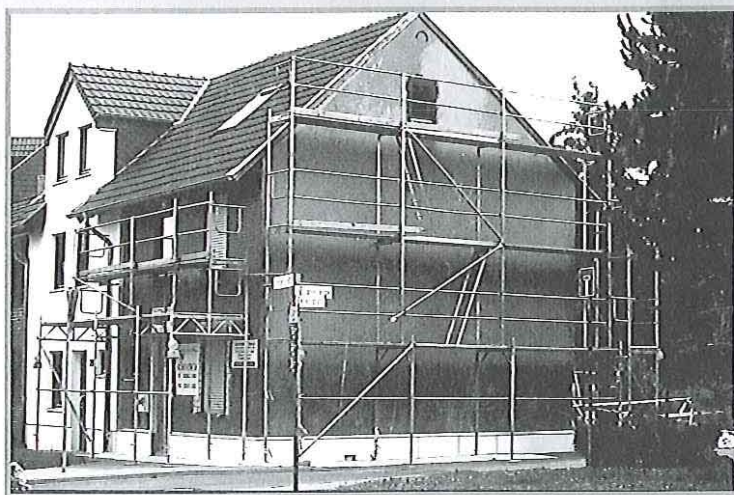




Klimaschutz durch energetische Sanierung von Gebäuden

Band 1

J.-Fr. Hake, M. Kleemann, G. Kolb







Forschungszentrum Jülich GmbH
Programmgruppe Systemforschung und
Technologische Entwicklung (STE)

Zu Ehren von Herrn Professor Klaus Schultze[†]

Klimaschutz durch energetische Sanierung von Gebäuden

Band 1

Jürgen-Friedrich Hake
Manfred Kleemann
Gerhard Kolb

Seminarreihe, durchgeführt in Zusammenarbeit mit
dem Arbeitskreis Energie (AKE) der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Umwelt/Environment

Band 21

ISSN 1433-5530 ISBN 3-89336-252-5

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Hake, Jürgen Friedrich:

Klimaschutz durch energetische Sanierung von Gebäuden : Seminarreihe / Jürgen-Friedrich Hake ; Manfred Kleemann ; Gerhard Kolb. Durchgeführt in Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis Energie (AKE) der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG). - Forschungszentrum Jülich. - Jülich : Forschungszentrum, Zentralbibliothek
Bd.1. - (1999)

(Schriften des Forschungszentrums Jülich. Reihe Umwelt ; Band 21)
ISBN 3-89336-252-5

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

Umschlaggestaltung: Grafische Betriebe, Forschungszentrum Jülich GmbH

Druck: Grafische Betriebe, Forschungszentrum Jülich GmbH

Copyright: Forschungszentrum Jülich 1999

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Umwelt/Environment Band 21

ISSN 1433-5530

ISBN 3-89336-252-5

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

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
Nachruf	1
Einführung	3
TEIL I.	
Aktionsprogramm des Arbeitskreises Energie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft	5
1. Entwurf des Aktionsprogramms "Energetische Sanierung von Gebäuden und Klimaschutz" <i>Arbeitskreis Energie (AKE) der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)</i>	7
2. Darstellung und Kommentierung des Aktionsprogramms "Energetische Sanierung von Gebäuden und Klimaschutz" <i>K. Schultze, RWTH Aachen</i>	11
TEIL II.	
Seminarreihe Klimaschutz durch energetische Sanierung von Gebäuden	25
A. Problemfelder einer energiegerechten Sanierung	27
3. Wird bei der Energieeinsparung der Altbau vergessen ? <i>K. Gertis, Fraunhofer-Institut für Bauphysik Stuttgart</i>	29
4. Energiegerechte Bauschadensanierung <i>B. Weidlich, ASSMANN Planen und Beraten GmbH, Dortmund</i>	35
5. Beispiele aktueller Untersuchungsziele zur Energieeinsparung in der Freilandversuchsstelle des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Holzkirchen <i>C. Wetzel, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen</i>	45

	<u>Seite</u>
B. Durchgeführte Modellprojekte auf kommunaler Ebene	53
6. Erfahrungen der Stadtwerke Hannover mit Programmen zur energetischen Modernisierung von Wohngebäuden	55
<i>P. Kienzle, Pro Klima, Stadtwerke Hannover</i>	
7. Altbausanierung im Raum Nürnberg	73
<i>B. Schulze-Darup, Nürnberg</i>	
C. Qualitätsanforderungen und Bewertungsaspekte	103
8. Der Energiepaß zur Klassifizierung und Beratung in der Altbausanierung	105
<i>T. Loga, IWU, Darmstadt</i>	
9. Erstellung eines kommunalen Heizspiegels als Beispiel für die Datenerhebung im Gebäudebestand	133
<i>J. D. Hengstenberg, und C. Julius, Arbeitsgruppe Energie, München</i>	
D. Finanzierung und Förderprogramme	149
10. Wärmetechnische Gebäudesanierung: Finanzierungsansätze	151
<i>Th. Köchig, Westdeutsche Genossenschafts Zentralbank, Düsseldorf</i>	
11. Energetische Verbesserung der Bausubstanz. Förderkonzept im Rahmen des 4. Energieforschungsprogramms	157
<i>H. Dummin, Forschungszentrum Jülich, BEO, Jülich</i>	
12. Innovative Systeme und optimierte Techniken für die energetische Gebäudesanierung beim bayrischen Vorhaben ISOTEG	169
<i>A. Beck, Zentrum für Angewandte Energieforschung, Würzburg</i>	
13. CO ₂ -Einsparung und Arbeitsplatzeffekte durch das KfW-Minderungsprogramm	193
<i>M. Kleemann, W. Kuckshinrichs, Forschungszentrum Jülich</i>	

Nachruf

Am 08. April 1999 ist Herr Professor Klaus Schultze ganz unerwartet verstorben. Sein außerordentliches Engagement und seine nie nachlassende Begeisterung für die Thematik Umweltpolitik und Klimaschutz hat ganz wesentlich sowohl zur Formulierung des Aktionsprogramms des Arbeitskreises Energie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft als auch zur Gestaltung der Seminarreihe in Jülich beigetragen. Tief betroffen empfinden die Autoren seinen plötzlichen Tod als sehr schmerzlichen Verlust für die kollegialen Kontakte und für die Weiterführung des Aktivitäten. Neben dem thematischen Engagement und dem hohen fachlichen Können von Herrn Professor Schultze wurden insbesondere seine menschliche Wärme und seine Freundlichkeit sehr geschätzt.

Einführung

Um drohende Veränderungen des globalen Klimas zu begrenzen, wird es für erforderlich gehalten, daß die Industrieländer den Ausstoß von CO₂ und anderen Treibhausgasen bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts um rund 80 % verringern. Um dieses langfristige Ziel zu erreichen, sollte bis zum Jahre 2020 eine Reduktion von rund 40 % angestrebt werden. Für den Gebäudebestand bedeutet dies:

- Eine verstärkte Nutzung effizienterer Wärmebereitstellungstechnologien sowie der Einsatz kohlenstoffarmer und erneuerbarer Energieträger.
- Eine verstärkte energetische Sanierung des Gebäudebestands. Dieser Maßnahme wird in allen dazu erstellten Studien übereinstimmend eine entscheidende Rolle zugesprochen.

Trotz einer Reihe von guten Ansätzen auf Bundes- und Landesebenen sowie vieler vorbildlicher Einzelfälle kommt derzeit die Umsetzung der Einsparmöglichkeiten nicht auf breiter Front voran. Die Ursachen hierfür sind vielschichtig; sie reichen von mangelnder Information bei Mietern und Eigentümern sowie bei Planern und Handwerkern über fehlende gesellschaftlichen Anerkennung für umweltbewußtes Handeln bis hin zur mangelnden Wirtschaftlichkeit bei heutigen Energiepreisen. Hier setzt das Aktionsprogramm des Arbeitskreises Energie (AKE) der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) mit dem Titel "Energetische Sanierung von Gebäuden und Klimaschutz" an.

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft hat in Ihrem "Energienememorandum 1995" auf den politischen Handlungsbedarf zur Markteinführung neuer emissionsmindernder Techniken hingewiesen. Im Rahmen eines Workshops zum Thema "Ausbau erneuerbarer Energiequellen in der Stromwirtschaft" wurden dann 1997 Vorschläge für den Bereich der Stromproduktion erarbeitet. Das Aktionsprogramm "Energetische Sanierung von Gebäuden und Klimaschutz" ist eine konsequente Weiterführung der Klimaschutz-Aktivitäten der DPG. Ziel dieses Aktionsprogramms ist es, Vorschläge für ein wirkungsvolles staatliches Förderprogramm im Bereich der Bestandssanierung zu machen und hierzu politische Anstöße zu geben. Dies erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE) des Forschungszentrums Jülich (FZJ).

In zahlreichen Einzelgesprächen mit Wissenschaftlern und Politikern wurde der Eindruck gewonnen, daß es zu einem vertieften Gedanken- und Informationsaustausch über offene Fragen auf diesem Gebiet kommen sollte. Deshalb wurde im Forschungszentrum Jülich von der Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung eine Seminarreihe mit dem Titel "Klimaschutz durch energetische Sanierung von Gebäuden" durchgeführt. Ziel dieser Seminarreihe war es, Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Politik zusammen zu bringen, um den fachlichen Informations- und Gedankenaustausch anzuregen.

Dabei stehen jedoch nicht so sehr bautechnische Aspekte im Vordergrund, sondern die breit gefächerten energie- und umweltpolitischen Gesichtspunkte des Themas. Die Seminarreihe hat an vier Terminen - 19.10. und 17.11.1998 sowie 25.01. und 08.03.1999 - stattgefunden und soll in der zweiten Jahreshälfte 1999 fortgesetzt werden.

Alle Aktivitäten mündeten dann in die Durchführung eines Workshops am 24. März 1999 im Presseclub Bonn. Hier wurde das Aktionsprogramm "Energetische Sanierung von Gebäuden und Klimaschutz" der Öffentlichkeit vorgestellt. Es wurden sowohl technische Experten und Wissenschaftler als auch Vertreter der entsprechenden Ministerien und von politischen Parteien eingeladen.

TEIL I.

