksichtigt.

Um trotzdem die Größenordnung dieser Potenziale aufzuzeigen, werden sie hier auf Wunsch des Auftraggebers separat berechnet. Grundlage der folgenden Ausführungen ist die Untersuchung von Schiller 2004.

Gesamter Energieverbrauch der gewerblichen Klimaanlage

Der gesamte Endenergieverbrauch der gewerblichen Klimaanlage in den Sektoren Verwaltung, Handel und Dienstleistungen wird für 2002 auf 49 TWh geschätzt. Abbildung 7-1 zeigt eine Trendextrapolation des Gesamtverbrauchs bis 2010 auf rund 53 TWh. Der Stromverbrauch wird anteilig mit einem Prozentsatz ermittelt, der 1982 bei 25 % lag und 2002 rund 35 % betrug. In der folgenden Analyse wird nur der Stromanteil betrachtet.

Abbildung 7-1: Entwicklung des Energieverbrauchs für Klimaanlage



Renovierungszyklus von Klimaanlage

Aus den Angaben in Schiller 2004 lässt sich für den Renovierungszyklus von Klimaanlage ein Zeitbereich von 20 bis 40 Jahren ableiten. Die ersten Anlagen werden bereits nach 20 Jahren Betriebszeit renoviert und die letzten erst nach 40 Jahren. Der Mittelwert liegt bei 30 Jahren.

Unterstellt man, dass die Renovierung im Bestand ein mehr oder weniger kontinuierlicher Prozess ist, dann beträgt die Sollsanierungsrate bei 30 Jahren im Mittel rund 3,3 % pro Jahr. Die Sollsanierungsrate gibt an, wie viel Prozent des Anlagenbestands im Mittel pro Jahr renoviert werden.

Maximales Einsparpotenzial (Strom)

Die Einsparpotenziale bei der Sanierung alter Anlagen werden für den Bestand im Mittel mit 30 % angegeben. Werden jährlich rund 3,3 % der Anlagen saniert, dann ergibt sich eine mittlere jährliche Einsparung von 1 %, bezogen auf den Gesamtverbrauch. Rechnet man diese Stromeinsparungen in CO₂-Einsparungen um, dann ergibt sich die in Tabelle 7-1 gezeigte Entwicklung. Die maximale, kumulative Einsparung steigt von 2006 bis 2010 auf 0,57 Mio. Tonnen.

Der hier zugrunde liegende Rechenansatz mit Hilfe von Renovierungszyklen wurde auch im Teil I für den Wohngebäudebereich verwendet. Er weicht von dem Vorgehen in Schiller 2004 ab. Die Ergebnisse differieren aber nicht sehr stark. So beträgt die Einsparung nach Schiller 2004 für 2008 rund 0,36 Mio. Tonnen, während hier 0,33 Mio. Tonnen berechnet wurden.

Die erzielbaren Verbesserungen durch Betriebsoptimierungen werden auf durchschnittlich 12 % für den Bestand geschätzt. Damit ergeben sich die in Tabelle 7-1 dargestellten maximalen CO₂-Einsparpotenziale, die bis 2010 einen Wert von 0,29 Mio. Tonnen erreichen. In Schiller 2004 ist unterstellt, dass die gesamten Einsparpotenziale durch Betriebsoptimierung von 2006 bis 2010 umgesetzt werden können. Dies muss als eine zu optimistische Annahme eingestuft werden.

Tabelle 7-1: Maximale CO₂-Minderungspotenziale durch Stromeinsparung in gewerblichen Klimaanlageanlagen (umgerechnet nach Schiller 2004)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Sanierung		0,11	0,22	0,33	0,45	0,57
Betriebsoptimierung		0,03	0,10	0,16	0,23	0,29
Summe		0,14	0,32	0,5	0,68	0,86

Realistisches Einsparpotenzial

Schiller 2004 unterstellt, dass von den geplanten Inspektionen der Klimaanlageanlagen und den damit zusammenhängenden Energieberatungen positive Impulse auf die Sanierung und Betriebsoptimierung von Klimaanlageanlagen ausgehen. Daraus werden die in Tabelle 7-1 angegebenen maximalen Einsparungen abgeleitet. Nach den im Wohngebäudebereich vorliegenden Erfahrungen dürften diese Werte jedoch die optimistische Obergrenze darstellen. In der Praxis wird der Einspareffekt aus folgenden Gründen geringer sein:

- Die praktische Umsetzungsrate von Energieberatungen liegt erfahrungsgemäß unter 100 %. Dasselbe gilt für die Umsetzung von Verordnungen.
- Es müssen einige Jahre Anlaufzeit berücksichtigt werden bis die EU-Verordnung voll greift.
- Statt durchgreifender Sanierungen werden aus Kapitalmangel häufig nur kleine ad-hoc Maßnahmen an den gewerblichen Klimaanlageanlagen durchgeführt.
- Einsparungen durch Sanierung und Optimierung werden zum Teil durch Umnutzungen und Erweiterungen wieder kompensiert.

Unterstellt man eine Anlaufzeit von 3 Jahren und eine Umsetzungsrate der maximalen Einsparungen von 50 %, dann ergibt sich die in Tabelle 7-2 gezeigte Entwicklung. Danach wird die realistische Einsparung bis 2010 auf knapp 0,4 Mio. Tonnen CO₂ geschätzt.

Tabelle 7-2: Realistische CO₂-Minderungspotenziale durch Stromeinsparung in gewerblichen Klimaanlage(n) (in Mio. t)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Sanierung		0,02	0,06	0,11	0,17	0,23
Betriebsoptimierung		0,01	0,03	0,06	0,10	0,13
Summe		0,03	0,09	0,18	0,27	0,36

TEIL III METHODIK- UND DATENANHANG

8 ANHANG 1: Erfassung der Potenzialausnutzung

8.1 Übersicht der verwendeten Kennzahlen

Aus den im Rahmen dieser Studie zugrunde gelegten Datenquellen lässt sich ableiten, dass die Sanierung im Altbaubereich unzureichend ist. Zwei Effekte sind dafür verantwortlich:

1. Die Anzahl der Sanierungen ist zu gering, weil die Bauteile oft über die übliche technische Lebensdauer hinaus genutzt werden. Man spricht hier von einem "Sanierungsstau".
2. Die thermische Qualität der Sanierung entspricht oft nicht den Anforderungen.

Um diesen Zusammenhang statistisch erfassen und in den Rechnungen verwenden zu können werden drei Kennzahlen definiert:

1. Das Sanierungsverhältnis: Diese Kennzahl beschreibt die Anzahl oder Menge der durchgeführten energetischen Sanierungen, bezogen auf einen Sollwert.
2. Das Einsparverhältnis: Es gibt die bei einer durchgeführten Sanierung erreichte Einsparung an, bezogen auf den Sollwert der Verordnung.
3. Die Potenzialausnutzung: Mit dieser Kenngröße werden die beiden Einflüsse durch die zu geringe Anzahl und die unzureichende Qualität zusammengefasst.

8.2 Ermittlung des Sanierungsverhältnisses

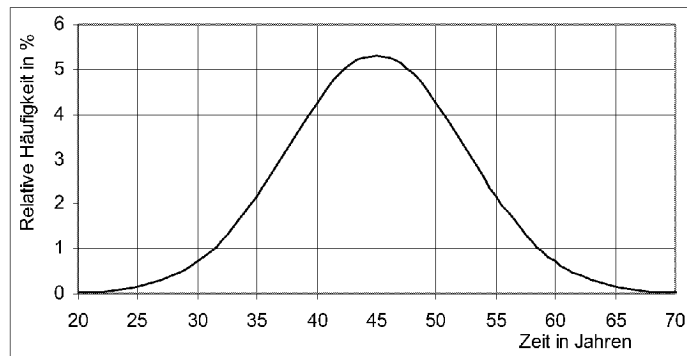
Das Sanierungsverhältnis setzt sich aus zwei weiteren Kennzahlen zusammen, der Istsanierungsrate und der Sollsaniierungsrate. Beide Kenngrößen ergeben sich aus der Verteilung der Gebäudealtersklassen (Altersstruktur) und der Verteilung der technischen Lebensdauer der Bauteile.

8.2.1 Berechnung der Sollsaniierungsrate

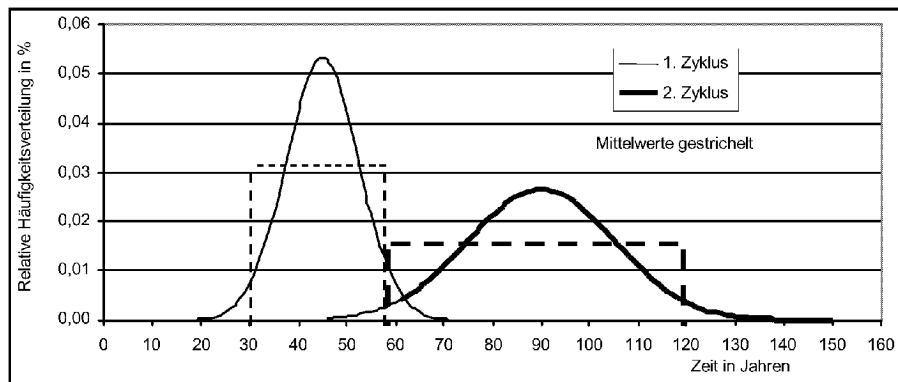
Normalverteilung der technischen Lebensdauer

Die technische Lebensdauer eines Bauteils, d.h. einer Fassade, eines Dachs oder eines Fensters hängt von verschiedenen teils zufälligen Einflüssen ab. Innerhalb einer entsprechend großen Stichprobe von Bauteilen wird daher die Lebensdauer in einer erheblichen Bandbreite schwanken. Einige Bauteile werden schon früh defekt werden, während andere lange funktionsfähig bleiben. Ein großer Teil wird jedoch in der Nähe eines Mittelwertes der Lebensdauer liegen. Man kann deshalb davon ausgehen, dass die Altersstruktur einer ausreichend großen Stichprobe in der Regel einer Normalverteilung unterliegt. Abbildung 8.2.1-1 zeigt ein Beispiel für eine normierte Normalverteilung, in der rund 95 % der technischen Lebensdauern im Intervall zwischen 30 und 60 Jahren liegen, bei einer mittleren Lebensdauer von 45 Jahren.

Unterstellt man, dass die Bauteile nach Ablauf der technischen Lebensdauer erneuert werden, dann kann man die Darstellung in Abbildung 8.2.1-1 als ersten Renovierungszyklus für die Gebäude auffassen, die zum Zeitpunkt 0 gebaut wurden.

Abbildung 8.2.1-1: Normalverteilung der technischen Lebensdauer (Beispiel Fassade)*Mehrere Renovierungszyklen*

Da die erwarteten Nutzungsdauern von Wohngebäuden oft über 100 Jahre liegen, werden die Bauteile, deren technische Lebensdauern wesentlich kürzer sind als 100 Jahre, mehrfach renoviert. Abbildung 8.2.1-2 zeigt, wie dem ersten Renovierungszyklus entsprechend Abbildung 8.2.1-1 ein zweiter Zyklus folgt.

Abbildung 8.2.1-2: Häufigkeitsverteilung bei zwei normalverteilten Renovierungszyklen

Die Streuung der Lebensdauer wird im zweiten Zyklus erheblich größer. Ein Bauteil, dass im ersten Zyklus nach 30 Jahren erneuert wurde, kann im ungünstigen Fall auch im zweiten Zyklus schon nach 30 Jahren defekt sein. Deshalb beginnt der zweite Zyklus bei 60 Jahren. Andererseits kann ein Bauteil, dass im ersten Zyklus mit 60 Jahren erneuert wurde auch im zweiten Zyklus wieder 60 Jahre halten, so dass der zweite Zyklus nach 120 Jahren zuende ist.

Damit verdoppelt sich die Spreizung von 30 Jahren im ersten Zyklus auf 60 Jahre im zweiten Zyklus. Allerdings werden auch im zweiten Zyklus die größten Häufigkeiten um den Mittelwert herum auftreten, der bei 90 Jahren liegt.

Gleichverteilung bei der Berechnung

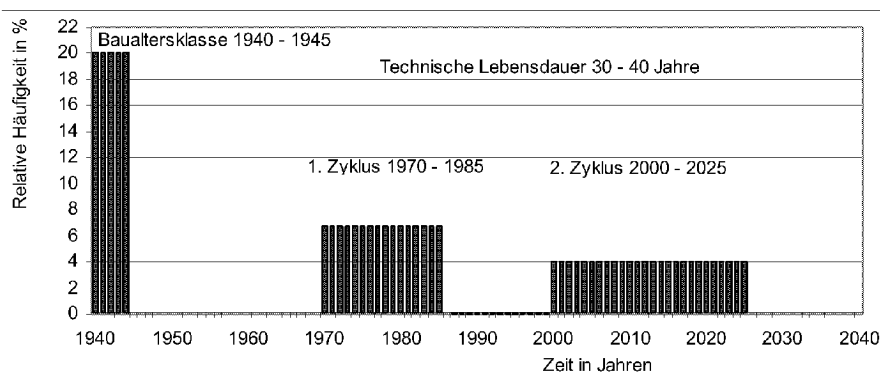
Bei der Berechnung wird aufgrund unzureichender Daten noch nicht mit solchen Verteilungskurven gearbeitet. Hier werden in der Regel Intervalle für die Lebensdauer der Bauteile angegeben, in denen die Häufigkeit der Einfachheit halber als konstant angenommen wird (Gleichverteilung). Abbildung 8.2.1-2 zeigt dies mit den gestrichelten Linien für das Beispiel.