Aktionsprogramm des Arbeitskreises Energie der Deutschen Physikalische Gesellschaft

1. Entwurf des Aktionsprogramms "Aktionsprogramm energetische Sanierung von Gebäuden und Klimaschutz"

Arbeitskreis Energie (AKE) der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)

J. Fr. Hake (FZJ/STE Jülich), K. Schultze[†] (RWTH Aachen), M. Kleemann (FZJ/STE Jülich), M. Boese (RWTH Aachen), N. Diefenbach (RWTH Aachen), H. M. Groscurth (früher ZEW Mannheim)

1. Ausgangssituation und Reduktionsziele

Um drohende Veränderungen des globalen Klimas zu begrenzen, wird es erforderlich sein, daß die Industrieländer den Ausstoß von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen bis zur Mitte des kommenden Jahrhunderts um rund 80 % verringern (Enquete 1991 und 1995, DPG 1987 und 1995). Um dieses langfristige Ziel zu erreichen muß bis zum Jahre 2020 eine Reduktion der Emissionen von 1990 um rund 40 % angestrebt werden. Diese Ziellinie wird z. B. vom Umweltbundesamt für Szenariorechnungen vorgegeben (IKARUS 1998). Für den Altbereich bedeutet dies:

- Eine erheblich verstärkte Nutzung effizienterer Wärmebereitstellungstechnologien sowie kohlenstoffarmer und erneuerbarer Energieträger.
- Eine durchgreifende energetische Sanierung des Gebäudebestandes. Dieser Maßnahme wird in allen dazu erstellten Studien übereinstimmend eine entscheidende Rolle zugesprochen. Beispielsweise wird in IKARUS 1998 bis zum Jahre 2020 eine jährliche Sanierungsrate von ca. 700.000 Wohneinheiten (WE) zur Erreichung des Minderungszieles errechnet. Dabei liegt eine mittlere Einsparung von knapp 100 kWh/m²a zugrunde. Zum Vergleich: das laufende KfW Förderprogramm für die alten Bundesländer saniert mit Kreditmitteln von durchschnittlich 1,25 Mrd. DM pro Jahr rund 85.000 WE. Zur Erreichung des Reduktionszieles ist im Jahresmittel die achtfache Sanierungsrate notwendig.

Trotz einer Reihe von guten Ansätzen auf Bundes-, Landes- und Kommunalebene sowie vieler vorbildlicher Einzelfälle kommt die Umsetzung der Einsparmöglichkeiten nicht auf breiter Front voran. Die Ursachen hierfür sind vielschichtig, sie reichen von mangelnder Information bei Mietern und Eigentümern sowie bei Planern und Handwerkern über mangelnde Wirtschaftlichkeit bei heutigen Energiepreisen bis hin zur fehlenden gesellschaftlichen Anerkennung für umweltbewußtes Handeln.

2. Förderprogramm

Es wird ein Programm für zunächst vier Jahre vorgeschlagen, mit dem qualitativ hochwertige Maßnahmen zur Verringerung der CO₂-Emissionen bei der Wärmeversorgung von Gebäuden gefördert werden. Es handelt sich hierbei um ein Startprogramm, das zukünftige weitergehende Klimaschutzanstrengungen vorbereiten soll, u.a. durch den Aufbau und die Weiterentwicklung der dazu notwendigen Infrastruktur.

Das Förderprogramm orientiert sich an folgenden Leitideen:

- Voraussetzung für die Förderung ist die **Vorlage eines Sanierungsplans** für das Gebäude, dem als Zielgröße eine Brennstoffkennzahl von 120 kWh/m²a zugrunde liegt. Dieser Plan soll mehrere aufeinander abgestimmte Maßnahmen aufweisen, wie beispielsweise die Dämmung der Wände und des Daches, eine Erneuerung der Fenster, den Einbau einer neuen Heizungsanlage oder den Anschluß an ein Nahwärmenetz oder die Installation von Solarkollektoren zur Brauchwassererwärmung. Die einzelnen Maßnahmen sollen so ausgelegt sein, daß sie jeweils dem **Niedrigenergiehausstandard** entsprechen. Sie sind außerdem so zu gruppieren, daß sie schrittweise durchgeführt werden können. Gefördert wird eine **Grundsanierung**, die mindestens zwei Maßnahmen umfaßt und zu einer Brennstoffeinsparung von 40 % bzw. einer Brennstoffkennzahl von 150 kWh/m²a führt. Die berechnete Einsparung wird 2 Jahre nach der Sanierung mit gemessenen, klimabereinigten Verbräuchen verglichen. Eventuell auftretende Abweichungen werden auf ihre Ursachen hin analysiert. Die Ergebnisse dieser Erfolgskontrolle werden in einem **Zertifikat** dokumentiert.
- Vergeben werden **feste Zuschüsse** zur energetischen Modernisierung von Wohngebäuden (Gebäudehülle und Anlagentechnik). Im Einzelfall wird die Förderung bauteil- bzw. anlagenbezogen berechnet, im Durchschnitt aber sollte die Förderung etwa 20 % des Investitionsvolumens betragen. Die Kosten von Sanierungsplan und Erfolgskontrolle werden mit einem festen, möglichst kostendeckenden Zuschuß gefördert. Alternativ werden **zinsverbilligte Kredite** angeboten, die ca. 2 % unter dem marktüblichen Zinssatz liegen sollten.
- Falls der Gebäudebesitzer nur eine oder wenige **Einzelmaßnahmen** durchführen will, die laut Sanierungsplan für sich genommen noch nicht zu einer Brennstoffkennzahl von 150 kWh/m²a führen, dann können diese Maßnahmen ebenfalls mit festen Zuschüssen gefördert werden, wobei die Zuschüsse im Mittel etwa 10 % der Investitionssumme betragen sollen. Eine Erfolgskontrolle nach 2 Jahren wird nicht verlangt.
- Ein Drittel der gesamten Mittel sollte für die koordinierte Sanierung von Gebäudegruppen oder Stadtvierteln reserviert werden. Dabei ist vorrangig an die Installation bzw. Modernisierung von Nahwärmenetzen gedacht. Für derartige Vorhaben sollte der Investitionszuschuß auf 25 % erhöht werden.
- Der Umfang des Programms sollte so ausgelegt sein, daß jährlich so viele Gebäude erfaßt werden, daß dies umgerechnet ca. 100.000 grundsanierten Wohneinheiten entspricht. Dazu

ist eine staatliche Förderung von etwa 1 Mrd. DM pro Jahr notwendig. Ein Gutteil dieser Mittel sollte in Form fester Zuschüsse vergeben werden, damit das Programm auch gerade für Eigenheimbesitzer attraktiv ist.

Durch ein solches Programm würden insgesamt Investitionen von rund 6 Mrd. DM pro Jahr angestoßen und bis zu **70.000 Arbeitsplätze** in der Bauwirtschaft gesichert bzw. geschaffen.

3. Informations- und Motivationsinitiative

Wegen mangelnder Information bei Mietern und Eigentümern sowie bei Planern und Handwerkern ist eine Informations- und Motivationsinitiative erforderlich. Benötigt werden Instrumente, die

- Gebäudeeigentümern und -nutzern den eigenen Energieverbrauch im Vergleich zu ähnlichen Nutzern bewußt machen,
- Hinweise auf mögliche Ursachen eines überdurchschnittlichen (oder auch unterdurchschnittlichen) Energieverbrauchs geben, und
- Maßnahmen zur Energieeinsparung und Finanzierung aufzeigen, die großflächig eingesetzt werden können.

Ein Element einer solchen Initiative könnten **vereinfachte flächendeckende Energieverbrauchsnaehweise** bilden, z. B. in Form des flächenbezogenen Durchschnittsverbrauchs in kWh/m²a, die von Energieversorgungsunternehmen auf der Basis von ohnehin vorliegenden Daten erstellt und mit der Energierechnung verschickt werden. Die Eignung dieses Instrumentes sollte anhand einer Pilotstudie untersucht werden.

Literatur

Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages, (1991), Abschlußbericht, C.F. Müller und Economica Verlag, Bonn.

Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages, (1995), Abschlußbericht, C.F. Müller und Economica Verlag, Bonn.

DPG-Deutsche Physikalische Gesellschaft und DMG-Deutsche Meteorologische Gesellschaft (1987), Warnung vor drohenden weltweiten Klimaänderungen durch den Menschen, Physikalische Blätter 43, 347.

DPG-Deutsche Physikalische Gesellschaft (1995), Energiememorandum 1995, Bad Honnef.

IKARUS-Rechnungen (1998), Szenariorechnungen für ein 40 % Reduktionsziel bis 2020 im Rahmen der UBA-Studie „Politikszenerarien II“, Vorläufiger Abschlußbericht von DIW

Berlin, ISI Karlsruhe, ÖKO-Institut Berlin und Forschungszentrum Jülich (Programm-
gruppe STE).

IWU (1995), Einsparungen beim Heizwärmebedarf - ein Schlüssel zum Klimaproblem, Insti-
tut Wohnen und Umwelt, Darmstadt.

KfW (1998), KfW-Programm zur CO₂-Minderung, Merkblatt 03/98, Frankfurt.

THERMIE-Altbau Demonstrationsprogramm (1997), Endbericht Hannover, Herausgeber
Stadtwerke Hannover AG.

2. Darstellung und Kommentierung des Aktionsprogramms

"Energetische Sanierung von Gebäuden und Klimaschutz"

K. Schultze †
RWTH Aachen

1. Einleitung:

Die energetische Sanierung von Gebäuden und die Bereitstellung einer brennstoffsparenden Wärmeversorgung ist der zweite Sektor auf dem Gebiet des Klimaschutzes, für den der Arbeitskreis Energie der DPG auf der Basis seines Energiememorandums [1] ein konkretes und detailliertes Programm vorschlägt. Der erste Vorschlag betraf den Ausbau erneuerbarer Energien in der Stromwirtschaft, und zwar unter der Zielvorgabe der Europäischen Union, den Anteil erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2010 auf mindestens 10% zu erhöhen [2].

Auch für die Gebäudewirtschaft gibt es eine Zielvorgabe für das Jahr 2010, die einem politischen Konsens hinsichtlich der europäischen Klimaschutzmaßnahmen entspricht. Aufgrund der in Kyoto auf der Konferenz der Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention von Rio ausgearbeiteten Vorschläge sind 1998 in Buenos Aires internationale Verträge formuliert worden, durch die sich die EU verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2010 um 8% zu senken. Allgemein gilt 1990 als Vergleichsjahr, aber die Einsparquoten sind für die einzelnen Länder unterschiedlich. Deutschland wird durch diesen Vertrag, dessen Unterzeichnung bereits von der Bundesregierung beschlossen ist, verpflichtet, 8% zusätzlich zu den heute schon erfolgten Reduktionen von 13% einzusparen, so daß bis zum Jahr 2010 eine Einsparquote von 21% im Vergleich zu 1990 erbracht werden muß.

Dieser Vertrag wiegt schwerer als die bisherige Selbstverpflichtung der Bundesregierung bis zum Jahr 2005. Dementsprechend sollte dieses Einsparziel wenigstens auf dem Gebäudesektor ganz ernstgenommen werden, auf dem die Einsparpotentiale besonders hoch sind. Vergleichsweise müssen wir auf den beiden anderen Sektoren der Energieversorgung und -nutzung - nämlich dem Verkehr und der Stromerzeugung - erhebliche Schwierigkeiten erwarten, die durch die Zunahme des allgemeinen Verkehrs in Europa und den Streit um die Kernenergie bedingt sind.

Acht Prozent in 10 Jahren einzusparen, scheint angesichts der bisher praktisch ungenutzten Möglichkeiten im Gebäudebestand der alten Bundesländer eine durchaus machbare Aufgabe

zu sein. Man vergleiche: Nach dem Empfehlungen der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ sollen die Industrieländer bis zur Mitte des nächsten Jahrhunderts ihre CO₂-Emissionen um achtzig Prozent senken [3]. Das mag manchem utopisch erscheinen, ist aber im Hinblick auf das erwartete Ansteigen der Ölpreise durchaus vorstellbar und in jedem Fall auf dem Hintergrund der Klimarahmenkonvention von Rio eine notwendige Empfehlung. Da diese Empfehlungen von deutschen Politikern aufgestellt und begründet wurden, werden deutsche Vertreter bei den künftigen internationalen Verhandlungen immer wieder an diesen Maßstab erinnert werden. Zuweilen wird es noch schärfere Forderungen geben, weil die Vorgabe eines gleichen Emissionsrechtes pro Weltbürger für die Industrieländer noch stärkere Emissionsminderungen erfordern würde (s. Vortrag von Herrn Steinmüller, IWU).

2. Fakten und Thesen

I. Brennstoffeinsparungen im Heizungsbereich sollten in Maßen durchsetzbar sein, weil der Gebäudesektor innerhalb des größeren Rahmens möglicher Klimaschutzmaßnahmen der Bereich ist, in dem am ehesten mit einem überparteilichen Konsens gerechnet werden kann. Das muß genutzt werden. Im Neubaubereich sind durch die Wärmeschutzverordnungen bereits große Fortschritte erreicht worden. Die nächste Novellierung der Wärmeschutzverordnung wird allgemein einen Niedrigenergiehausstandard einführen und überdies die möglichen Einsparungen durch Wärmeschutz an Gebäuden und durch eine brennstoffsparende Heizungsanlage in einer Energieeinsparverordnung integrieren. Mittelfristig müssen diese Anforderungen in geeigneter Weise auf den Altbaubestand übertragen werden. Dort ist die Einführung neuer Standards hinsichtlich der Emissionsminderungen besonders dringend, weil energiesparende Neubauten für sich genommen noch keinen ausreichenden Beitrag zur Senkung des Energieverbrauchs im Gebäudebereich leisten. Grob gesagt wird jedes Jahr in Deutschland an Wohnfläche doppelt soviel zugebaut wie abgerissen. Es ist davon auszugehen, daß etwa zwei Drittel der im Jahre 2050 vorhandenen Gebäude bereits im Gebäudebestand von 1990 enthalten sind. Diese Tatsachen lassen sich in der folgenden These zusammenfassen:

These I: Handlungsbedarf im Gebäudebestand

Wirksame Klimaschutzmaßnahmen sind im Gebäudesektor besonders wichtig. Gleichzeitig liegen günstige Voraussetzungen für einen allgemeinen Konsens vor. Dabei muß der Altbaubereich im Mittelpunkt der Anstrengungen stehen.

II. Der Gebäudesektor ist nicht nur durch die Möglichkeit eines allgemeinen politischen Konsenses und die besonders großen Einsparpotentiale ausgezeichnet, sondern auch durch die Langlebigkeit der betroffenen Wirtschaftsgüter. Teure Teile der Gebäudehülle - wie Dach oder Außenwand - werden unter normalen Bedingungen etwa alle 50 Jahre, d.h. mit einer Sanierungsrate von 2% pro Jahr, erneuert. Jetzt stehen die Gebäude der fünfziger und sechziger Jahre zur Erneuerung an, und leicht gebaute Häuser der siebziger Jahre werden bald folgen. Alle Sanierungsmaßnahmen, die technisch gesehen geringeren Wärmeschutz bieten als der Niedrigenergiehausstandard, sind falsche Sanierungsmaßnahmen. Gerade in den neuen Bundesländern sind in diesem Sinne viele Modernisierungen und Sanierungen äußerst unzweckmäßig durchgeführt worden. Das ist auf längere Sicht gesehen höchst unwirtschaftlich. Sanierungen der Gebäudehülle müssen ganz im Gegenteil langfristig mit einer Brennstoffeinsparung auf ein Fünftel des heutigen Durchschnittsverbrauches von 250 kWh/m²a vereinbar sein:

These II: Langfristiges Einsparziel

Die Umsetzung der Klimaschutzforderungen im Gebäudebestand bedeutet praktisch, daß der durchschnittliche Brennstoffverbrauch im Gebäudebestand in den nächsten 50 Jahren von 250 kWh/m²a auf 50 kWh/m²a zurückgehen sollte.

III. Das Institut Wohnen und Umwelt hat dargelegt, daß die Hälfte des Heizwärmebedarfs mit heute bekannten Wärmeschutztechniken eingespart werden kann [4]. Dieses wird im IWU-Szenario im gesamten Gebäudebestand erst nach Jahrzehnten erreicht, aber auch im Fall eines einzelnen Hauses ist gegebenenfalls eine Reihe von zeitlich aufeinander folgenden Einzelmaßnahmen notwendig. Deshalb ist es wichtig, einerseits ein Nahziel zu formulieren, das durch eine geeignete, zumutbare Kombination von Maßnahmen sofort erreicht werden kann und im folgenden als Grundsanierung bezeichnet wird, und andererseits diese Grundsanierung als Teil eines gesamten Sanierungsplans auszuführen, der die auf später verschobenen Maßnahmen mit einbezieht sowie die technische Ausführung der Grundsanierung auf das gesamte Vorhaben abstimmt.

Man kann davon ausgehen, daß der Brennstoffeinsatz für einen sanierten Altbau unter Nutzung von Brennwertkesseln auf 120 kWh/m²a (einschließlich 30 kWh/m²a für Brauchwasser) gesenkt werden kann, wenn alle möglichen Wärmeschutzmaßnahmen technisch gesehen Niedrigenergiehausstandard aufweisen.

In der Praxis wird einer solchen vollständigen Sanierung wohl meist die o.g. Grundsanierung vorgezogen, die nach unserem Vorschlag bei gleichem Standard der Einzelmaßnahmen den

Brennstoffeinsatz auf $150 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ senken soll. Beide Werte sind ebenso wie bei der Wärmeschutzverordnung für Neubauten als Obergrenzen zu verstehen.

Für den Klimaschutzplaner - z.B. in ökologischen Modellstädten - ist bemerkenswert, daß diese für Grundsanierungen eingesetzte Höchstgrenze von $150 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ dem Brennstoffbedarf eines nach der Wärmeschutzverordnung 1995 errichteten neuen Einfamilienhauses entspricht (vgl. Bild 1 u. Bild 2).

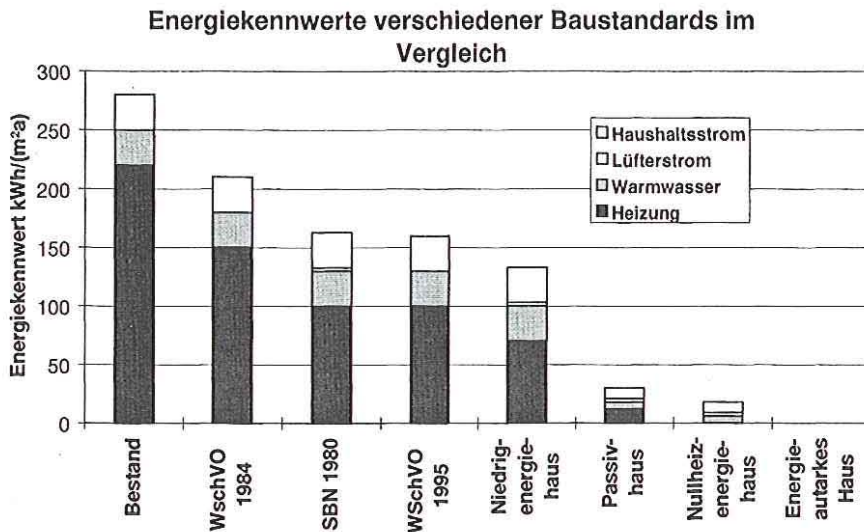


Bild 1: Energiekennwerte verschiedener Baustandards im Vergleich. Mit der angekündigten 4. Novellierung der Wärmeschutzverordnung wird in Deutschland der Niedrigenergiehausstandard ($\leq 70 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) erreicht. Passivhäuser kommen ohne separates Heizsystem aus, weil unterhalb von $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ die extrem geringe und nur selten benötigte Restheizwärme über die Zuluft zugeführt werden kann. Die ökologische Bilanz von „Nullheizenergiehäusern“ bringt gegenüber dem Passivhaus keine Vorteile. [8]

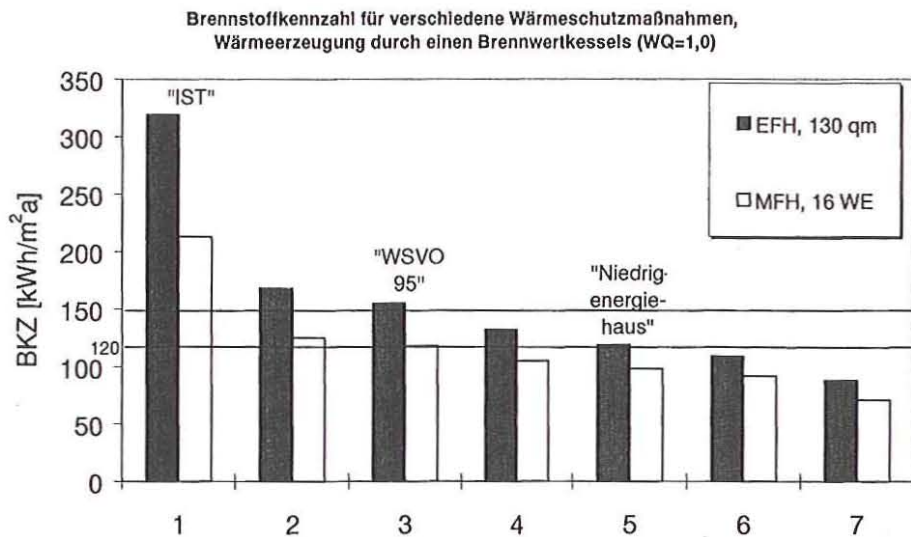


Bild 2: Exemplarische Betrachtung verschiedener Wärmeschutzmaßnahmen an einem Einfamilienhaus (130 m² Wohnfläche) und einem Mehrfamilienhaus (1200 m² Wohnfläche, 16 Wohneinheiten) im Gebäudebestand.