Die folgende Abbildung 8.2.1-3 zeigt beispielhaft, wie sich für die Baualtersklasse 1940 – 1945 bei gegebener Lebensdauer von 30 – 40 Jahre die beiden ersten Renovierungszyklen bei Gleichverteilung entwickeln. Dabei ist unterstellt, dass alle Bauteile nach Ablauf der maximalen technischen Lebensdauer renoviert sind. Die Y-Achse gibt den jährlich Anteil der Gebäude am Bestand an. Er sinkt von 20 %/a für die Bauzeit auf 6,7 %/a im ersten Zyklus und erreicht im zweiten Zyklus 4 %/a. Erklärt man 2005 in diesem Beispiel zum Referenzjahr, dann werden nach dieser Darstellung in diesem Jahr 4 % des Bestands saniert.

Es wird unterstellt, dass Sanierungen, die primär nicht aus Altersgründen durchgeführt werden, sondern aufgrund von Verkäufen, Um- oder Anbauten, durch die breit gefächerten Renovierungszyklen im wesentlichen mit erfasst werden.

Grundsätzlich wird mit jedem weiteren Sanierungszyklus die Häufigkeit geringer aber die Periode (Spreizung) größer. Die Summe der Säulen beträgt für jeden Block in Abbildung 8.2.1-3 100 %, sofern keine Abrisse auftreten.

Abbildung 8.2.1-3: Gleichverteilte Renovierungszyklen



Die gleichverteilte Häufigkeit als Sollsanierungsrate

Die gleichverteilte, relative Häufigkeit in den Renovierungszyklen, die in Abbildung 8.2.1-3 dargestellt ist, wird im folgenden als Sollsanierungsrate bezeichnet. Sie gibt z.B. an, wie viele Quadratmeter Gebäudefläche aufgrund ihres Alters in einem bestimmten Jahr, saniert werden. Dabei ist die sanierte Fläche auf die gesamte Gebäudefläche bezogen. Der Begriff „saniert“ heißt hier nicht repariert, sondern er bedeutet die völlig Erneuerung des betreffenden Bauteils. Die Sollsanierungsrate, die man auch als Sollerneuerungsrate bezeichnen könnte, dient als Referenz für die Istsanierungsrate.

Bei der Berechnung der Sollsanierungsrate für den gesamten Bestand in einem bestimmten Jahr sind die Sollsanierungsraten verschiedener Baualtersklassen zu überlagern. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass sich für eine bestimmte Baualtersklasse je nach Pa-

parameterkonstellation die Perioden zweier aufeinanderfolgender Renovierungszyklen überschneiden können.

Technische Lebensdauer der Hauptbauteile

Die technische Lebensdauer wird hier mit der Nutzungsdauer gleich gesetzt. Sie beginnt mit dem Bau und endet mit dem Zeitpunkt der vollständigen Erneuerung. Grundsätzlich ist es möglich, das Ende der technischen Lebensdauer durch einen entsprechenden Aufwand für Reparaturen und Instandhaltung zeitlich hinauszuschieben, außer bei Totalschäden..

Tabelle 8.2.1–1 zeigt für verschiedene Bauteile der Gebäudehülle nach Gruson 1993 und für die Heizung nach Kleemann et al. 2003 Bereiche für die technischen Lebensdauern. Die Zahlen stammen aus der Sanierungspraxis und variieren in einem relativ großen Bereich. Gründe für die Streubreite sind die unterschiedliche Qualität der Materialien und der Bauteile, die verschiedenen Belastung bei der Nutzung und der mögliche Einfluss von Reparaturen.

Tabelle 8.2.1-1: Technische Lebensdauer der Bauteile in Jahren

Bauteile	Lebensdauer	
	Min.	Max.
Außenputz, Fassaden	30	60
Steildach	40	60
Flachdach	20	40
Fenster	25*	40
Isolierverglasung	20*	35
gesamte Gebäudehülle (Volldämmung)	20	60
Heizung	12	35

* von Gruson 1993 abweichend

Bestandsstruktur im Wohngebäudebereich

Grundlage für die Berechnung der Sollsanierungsrate ist neben der technischen Lebensdauer die Bestandsstruktur. Sie ist in Tabelle 8.2.1-2 für die bis 2000 in den alten und neuen Bundesländern (ABL, NBL) errichteten Wohngebäude gezeigt.

Die Struktur ist gekennzeichnet durch die Baualtersklassen A bis I und die Größenklassen EFH (Einfamilienhaus freistehend), RDH (Reihen- und Doppelhaus), KMH (kleines Mehrfamilienhaus und GMH (großes Mehrfamilienhaus).

Tabelle 8.2.1-2: Gebäudeflächenstruktur in 1.000 m² (Quelle: IKARUS-Datenbank)

Klasse	Baualter		ABL	NBL	D	ABL	ABL	NBL	D	ABL	NBL	D	D
	von	bis	EFH	EFH	EFH	RDH	KMH	KMH	KMH	GMH	GMH	GMH	Alle
A		1900	0	38	38	48	46	34	79			0	165
B	1901	1918	148	38	186	33	47	34	81	67	0	67	366
C	1919	1948	125	52	177	67	67	38	104	41	0	41	389
D	1949	1957	126	14	139	70	78	20	98	87	0	87	394
E	1958	1968	153	14	167	85	96	23	118	105	0	105	475
F	1969	1978	210	11	221	82	79	23	103	128	27	155	560
G	1979	1983	97	11	108	35	23	12	35	31	27	58	235
H	1984	1995	160	25	185	55	54	28	82	71	0	71	392
I	1996	2000											149*
Summe			1.018	202	1.220	473	490	210	700	530	54	583	3.126

* geschätzt

Bestimmung der Sollsanierungsrate einer Baualtersklasse für einen Bauteil

Bei der Berechnung der Sollsanierungsrate des Bestands wird für ein Referenzjahr ermittelt, welche Renovierungszyklen der Baualtersklassen das Referenzjahr überstreichen. Um einen Vergleich mit den Daten der Studie von Heinze Marktforschung 2002 durchführen zu können wird für das Beispiel in Tabelle 8.21-3 das Jahr 2001 als Referenz gewählt. Der Wert der Sollsanierungsrate wird aber für einige Jahre früher oder später nicht wesentlich abweichen.

Tabelle 8.2.1-3 zeigt hierzu ein Rechenbeispiel für den Bauteil Außenwand für die Baualtersklasse C nach Tabelle 8.2.1-2. Die Spalten 2 und 3 enthalten die Zeitperioden der Altersklasse und der ersten drei Renovierungszyklen. Aus den Zahlen erkennt man, dass das Referenzjahr 2001 im ersten und zweiten Zyklus enthalten ist (fett gekennzeichnet in der Abbildung). Die Spreizung in der folgenden Spalte vergrößert sich mit jedem Zyklus. Die letzte Spalte schließlich enthält die berechneten Sollsanierungsraten. Die Summe der Werte 0,21 %/a und 0,14 %/a ergeben die Sollsanierungsrate der Baualtersklasse C im Jahr 2001 zu 0,35 %/a. In der Baualtersklasse C sind alle Gebäudegrößen (EFH, RDH, KMH und GMH) enthalten.

Tabelle 8.2.1-3: Sollsanierungsrate 2001 für Außenwand für eine Baualtersklasse

	Min.	Max.	Spreizung der Häufigkeitsverteilung	Anteil am Bestand in %/a	Sollsanierungsrate in %/a
Techn. Lebensdauer (Außenputz, Fassade)	30	60	30		
Baualter (Klasse C)	1919	1948	29	0,43*	
1. Zyklus (Baualter + techn. Lebensdauer)	1949	2008	59		0,21**
2. Zyklus (1. Zyklus + techn. Lebensdauer)	1979	2068	89		0,14
3. Zyklus (2. Zyklus + techn. Lebensdauer)	2009	2128	119		0,10
Sollsanierungsrate für Baualtersklasse C					0,35
* Gebäudefläche der Altersklasse C (389.000m ²) dividiert durch die gesamte Gebäudefläche des Bestands (3.126.000 m ²) und dividiert durch die Spreizung von 29 Jahren					
** 0,43 % umgerechnet auf die Spreizung von 59 Jahren (0,43*29/59)					

Bestimmung der Sollsanierungsrate für alle Baualtersklassen

Die Rechnung, die in vorangehenden Tabelle 8.2.1-3 für eine Baualtersklasse dargestellt ist, wird für alle Baualtersklassen durchgeführt. Das Ergebnis ist in der folgenden Tabelle 8.2.1-4 zusammengefasst.

Insgesamt liefern die sechs Baualtersklassen A bis F einen Beitrag zur Sollsanierungsrate. Bei den Klassen A bis C tritt die oben erwähnte Überschneidung aufeinanderfolgender Zyklen auf. Dies ist an den Spalten Zyklusbeginn und Zyklusende abzulesen. Die beiden Klassen A und B befinden sich 2001 aufgrund ihres hohen Alters im zweiten und dritten Renovierungszyklus, während die jüngere Klasse C sich 2001 im ersten und zweiten Zyklus befindet.

Die Klassen D, E und F durchlaufen bis 2001 nur den ersten Zyklus. Die Beiträge dieser drei Klassen zur gesamten Sollsanierungsrate sind am höchsten, weil sie einen sehr hohen Anteil am Bestand haben (Nachkriegsbauten) und weil der erste Zyklus noch weniger gespreizt ist als die folgenden Zyklen.

Die Sollsanierungsrate für den gesamten Bestand summiert sich in der letzten Zeile von Tabelle 8.2.1-4 aus den einzelnen Sollsanierungsraten der Bauteile zu 1,91 % pro Jahr.

Tabelle 8.2.1-4: Sollsanierungsrate 2001 für Außenputz, Fassaden (alle Altersklassen)

Alters- klasse	Nummer Renovierungs- zyklus	Baualter		Zyklus- beginn	Zyklus- ende	Soll- sanierungsrate in %/a*
A	2.		1900	1945	2020	0,07
A	3.		1900	1975	2080	0,05
B	2.	1901	1918	1961	2038	0,15
B	3.	1901	1918	1991	2098	0,11
C	1.	1919	1948	1949	2008	0,21
C	2.	1919	1948	1979	2068	0,14
D	1.	1949	1957	1979	2017	0,33
E	1.	1958	1968	1988	2028	0,38
F	1.	1969	1978	1999	2038	0,46
Summe						1,91

* bezogen auf den Gesamtbestand von 3,1 Mrd. m² (Tabelle 8.1-2)

Bestimmung der Sollsanierungsrate für alle Baualtersklassen und alle Bauteile

Die Sollsanierungsrate hängt für den Bestand in einem bestimmten Jahr nur von der Höhe und der Spreizung der technischen Lebensdauer ab. Da Letztere sich für die einzelnen Bauteile unterscheidet, sind die Sollsanierungsraten der Bauteile unterschiedlich. Die folgende Tabelle 8.2.1-5 zeigt dies für die alle Bauteile. Die Bauteile mit der höchsten Lebensdauer haben die geringste Sollsanierungsrate, wohingegen die kurzlebigen Bauteile am häufigsten erneuert werden müssen.

Wird eine Vollsanierung der Gebäudehülle durchgeführt, dann ergibt sich die Sollsanierrungsrate dafür als Mittelwert über alle Bauteile, außer der Heizung. Nach Tabelle 8.2.1-5 beträgt der Wert 2,57. In den hier durchgeführten Szenariorechnungen wird immer mit der Sollsanierrungsrate für eine Volldämmung gerechnet.

Tabelle 8.2.1-5: Sollsanierrungsraten für alle Bauteile

Bauteile	Lebensdauer		Sollsanierrungsrate
	Min.	Max.	%/a
Außenputz, Fassaden	30	60	1,91
Steildach	40	60	1,70
Flachdach	20	40	2,99
Fenster	25	40	2,57
Isolierverglasung	20	35	3,67
alle Maßnahmen (Hülle)			2,57*
Heizung	12	35	3,95

* Mittelwert

Die Sollsanierrungsrate gibt einen Hinweis darauf, wie viele Sanierungen aufgrund der Lebensdauer durchgeführt werden sollten, um weitere Schäden an den Gebäuden zu verhindern. Da bauliche und energetische Sanierung aus Kostengründen in der Regel gleichzeitig durchgeführt werden, ist die hier definierte Sollsanierrungsrate eine "energetische Sollsanierrungsrate".

Sanierungspotenzial, ausgedrückt in Wohnfläche und Wohneinheiten

Die Sollsanierrungsrate gibt gleichzeitig das Sanierungspotenzial an. Der Wert von 2,57 % für die Vollsanierung der Gebäudehülle, der in der vorletzten Zeile von Tabelle 8.2.1-5 angegeben ist, entspricht einer jährlich zu sanierenden Gebäudefläche von 80 Mio. m². Das sind rund 968.000 Wohnungen. Die tatsächlich durchgeführte Anzahl von Sanierungen ist deutlich geringer als die Sollsanierrungsrate.

8.2.2 Berechnung der energetischen Istsanierrungsrate

Auswertung der Studie von Heinze Marktforschung 2002

In der Studie "Heinze Marktforschung 2002" werden rund 10.000 Eigentümer, Vermieter und Mieter über die Modernisierungsaktivitäten im Jahr 2001 befragt. Die Befragung umfasst u.a. die Bauteile Fassade, Dach, Fenster, Wärmedämmung und Heizung für Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH) sowie für Mehrfamilienhäuser (MFH).

Aus der Darstellung der Befragungsergebnisse lässt sich direkt ausrechnen, dass nur 34 % der Modernisierer, die eine größere Modernisierungsmaßnahme an der Außenwand durchführen, dort auch eine Wärmedämmung anbringen. Beim Dach (Steil- und Flachdach) beträgt dieser Anteil 42 %. In bezug auf die Anzahl der Wärmedämmungen könnte also in

der Praxis 2,5 mal mehr getan werden³. Über die Qualität der Wärmedämmung ist in der Studie keine Aussage gemacht worden.

Für die folgenden Untersuchungen werden die von Heinze Marktforschung 2002 auf die Anzahl der Modernisierer bezogen Ergebnisse auf die Gebäudefläche umgerechnet. Daraus wird dann die energetische Istsanierungsrate berechnet.

Istsanierungsraten nach Heinze Marktforschung 2002

Die energetische Istsanierungsrate ist das Verhältnis der im Referenzjahr sanierten Gebäudefläche, bezogen auf die Fläche des gesamten Gebäudebestands. Aus den Umfrageergebnissen der Modernisierungsstudie von Heinze Marktforschung 2002 ergeben sich durch Umrechnung die in Spalte 5 von Tabelle 8.2.2-1 zusammengestellten Istsanierungsraten für die Bauteile. Für die Vollsaniierung einer Gebäudehülle ergibt ein Wert von 1,34 %/a.

Tabelle 8.2.2-1: Vergleich der Soll- und Istsanierungsraten

Bauteile	Lebensdauer		Soll-saniierungsrate	Istsanierungsrate (Heinze 2002)	Verhältnis Ist/Soll (nach Heinze 2002)	Verhältnis Ist/Soll (Kleemann et al. 2001)
	Min.	Max.	%/a	%/a	%	%
Außenputz, Fassaden	30	60	1,91	0,80	42	
Steildach	40	60	1,70	0,64	37	
Flachdach	20	40	2,99	0,53	18	
Fenster	25	40	2,57	2,20	86	
Isolierverglasung	20	35	3,67	2,54	69	
alle Maßnahmen (Hülle)			2,57*	1,34*	52	56
Heizung	12	35	3,95	3,08	78	

* Mittelwert

8.2.3 Das Sanierungsverhältnis

Zahlenwerte, berechnet mit Daten der Studie von Heinze Marktforschung 2002

Das Verhältnis von Ist- zu Sollsaniierungsrate wird als Sanierungsverhältnis bezeichnet. Es gibt an, welcher Anteil der energetischen Sollsaniierungsrate in der Praxis im Jahr 2001 umgesetzt wurde. Tabelle 8.2.2-1 zeigt die berechneten Werte in der vorletzten Spalte.

Für Außenwand und Steildach liegt das Sanierungsverhältnis um die 40 % und bei den Flachdächern nur bei 18 %. Der geringe Anteil der Flachdach-Dämmungen ist wahrscheinlich darauf zurück zu führen, dass viele Modernisierer von der falschen Annahme ausgehen, dass ihr Flachdach schon ausreichend gedämmt sei und dass sich die Sanierung auf die Abdichtung beschränken könne. Das größte Sanierungsverhältnis erreicht die Erneuerung der Fenster mit 86 %. Dies entspricht dem Trend, denn auch in der Vergangenheit war das Fenster immer der Bauteil, der am ersten und am häufigsten erneuert wurde.

Alle Dämmmaßnahmen zusammen (Vollsaniierung) erreichen das Verhältnis von 52 %. Dieser Wert bedeutet, dass im Mittel in der Praxis nur die Hälfte der Sanierungen durchgeführt wird, die aufgrund des Alters der Bausubstanz hätten durchgeführt werden sollen. Die Ursachen für die Umgehung der Sanierung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

³ Innendämmungen sind bei diesen Prozentzahlen nicht berücksichtigt.

- Die Gebäudeeigentümer stellen die bauliche und energetische Sanierung aus wirtschaftlichen Gründen zurück und nehmen entstehende Folgeschäden bis zu einem gewissen Umfang in Kauf.
- Ebenfalls aus wirtschaftlichen Gründen wird statt der vollständigen Erneuerung des Bauteils nur eine Reparatur vorgenommen. So werden zum Beispiel einzelne defekte Dachziegel ausgetauscht und Risse in der Fassade einzeln abgedichtet. Die Reparatur ist für den Gebäudeeigentümer im Moment billiger als die Neuinvestition.
- Die bauliche Sanierung wird durchgeführt, die energetische aber nicht.

Vergleich mit einer anderen Datenquelle

Die letzte Spalte in Tabelle 8.2.2-1 gibt nach Kleemann et al. 2001 für das Jahr 1999 ein Sanierungsverhältnis für alle Dämmmaßnahmen von 56 % an. Trotz unterschiedlicher Datenquellen zeigt sich eine recht gute Übereinstimmung mit dem Wert von 52 % nach Heinze Marktforschung 2002.

Ein Abwärtstrend bei den durchgeführten energetischen Sanierungen von 56 % in 1999 auf 52 % in 2001 erscheint aufgrund der Verschlechterung der wirtschaftlichen Lage plausibel. Andererseits bestehen bei den Daten und dem Auswertungsverfahren gewisse Unsicherheiten, die auch Ursache für die Abweichung der beiden Werte sein können. Für die weitere Analyse wird deshalb mit einem Mittelwert von 54 % gerechnet.

Im Heizungsbereich ergibt sich ein Sanierungs- oder Erneuerungsverhältnis von 78 %. Ein erheblicher Anteil von alten Kesseln wird in der Praxis nicht ausgetauscht, sondern immer wieder repariert. Nach BDH 2004 ergibt sich bei der Marktentwicklung für Heizungsanlagen seit Mitte der 90'er Jahre ein Abwärtstrend. Das Marktvolumen ist von dem hohen Niveau mit jährlich fast 1 Mio. verkaufter Anlagen auf 790.000 im Jahr 2001 gesunken, was einer Minderung um 79 % entspricht. Diese Zahl stimmt recht gut mit dem aus den Daten von Heinze Marktforschung 2002 abgeleiteten Wert von 78 % überein. Im Anhang 3 ist die Modernisierung der Heizungsanlage ausführlich beschrieben.

8.3 Ermittlung des Einsparverhältnisses

Zahlenwert für das Einsparverhältnis

Das Einsparverhältnis: Es gibt den nach einer durchgeführten energetischen Sanierung gemessenen Verbrauch an, bezogen auf den Sollwert des Verbrauchs, den die Verordnung fordert. Das Einsparverhältnis ergibt sich aus dem Verhältnis von Istverbrauch zu Sollverbrauch (Normverbrauch).

Im Rahmen der Auswertung mehrjähriger Verbrauchsdaten von rund 70.000 Gebäuden eines Versorgungsgebiets wurde in Kleemann et al. 2001 u.a. für das Jahr 1999 ein Einsparverhältnis von 59 % ermittelt. Da die zugrunde liegende Stichprobe fast ein Prozent des deutschen Bestands umfasst und alle Gebäudetypen und Baualtersklassen enthält, kann das ermittelte Einsparverhältnis als repräsentativ angesehen werden. Der Zahlenwert gilt als Mittelwert nur für einen größeren Bestand. Für die einzelnen Gebäude des betrachteten Bestands kann der Wert erheblich schwanken. Belastbare Zahlen aus anderen Quellen liegen zur Zeit nicht vor. Hier wird ein entsprechendes Forschungsvorhaben zur Aktualisierung und Vertiefung vorgeschlagen (vgl. TEIL IV).

Der Zahlenwert für das Einsparverhältnis enthält zwei Einflüsse, die Verbrauchsminderungen durch die Sanierung und die Verbrauchsveränderungen durch das Nutzerverhalten. Beide Einflüsse werden mit dem Parameter zusammen erfasst und gehen als Ganzes in die Rechnungen ein. Für die Prognoserechnungen ist es unerheblich, ob die Einflüsse einzeln oder zusammen berücksichtigt werden, entscheidend ist der Gesamteffekt.

Übertragbarkeit des Zahlenwertes

Allerdings gilt die in Kleemann et al. 2001 ermittelte Zahl für das Jahr 1999, in dem noch die Wärmeschutzverordnung von 1995 (WSchV95) in Kraft war. De facto sind aber die Anforderungen an die Bauteile bei der Altbau-sanierung in der WSchV95 und der Energieeinsparverordnung (EnEV) praktisch unverändert, wie ein Vergleich der U-Werte in der Tabelle 8.3-1 zeigt. Damit ist klar, dass von den Handwerkern weiter die Dämmdicken aufgebracht werden, die in den letzten Jahren immer aufgebracht wurden. Diese erreichten im Mittel aber nur 59 % der von der WSchV95 geforderten Dämmdicke.

Tabelle 8.3-1: Vergleich der U-Werte

	WSchV95	EnEV
	W/(m²K)	W/(m²K)
Außenwände	0,5	0,45
	0,4	0,35
Fenster	1,8	1,7
Decken,	0,3	0,3
Dächer		0,25
Keller	0,5	0,4
		0,5

Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob das Sanierungsverhalten nach Einführung der EnEV tatsächlich besser geworden ist oder nicht. Eine Reihe von Fachleuten aus Ministerien und Behörden erwartet, dass sich durch die EnEV der Vollzug verbessert hat. Allerdings kann man davon ausgehen, dass bei den Sanierungen, die im Rahmen von Förderprogrammen durchgeführt werden der Vollzug besser ist als bei autonomen Sanierungen. Das wird bei den Rechnungen berücksichtigt und führt insbesondere bei der Evaluierung der Einzelmaßnahmen zu deutlich höheren Einsparungen.

Auf der anderen Seite gibt es viele Experten aus der Praxis, die nicht erwarten, dass sich der Vollzug durch die Einführung der EnEV bis heute verbessert hat. Dafür sprechen die oben genannten unveränderten Anforderungen der EnEV gegenüber der WSchV95, die wirtschaftliche Lage, die sich seit 1999 weiter verschlechtert hat und besonders die fehlende Kontrolle (Kleemann 2005).

Für diese Untersuchung wird deshalb mit einem Einsparverhältnis von 59 % für die nächsten Jahre gerechnet. Es war nicht Zielsetzung dieser Studie, den Vollzug bei der Sanierung von Altbauten zu ermitteln. Für die Prognoserechnungen sollten aus den vorliegenden Informationen, Daten, Expertenwissen, Plausibilitäten und Indizien mit einer pragmatischen Methodik die bestmöglichen Rechenparameter abgeleitet werden. Ziel der Studie war es, mit diesen Kennzahlen weiter reichende Ergebnisse, nämlich die zukünftige Entwicklung

der CO₂-Emission zu erzeugen, d.h. zu prognostizieren und Unsicherheitsbereiche durch unterschiedliche Szenarien einzugrenzen.

In der Tat müssen an einigen Stellen mangels harter Daten Annahmen aufgrund von weichen Informationen (Expertenwissen, Plausibilitätserklärungen usw.) getroffen werden. Trotzdem entsprechen die Grundlagen für die vorliegende Untersuchung dem aktuellen Stand des Wissens.

Zur Umsetzung der Potenzialausnutzung bei der Altbausanierung wird ein weiterer Forschungsbedarf gesehen (vgl. TEIL IV).

8.4 Berechnung der Potenzialausnutzung

Der Zahlenwert für die Potenzialausnutzung

In der Potenzialausnutzung werden die Einflüsse von Sanierungsverhältnis und Einsparverhältnis zusammen gefasst. Aus den beiden Kennzahlen für die sanierte Menge und für die Sanierungsqualität wird eine Kennzahl gebildet. Die Potenzialausnutzung ergibt sich durch die Multiplikation von Sanierungsverhältnis und Einsparverhältnis.

Mit den Werten für das Sanierungsverhältnis von 54 % und für das Einsparverhältnis von 59 % ergibt sich eine Potenzialausnutzung von 32 %. Mit dieser Zahl wird zunächst gerechnet, wobei zugelassen wird, dass sich die Potenzialausnutzung durch bestimmte Maßnahmen mit der Zeit verbessern kann.

Rechenschema zur Ermittlung der Potenzialausnutzung

Der formelmäßige Zusammenhang zur Berechnung der Potenzialausnutzung ist in der nachstehenden Box zusammengestellt.

Die Größen beziehen sich auf ein Referenzjahr.
 SSR = Sollsanierungsrate
 ISR = Istsanierungsrate
 A_S = Gebäudefläche im Bestand, die aufgrund ihres Alters saniert werden sollte (m²)
 A_I = Gebäudefläche im Bestand, die tatsächlich saniert wurde (m²)
 A_B = Gebäudefläche des Bestands (m²)

$SSR = A_S / A_B$
 $ISR = A_I / A_B$

SV = Sanierungsverhältnis
 $SV = ISR / SSR = A_I / A_S$

ESV = Einsparverhältnis
 IEES = Istenergieeinsparung auf der Fläche A_I (kWh)
 SEES = Sollenergieeinsparung auf der Fläche A_S (kWh)

$ESV = IEES / SEES$

SAN EFF = Potenzialausnutzung
 $SAN EFF = SV * ESV$
 $SAN EFF = 0,54 * 0,59 = 0,32$

9 ANHANG 2: Ermittlung des Mehrverbrauchs im Neubaubereich durch Nutzerverhalten und abweichende Gebäudeeigenschaften

Es ist bekannt, dass der reale Verbrauch in Neubauten von den berechneten Normverbräuchen abweicht. Ursachen sind im wesentlichen Abweichungen des realisierten Gebäudes vom Plan, eventuelle Umnutzungen und das Nutzerverhalten. Allerdings existieren hierzu kaum umfassende und systematische Untersuchungen.

IEMB 1998 geht davon aus, dass in der dort untersuchten Stichprobe die Umsetzung bei Neubauten offenbar weitgehend im „Selbstvollzug“ erfolgt, trotz einer fehlenden Kontrolle der Bauaufsichtsbehörden. Quantitative Hinweise, die für die Rechnungen in dieser Untersuchung verwendet werden können, werden in IEMB 1998 nicht gegeben. Die Untersuchung Kleemann et al. 2001 wird deshalb verwendet, um die entsprechenden Rechenparameter abzuleiten.

Im Rahmen einer Verbrauchsanalyse aller Gebäude Baualtersklasse 1995 bis 1999 des untersuchten Versorgungsgebiets wurden aus den temperaturbereinigten Endenergieverbräuchen die jeweiligen Nutzenergieverbräuche (Wärmeenergieverbräuche) ermittelt und mit den Sollwerten der Wärmeschutzverordnung 95 (WSchV95) verglichen.