Vergleichsweise wird die neue Energieeinsparverordnung 2000 den Heizenergiebedarf für Neubauten voraussichtlich um 30% niedriger ansetzen als die bestehende Wärmeschutzverordnung 1995. Addiert man zum Heizenergiebedarf denjenigen für die Warmwasserbereitung (siehe oben: 30 kWh/m²a), so ergibt sich im Neubaubereich als Obergrenze für den berechneten Gesamt-Brennstoffeinsatz eines Gebäudes 100 kWh/m²a (vgl. Bild 1).

Der berechnete Brennstoffeinsatz zur Heizung und Warmwasserversorgung eines Gebäudes oder Wohngebietes in kWh pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr wird im folgenden **Brennstoffkennzahl** genannt.

These III: Zielwerte bei konventioneller Einzelhausheizung

Folgende Obergrenzen für den Brennstoffeinsatz zur Heizung und Warmwasserbereitung sind heute als Nahziele bei Bauvorhaben im Sanierungs- und Neubaubereich unter geeigneten Rahmenbedingungen durchsetzbar:

Altbau: 150 kWh/m²a Neubau: 100 kWh/m²a

IV. Allein durch Wärmeschutzmaßnahmen kann also die Hälfte des Brennstoffes eingespart werden, während weitergehende Emissionssenkungen nur durch Einbeziehung der Wärmeversorgung möglich sind. Dafür steht schon heute eine Reihe von Möglichkeiten zur Verfügung.

These IV: Einsparungen durch Einbeziehung von erneuerbaren Energien, Kraftwärmekopplung und neuen Regelungstechniken

Für den heutigen durchschnittlichen Verbrauch in der Bundesrepublik ist eine Brennstoffeinsparung über 50% nur durch eine massive Einführung neuer Elemente bei der Nutzung von Wärme realistisch.

Vergleiche und Definitionen:

Der Nutzen verschiedener Techniken ist einfach zu vergleichen und zu bewerten, nämlich durch den spezifischen Brennstoffeinsatz pro gelieferter kWh Wärme. Gemeint ist die Lieferung an eine Hausübergabestation bzw. an das Rohrsystem eines Hauses, so daß Leitungsverluste innerhalb des Gebäudes zur **Wärmebezugszahl WBKZ** und nicht zur Wärmeversorgung selbst gerechnet werden. In technischen Veröffentlichungen wird dieser spezifische Brennstoffeinsatz „Aufwandszahl“ genannt; allgemein üblich ist dagegen die Angabe des Kehrwertes, der für eine Kesselheizung dem Jahresnutzungsgrad entspricht.

Wir benutzen statt der technischen Bezeichnung „Jahresnutzungsgrad“ den Ausdruck **Wärmequalität WQ**, um für alle Betroffenen, den Bauherren, den Installateur, den Netzbetreiber und den Kaufmann ganz deutlich zu machen, daß die Lieferung von Wärme nicht nur nach der Menge in kWh, sondern auch nach ihrem Brennstoffeinsatz differenziert werden muß:

Ebenso, wie Wärmeschutzmaßnahmen, je nach der Menge der eingesparten kWh unterschiedliche Preise haben können, so muß und darf auch gelieferte Wärme je nach ihrem spezifischen Brennstoffeinsatz - und das heißt ihrer Qualität - unterschiedliche Preise haben.

In der Wärmequalität ist der Einsatz erneuerbarer Energien genauso berücksichtigt wie andere technische Bedingungen (zum Beispiel Vorlauf- und Rücklauftemperaturen oder Verluste in Nahwärmenetzen), die den spezifischen Brennstoffeinsatz bestimmen.

Somit reduziert sich für die Nutzer, die Behörden und den Kaufmann die Vielfalt von technischen Kennzahlen und Nutzungsgraden auf nur drei Kenngrößen, die zueinander in folgender Beziehung stehen [5]:

$$BKZ = \frac{WBKZ}{WQ}$$

Definitionen:

Brennstoffkennzahl BKZ:

Gesamt-Brennstoffeinsatz zur Heizung und Warmwasserversorgung eines Gebäudes oder Wohngebiets in kWh pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr. Einheit: [kWh/m²a]

Wärmequalität WQ:

Gesamtnutzungsgrad des Wärmeversorgungssystems unter Berücksichtigung regenerativer Energiequellen. Einheit: [-]

Wärmebezugs-kennzahl WBKZ:

Gesamt-Wärmebezug eines Gebäudes oder Wohngebiets aus einem Fernwärme-, Nahwärme- oder Einzelhaus-Heizungssystem.

Die WBKZ beinhaltet den Heizwärmeverbrauch, den Warmwasserverbrauch und die gebäudeinternen Verteilungsverluste. Einheit: [kWh/m²a]

Beispiele:

A. Brennkessel: Wärmequalität WQ = 1,0

B. Nahwärmenetz mit HKW + luftgestützter Elektro-Wärmepumpe ($\epsilon = 2,7$) +

Spitzenkessel: $\rightarrow WQ = 1,3$

Beispielsweise ergibt sich für die Versorgung eines Gebäudes (120 kWh/m²a für Heizung, 30 kWh/m²a für Warmwasser) unter zusätzlichem Einsatz von Solar-kollektoren (15 kWh/m²a solarer Brauchwasseranteil) und einem fortschrittlichem Regelungssystem (Reduktionsfaktor 0,85 beim Heizwärmebedarf):

$$BKZ = (120 \text{ kWh/m}^2\text{a} * 0,85 + 30 \text{ kWh/m}^2\text{a} - 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}) / 1,3 = 90 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

C. Neues GuD-Kraftwerk ($\eta = 0,58$) und Erdsonden-Elektro-Wärmepumpen in

Eigenheim-siedlungen ($\epsilon = 4$):

$$\rightarrow WQ = 2,3 \rightarrow BKZ \approx 50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

D. Weitere Beispiele für energiesparende Wärmeversorgungstechnologien:

		WQ
Erneuerbare Energien	Biomassenutzung	> 3
	Solare Nahwärme mit saisonalem Speicher (50 % Deckungsgrad)	≤ 2
Kraftwärmekopplung	BHKW u. Spitzenkessel	1,25
	Brennstoffzelle u. Wärmepumpe	1,90
moderne Fernwärme	GuD-Heizkraftwerk	1,35
	GuD-Heizkraftwerk gekoppelt mit	
	Elektro-Wärmepumpen ($\epsilon=3$)	1,75

		Einsparungen bei der Heizwärme:
intelligente Regulierungen	Programmierung der Wärmenutzung durch Einzelraumkontrolle	10-25 %
Lüftung mit Wärmerückgewinnung		15-30 %

3. Das Programm

3.1 Rahmen des Programms

Für den Zeitraum von 4 Jahren: 1999 - 2003 wird für 400 Tsd Wohneinheiten eine Grundsanierung angeboten.

Dies entspricht knapp 1,5 Prozent aller WE im Altbaubereich (Baujahre bis zur 2. WSVO 1984). Die Einzelmaßnahmen dieser Grundsanierung sollen einem Niedrigenergiehausmaßstab entsprechen und insgesamt zu einer Brennstoffkennzahl von 150 kWh/m²a führen. Im Durchschnitt der sanierten Gebäude wird damit eine nachprüfbare Brennstoffeinsparung von 40% erzielt.

Die Grundsanierungen sind dabei Teil eines Gesamtanierungsplans für jedes einzelne Gebäude, so daß zu einem späteren Zeitpunkt eine zweite Stufe der Sanierung leicht mit dem

Ziel angeschlossen werden kann, in dann vollsanierten Häusern höchstens 120 kWh/m²a Gas oder Öl - einschließlich der Brauchwassererwärmung - zu verbrauchen.

Im Programm ist vorgesehen, etwa 200 Nahwärmenetze im Rahmen des Ersatzes bisheriger Wärmeversorgung neu zu verlegen oder auch zu modernisieren. Die Sanierung alter Nahwärmenetze mit hohen Verlusten (30% und mehr) ist an manchen Orten, auch in den Alten Bundesländern, vordringlich. Neue Nahwärmenetze bieten eine außerordentlich flexible Infrastruktur mit geringen Verlusten (5-10 %) für neue Optionen der Wärmeversorgung und mit der Möglichkeit späterer Erweiterungen. Der Einsatz von gasmotorischen Wärmepumpen, solarer Nahwärme oder Kraftwärmekopplung ist dabei für die Förderung nötig.

Das gesamte Programm bewirkt im Altbaubereich den Einstieg in einen neuen Klimaschutzstandard mit einer Reduktion der CO₂-Emissionen von 0,5% in 4 Jahren.

Durch das vorgeschlagene Sanierungsprogramm wird insgesamt ein Investitionsvolumen von 24 Mrd DM in vier Jahren angeschoben.

Investitionsvolumen und Arbeitsplätze

Ausgaben pro Jahr:

Bauvolumen 6 Mrd DM

Beispielhafte Aufteilung:

Grundsaniierung von 100.000 WE

→ Invest.-volumen: 50 Tsd DM pro WE 5 Mrd DM

Investitionszuschüsse (20% Förderung): 1 Mrd DM

Einzelmaßnahmen

Investitionsvolumen 1 Mrd DM

Investitionszuschüsse (10% Förderung): 0,1 Mrd DM

Arbeitsplätze

Durch das Aktionsprogramm wird insgesamt ein Investitionsvolumen von rund 6 Mrd DM pro Jahr angestoßen. Dadurch werden bis zu 70.000 Arbeitsplätze gesichert bzw. geschaffen. Die Hälfte davon betrifft den Bereich der Produktion von Elementen moderner Wärmeversorgung und Wärmeschutzbauteilen.

3.2 Ablauf des Verfahrens

1. Überblick

Voraussetzung für die Förderung ist die Vorlage eines Sanierungsplans für das Gebäude, dem als Zielgröße eine möglichst niedrige Brennstoffkennzahl von höchstens 120 kWh/(m²a) zugrunde liegt. Dieser Plan soll eine ganze Reihe aufeinander abgestimmter Maßnahmen aufweisen, wie beispielsweise die Dämmung der Wände, eine Erneuerung der

Fenster, den Einbau einer neuen Heizungsanlage, den Anschluß an ein Nahwärmenetz oder gegebenenfalls die Installation von Wärmepumpen und/oder Solarkollektoren.

Die einzelnen Maßnahmen sollen im Wärmeschutzbereich so ausgelegt sein, daß sie jeweils dem Niedrigenergiehausstandard entsprechen. Sie sind außerdem so zu gruppieren, daß sie schrittweise durchgeführt werden können. Gefördert wird eine Grundsanie rung, die mindestens zwei Maßnahmen umfaßt und zu einer Brennstoffkennzahl von höchstens 150 kWh/(m²a) führt. Vollständige Sanierungen werden natürlich ebenfalls gefördert.

Die berechnete Einsparung wird 2 Jahre nach der Sanierung mit gemessenen, klimabereinigten Verbräuchen verglichen. Eventuell auftretende Abweichungen werden auf ihre Ursachen hin analysiert. Die Ergebnisse dieser Erfolgskontrolle werden in einem Zertifikat dokumentiert.