Verbrauchs determinanten

Da die untersuchten Verbrauchswerte temperaturbereinigt waren, bleiben im wesentlichen nur die folgenden sechs Variablen übrig, die den Verbrauch eines Gebäudes bestimmen:

- | | |
|-------------------------|---|
| 1. Der Gebäudezustand: | 1.1 Baualter, A/V-Verhältnis |
| | 1.2 Wärmetechnischer Zustand (Isolation, Fenster) |
| 2. Die Heizungsanlage: | 2.1 Art der Heizung |
| | 2.2 Alter der Heizung |
| 3. Das Nutzerverhalten: | 3.1 Innentemperatur und Beheizungsumfang |
| | 3.2 Luftwechselzahl |

Für die Analyse kann ein Teil der Variablen wie folgt ausgeschaltet werden:

- Um den Mehrverbrauch gegenüber der WSchV95 zu überprüfen kommen nur die Baualter von 1995 bis 2000 infrage (jüngere Daten standen ohnehin nicht zur Verfügung). Das Baualter als Variable ist damit ausgeschaltet.
- Das Heizungsalter ist aufgrund der Baualtersklasse ebenfalls ausgeschaltet. Alle Gebäude haben wegen ihres geringen Alters moderne Niedertemperatur- oder Brennwert-Anlagen, die noch nicht erneuert wurden.
- Der Parameter „Art der Heizung“ wird ebenfalls reduziert, da nur Gasheizungen betrachtet werden.
- Das A/V Verhältnis wird dadurch ausgeschaltet, dass die Gebäude in die vier Größenklassen Einfamilienhaus (EFH), Reihendoppelhaus (RDH), kleines Mehrfamilienhaus (KMH) und großes Mehrfamilienhaus (GMH) eingeteilt wurden und separat analysiert wurden.

Als Unbekannte bleiben der Gebäudezustand und das Nutzerverhalten übrig.

Drei Verbrauchsbereiche

Die flächenspezifischen Nutzenergieverbräuche der untersuchten Gebäude-Stichprobe schwankten zwischen 30 und über 500 kWh/m². Bei der Auswertung wurden jeweils 5 % der untersten Werte, die z.B. durch zeitweisen Leerstand verursacht werden, abgeschnitten. Außerdem wurden 5 % der oberen Extremwerte nicht betrachtet, die durch zusätzliche Nutzungen entstehen, wie z.B. Schwimmbad, Wintergarten, Gewächshaus oder Nebengebäude.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse wurden die Gebäude in drei Verbrauchsgruppen eingeteilt, wobei über die Gebäudetypen gemittelt wurde:

1. 30 % der Gebäudefläche lag deutlich unter dem von der Wärmeschutzverordnung 95 geforderten Wert.
2. 20 % der untersuchten Gebäudefläche lag mit dem Verbrauch innerhalb des Unsicherheitsbereichs von ± 15 % um den Sollwert der WSchV95.
3. 50 % der Gebäudefläche hatte einen erheblich höheren Verbrauch als die WSchV95 verlangt.

Eine andere Untersuchung von Mügge 1993, die auf praktischen Verbrauchsmessungen einer Stichprobe von 48 Gebäuden beruht, kommt bei der Verteilung der Verbräuche zu ähnlichen Ergebnissen. Rund 21 % der Gebäude liegen mit ihrem Verbrauch unter dem Referenzwert, 48 % im Bereich ± 15 % um den Sollwert und 31 % verbrauchen erheblich mehr. Als Ursachen werden das Nutzerverhalten und abweichende Gebäudeeigenschaften angegeben.

Der Wärmeverbrauch der Gebäude der Gruppe Nr. 1 liegt im Mittel um 40 % unter dem Verbrauch, den die WSchV95 fordert. Bei der Gruppe Nr. 3 ist der Verbrauch im Mittel dagegen 85 % höher als er nach der WSchV95 sein müsste. Betrachtet man alle drei Gruppen zusammen und rechnet den Minderverbrauch gegen den Mehrverbrauch auf, dann wird der Sollverbrauch der WSchV95 von um 31 % überschritten.

Verwendeter Rechenwert für den Mehrverbrauch

Dieser Mehrverbrauch entsteht teils durch abweichende Gebäudeeigenschaften und Umnutzungen sowie teils durch das Nutzerverhalten. Eine Aufschlüsselung in diese beiden Einflüsse ist aus den gemessenen Gesamtverbräuchen nicht möglich. Im Hinblick auf die insgesamt vom Neubaubereich verursachte Mehrmission ist es unerheblich, ob diese von den Nutzern oder von der unzureichenden Dämmung verursacht wird. Wesentlich ist die Gesamtwirkung der Effekte. In den Modellrechnungen wird deshalb zunächst mit einem mittleren, gegenüber dem Sollwert der EnEV, um 31 % erhöhten Wert gerechnet. Dabei wird zugelassen, dass sich dieser Wert in der Zukunft aufgrund bestimmter Maßnahmen oder Randbedingungen verringern kann.

Obwohl dieser Wert für die WSchV95 ermittelt wurde, wird seine Gültigkeit für die EnEV unterstellt. Diese Arbeitshypothese ist aus den bisher vorliegenden Daten und Erfahrungen plausibel. Allerdings wird hier noch ein weiterer Forschungsbedarf gesehen (vgl. TEIL IV).

Hinsichtlich der Gültigkeit des Zahlenwertes für die Zeit nach Inkraftsetzung der EnEV gilt hier auch das im Anhang 1 in Kapitel 8.3 im Abschnitt "Übertragbarkeit des Zahlenwerts" Gesagte. Es ist zu befürchten, dass nach Einführung der EnEV von einem Teil der Handwer-

ker aus Gewohnheit weiter die Dämmdicken aufgebracht werden, die in den vorangehenden Jahren immer aufgebracht wurden, weil eine Kontrolle fehlt und weil die wirtschaftliche Lage sich weiter verschlechtert hat (Kleemann 2005)..

10 ANHANG 3: Modernisierung der Heizungsanlage

Altersstrukturen im Heizungsanlagenbestand

Der Zustand des Heizungsanlagenbestandes lässt sich am besten an der Altersstruktur ablesen. Die folgenden Bilder 10-1 und 10-2 zeigen diese Strukturen für die Öl- und Gasfeuerungen entsprechend der Auswertung einer repräsentativen Stichprobe von Schornsteinfegerdaten durch das Forschungszentrum Jülich (Kleemann M. et al. 2003). Die Bilder zeigen die relative Häufigkeit des Baualters der Anlagen.

Der Heizungsanlagenbestand beläuft sich derzeit auf 6,4 Mill. Ölfeuerungen und 12,5 Gasfeuerungen im Wohn- und Nichtwohngebäudebestand.

Abbildung 10-1: Altersstruktur der Ölfeuerungen (2001)

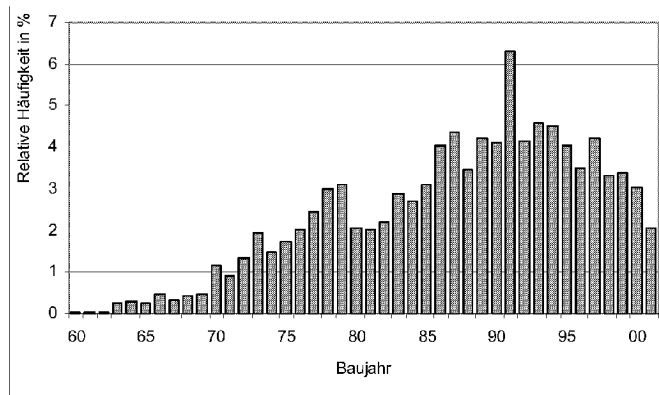
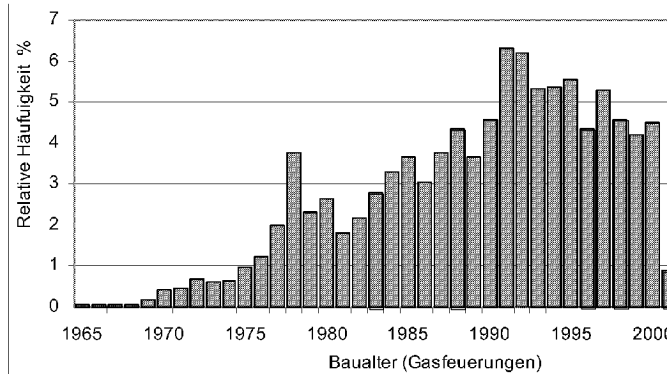


Abbildung 10-2: Altersstruktur der Gasfeuerungen (2001)



Die Entwicklung der Altersstrukturen sowohl der Öl- als auch der Gasfeuerungen lässt sich nach den Abbildungen 10-1 und 10-2 in zwei Bereiche einteilen:

1. Rechter Bereich: Frühe neunziger Jahre bis heute (Bereich der jüngeren Anlagen).
2. Linker Bereich: Frühe neunziger Jahre rückwärts bis 1960 (Bereich der älteren Anlagen).

Die Spitze im Jahr 1978 ist offensichtlich darauf zurück zu führen, dass genau zu diesem Zeitpunkt die Förderung der Heizungsmodernisierung nach §82a EStDV begann. Dies hat damals einen verstärkten Erneuerungsimpuls ausgelöst. Die zweite herausragende Spitze tritt 1991 auf, weil das Förderprogramm 1992 eingestellt wurde. Ein erheblicher Teil der Gebäudebesitzer wollte diese steuerliche Absetzungsmöglichkeit offensichtlich noch mitnehmen. Dies zeigt, dass finanziell attraktive Förderprogramme die Modernisierung beschleunigen können.

Der Modernisierungstau (rechter Bereich in den Diagrammen)

An dem Abfall der Häufigkeiten von Anfang der Neunziger Jahre bis 2000 erkennt man deutlich, dass die Anzahl der jährlich installierten Anlagen zurückgegangen ist. Dies ist in Übereinstimmung mit den Angaben des „Bundesindustrieverbands Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.“ (BDH) zum Marktvolumen der Heizungsanlagen in Deutschland. So ist nach BDH 2004 der Absatz von Öl- und Gaskesseln für den Alt- und Neubaubereich von 1998 bis 2003 stetig um 22 % abgesunken. Dies hat mehrere Gründe:

1. Die Sättigung des Anlagenmarktes in den neuen Bundesländern.
2. Der allgemeine Rückgang der Neubautätigkeit.
3. Der Wechsel zu Biomassekesseln, insbesondere Pelletkessel.
4. Die gesunkene Bereitschaft alte Kessel rechtzeitig zu erneuern.

Letzteres ist für den Klimaschutz besonders nachteilig, weil Einsparpotenziale nicht genutzt werden. In nicht wenigen Fällen werden Anlagen aus Unwissenheit oder Kapitalmangel so lange weiter betrieben, wie sie technisch gerade noch funktionieren. So wird in IWO 2003 berichtet, wie im Rahmen einer Werbeaktion im Saarland eine 39 Jahre alte und sogar eine 49 Jahre alte Ölheizung durch moderne Anlagen ersetzt wurden.

Die Abbildungen 10-1 und 10-2 zeigen, dass der Abwärtstrend bei den Ölfeuerungen deutlich stärker ist als bei den Gasfeuerungen. Dies wird durch den Brennstoffwechsel weg vom Öl und hin zum Erdgas verursacht.

Erneuerungszyklen (linker Bereich der Diagramme)

Die Abbildungen zeigen, dass die Anlagenanzahl mit wachsendem Alter aufgrund der zunehmenden Erneuerung deutlich abnimmt. Der Anteil der Ölfeuerungen beginnt ab 1985 stärker abzunehmen, d. h. Ölheizungen werden ab einem Alter von 15 Jahren erneuert. Bei Gasheizungen liegt dieser Zeitpunkt etwa zwei Jahre früher. Betrachtet man die 3 % der ältesten Anlagen nicht, dann werden Ölkessel in einem Alter von 15 bis 34 Jahren (Durchschnitt 25 Jahre) erneuert und Gaskessel im Alter von 13 bis 30 Jahren (Durchschnitt 22 Jahre). Dies sind wesentlich längere Erneuerungszyklen, als in der Literatur oft angegeben werden.

Steigender Modernisierungsbedarf

Aus den Alterstrukturen in den Abbildungen kann man ableiten, dass von den Ölfeuerungen rund 20 % oder 1,3 Mill. Anlagen vor 1979 gebaut wurden. Diese Anlagen waren 2004 alle älter als 24 Jahre, wobei 7 % oder 450.00 Stück sogar älter als 30 Jahre sind.

Bei den Gasfeuerungen sind etwa 10 % bzw. 1,25 Mill. Anlagen vor 1979 installiert worden. Davon sind 380.000 Anlagen älter als 30 Jahre. Alle diese Anlagen sind überaltert und müssen nach der 1.BImSch bis 2006 erneuert sein.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Heizungsanlagenbestand zu einem erheblichen Teil überaltert ist. Aus den Alterstrends im Bestand lässt sich ableiten, dass die Bereitschaft der Besitzer, die Anlage rechtzeitig zu erneuern, sinkt. Aufgrund dieser Entwicklungen ist es fraglich, ob die überalterten Anlagen entsprechend der 1. BImSchV bis 2006 alle erneuert werden. Hier liegt hinsichtlich der Vollzugskontrolle die Verantwortung beim Schornsteinfegerhandwerk.

Entwicklung der Nutzungsgrade

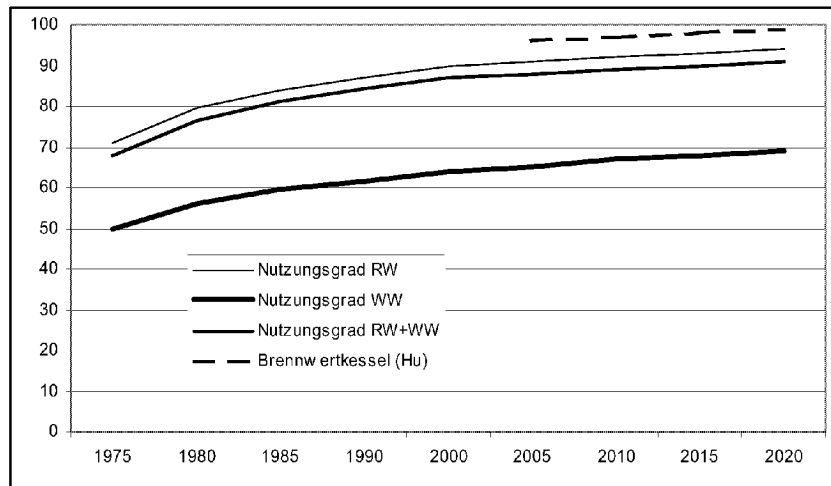
Heizungsanlagen werden in den Rechnungen entsprechend dem üblichen Ersatzinvestitionszyklus erneuert (vgl. Tabelle 8.2.1-1). Bei der Erneuerung von alten Kesseln gegen neue Niedertemperatur- und Brennwertkessel können theoretisch Verbesserungen im Nutzungsgrad von 10 bis 25 % erwartet werden. Bei der praktischen Sanierung werden diese hohen, von Hersteller-Wirkungsgradangaben abgeleiteten Einsparungen aber bei weitem nicht in jedem Altbau realisiert. Ursachen sind:

- Der Jahresnutzungsgrad ist in der Regel niedriger als der Wirkungsgrad.
- Die vorhandene Verteilung ist nicht optimal an den neuen Kessel angepasst.
- Der Brennwerteffekt kann aufgrund der alten Verteilung oder aus anderen Gründen nicht immer voll genutzt werden (Wolff et al 2004).
- Der energetische Einfluss des Schornsteins wird meist nicht richtig bei der Energiebilanzierung erfasst (vgl. auch Luther 1996). Bei einem alten Kessel mit schlechtem Wirkungsgrad trägt die Abgaswärme in einem bestimmten Maß zur Erwärmung des Schornsteins bei, der wiederum einen Teil dieser Wärme zur Heizung der Räume abgibt. Auch die anderen Kesselverluste tragen zu einem bestimmten Umfang zur Raumheizung bei. Der neue Kessel hat einen besseren Wirkungsgrad und weniger Verluste, die indirekt genutzt werden können. Der Wirkungsgradvorteil wird dadurch etwas kompensiert.

Abbildung 10-1 zeigt die für die Rechnungen zugrunde gelegte Entwicklung der mittleren, realen Nutzungsgrade der Heizungsanlagen. Aus der Tabelle lassen sich die erreichbaren Einsparungen ablesen. Wird ein 25 Jahre alter Kessel (1980, 78 %) im Jahr 2005 durch einen modernen Niedertemperaturkessel (88 %) erneuert, dann kann eine Einsparung von 10 % erzielt werden. Im Falle eines Brennwertkessels (96 %) beläuft sich die Einsparung auf 15 %.

Tabelle 10-1: Nutzungsgradentwicklung bis 2020 in %

	1975	1980	1985	1990	2000	2005	2010	2015	2020
Nutzungsgrad RW	71	81	84	87	90	91	92	93	94
Nutzungsgrad WW	50	57	59	61	64	65	67	68	69
Nutzungsgrad RW+WW	68	78	81	84	87	88	89	90	91
Brennwertkessel (Hu)						96	97	98	99

Abbildung 10-1: Nutzungsgradentwicklung bis 2020 in %

Der Nutzungsgrad für Brennw ertkessel im Jahr 2005 ist aus der Untersuchung von Wolf et al. 2004 entnommen. Die Untersuchung hat an einer Vielzahl von Kesseln im praktischen Betrieb gezeigt, dass die erreichten Nutzungsgrade deutlich unter den Normwerten bzw. den Herstellerangaben liegen.

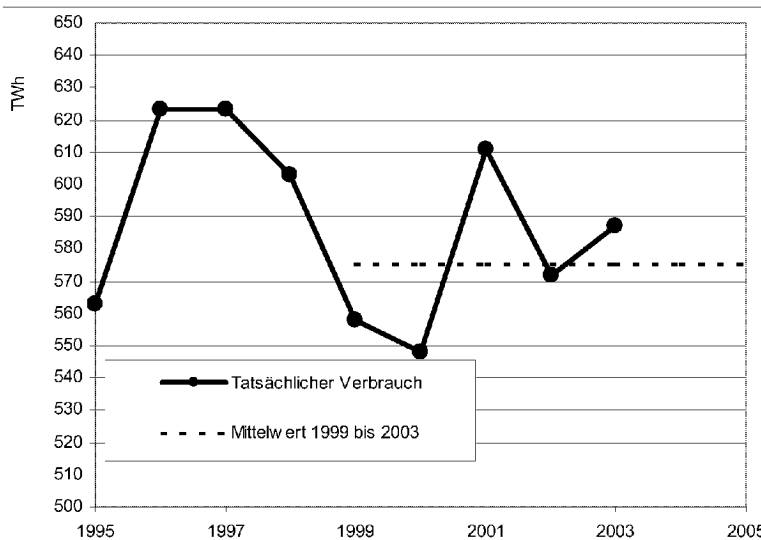
11 ANHANG 4: Justierung der Rechnungen auf den Ausgangswert für 2005

Als Ausgangsjahr für die Szenarioanalysen wird das Jahr 2005 fest gelegt. Für dieses Jahr muss das Ausgangsniveau des Energieverbrauchs vorhergesagt werden. Der letzte Verbrauchswert, der aus den statistischen Unterlagen verfügbar ist, gilt für das Jahr 2003 (vgl. Abbildung 10-1). Der Wert für 2005 kann wegen der Witterungsabhängigkeit des Verbrauchs nicht exakt vorausgesagt werden.

Der mittlere Ausgangswert muss einerseits witterungsbedingte jährliche Schwankungen ausgleichen und andererseits auch überlagerte Trends berücksichtigen. Deshalb wird der Mittelwert der Fünfjahresperiode 1999-2003 für die Festlegung des Ausgangsniveaus ausgewählt.

Nach Abbildung 11-1 ergibt sich ein Ausgangswert für die Rechnungen ab 2005 von 576 TWh. Damit wird über die Energieträgerstruktur ein Ausgangswert für die CO₂-Emission in 2005 von 125,3 Mio. Tonnen berechnet.

Abbildung 11-1: Verbrauchsentwicklung und Mittelwert für die Periode 1999 bis 2003.



12 ANHANG 5: Vergleich mit „Politikszenerarien III“

Die Unterschiede zwischen den hier präsentierten Ergebnissen und den in „Politikszenerarien III“ (s.a. UBA 2004) erarbeiteten Aussagen sind bedingt durch z.T. andere Szenariodefinitionen, durch andere Randbedingungen und durch die aktuellere Datenlage.

Das „ENQUETE Referenzszenario“ von 2000, so wie es in der Untersuchung „Politikszenerarien III“ verwendet wird, gibt es hier nicht. Dieses Szenario muss aus heutiger Sicht bezüglich des Gebäudebereichs als überholt angesehen werden, weil es von einer extrem hohen Neubaurate ausgeht, die dazu führt, dass der CO₂-Ausstoß bis 2010 weiter ansteigt. Angesichts der aktuellen politischen Entwicklung ist ein solches Neubauszenario eher unwahrscheinlich. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde deshalb auf das „ENQUETE Referenzszenario“ kein Bezug genommen.

Das „Mit-Maßnahmen-Szenario“ in „Politikszenerarien III“ (PSIII) berücksichtigt Maßnahmen, die bis 2002 implementiert waren, während die vorliegende Untersuchung sich auf das Referenzjahr 2005 bezieht. Die Maßnahmen haben sich inzwischen verändert und die Hochrechnungen der Programmförderungen erfolgt hier z.T. unter einem anderen Gesichtspunkt. Des weiteren wird im Rahmen dieser Untersuchung die Wirkung des Energiepasses mit einbezogen, über den aufgrund des dena Feldversuchs aktuellere Informationen vorliegen.

Lässt man methodische Unterschiede außer acht und vergleicht nur die in den Szenarien berechneten Einsparungen für den hier relevanten Zeitraum von 2005 bis 2010, so gibt sich eine recht gute Übereinstimmung zwischen PSIII und der vorliegenden Untersuchung, wenn die Einflussparameter auf das gleiche Niveau bezogen werden.

Nach Tabelle 12-1 liegt die Einsparung nach dem *Trendszenario* im Jahr 2010 bei 3,6 Mio. Tonnen. Diese Rechnungen sind jedoch mit einer deutlich verringerten Neubaurate durchgeführt worden (vgl. Abbildung 2.2-1). Ohne diese Verringerung, d.h. mit einer Neubaurate vergleichbar den Rechnungen in PSIII, sind die Einsparungen um rund eine Mio. Tonnen geringer und erreichen nur 2,6 Mio. Tonnen. Dieser Wert stimmt mit der Einsparung im „Mit-Maßnahmen-Szenario“ überein.

Tabelle 12-1: Vergleich der errechneten CO₂ Einsparungen

Studien	Szenario / Potenzialausnutzung	Einsparung 2005 - 2010	Quelle
		Mio. t	
Vorliegende Studie	Trendszenario / 32 % (verringerte Neubaurate)	3,6	Tabelle 4.1.1-1
	Trendszenario / 32 % (nicht verringerte Neubaurate)	2,6	
Politikszenerarien III	„Mit-Maßnahmen-Szenario“ / 32 %	2,6	UBA 2004, Tabelle 3.4-8
Vorliegende Studie	Szenario verbesserte Sanierung / 55 %	5,3	Tabelle 4.1.1-1
	Szenario verbesserte Sanierung / 100 %	7,4	
Politikszenerarien III	„Reduktionsszenario I“ / 100 %	7,3	UBA 2004, Tabelle 5.4-2

Im „Reduktionsszenario I“, das mit der theoretischen Potenzialausnutzung von 100 % berechnet wurde, beträgt die 7,3 Mio. Tonnen. Im *Szenario verbesserte Sanierung* werden nur 5,3 Mio. Tonnen erreicht, weil die Potenzialausnutzung hier 55 % beträgt. Wird dieses Szenario auch mit 100 % Potenzialausnutzung gerechnet, dann ergibt sich ein Wert von etwa 7,4 Mio. Tonnen, der gut mit dem Wert des „Reduktionsszenarios I“ übereinstimmt.

13 ANHANG 6: Gebäude- und Verbrauchsstrukturen im Gewerbebereich

Charakterisierung der Gebäudenutzungsarten

Im Hinblick auf die Nutzung werden die Gebäude im Sektor GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) in gemischt genutzte Gebäude und reine Nichtwohngebäude eingeteilt. Der Sektor GHD wird in folgenden abkürzend als Gewerbebereich oder Gewerbesektor bezeichnet.

Gemischt genutzte Gebäude beherbergen meist kleinere Gewerbeflächen von Geschäften, Praxen, Büros, Dienstleistungsunternehmen, Handwerkern usw. Es sind Gewerbeflächen, die dem Sektor Kleinverbraucher zugeordnet werden. Rund 98 % der Gewerbeflächen sind kleiner als 2.500 m². Die mittlere Größe liegt bei nur rund 450 m². Es handelt sich in der Regel um Geschossbauten, die oft im Basisbereich gewerbliche Bereiche einbinden, aber z.T. auch in den Geschossen selbst. Die gemischt genutzten Gebäude lassen sich mit der Typologie für Wohngebäude der Klasse der kleinen und großen Mehrfamilienhäuser (KMH, GMH) zuordnen. Freistehende Ein- und Zweifamilienhäuser (EFH) sowie Reihen- und Doppelhäuser (RDH) kommen bei dieser Nutzungsart praktisch nicht vor. Die jährlichen, flächenspezifischen Energieverbräuche sind bei reinen Wohngebäuden und bei Gebäuden mit gemischter Nutzung ungefähr gleich groß.

Nichtwohngebäude werden von Banken, Versicherungen, Verwaltungen, Kaufhäusern, Hotels usw. sowie vom verarbeitenden Gewerbe (Produktionsgebäude) genutzt. Die Gebäude fallen teilweise in den Kleinverbrauchssektor und teilweise in den Industriesektor. Da die Nichtwohngebäude sehr inhomogen sind und die Datenlage unzureichend ist, existiert keine so gute Typologie wie im Wohngebäudebereich. Bei 98 % der Gebäude sind die Flächen kleiner als 20.000 m² (Durchschnitt 5.000 m²). Im Einzelfall können allerdings einige 100.000 m² erreicht werden. Der Durchschnitt liegt mit 5.000 m² um eine Größenordnung über dem Mittelwert der Gewerbeflächen in gemischt genutzten Gebäuden.

Wie im Wohngebäudebereich ist der hohe Anteil der Nachkriegsbauten auffallend. Insgesamt wurden 60 % der Fläche vor Einführung der 2. Wärmeschutzverordnung 1985 gebaut, was nach heutigen Maßstäben unzureichende thermische Gebäudeeigenschaften bedeutet. Bei einem Wechsel des Nutzers, der oft auch mit einem Wechsel des Gewerbes verbunden ist, kommt es häufiger zu Abrissen und Neubauten als z.B. im Wohngebäudebereich. Grundsätzlich ist die Lebensdauer der gewerblich genutzten Gebäude wegen der hohen Beanspruchung oft kürzer als die Lebensdauer von Wohngebäuden.