Aufgrund des Zertifikates werden die Kosten für die Erfolgskontrolle bzw. deren geförderter Anteil erstattet, und zwar auch dann, wenn das angestrebte Einsparziel nicht erreicht wurde.

Das Förderprogramm ist so ausgelegt, daß die aufwendige Erstellung eines Sanierungsplans in der Mehrzahl der Fälle zu einer Grundsanie rung führt bzw. führen soll. Falls der Gebäudebesitzer aber nur eine oder wenige Einzelmaßnahmen durchführen will, die laut Sanierungsplan noch nicht zu einer Verbrauchssenkung auf 150 kWh/m²a führen, können diese Maßnahmen mit relativ geringeren Zuschüssen gefördert werden. Dann wird eine Erfolgskontrolle nach 2 Jahren nicht verlangt.

II. Aufstellung des Sanierungsplans

Die Aufstellung des Sanierungsplans erfolgt ähnlich wie bei dem Vor-Ort-Programm des BMWi [6] durch dafür speziell zugelassene Berater (in der Mehrzahl Mitarbeiter von Ingenieurbüros), die eine ausführliche Energiediagnose auf der Basis eines standardisierten Computerprogramms durchführen können. Dafür bietet sich zum Beispiel das Energie-Paß-Programm des IWU [7] mit einer Ergänzung für die Wärmeversorgung bzw. die anzurechnenden Wärmequalitäten an.

Zur Zeit sind in der Bundesrepublik als Vor-Ort-Berater 600 Personen zugelassen.

III. Dokumentation und Kontrolle

Verfahrenselement des Programms ist die Erfolgskontrolle 2 Jahre nach der Sanierung mit dem Anspruch einer Dokumentation sowie - im Falle einer Überschreitung der Verbrauchsobergrenze - mit einer Detailanalyse der möglichen Ursachen.

Für die Gewährung der finanziellen Zuschüsse ist nur die Erstellung dieser detaillierten Dokumentation nötig. Maßgebend ist also die Transparenz der erreichten Einsparungen und nicht der im Einzelfall erzielte Erfolg bzw. die tatsächliche Einhaltung der Obergrenze.

3.3 Art und Höhe der finanziellen Förderung

- Vergeben werden feste Zuschüsse zur energetischen Modernisierung von Wohngebäuden (Gebäudehülle und Anlagentechnik). Im Einzelfall wird die Förderung bauteil- bzw. anlagenbezogen berechnet, im Durchschnitt aber sollte die Förderung etwa 20% des Investitionsvolumens betragen. Die Kosten von Sanierungsplan und Erfolgskontrolle werden mit einem festen, möglichst kostendeckenden Zuschuß gefördert. Alternativ werden zinsverbilligte Kredite angeboten, die ca. 2% unter dem marktüblichen Zinssatz liegen sollten.
- Einzelmaßnahmen, die laut Sanierungsplan für sich genommen nicht zu einer Brennstoffkennzahl von 150 kWh/m²a führen, werden mit festen Zuschüssen gefördert, die im Mittel etwa 10% der Investitionssumme betragen sollen. Eine Erfolgskontrolle entfällt.
- Ein Drittel der gesamten Mittel sollte für die koordinierte Sanierung von Gebäudegruppen oder Stadtvierteln reserviert werden. Dabei ist vorrangig an die Installation bzw. Modernisierung von Nahwärmenetzen gedacht. Für derartige Vorhaben muß der Investitionszuschuß auf 25% erhöht werden.

Auf der Basis eigener Abschätzungen und Beispielrechnungen - unter Berücksichtigung der ausführlichen Analysen des IWU in Darmstadt - läßt sich angeben:

eine Grundsanierung mit einer Brennstoffeinsparung von 40% wird im allgemeinen - d.h. im Durchschnitt der betroffenen Gebäude - Investitionen von 50 Tsd DM/WE benötigen. Diese Investitionen werden zum größeren Teil wirtschaftlich durchführbar sein, sofern sie über 15 Jahre abgeschrieben werden und ein - von heute her gesehen - wahrscheinlicher Anstieg der Öl- und Gaspreise einkalkuliert wird. Die Bedingungen sind dafür aber so unterschiedlich und in vielen Fällen auch so unübersichtlich, daß ein erheblicher finanzieller Anreiz notwendig ist. Investitionszuschüsse von 15% sind bisher zur Ankurbelung der Bauwirtschaft durchaus üblich und auch als neue Maßnahmen im Gespräch. Hier handelt es sich um Investitionen, deren Wirtschaftlichkeit nur mit begrenzter Genauigkeit angegeben werden kann. Außerdem ist der Planungsaufwand für dieses Einführungsprogramm mit Dokumentationsanspruch ziemlich hoch.

3.4 Ergänzung des Aktionsprogramms durch eine Informations- und Motivationsinitiative

Das Aktionsprogramm sollte durch eine Informations- und Motivationsinitiative unterstützt werden. Dafür bietet sich eine Zusammenarbeit der Träger des Programms mit den Klimastädten an.

Benötigt werden Instrumente, die

- Gebäudeeigentümern und -nutzern den eigenen Energieverbrauch im Vergleich zu ähnlichen Nutzern bewußt machen,
- Hinweise auf mögliche Ursachen eines überdurchschnittlichen (oder auch unterdurchschnittlichen) Energieverbrauchs geben und
- Maßnahmen zur Energieeinsparung und Finanzierung aufzeigen, die großflächig eingesetzt werden können.

Ein Element einer solchen Initiative könnten vereinfachte flächendeckende Energieverbrauchsnachweise bilden, z.B. in Form des flächenbezogenen Durchschnittsverbrauchs in kWh/(m²a), die von Energieversorgungsunternehmen auf der Basis von ohnehin vorliegenden Daten erstellt und mit der Energierechnung verschickt werden. Die Eignung dieses Instrumentes sollte anhand einer Pilotstudie untersucht werden.

4. Zusammenfassung

Das Aktionsprogramm „Energetische Sanierung von Gebäuden und Klimaschutz“ zielt auf eine konsequente Durchführung von Energiesparmaßnahmen im Altbau ab. Durch dieses Programm wird in vier Jahren ein Investitionsvolumen von 24 Milliarden DM angeschoben.

Das Programm erfaßt während seiner Laufzeit von vier Jahren jährlich rund 100.000 Wohneinheiten. Die notwendigen Fördermittel belaufen sich auf etwa 1 Milliarde DM im Jahr.

Es erfolgt eine integrale Betrachtung von Wärmeschutz und Wärmeversorgung. Beide Bereiche werden im Sanierungsplan zusammengeführt. Die erreichbaren Einsparungen gegenüber dem unsanierten Zustand (durchschnittlich BKZ = 250 kWh/m²a) betragen:

bei Grundsanierung:	40%	BKZ = 150 kWh/m ² a
und mittelfristig		

bei umfassender Sanierung:	50%	BKZ = 120 kWh/m ² a
----------------------------	-----	--------------------------------

bei zusätzlicher Nahwärme:	65%	BKZ = 90 kWh/m ² a
----------------------------	-----	-------------------------------

Eine Erfolgskontrolle nach Durchführung der Maßnahmen erzeugt die notwendige Transparenz für Gebäudeeigentümer und Fördermittelgeber.

Das vorgeschlagene Aktionsprogramm stellt mit neuen technischen Standards einen Einstieg in den Klimaschutz im Altbau dar. Es soll spätere, weitergehende Programme und Verordnungen strukturell vorbereiten.

5. Literatur

- [1] Deutsche Physikalische Gesellschaft, *Energiememorandum 1995*, Bad Honnef, März 1995
- [2] *Ausbau erneuerbarer Energiequellen in der Stromwirtschaft - Ein Beitrag zum Klimaschutz*, Workshop am 19. Februar 1997, veranstaltet von Forschungszentrum Jülich GmbH und der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, herausgegeben von J.-F. Hake und K. Schultze, Jülich 1997
- [3] Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des 12. Deutschen Bundestages, 3. Bericht: *Schutz der Erde*, Bonn 1990
- [4] W. Ebel et al., *Der zukünftige Wärmebedarf der Haushalte*, Darmstadt 1996
- [5] K. Schultze et al., *Klimaschutz durch Solarisierung, Sanierung und Modernisierung im Gebäudebestand*, gefördert durch das Umweltbundesamt, Aachen 1997
- [6] *Energiesparberatung vor Ort*, Bundesministerium für Wirtschaft, Referat Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.), Bonn 1998,
- [7] T. Loga, U. Imkeller-Benjes, *Energie-Paß Heizung/Warmwasser*, Darmstadt 1997
- [8] W. Feist, *Passivhäuser: Gebäude ohne Heizung*, in: *Energie und Zukunft*, herausgegeben von W. Nahm und K. Schultze, Bad Honnef 1996

TEIL II.

Seminarreihe Klimaschutz durch energetische Sanierung von Gebäuden

A.

Problemfelder einer energiegerechten Sanierung

3. Wird bei der Energieeinsparung der Altbau vergessen ?

K. Gertis

Fraunhofer-Institut für Bauphysik Stuttgart

Herr Prof. Dr.-Ing. Karl Gertis, Lehrstuhl Konstruktive Bauphysik an der Universität Stuttgart und Direktor des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik Stuttgart, sollte ursprünglich zum ersten Seminartermin einen Einführungsvortrag halten, war aber leider zu diesem Termin nicht verfügbar. Er hat sich aber freundlicherweise bereit erklärt, einen entsprechenden Vortrag mit dem Titel "Wird bei der Energieeinsparung der Altbau vergessen ?", den er beim 2. Niedrigenergiehaus-Kolloquium des Fachbereichs Bauwesen der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Sozialwesen (FH) Zittau/Görlitz (Zittau, 23./24. Oktober 1997) gehalten hat und der in den Wissenschaftlichen Berichten der Hochschule Zittau/Görlitz Nr. 1628 (1997), Heft 52, Seiten 113-118, veröffentlicht wurde, hier ebenfalls abdrucken zu lassen.