Spezifische Energieverbräuche

Die Unterscheidung nach diesen beiden Nutzungsarten ist besonders für den Gewerbebereich von Bedeutung, weil unterschiedliche spezifische Energieverbräuche auftreten. So sind die flächenspezifischen Jahresverbräuche in den Gebäuden mit gemischter Nutzung im wesentlichen durch den Raumwärme- und Warmwasserbedarf bestimmt. Sie sind interessanterweise im Mittel mit 220 kWh/m² etwa so groß wie in reinen Wohngebäuden. In Nichtwohngebäuden liegen die flächenspezifischen Verbräuche für Raumwärme und Warmwasser bei durchschnittlich 190 kWh/m². Insgesamt ist auch der Anteil der Geringverbraucher mit niedri-

gen Energiekennzahlen relativ hoch. Zum Teil dürfte es sich hier um gering beheizte Lagerhallen oder um zeitweisen Leerstand etc. handeln. Der gewerblich bedingte Mehrverbrauch für Prozesswärme in Produktions- und Fertigungsgebäuden liegt im Durchschnitt im Bereich von 400 bis 800 kWh/m².

Interessant ist, dass der Gewerbeflächenbedarf pro Beschäftigtem etwa im Bereich von 50 bis 60 m² liegt und damit größer ist als der Wohnflächenbedarf pro Person, der 30 bis 40 m² beträgt.

Beschreibung der Typologie

Die hier kurz beschriebene Typologie für den Nichtwohngebäudebestand und den Nichtwohngebäude-neubau wurde vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) in Stuttgart entwickelt und im Rahmen des IKARUS-Projektes aktualisiert und erweitert (IBP 1993, IKARUS 1993- 2003). Es werden 21 verschiedene Typen von Nichtwohngebäuden im Bestand für vier verschiedene Altersklassen definiert. Drei Altersklassen beziehen sich auf den Bestand und die vierte Klasse beschreibt den Neubau. Für jedes Typgebäude existiert ein kompletter Datensatz, der die wärmetechnische Berechnung des Istzustandes und jeder beliebigen Maßnahme und Maßnahmenkombination ermöglicht.

Tabelle 13-1 zeigt eine Übersicht der Gebäudetypen und der Altersklassen sowie Anhaltswerte für die Verbräuche und zwar für den Istzustand, den vollsanierten Zustand und für den Neubau (Quelle: IKARUS-Datenbank). Die Verbräuche sind als Heizenergie angegeben. Um die Endenergie zu erhalten, muss mit dem Heizungsnutzungsgrad umgerechnet werden. Entsprechend der letzten Zeile der Tabelle beträgt der mit den Bestandsflächen gewichtete Mittelwert des Heizenergiebedarfs für den Istzustand etwa 180 kWh/m². Unterstellt man einen mittleren Nutzungsgrad der Heizungsanlagen von 85 %, dann ergibt sich ein Endenergiebedarf von rund 210 kWh/m² nur für den Raumwärmebedarf.

Tabelle 13-1: Typologie und flächenspezifische Verbräuche für Nichtwohngebäude

		Alter	IST Altbau	Saniert Altbau	Neubau z.T. Zusatzmaßn.
			kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
1	Stadthaus in Innenstadtlage mit Laden, Büros, Gewerbe	bis 1951	206	76	
1		1952-77	187	75	
1		1978-95	127	68	
1		Neubau			59
2	Stadthaus, Innenstadtlage mit Büros und Publikumsverkehr	bis 1951	226	88	
2		1952-77	206	86	
2		1978-95	141	77	
2		Neubau			69
3	Öffentliches Gebäude mit Publikumsverkehr	1978-95	134	73	
3		Neubau			65
4	Ladenlokal in freier Lage mit verarbeitendem Gewerbe	1978-95	141	71	
4		Neubau			72
5	Mehrere aneinandergereihte Ladenlokale in Stadtlage	1978-95	202	87	
5		Neubau			81
6	Ladenlokal in Stadtrandlage, z.B. SB-Lebensmittelfiliale	1978-95	110	62	
6		Neubau			61

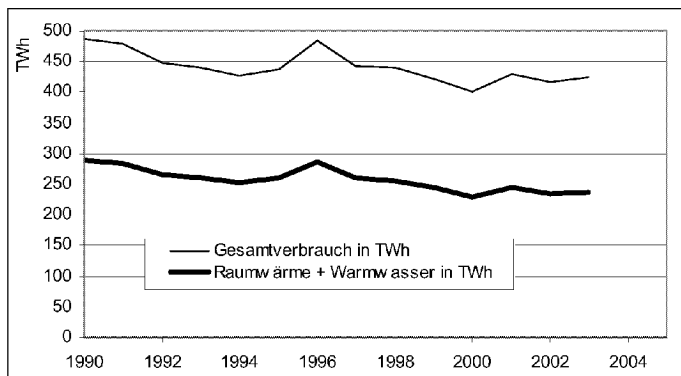
7	Stadthaus mit Gewerbe, Läden, Büros und Wohnungen	bis 1951	271	133	
7		1952-77	253	132	
7		1978-95	187	123	
7		Neubau			113
8	Geschäftshaus mit Bank, Läden, Praxen und Wohnungen	1952-77	130	57	
8		1978-95	86	51	
8		Neubau			45
9	Kleines Verwaltungsgebäude	1952-77	168	73	
9		1978-95	119	66	
9		Neubau			66
10	Gewerbebau, z.B. Reproanstalt	1978-95	214	161	
10		Neubau			155
11	Großes Kaufhaus	bis 1951	265	189	
11		1952-77	255	188	
11		Neubau			169
12	Bank- und Verwaltungsgebäude mit Läden	1978-95	144	74	
12		Neubau			61
13	Gewerbe-/Industriebau, z.B. Schreinerei	1978-95	159	112	
13		Neubau			109
14	Beherbergungsstätte, z.B. Hotel	1978-95	226	179	
14		Neubau			172
15	Stadthalle mit Versammlungsräumen und Restaurant	1978-95	113	71	
15		Neubau			63
16	Altenwohn- und Pflegeheim	bis 1951	187	67	
16		1952-77	167	65	
16		1978-95	106	57	
16		Neubau			49
17	Großes Verwaltungsgebäude	bis 1951	332	204	
17		1952-77	309	203	
17		1978-95	247	194	
17		Neubau			187
18	Verkaufs- und Ausstellungsgebäude	1952-77	256	189	
18		1978-95	217	183	
18		Neubau			179
19	Schule	1952-77	151	78	
19		1978-95	108	72	
19		Neubau			67
20	Produktionsgebäude mit Büroanteil	bis 1951	325	237	
20		1952-77	303	235	
20		1978-95	269	229	
20		Neubau			223
21	Krankenhaus	bis 1951	182	128	
21		1952-77	174	127	
21		1978-95	154	125	
21		Neubau			120
	Arithmetisches Mittel		≈180		

Quelle: IKARUS-Datenbank

Der Energieverbrauch und seine Struktur

Abbildung 13-1 zeigt den Gesamtverbrauch im Gewerbebereich entsprechend Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 2004. Daraus wurde der Anteil für die Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung abgeleitet.

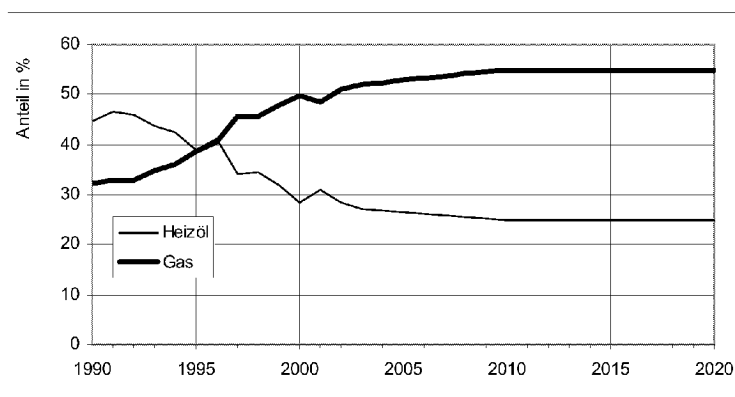
Abbildung 13-1: Energieverbräuche im Gewerbebereich von 1990 bis 2003



Der Anteil für Raumwärme und Warmwasser wird nach PROGNOSE, EWI 1999 auf 55 bis 60 % geschätzt. Davon entfallen zwischen 77 % und 82 % auf Heizöl und Gas. Der Rest im Bereich von 18 % bis 23 % wird unter Sonstige zusammen gefasst und enthält Strom, Fernwärme, Biomasse und Sonnenenergie, die alle für die Emissionsberechnung nicht relevant sind.

Die berechnete reale Entwicklung der Öl- und Gasanteile von 1990 bis 2003 sowie die Projektion bis 2020 sind in Abbildung 13-2 gezeigt. Der Gasanteil ist hier deutlich höher als im Wohngebäudebereich.

Abbildung 13-2: Entwicklung der Öl- und Gasanteile von 1990 bis 2020 (Raumwärme und Warmwasser)



Gewerbeflächenentwicklung bis 2020

Die Gewerbefläche ändert sich bis 2020 relativ wenig, sie steigt von 1,09 Mrd. m² in 2000 auf 1,15 Mrd. m² bis 2020 an. Dies entspricht einer Wachstumsrate von lediglich 6 % in 20 Jahren. Die Abrissrate alter oder nicht mehr benötigter Gebäude wird nur geringfügig von der Neubaurate übertroffen.

Die vorletzte Spalte in Tabelle 13-2 zeigt die Veränderungen der Hauptsektoren von 2000 bis 2020. Nur die Dienstleistungssektoren, die ohnehin schon die größten Anteile haben, nehmen zu, öffentliche um 3 % und private um 11 %. Die anderen Hauptsektoren nehmen ab, wobei Baugewerbe und Landwirtschaft den stärksten Schrumpfungsprozess erleiden werden.

Tabelle 13-2: Gewerbeflächen nach Subsektoren bis 2020

Hauptsektoren	Untersektoren	2000	2010	2020	Veränderung	Anteil
					2000-2020	2020
		Mio. m ²			%	%
Öffentl. DL	Öffentliche Dienstleistungen (Gesamt)	443	462	457	3	40
Öffentl. DL	davon Organisationen ohne Erwerbszwecke	95,2	112	121		
Öffentl. DL	davon Gebietskörperschaften	85,2	88,2	86,7		
Öffentl. DL	davon Krankenhäuser	112	110,6	105		
Öffentl. DL	davon Schulen	129	128,2	122		
Öffentl. DL	davon Post	14,5	15,2	15,2		
Öffentl. DL	davon Bade- und Sportanlagen	7,5	7,9	7,9		
Private DL	Private Dienstleistungen (Gesamt)	380	409	422	11	37
Private DL	davon Handel	214	211	203		
Private DL	davon Gastgewerbe	74,7	84,4	96,6		
Private DL	davon Banken und Versicherungen	30,3	30,7	30,1		
Private DL	davon Verlagsgewerbe	4,8	4,9	4,8		
Private DL	davon sonstige Dienstleistungen	57,4	79,1	87,6		
Militär, Sonst.	Militär und Sonstige	80,3	80,4	75,5	-6	
Militär, Sonst.	davon Militär	16,4	16,7	16,4		
Militär, Sonst.	davon Rest Kleinverbrauch	63,8	63,7	59,2		
Handwerk/Ind.	Handwerk und Kleinindustrie	133	139	151		13
Handwerk/Ind.	Bäckereien, Konditoreien	5,3	5,6	5,9		
Handwerk/Ind.	Fleischereien	2,5	2,4	2,3		
Handwerk/Ind.	Friseure	4,1	4,2	4,3		
Handwerk/Ind.	Wäschereien	1,6	1,7	1,8		
Handwerk/Ind.	KFZ-Gewerbe	30,1	32,4	33,5		
Handwerk/Ind.	Holzbearbeitung	16,9	19,2	23,8		
Handwerk/Ind.	Metallbearbeitung, Elektrotechnik	52,1	55,5	61,5		
Handwerk/Ind.	übriges Gewerbe	20,6	17,9	18,0		
Baugewerbe	Baugewerbe	29,7	28,1	24,6	-17	2
Landw., Garten	Landwirtschaft, Gartenbau	22,0	19,7	19,7	-11	2
Gesamt	Summe	1.089	1.139	1.150	6	100

Quelle: IKARUS-Datenbank

TEIL IV WEITERER FORSCHUNGSBEDARF

Bei der Bearbeitung der Studie wurden gewisse Datenunsicherheiten fest gestellt, die einen Einfluss auf das Ergebnis der Prognoserechnungen haben können. Es war allerdings nicht Zielsetzung dieser Studie, den Vollzug bei der Sanierung oder beim Neubau zu untersuchen. Für die Prognoserechnungen sollten aus vorliegenden Informationen und Daten mit einer pragmatischen Methodik lediglich die bestmöglichen Rechenparameter abgeleitet werden.

Bei der Bearbeitung hat sich gezeigt, dass zur empirischen und experimentellen Absicherung dieser Daten ist ein zusätzlicher Forschungsbedarf erforderlich, der im folgenden ohne eine weitere Detaillierung nur stichwortartig aufgeführt wird. Im wesentlichen handelt es sich dabei um die beiden Komplexe „Sanierungsverhalten im Altbaubereich“ und „Mehrverbrauch im Neubaubereich“.

14 Ermittlung des Sanierungsverhaltens im Altbaubereich

Im Rahmen dieser Untersuchung wird das Sanierungsverhalten im Altbaubereich durch eine Potenzialausnutzung von 32 % beschrieben (vgl. Kapitel 2.3 und Anhang 1). Diese Zahl wird aus zwei unterschiedlichen voneinander unabhängigen Datenquellen abgeleitet. Bei Kleemann 2001 handelt es sich um eine Verbrauchsdatenauswertung eines Energieversorgers für rund 70.000 Gebäude. Die zweite Quelle Heinze Marktforschung 2002 ist eine Befragung von 10.000 Mietern und Gebäudeeigentümern. Beide Studien sind derzeit die umfassendsten und aktuellsten zur Verfügung stehenden Datenquellen für die Thematik dieser Untersuchung. Zur weiteren Absicherung der beiden Rechenparameter „Sanierungsverhältnis“ (Istsanierungen/Sollsanierungen) und „Einsparverhältnis“ (umgesetzte Einsparung/geforderte Einsparung) werden folgende Untersuchungen vorgeschlagen:

- Durchführung einer detaillierten, repräsentativen Befragung, um in Anhängigkeit vom Gebäudealter zu ermitteln, welche Reparaturen oder Sanierungen durchgeführt wurden oder nicht und was die Gründe waren. Daraus lässt sich dann das Sanierungsverhältnis genauer bestimmen.
- Um zu untersuchen, ob die Sanierungsanforderungen bei der Altbausanierung umgesetzt wurden, ist eine repräsentative Stichprobe von sanierten Gebäuden vor Ort durch Begehung von Bausachverständigen zu begutachten.
- Zur Prüfung des Einsparverhältnisses sollten an diesen Gebäuden Verbrauchsmessungen durchgeführt werden. Dabei sollten die nutzer- und gebäudebedingten Einflüsse soweit wie möglich separiert werden. Dies gibt auch Hinweise darüber, wie brauchbar die Nutzung eines normierten Rechenverfahrens für Studien der vorliegenden Art ist.

15 Untersuchung des Mehrverbrauchs im Neubaubereich durch abweichende Gebäudeeigenschaften und Nutzerverhalten

Der für die Rechnungen zugrunde gelegte Mehrverbrauch im Neubaubereich wurde aus der Untersuchung Kleemann 2001 abgeleitet. In der Tendenz wird dies von Mügge 1993 unterstützt. Für zukünftige Prognoserechnungen wäre es wünschenswert, aktuellere Zahlen zu haben. Deshalb werden folgende Forschungsvorhaben vorgeschlagen:

- Es soll untersucht werden, ob die Anforderungen beim Neubau umgesetzt wurden, ob Umnutzungen erfolgt sind oder ob Veränderungen der Gebäudeeigenschaften beim Bau vorgenommen wurden. Hierzu ist eine repräsentative Stichprobe von Neubauten aller Typen durch vor Ort Begehung von Bausachverständigen zu begutachten.
- Zur Prüfung des Verbrauchs sollten an diesen Gebäuden Verbrauchsmessungen durchgeführt werden. Dabei sollte versucht werden die nutzer- und gebäudebedingten Einflüsse soweit wie möglich separiert werden. Ein solches Ergebnis würde wie bei der Altbau-sanierung Hinweise darüber geben, wie genau die Nutzung eines normierten Rechenverfahrens ist.

16 Literatur

- AGFW 2004, Pluralistische Wärmeverteilung, Teil 2, M. Kleemann et al., Verbrauchskennzahlen und Fernwärmepotenziale für Wohn- und Nichtwohngebäude in Städten, eine Veröffentlichung ist für 2004 geplant.
- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 2004, Endenergieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen in Deutschland (einschließlich militärische Dienststellen), www.energiebilanzen.de.
- BAFA 2000, Erfahrungsbericht zur Vor-Ort-Beratung an bestehenden Gebäuden, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle.
- BBR 2004, Tabellen zur Ökozulage 1996-2002, Bonn.
- BBR 2001, Wohnungsprognose 2015, Berichte Band 10, Selbstverlag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung, Bonn 2001.
- BDH 2004, Struktur und Entwicklung des Marktvolumens der Heizkessel in Deutschland, Datenblatt aus dem Verbändearbeitskreis CO₂-Minderung im Heizungsbereich, Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V., Köln.
- BMU 2004, Tabellen zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien, Berlin.
- BMVBW 1 2004, Daten über Mittelvolumina für die soziale Wohnraumförderung, Bundes- und Ländermittel nach den Programmplanungen
- BMVBW 2 2004, Mitteilung über Mittelabfluss und jährlich durchgeführte Beratungen.
- BMVBW 3 2004, Programm Stadtumbau Ost, www.bmwbw.de/Programm-Stadtumbau-Ost-.1104.htm
- Brohmann B. et al. 2000, Klimaschutz durch Minderung von Treibhausgasemissionen im Bereich Haushalte und Kleinverbrauch durch klimagerechtes Verhalten, Öko-Institut Darmstadt, Berlin, Freiburg, Forschungsbericht 204 01 120 im Auftrag des Umweltbundesamtes, 2000.
- Clausnitzer K.-D. 2001, Erfolgskontrolle und Effizienz von Beratungsofferten. Schornsteinfegerhandwerk, Heft 1/2001.
- Clausnitzer K.-D. 2004, Acht Jahre Erfahrung mit dem Energiepass. Papier des Bremer Energie Instituts, Bremen 2004.
- dena 2004, Neuordnung der KfW-Programme, in Zukunft Haus, Newsletter , www.zukunft-haus.info
- Enquete Kommission 2002, Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung, Endbericht Kapitel 4, Deutscher Bundestag, Drucksache 14/9400, Berlin 2002.
- Enquete Kommission 2002, Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung. Endbericht. Zur Sache 6/2002.
- Ewi/Prognos 2005, Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030, Energiewirtschaftliche Referenzprognose, Energiereport IV-Kurzfassung, Herausgeber BMWA Berlin.
- Eza 2004, Untersuchung der Energieberatung von eza, Erfahrungen mit der Vor-Ort-Energieberatung, Diplomarbeit von S. Schock, Energie & Umweltzentrum Allgäu, 2004.
- Gülec T. et al. 1994, Energieeinsparungspotenzial im Gebäudebestand durch Maßnahmen an der Gebäudehülle, IKARUS-Projektbericht, Teilprojekt 5, Band 5-22, Jülich 1994.

- Gruson C. 1993, Kostenermittlung für wärmetechnische Maßnahmen an der Gebäudehülle bei Nichtwohngebäuden, IKARUS, Teilprojekt 5, Projektbericht 5-18, Forschungszentrum Jülich GmbH.
- Heinze Marktforschung 2002, Modernisierungsmarkt 2002, Modernisierungsaktivitäten von Bewohnern und privaten Vermietern im Wohnungsbau, Allgemeiner Teil, Produktbereiche Fassade, Dach, Fenster, Wärmedämmung und Heizung, Celle 2002.
- IEMB 1998, Evaluierung der Wärmeschutzverordnung '95, Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin, Bericht Nr. 2-47/1998.
- IEMB 2002, Energieeinsparpotenzial im Gebäudebestand des Bundes, Forschungsauftrag des BBR, Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin, Berlin 2002.
- Ista Newsletter 23. Juni 2005.
- IWO 2003, Älteste Ölheizung wurde zum Glücksfall, Informationen des Instituts für wirtschaftliche Ölheizung, Nr. 33/2003, Hamburg.
- IWU 2001, Evaluation der Ökozulage, Forschungsauftrag des BBR für das BMVBW, Förderungsnummer Z6-4.4-00.133, Darmstadt, 2001.
- IWU 2004, Gradtagszahlen in Deutschland, MS Excel-Anwendung, Institut für Wohnen und Umwelt, Download, www.iwu.de.
- Kaltschmitt M. und Becher S. 1994, Biomassenutzung in Deutschland – Stand und Perspektiven. In: Thermische Nutzung von Biomasse – Technik, Probleme und Lösungsansätze, Tagung vom April 1994. Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieverwendung (IER), Stuttgart.
- KfW 2004, Tabellen zum Förderprogramm Erneuerbare Energien, Berlin.
- KfW 2004, Tabellen zum KfW-Wohnraummodernisierungsprogramm II, Frankfurt.
- Kleemann et al. 2000, Die Entwicklung des Wärmemarktes für den Gebäudesektor bis 2050, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 23, Jülich 2000.
- Kleemann et al. 2001, Unveröffentlichte Studie zu den Auswirkungen der Wärmebedarfsentwicklung auf Versorgungsunternehmen, Forschungszentrum Jülich, STE.
- Kleemann M. et al. 2003, Klimaschutz und Beschäftigung durch das KfW-Programm zur CO₂-Minderung und das KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm, Evaluierung der Programme im Auftrag der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 34, Jülich 2003.
- Kleemann M. et al. 2003, Umweltschutz und Arbeitsplätze angestoßen durch die Tätigkeiten des Schornsteinfegerhandwerks, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 36, Jülich 2003.
- Kleemann M. 2004, Klimaschutz und Beschäftigung durch das KfW-Programm zur CO₂-Minderung und das KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm, Evaluierung der Programme im Auftrag der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), Aktualisierte Kurzfassung, Vortrag auf dem KfW-Symposium „Europäisch Leben - Europäisch Wohnen“, Berlin 21. September 2004.
- Kleemann M. 2005, Persönliche Umfrage des Verfassers bei einigen Sachverständigen, Wissenschaftlern und Immobilienfachleuten zum qualitativen Sanierungsverhalten unter der EnEV (Meinungsbild einer kleinen Stichprobe von Experten).
- Luther G. 1996, Folgeschwerer Denkfehler in der Kleinf Feuerungsanlagen-Verordnung, Gesundheits-Ingenieur, 117. Jahrgang 1996, Heft 3.

- Mieterschutzbund 2003, Leerstand im Osten – Analyse, Aus dem Bericht der Kommission „Wohnungswirtschaftlicher Strukturwandel in den neuen Bundesländern“, Heft 3/2001 der Zeitschrift des Mieterbundes, www.mieterschutzbund-berlin.de.
- Mügge G., Die Bandbreite des Heizenergieverbrauchs, Analyse theoretischer Einflußgrößen und praktischer Verbrauchsmessungen, VDI Fortschritt-Bericht Nr. 69, Düsseldorf 1993.
- PROGNOS, EWI 1999, Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt, Untersuchung in Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Basel.
- PROGNOS, IER 2004, Analyse der Wirksamkeit von CO₂-Minderungsmaßnahmen im Energiebereich und ihre Weiterentwicklung, Untersuchung in Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Basel 20. August 2004.
- Rotter F. 2004, Fachartikel: Contracting für Bundesliegenschaften, www.deutsche-energieagentur.de
- Schiller H. 2004, Weiterentwicklung der EnEV zur Umsetzung der neuen EG-Richtlinie, Teilprojekt 3: Grundlagen zur Inspektion von Klimaanlage, Teilbericht 1: Abschätzung des CO₂-Reduktionspotenzials bestehender RLT-Anlagen, Auftraggeber: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Hamburg.
- Schulz E. 2004, Bevölkerungsentwicklung in West- und Ostdeutschland - Vorausschätzungen bis 2050, Wochenbericht des DIW Berlin 33/04.
- Staiß F. 2003, Jahrbuch Erneuerbare Energien 02/03, Biebertstein-Fachbuchverlag, Radebeul.
- UBA 2004, Politiksznarien für den Klimaschutz- Langfristszenarien und Handlungsempfehlungen ab 2012 (Politiksznarien III), Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt Band 50, Jülich 2004.
- Wolff D. et al. 2004, Felduntersuchung: Betriebsverhalten von Heizungsanlagen mit Gas-Brennwertkesseln, Gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Wolfenbüttel, 2004.

1. **Energiemodelle in der Bundesrepublik Deutschland. Stand der Entwicklung**
IKARUS-Workshop vom 24. bis 25. Januar 1996
herausgegeben von S. Molt, U. Fahl (1997), 292 Seiten
ISBN: 3-89336-205-3
2. **Ausbau erneuerbarer Energiequellen in der Stromwirtschaft**
Ein Beitrag zum Klimaschutz
Workshop am 19. Februar 1997, veranstaltet von der Forschungszentrum Jülich GmbH und der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
herausgegeben von J.-Fr. Hake, K. Schultze (1997), 138 Seiten
ISBN: 3-89336-206-1
3. **Modellinstrumente für CO₂-Minderungsstrategien**
IKARUS-Workshop vom 14. bis 15. April 1997
herausgegeben von J.-Fr. Hake, P. Markewitz (1997), 284 Seiten
ISBN: 3-89336-207-X
4. **IKARUS-Datenbank - Ein Informationssystem zur technischen, wirtschaftlichen und umweltrelevanten Bewertung von Energietechniken**
IKARUS. Instrumente für Klimagas-Reduktionsstrategien
Abschlußbericht Teilprojekt 2 „Datenbank“
H.-J. Laue, K.-H. Weber, J. W. Tepel (1997), 90 Seiten
ISBN: 3-89336-214-2
5. **Politiksznarien für den Klimaschutz**
Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes
Band 1. Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO₂-Emissionen in Deutschland bis zum Jahre 2005
herausgegeben von G. Stein, B. Strobel (1997), 410 Seiten
ISBN: 3-89336-215-0
6. **Politiksznarien für den Klimaschutz**
Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes
Band 2. Emissionsminderungsmaßnahmen für Treibhausgase, ausgenommen energiebedingtes CO₂
herausgegeben von G. Stein, B. Strobel (1997), 110 Seiten
ISBN: 3-89336-216-9
7. **Modelle für die Analyse energiebedingter Klimagasreduktionsstrategien**
IKARUS. Instrumente für Klimagas-Reduktionsstrategien
Abschlußbericht Teilprojekt 1 „Modelle“
P. Markewitz, R. Heckler, Ch. Holzapfel, W. Kuckshinrichs, D. Martinsen, M. Walbeck, J.-Fr. Hake (1998), VI, 276 Seiten
ISBN: 3-89336-220-7

8. **Politiksszenarien für den Klimaschutz**
Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes
Band 3. Methodik-Leitfaden für die Wirkungsabschätzung von Maßnahmen zur Emissionsminderung
herausgegeben von G. Stein, B. Strobel (1998), VIII, 95 Seiten
ISBN: 3-89336-222-3

9. **Horizonte 2000**
6. Wolfgang-Ostwald-Kolloquium der Kolloid-Gesellschaft
3. Nachwuchstage der Kolloid- und Grenzflächenforschung
Kurzfassungen der Vorträge und Poster
zusammengestellt von F.-H. Haegel, H. Lewandowski, B. Krah-Urban (1998),
150 Seiten
ISBN: 3-89336-223-1

10. **Windenergieanlagen - Nutzung, Akzeptanz und Entsorgung**
von M. Kleemann, F. van Erp, R. Kehrbaum (1998), 59 Seiten
ISBN: 3-89336-224-X