1. Fakten zur Situationskennzeichnung

Die Energie-Einsparungsanstrengungen der Bundesregierung werden auf der Strecke bleiben, wenn es nicht gelingt, den Baubestand – also die Altbauten – zu verbessern. Die große Bedeutung der Altbaumodernisierung für eine wirkliche Absenkung der CO₂-Emissionen kann man sich leicht anhand folgender Fakten klarmachen:

- Im wiedervereinigten Deutschland werden bei der Heizung der Gebäude (Raumwärme und Warmwasserbereitung) jährlich 220 Mio t an CO₂-Emissionen freigesetzt. Eine 25%ige Einsparung bis zum Jahr 2005 erfordert eine Reduktion um 55 Mio t/a, d. h. eine Absenkung des ursprünglichen Wertes von 220 auf 165 Mio t/a im Jahr 2005 (Bild 1).
- Die Bundesrepublik Deutschland umfaßt 24 Mio. Altbauwohnungen, die modernisierungsbedürftig sind (Bild 2). 18 Millionen hiervon entfallen auf die alten Bundesländer und 6 Millionen auf die neuen Bundesländer. Dies bedeutet, daß sich in den alten Bundesländern dreimal so viele modernisierungsbedürftige Objekte befinden wie in den neuen Ländern. Darüber kann das optisch bessere Aussehen des Baubestandes in den alten Ländern nicht hinwegtäuschen; auch wenn nämlich die Fassaden aufgrund laufender Wartung schöner aussehen – sie haben sozusagen nur Rouge aufgelegt -, sind sie energetisch genauso schlecht wie in der Ex-DDR. Förderprogramme gehören vorrangig in die alten Bundesländer.

- Die Erreichung des 25%-Zieles an CO₂-Reduktion erfordert, daß bei einer jährlichen Modernisierungsrate von nur 2 % (vgl. Bild 1) – zusätzlich zu den im Durchschnitt ca. 0,3 Mio pro Jahr neu gebauten Wohnungen – ca. 0,5 Mio. Altbauwohnungen modernisiert werden müßten. Die Bauindustrie und Wohnungswirtschaft müßten sich jährlich somit auf insgesamt ca. 0,8 Mio. Wohnungen pro Jahr einstellen. Bei dieser jährlichen 2 %igen Modernisierungsrate würde die Bewältigung des gesamten Altbaubestandes ohnedies bereits 50 Jahre dauern. Man erkennt, welche gigantischen Anstrengungen hierfür über mehrere Generationen hinweg unternommen werden müssen.

Derartig hohe jährliche Bauraten sind nicht bewältigbar. Dennoch besitzt die Altbauanierung eine überragende Bedeutung und muß viel beherzter angegangen werden als bislang.

2. Nötige Aufklärung

Die strikte Notwendigkeit, den Altbaubestand mit Vorrang zu modernisieren, und die dabei auftretenden Probleme sind bislang nicht hinreichend erkannt und weder in Kreisen der Bundes-, Landes- und Kommunalpolitik noch bei Bauherren, Bauunternehmen bzw. Bauhandwerkern in der vollen Tragweite ernst genommen worden. Auch die gewaltigen Beschäftigungsschübe für das Handwerk, die aus der Altbau-Modernisierung resultieren, sind bislang nicht hinreichend erkannt worden. Man ersieht aus Bild 4, in welchem großem Ausmaß Gewerke bei der Altbauanierung angezogen werden. Es ist kein Produkt unseres Wirtschaftssystems vorstellbar, das ähnlich viele Arbeitsplätze sicherstellen könnte. Um diese Zusammenhänge bei allen Altbau-Betroffenen, inklusive der Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft, besser bekannt zu machen, muß folgendes geschehen:

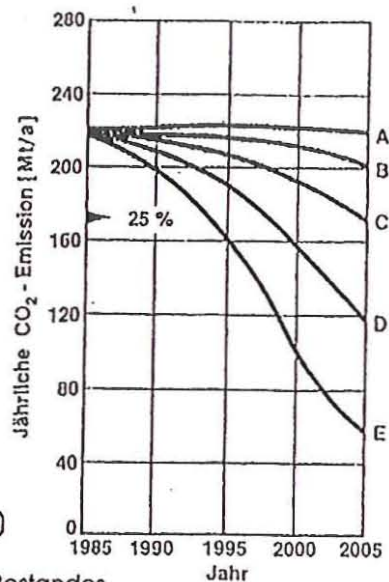
- Das lückenhafte Wissen muß ergänzt werden.
- Das vorhandene und zukünftige Wissen über die Möglichkeiten der Energieeinsparung in Gebäuden und damit zu Verminderung von Schadstoff-Emissionen muß in einer verständlichen Sprache aufgearbeitet und breiten Bevölkerungskreisen zur Verfügung gestellt werden.
- Das Vertrauen in die heutigen und zukünftigen Wärmeerzeugungs-, Wärmeverteilungs- und Wärmedämmtechnologien bei Gebäuden muß gestärkt werden.

Um diese Probleme zu lösen, muß man sich bewußt machen, daß die Veränderung von Einstellungen nur über längere Zeiträume hinweg und nur mit Ausdauer sowie entsprechenden Mitteln gelingen kann. Kurzfristige Erfolge lassen sich in der Wissensvermittlung nicht erreichen; sie waren auch bisher wirkungslos.

3. Problemverständnis und Problemlösungen

Daß trotz der überragenden Bedeutung des Altbaus für unsere Umweltschutz- und Arbeitsmarktpolitik bei Modernisierungsaktivitäten bislang keine bzw. nur äußerst schleppende Fortschritte erzielt wurden, hat seinen Grund in einer Reihe von Problemen. Die hauptsächlichen Problemfelder und die zu ihrer Lösung möglichen Ansätze sind in Tabelle 1 überblicksmäßig aufgeführt. Die Schwierigkeiten liegen im Informations-, Finanz-, Technik- und Rechtsbereich, wobei unterschiedliche Kreise betroffen werden. Auch die möglichen Problemlösungen sind an verschiedene Akteure zu adressieren. Tabelle 1 soll – zusammen mit den obigen Ausgangsfakten – eine Diskussion auslösen, mit welchen Strategien die Altbausanierung in unserem Land aus ihrem Dornröschenschlaf herausgerissen werden kann. Rasches Handeln ist nötig.

Bild 1: Verläufe der jährlichen CO₂ - Emissionen, die in Deutschland bis zum Jahr 2005 aus der Beheizung der Wohnungen (Raumwärme und Warmwasser) für verschiedene Szenarien resultieren



- A : Status quo ante (ohne WSVO 1995)
- B : Mit WSVO 1995
- C : Altbausanierung, jährlich 2 % des Bestandes
- D : Altbau bis 2005 komplett saniert
- E : wie D, zusätzlich jeder Neubau mit Niedrigenergiehaus-Niveau

Gebäudeart	Anzahl (Mio)	
	alte Länder	neue Länder
Wohnungen:		
genutzt	24	6
leer, Zweit	3	
Streitkräfte	1	1
Kleingewerbe etc.	1	
Σ total	29	7
	36	
Σ bereinigt	25	6
	31	
davon Altbau	18	6
(denkmalgeschützt)	24 (5)	
Nicht-Wohngebäude	3	1
	4	

Bild 2: Gebäudebestand 1995 in der Bundesrepublik Deutschland, aufgeteilt nach alten und neuen Bundesländern
Die Zahl der angegebenen Altbauwohnungen ergibt sich hierbei nach der Definition gemäß Bild 3

Definition Altbau

Gebäude, die mehr als 150 bis 200 kWh/m²a
Netto-Heizenergie verbrauchen.

Altbauanteil (zahlenmäßig): 77 %

Altbauanteil (energetisch): 95 %

Bild 3: Definition von Altbau im Sinne von Energiebedarf und CO₂-Emission
Stichtag ist das Datum des Inkrafttretens der WStVO 1982/84. Alle Gebäude vor diesem Zeitpunkt weisen mehr als 150 bis 200 kWh/m²a auf. Zahlenmäßig sind dies 77 % des derzeitigen Bestandes. In Bezug auf den Energieverbrauch entfallen hierauf 95 %. Das heißt: Die ab 1982 errichteten Neubauten, die wesentlich besser gedämmt sind als die früher errichteten Altbauten, verbrauchen nur 5 % des gesamten Energieaufwandes für Gebäude.

Altbau-Modernisierung erhält Arbeitsplätze

Von 126 Berufsgruppen des Handwerks sind

1. Maurer	17. Schornsteinfeger
2. Beton- und Stahlbetonbauer	18. Metallbauer
3. Feuerungs- und Schornsteinbauer	19. Kälteanlagenbauer
4. Backofenbauer	20. Büroinformationstechnik
5. Zimmerer	21. Klempner
6. Dachdecker	22. Gas- und Wasserinstallateure
7. Straßenbauer	23. Zentralheizungs- und Lüftungsbauer
8. Wärme- und Kälte- sowie Schallschutz- isolierer	24. Elektroinstallateure
9. Fliesen-, Platten- und Mosaikleger	25. Fernmeldeanlagen techniker
10. Betonstein- und Terrazzohersteller	26. Radio- und Fernseh techniker
11. Estrichleger	27. Tischler
12. Brunnenbauer	28. Parkettleger
13. Steinmetzen und Steinbildhauer	29. Rolladen- und Jalousienbauer
14. Stukkateure	30. Raumausstatter
15. Maler und Lackierer	31. Gebäudereiniger
16. Kachelofen- und Luftheizungsbauer	32. Glaser
	33. Schilder und Lichtreklametechniker

Bild 4: Auflistung der Handwerksberufe, die mit der Modernisierung und Sanierung der Altbauten beschäftigt sind.

Altbau-Modernisierung ist eine Arbeitsbeschaffungsmaßnahme par excellence. Es gibt kein Produkt in unserem Wirtschaftssystem, das so viele Arbeitsplätze bindet.



4. Energiegerechte Bauschadensanierung

B. Weidlich,
ASSMANN Planen und beraten GmbH, Dortmund

Vorbemerkungen

Während für den Neubau von Gebäuden in der Bundesrepublik Deutschland in den letzten 20 Jahren hohe Wärmeschutzstandards und damit verbunden sehr niedrige Energieverbräuche erreicht werden konnten, sind die möglichen Energieeinsparpotentiale im Gebäudebestand weiterhin nur unzureichend genutzt. Die energetische Sanierung von Gebäuden würde zu sehr starken Reduzierungen des Energieverbrauchs im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher und zu deutlichen Entlastungen bei den CO₂-Emissionen führen.

Energetische Sanierung von Gebäuden sollte an der (aus energetischer Sicht) wesentlichen Schwachstelle, nämlich der Gebäudehülle beginnen. Sanierungen, Optimierungen und Anpassungen der Heizungs- und Regelungssysteme sollten (obwohl interessengebundene Fachleute dies teilweise anders postulieren) sinnvollerweise erst danach erfolgen.

Die nachfolgenden Ausführungen konzentrieren sich auf die energetische Sanierung der Gebäudehülle und dabei insbesondere auf die Möglichkeiten, die sich ergeben, wenn ein Gebäude wegen vorhandener Schäden an der Außenhaut sowieso instandgesetzt werden muß. Dann ergibt sich die Chance der sogenannten energiegerechten Bauschadensanierung – einem, wie nachfolgend gezeigt wird, sehr wirtschaftlichen Weg, den Bauschaden nachhaltig zu beseitigen und dabei zugleich den Witterungs- und Wärmeschutz des Gebäudes erheblich zu verbessern.