11. **Policy Scenarios for Climate Protection**
Study on Behalf of the Federal Environmental Agency
Volume 4. Methodological Guideline for Assessing the Impact of Measures for Emission Mitigation
edited by G. Stein, B. Strobel (1998), 103 pages
ISBN: 3-89336-232-0

12. **Der Landschaftswasserhaushalt im Flußeinzugsgebiet der Elbe**
Verfahren, Datengrundlagen und Bilanzgrößen
Analyse von Wasserhaushalt, Verweilzeiten und Grundwassermilieu im
Flußeinzugsgebiet der Elbe (Deutscher Teil). Abschlußbericht Teil 1.
von R. Kunkel, F. Wendland (1998), 110 Seiten
ISBN: 3-89336-233-9

13. **Das Nitratabbauvermögen im Grundwasser des Elbeeinzugsgebietes**
Analyse von Wasserhaushalt, Verweilzeiten und Grundwassermilieu im
Flußeinzugsgebiet der Elbe (Deutscher Teil). Abschlußbericht Teil 2.
von F. Wendland, R. Kunkel (1999), 166 Seiten
ISBN: 3-89336-236-3

14. **Treibhausgasminde rung in Deutschland zwischen nationalen Zielen und internationalen Verpflichtungen**
IKARUS-Workshop am 27.05.1998, Wissenschaftszentrum Bonn-Bad
Godesberg. Proceedings
herausgegeben von E. Läge, P. Schaumann, U. Fahl (1999), ii, VI, 146 Seiten
ISBN: 3-89336-237-1

15. **Satellitenbildauswertung mit künstlichen Neuronalen Netzen zur Umweltüberwachung**
Vergleichende Bewertung konventioneller und Neuronaler Netzwerkalgorithmen und Entwicklung eines integrierten Verfahrens
von D. Klaus, M. J. Canty, A. Poth, M. Voß, I. Niemeyer und G. Stein (1999), VI, 160 Seiten
ISBN: 3-89336-242-8
16. **Volatile Organic Compounds in the Troposphere**
Proceedings of the Workshop on Volatile Organic Compounds in the Troposphere held in Jülich (Germany) from 27 – 31 October 1997
edited by R. Koppmann, D. H. Ehhalt (1999), 208 pages
ISBN: 3-89336-243-6
17. **CO₂-Reduktion und Beschäftigungseffekte im Wohnungssektor durch das CO₂-Minderungsprogramm der KfW**
Eine modellgestützte Wirkungsanalyse
von M. Kleemann, W. Kuckshinrichs, R. Heckler (1999), 29 Seiten
ISBN: 3-89336-244-4
18. **Symposium über die Nutzung der erneuerbaren Energiequellen Sonne und Wind auf Fischereischiffen und in Aquakulturbetrieben**
Symposium und Podiumsdiskussion, Izmir, Türkei, 28.-30.05.1998.
Konferenzbericht
herausgegeben von A. Özdamar, H.-G. Groehn, K. Ülgen (1999), IX, 245 Seiten
ISBN: 3-89336-247-9
19. **Das Weg-, Zeitverhalten des grundwasserbürtigen Abflusses im Elbeinzugsgebiet**
Analyse von Wasserhaushalt, Verweilzeiten und Grundwassermilieu im Flußeinzugsgebiet der Elbe (Deutscher Teil). Abschlußbericht Teil 3.
von R. Kunkel, F. Wendland (1999), 122 Seiten
ISBN: 3-89336-249-5
20. **Politiksznarien für den Klimaschutz**
Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes
Band 5. Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO₂-Emissionen in Deutschland bis 2020
herausgegeben von G. Stein, B. Strobel (1999), XII, 201 Seiten
ISBN: 3-89336-251-7
21. **Klimaschutz durch energetische Sanierung von Gebäuden. Band 1**
von J.-F. Hake, M. Kleemann, G. Kolb (1999), 216 Seiten
ISBN: 3-89336-252-2

22. **Electroanalysis**
Abstracts of the 8th International Conference held from 11 to 15 June 2000 at the University of Bonn, Germany
edited by H. Emons, P. Ostapczuk (2000), ca. 300 pages
ISBN: 3-89336-261-4
23. **Die Entwicklung des Wärmemarktes für den Gebäudesektor bis 2050**
von M. Kleemann, R. Heckler, G. Kolb, M. Hille (2000), II, 94 Seiten
ISBN: 3-89336-262-2
24. **Grundlegende Entwicklungstendenzen im weltweiten Stoffstrom des Primäraluminiums**
von H.-G. Schwarz (2000), XIV, 127 Seiten
ISBN: 3-89336-264-9
25. **Klimawirkungsforschung auf dem Prüfstand**
Beiträge zur Formulierung eines Förderprogramms des BMBF
Tagungsband des Workshop „Klimaforschung“, Jülich, vom 02. bis 03.12.1999
von J.-Fr. Hake, W. Fischer (2000), 150 Seiten
ISBN: 3-89336-270-3
26. **Energiezukunft 2030**
Schlüsseltechnologien und Techniklinien
Beiträge zum IKARUS-Workshop 2000 am 2./3. Mai 2000
herausgegeben von U. Wagner, G. Stein (2000), 201 Seiten
ISBN: 3-89336-271-1
27. **Der globale Wasserkreislauf und seine Beeinflussung durch den Menschen**
Möglichkeiten zur Fernerkundungs-Detektion und -Verifikation
von D. Klaus und G. Stein (2000), 183 Seiten
ISBN: 3-89336-274-6
28. **Satelliten und nukleare Kontrolle**
Änderungsdetektion und objektorientierte, wissensbasierte Klassifikation von
Multispektralaufnahmen zur Unterstützung der nuklearen Verifikation
von I. Niemeyer (2001), XIV, 206 Seiten
ISBN: 3-89336-281-9
29. **Das hydrologische Modellsystem J2000**
Beschreibung und Anwendung in großen Flußgebieten
von P. Krause (2001), XIV, 247 Seiten
ISBN: 3-89336-283-5
30. **Aufwands- und ergebnisrelevante Probleme der Sachbilanzierung**
von G. Fleischer, J.-Fr. Hake (2002), IV, 64 Blatt
ISBN: 3-89336-293-2

31. **Nachhaltiges Management metallischer Stoffströme**
Indikatoren und deren Anwendung
Workshop, 27.-28.06.2001 im Congresscentrum Rolduc, Kerkrade (NL)
herausgegeben von W. Kuckshinrichs, K.-L. Hüttner (2001), 216 Seiten
ISBN: 3-89336-296-7
32. **Ansätze zur Kopplung von Energie- und Wirtschaftsmodellen zur Bewertung zukünftiger Strategien**
IKARUS-Workshop am 28. Februar 2002, BMWi, Bonn. Proceedings
herausgegeben von S. Briem, U. Fahl (2003), IV, 184 Seiten
ISBN: 3-89336-321-1
33. **TRACE. Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology**
Volume 1: Proceedings of the Dendrosymposium 2002,
April 11th – 13th 2002, Bonn/Jülich, Germany
edited by G. Schleser, M. Winiger, A. Bräuning et al., (2003), 135 pages, many
partly coloured illustrations
ISBN: 3-89336-323-8
34. **Klimaschutz und Beschäftigung durch das KfW-Programm zur CO₂-Minderung und das KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm**
von M. Kleemann, R. Heckler, A. Kraft u. a., (2003), 53 Seiten
ISBN: 3-89336-326-2
35. **Klimaschutz und Klimapolitik: Herausforderungen und Chancen**
Beiträge aus der Forschung
herausgegeben von J.-Fr. Hake, K. L. Hüttner (2003), III, 231 Seiten
ISBN: 3-89336-327-0
36. **Umweltschutz und Arbeitsplätze, angestoßen durch die Tätigkeiten des Schornsteinfegerhandwerks**
Auswertung von Schornsteinfeger-Daten
von M. Kleemann, R. Heckler, B. Krüger (2003), VII, 66 Seiten
ISBN: 3-89336-328-9
37. **Die Grundwasserneubildung in Nordrhein-Westfalen**
von H. Bogen, R. Kunkel, T. Schöbel, H. P. Schrey, F. Wendland (2003), 148
Seiten
ISBN: 3-89336-329-7
38. **Dendro-Isotope und Jahrringbreiten als Klimaproxis der letzten 1200 Jahre im Karakorumgebirge/Pakistan**
von K. S. Treydte (2003), XII, 167 Seiten
ISBN: 3-89336-330-0
39. **Das IKARUS-Projekt: Energietechnische Perspektiven für Deutschland**
herausgegeben von P. Markewitz, G. Stein (2003), IV, 274 Seiten
ISBN: 3-89336-333-5

40. **Umweltverhalten von MTBE nach Grundwasserkontamination**
von V. Linnemann (2003), XIV, 179 Seiten
ISBN: 3-89336-339-4
41. **Climate Change Mitigation and Adaptation: Identifying Options for Developing Countries**
Proceedings of the Summer School on Climate Change, 7-17 September 2003, Bad Münstereifel, Germany
edited by K. L. Hüttner, J.-Fr. Hake, W. Fischer (2003), XVI, 341 pages
ISBN: 3-89336-341-6
42. **Mobilfunk und Gesundheit: Risikobewertung im wissenschaftlichen Dialog**
von P. M. Wiedemann, H. Schütz, A. T. Thalmann (2003), 111 Seiten
ISBN: 3-89336-343-2
43. **Chemical Ozone Loss in the Arctic Polar Stratosphere: An Analysis of Twelve Years of Satellite Observations**
by S. Tilmes (2004), V, 162 pages
ISBN: 3-89336-347-5
44. **TRACE. Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology**
Volume 2: Proceedings of the Dendrosymposium 2003,
May 1st – 3rd 2003, Utrecht, The Netherlands
edited by E. Jansma, A. Bräuning, H. Gärtner, G. Schleser (2004), 174 pages
ISBN: 3-89336-349-1
45. **Vergleichende Risikobewertung: Konzepte, Probleme und Anwendungsmöglichkeiten**
von H. Schütz, P. M. Wiedemann, W. Hennings et al. (2004), 231 Seiten
ISBN: 3-89336-350-5
46. **Grundlagen für eine nachhaltige Bewirtschaftung von Grundwasserressourcen in der Metropolregion Hamburg**
von B. Tetzlaff, R. Kunkel, R. Taug, F. Wendland (2004), 87 Seiten
ISBN: 3-89336-352-1
47. **Die natürliche, ubiquitär überprägte Grundwasserbeschaffenheit in Deutschland**
von R. Kunkel, H.-J. Voigt, F. Wendland, S. Hannappel (2004), 207 Seiten
ISBN: 3-89336-353-X
48. **Water and Sustainable Development**
edited by H. Bogen, J.-Fr. Hake, H. Vereecken (2004), 199 pages
ISBN: 3-89336-357-2
49. **Geo- and Biodynamic Evolution during Late Silurian / Early Devonian Time (Hazro Area, SE Turkey)**
by O. Kranendonck (2004), XV, 268 pages
ISBN: 3-89336-359-9

50. **Politiksznarien für den Umweltschutz**
Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes
Langfristszenarien und Handlungsempfehlungen ab 2012 (Politiksznarien III)
herausgegeben von P. Markewitz u. H.-J. Ziesing (2004), XVIII, 502 Seiten
ISBN: 3-89336-370-X
51. **Die Sauerstoffisotopenverhältnisse des biogenen Opals lakustriner Sedimente als mögliches Paläothermometer**
von R. Moschen (2004), XV, 130 Seiten
ISBN: 3-89336-371-8
52. **MOSYRUR: Water balance analysis in the Rur basin**
von Heye Bogena, Michael Herbst, Jürgen-Friedrich Hake, Ralf Kunkel, Carsten Montzka, Thomas Pütz, Harry Vereecken, Frank Wendland (2005), 155 Seiten
ISBN: 3-89336-385-8
53. **TRACE. Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology**
Volume 3: Proceedings of the Dendrosymposium 2004, April 22nd – 24th 2004, Birmensdorf, Switzerland
edited by Holger Gärtner, Jan Esper, Gerhard H. Schleser (2005), 176 pages
ISBN: 3-89336-386-6
54. **Risikobewertung Mobilfunk: Ergebnisse eines wissenschaftlichen Dialogs**
herausgegeben von P. M. Wiedemann, H. Schütz, A. Spangenberg (2005), ca. 380 Seiten
ISBN: 3-89336-399-8
55. **Comparison of Different Soil Water Extraction Systems for the Prognoses of Solute Transport at the Field Scale using Numerical Simulations, Field and Lysimeter Experiments**
by L. Weihermüller (2005), ca. 170 Seiten
ISBN: 3-89336-402-1
56. **Effect of internal leaf structures on gas exchange of leaves**
by R. Pieruschka (2005), 120 Seiten
ISBN: 3-89336-403-X
57. **Temporal and Spatial Patterns of Growth and Photosynthesis in Leaves of Dicotyledonous Plants Under Long-Term CO₂- and O₃-Exposure**
by M. M. Christ (2005), 125 pages
ISBN: 3-89336-406-4
58. **Öffentliche Kommunikation über Klimawandel und Sturmflutrisiken Bedeutungskonstruktion durch Experten, Journalisten und Bürger**
von H. P. Peters, H. Heinrichs (2005), 231 Seiten, CD
ISBN: 3-89336-415-3

59. **Umsatz verschiedener Ernterückstände in einem Bodensäulenversuchssystem – Einfluss auf die organische Bodensubstanz und den Transport zweier Xenobiotika**
von N. Drewes (2005), 221 Seiten
ISBN: 3-89336-417-X
60. **Evaluierung der CO₂-Minderungsmaßnahmen im Gebäudebereich**
von M. Kleemann, P. Hansen (2005), 84 Seiten
ISBN: 3-89336-419-6

Forschungszentrum Jülich
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Band/Volume 60
ISBN 3-89336-419-6

Umwelt
Environment