Wärmeschutzmaßnahmen an bestehenden Gebäuden lohnen dann sich am meisten, wenn sie geeignet sind – quasi nebenbei – auch Bauschäden zu sanieren. Die eingesparten Kosten der Bauschadensanierung können in diesen Fällen der Wärmedämmung „gutgeschrieben“ werden. Selbst bei den auch heute immer noch niedrigen Energiepreisen werden die verbleibenden Restkosten der Wärmeschutzmaßnahme oft erstaunlich schnell amortisiert.

1. Bauschäden an Nachkriegsgebäuden und ihre Sanierung

Bauschäden treten an Gebäuden der Nachkriegsjahre überraschend früh, in stärkerem Umfang und mit höherem Schädigungsgrad als bei älteren Bauwerken auf. Dieses betrifft besonders Gebäude in Großtafelbauweise und die industriell gefertigten Betonbauten der ehemaligen DDR. Eine Folge der Schadensituation ist aufgrund von Durchfeuchtung der Bauteile die

deutliche Erhöhung der ohnehin schon überdurchschnittlichen Energieverbräuche dieser Gebäude.

Durch Forschungsvorhaben, Demonstrationsbauvorhaben und umfassende praktische Anwendung wurden mittlerweile geeignete kombinierte Maßnahmenpakete zur Behebung beider Defizite, nämlich des Bauschadens und des hohen Energieverbrauchs entwickelt und erprobt. Als schadenträchtigste Bauteile standen Außenwände und Flachdächer im Mittelpunkt der Untersuchungen.

Abgeleitet von den typischen Schadensbildern dieser Bauteile mußten zunächst die konventionellen, dem Stand der Technik entsprechenden Sanierungsmaßnahmen analysiert werden. Die Separierung in einzelne, genau definierte Positionen, ermöglichte es, die eigentliche Schadensreparatur von den vorbereitenden und nachfolgenden Nebenarbeiten zu unterscheiden und erlaubte so erste Rückschlüsse auf mögliche Einsparpotentiale bei den Sanierungsarbeiten.

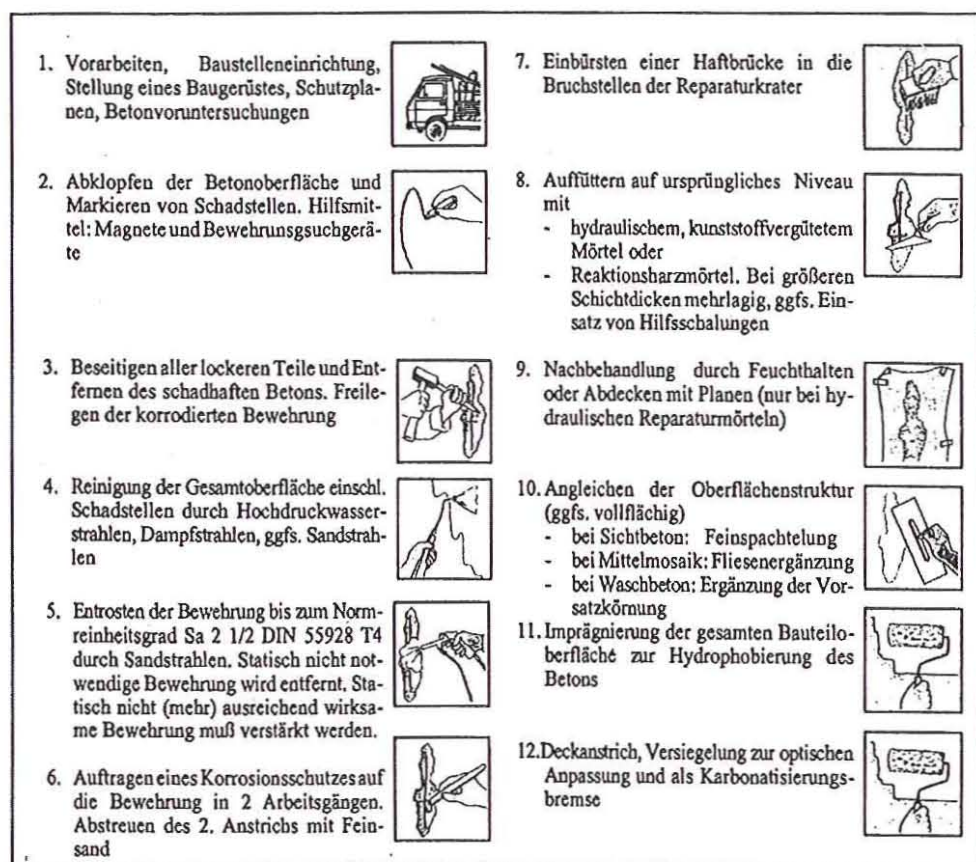


Bild 1: Beispiel – Zerlegung der Betonsanierung in Teilarbeitsschritte

2. Energiestatus von Nachkriegsgebäuden

Abhängig vom Alter und Typ der Häuser des Gebäudebestandes sind die durchschnittlichen Energieverbrauchswerte recht unterschiedlich, meistens jedoch sehr hoch. Die Verbesserung des Wärmeschutzes erschließt erhebliche Energieeinspar-Potentiale, selbst wenn als Zielvorgabe nur der noch problemlos erreichbare Standard der 2. Wärmeschutz-Verordnung angestrebt wird. Volkswirtschaftlich läßt sich z.B. für Wohnhäuser der „alten Bundesrepublik“ der Baujahre 1950 – 1975 ein jährliches Heizkosten-Einsparpotential von 3,5 bis 5,5 Mrd. DM angeben.

3. Warum energiegerechte Sanierung?

Konventionelle Instandsetzungskonzepte verfolgen in der Regel das Ziel, geschädigte Bauteile möglichst „originalgetreu“ wiederherzustellen. Dies führt bei Außenwänden (insbesondere bei Bauteilen aus Beton) häufig zu einem hohen Anteil rein kosmetischer Arbeiten, welche die Instandsetzungskosten drastisch erhöhen.

Gibt man den Anspruch auf originalgetreue Wiederherstellung des geschädigten Bauteils auf, so können Sanierung und die Funktionen der Gebäudeaußenhaut auch von alternativen Konstruktionen sichergestellt werden.

Hierzu bieten sich außenliegende Wärmedämmsysteme an, weil sie mehrere Vorteile in sich vereinigen:

- Erhebliche Verminderung der Transmissionswärmeverluste
- Verminderung der Kosten „konventioneller Sanierung“ durch Wegfall kosmetischer Arbeiten (und deren Wiederholung bei eventuellen erneuten Schädigungen)
- Zuordnung der thermisch wirksamen Masse des Bauteils zum Innenraum, dadurch größeres Wärmespeichervermögen
- Eventuell vorhandene Wärmebrücken werden eliminiert
- Thermische Belastung des Bauteils sinkt, Verminderung von Wärmespannungen, gleichzeitig Sanierung thermisch bedingter Risse
- Verminderung von Instandhaltungskosten
- Verlängerung der Bauteillebensdauer
- Verbesserung des Witterungsschutzes
- Verbesserung des Diffusionsverhaltens, keine Gefahr von Kondenswasser im Bauteil
- Erhöhung der inneren Oberflächentemperaturen, verringerte Gefahr von Tauwasser an der Innenoberfläche, Steigerung der subjektiv empfundenen „Behaglichkeit“

Diese grundsätzlichen Überlegungen gelten in etwas abgewandelter Form auch für Flachdachsaniierungen.

Die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz von Flachdächern waren bis 1960 sehr niedrig, d.h. die eingebauten Dämmschichten waren entsprechend gering. Eine energiege- rechte Flachdachsaniierung wird um so wirtschaftlicher, je weniger Veränderungen an An- und Abschlüssen vorgenommen werden müssen.

Die Kombination von Wärmeschutz und Bauschadensanierung führt einerseits zu recht komplexen Baumaßnahmen, andererseits kann durch den oben angesprochenen Vielfachnutzen eine hohe Gesamtwirtschaftlichkeit entstehen.

Kostenvergleiche konventionelle und energie- gerechte Bauschadensanierung MAXIMALE EINSARPOTENTIALE DM/m ² Fassadenfläche	KONVENT.SANIERUNG			ENERGIEGERECHTE SANIERUNG MIT WÄRMEDÄMMSYSTEMEN									
	Konventionelle Sanierung ohne Wärmedämmung			Wärmedämmverbundsystem, 6cm Polystyrolplatten geklebt + gedübelt			Wärmedämmverbundsystem 6cm Mineralfaserplatten geklebt + gedübelt			Vorgehängte, hinter-lüftete Fassade, 10cm Mineralfaserplatten			
	Schadensklassen Leicht Mittel Schwer			Schadensklassen Leicht Mittel Schwer			Schadensklassen Leicht Mittel Schwer			Schadensklassen Leicht Mittel Schwer			
1. Baustelleneinrichtung, Gerüst	DM/m ²	31,35	32,15	32,78	19,87	20,68	21,30	19,87	20,68	21,30	19,87	20,68	21,30
2. Reinigung, Untersuchung	DM/m ²	18,23	31,25	31,25	18,23	31,25	31,25	18,23	31,25	31,25	18,23	31,25	31,25
3. Stenmarbeiten, Entrosten	DM/m ²	11,31	26,28	40,34	2,75	6,82	8,44	2,75	6,82	8,44	2,75	6,82	8,44
4. Haftbrücke, Mörtel	DM/m ²	6,41	15,57	24,18	3,20	7,79	12,09	3,20	7,79	12,09	3,20	7,79	12,09
5. Dünnputz, Fliesenergänzung	DM/m ²	6,37	23,21	28,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6. Imprägnierung, Deckanstrich	DM/m ²	15,26	24,14	24,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7. Fugensanierung	DM/m ²	29,65	55,52	61,60	3,06	6,19	9,23	3,06	6,19	9,23	3,06	6,19	9,23
8. Fensterfügen- und Zargensanierung	DM/m ²	12,57	11,52	11,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9. Kostenanteil konv. Sanierung	DM/m ²	131,15	219,66	254,68	47,12	75,72	82,31	47,12	72,72	82,31	47,12	72,72	82,31
10.Kosten Wärmedämmsystem	DM/m ²				205,00	205,00	205,00	245,00	245,00	245,00	435,00	435,00	435,00
11.Kosten energiegerechte San.	DM/m ²				252,12	277,72	287,31	292,12	317,72	327,31	482,12	507,72	517,31
12.Differenzkosten Wärmeschutz	DM/m ²				120,96	58,06	32,64	160,96	98,06	72,64	350,96	288,06	262,64
13.k-Wert nach Sanierung	W/m ² K	1,50	1,50	1,50	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,32	0,32	0,32
14.Amortisation 1700 Vollbetriebsstd.h(Heiz) = 0,7	Jahre	bei 10 Pf/kWh bei 05 Pf/kWh			15 (30)	7 14	4 8	20 (40)	12 (24)	9 18	über 30 Jahre 29 (58)		

Tabelle 1: Beispiel einer Kostenvergleichstabelle; hier: Betonfertigteilwand

4. Dämmsysteme zur energiegerechten Sanierung von Außenwandschäden

Wärmedämmverbundsysteme (WVS) sind grundsätzlich zur Sanierung geschädigter Putzfassaden geeignet; sie bieten Einsparungsmöglichkeiten bei der Untergrundvorbereitung und gewährleisten insbesondere eine nachhaltige Wärmeschutzverbesserung. Ein neuestes Anwendungsgebiet von Wärmedämmverbundsystemen liegt in der Sanierung von Betonschäden. Neben der Energieeinsparung bietet sich hier die Chance, sämtliche optisch begründeten Sanierungsschritte und einen Großteil der Betonschutzmaßnahmen einzusparen. Auch auf die Fugensanierung und Sanierung von Rissen kann meistens verzichtet werden.

Vorgehängte, hinterlüftete Fassaden (VHF) sind erheblich teurer als Wärmedämmverbundsysteme. Zur Sanierung verputzter Außenwände werden sie deshalb nur in Einzelfällen eingesetzt. Das Hauptanwendungsgebiet von vorgehängten, hinterlüfteten Fassaden liegt daher in der Sanierung von Betonaußenwänden; einerseits weil mit anderen Dämmsystemen Schwierigkeiten bei der Überdeckung von Schwerlastankern entstehen, andererseits weil vorgehängte, hinterlüftete Fassaden ein bauphysikalisch problemloses, über lange Jahre bewährtes Dämmsystem darstellen. Auch bei vorgehängten, hinterlüfteten Fassaden kann auf optisch begründete Sanierungsteilschritte verzichtet werden. Betonschutzmaßnahmen müssen allerdings in größerem Umfang als bei Wärmedämmverbundsystemen durchgeführt werden, da Schadgase weiterhin freien Zutritt zur Betonoberfläche haben.

5. Kosten- und Wirtschaftlichkeitsvergleiche bei Außenwänden

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der energiegerechten Bauschadensanierung werden den Maßnahmenschritten der konventionellen Sanierung energiegerechte Sanierungsmaßnahmen mit ihren Teilschritten und ihren Kostenanteilen gegenübergestellt und dabei jeweils die Arbeitsschritte identifiziert, welche durch die Kombination Bauschadensanierung-Wärmeschutzverbesserung eingespart werden können. Das Ergebnis sind Differenzkosten der zusätzlichen Wärmeschutzverbesserung, die angeben, welche Kostenanteile dem Wärmedämmssystem zugerechnet werden müssen (Bild 2).

Die Ergebnisse der Kostenvergleiche konventionell contra energiegerechte Sanierung für eine typische Außenwandkonstruktion sind in der Tabelle 2 dargestellt. Für drei Schadenklassen L (leicht), M (mittel) und S (schwer) wird angegeben, auf wieviel Prozent sich die anrechenbaren Kosten von Dämmsystemen reduzieren, wenn die eingesparten Kosten der konventionellen Schadensanierung in Abzug gebracht werden.

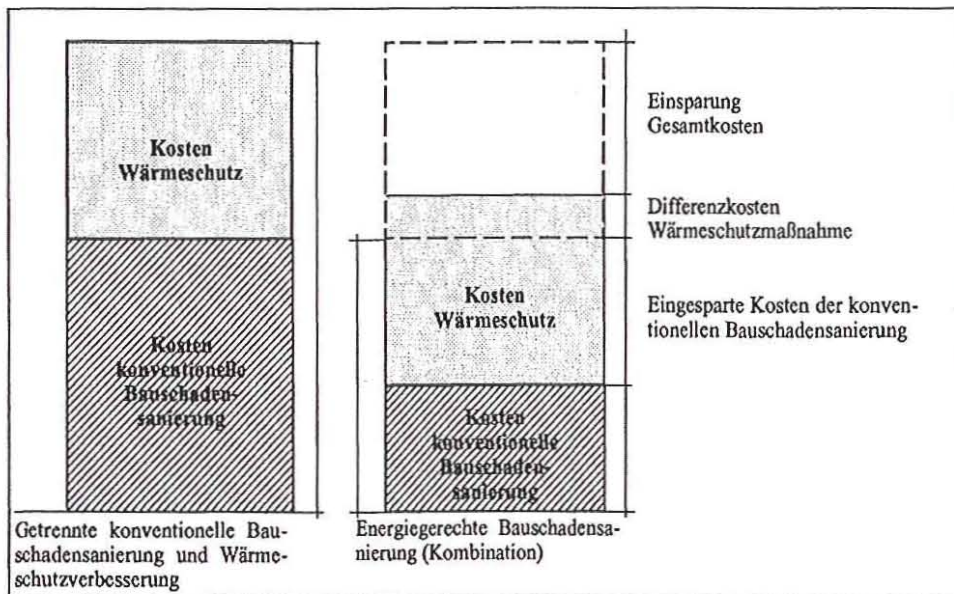


Bild 2: Schematischer Vergleich konventionelle und energiegerechte Bauschadensanierung

Kostensenkung der Wärmedämmsysteme durch Einsparung konventioneller Sanierungsschritte	Mittlere Kosten		Kostensenkung bei Differenzkostenbetrachtung auf%*		
	DM/m ²	%	L	M	S
Wärmedämmverbundsystem 6 cm Polystyrolplatten	205,00	100%	53 - 65%	25 - 31%	14 - 18%
Wärmedämmverbundsystem 6 cm Mineralfaserplatten	245,00	100%	59 - 72%	36 - 44%	27 - 33%
Vorgehängte, hinterlüftete Fassade, 10 cm Mineralfaserplatten	435,00	100%	73 - 89%	60 - 73%	54 - 66%

* Angenommener Schwankungsbereich gegenüber den aus der Kostenvergleichstabelle errechneten Mittelwerten: ± 10%

Tabelle 2: Betonfertigteilwand – Anrechenbare Dämmsystemkosten bei energiegerechter Bauschadensanierung

6. Systeme zur energiegerechten Sanierung von Flachdächern

Bei geschädigten Flachdächern, die grundlegender Reparaturen bedürfen, sind energetisch wirksame Sanierungen seit Einführung der 2. Wärmeschutzverordnung vorgeschrieben und somit Stand der Technik. Die „energiegerechte“ Sanierung kann bei Flachdächern nur als Verbesserung des Wärmeschutzstandards über die gesetzlichen Anforderungen hinaus verstanden werden.

7. Akzeptanz

Die Akzeptanz-Chancen energiegerechter Bauschadensanierung sind günstig: Es hat sich gezeigt, daß in der Vergangenheit die Energieeinsparpolitik und ihre Umsetzung in baulichen Wärmeschutz und heizungstechnische Maßnahmen von der Mehrheit der Bevölkerung letztlich positiv aufgenommen wurde. In gleicher Weise wird die zu erwartende Heizkosteneinsparung infolge einer energiegerechten Bauschadensanierung von Eigentümern wie Mietern dann positiv aufgenommen, wenn per Saldo ein finanzieller Vorteil verbleibt.

Energiegerecht statt konventionell zu sanieren ermöglicht es, eine positive Einstellung zu einem latent unangenehmen Sachverhalt zu bewirken. Statt einen Schaden zu reparieren, kann dem Bürger vermittelt werden, daß – bei fast gleicher Belästigung durch Bauarbeiten – nunmehr Maßnahmen ergriffen werden zur Energieeinsparung und Umweltbelastung, zur Heizkostensenkung und zur Werterhaltung der Gebäude, bei gleichzeitiger Beseitigung der vorhandenen Schäden.

8. Schlußfolgerungen

- Wärmedämmsysteme sind grundsätzlich dazu geeignet, Arbeitsschritte der konventionellen Bauschadensanierung von Außenwänden mit zu übernehmen.
- Voraussetzung für Maßnahmen energiegerechter Bauschadensanierung ist, daß ein mittlerer bis schwerer Schädigungsgrad der Außenwände oder der Dächer gegeben ist und damit ein Handlungsbedarf für den Eigentümer besteht.
- Bauschadensanierung mit Wärmedämmsystemen bedeutet Einsparung von Arbeitsschritten der konventionellen Sanierungsmaßnahmen.

- Der Auswahl eines Konstruktionssystems, welches Bauschadensanierung bei gleichzeitiger Verbesserung des Wärmeschutzes erbringt, muß eine sachverständige Problemanalyse und Planung vorausgehen.
- Wärmeschutzarbeiten mit gleichzeitiger Bauschadensanierung sind wirtschaftlich. Jede Maßnahme für sich getrennt – zu unterschiedlichen Zeiten durchgeführt – ist unwirtschaftlich.
- Energiegerechte Sanierungen von geschädigten Fassaden ergeben nachhaltige Energieverbrauchseinsparungen von 20 bis 40 Prozent.
- Selbst hohe Investitionen für eine durchgreifende Instandsetzung stark geschädigter Gebäude sind rentabel, weil sie Mehrfachnutzen bringen:
 - Wiederherstellung der Funktionstüchtigkeit, Verlängerung der Lebensdauer
 - Verbesserung der ästhetischen Qualität und des Wohnumfeldes
 - Energieeinsparung und Heizkostenreduzierung

5. Beispiele aktueller Untersuchungsziele zur Energieeinsparung in der Freilandversuchsstelle des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Holzkirchen

C. Wetzel

Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen

1. Wärmeschutz und Baukörper in Kombination mit neuen Heizungskonzepten

Im Rahmen des am Forschungszentrum Jülich veranstalteten Seminars mit dem Thema "Energetische Sanierung von Gebäuden", soll ein kurzer Einblick in Aktivitäten des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Holzkirchen auf dem Gebiet des Wärmeschutzes und der Weiterentwicklung von neuartigen Heizungskonzepten gegeben werden. Es wird zwischen zwei großen Bereichen unterschieden: zum einen die Untersuchung von Wärmeschutzmaßnahmen, welche sich mit einer Optimierung der Energieflüsse im Gebäude und in der Gebäudehülle befassen, und zum anderen die Verbesserung der Heizungsanlagentechnik, von der Wärmeerzeugung über deren Verteilung bis hin zur Abgabe der erforderlichen Wärmemenge. Entsprechend der Terminologie der Bauphysik geht es darum, zum einen den Heizwärmeverbrauch, zum anderen den Heizenergieverbrauch eines Gebäudes praxisgerecht und kostengünstig zu minimieren. Gerade diese Trennung zwischen Gebäude und Anlagentechnik führt immer noch zu Problemen in der Gesamtkonzeption eines Gebäudes. So hat sich der Dämmstandard von Neubauten in den letzten Jahren erheblich verbessert, auch sind wesentliche Fortschritte im Heizungs- und Kühlungsbereich erreicht worden – dennoch bleibt fraglich, ob beide Bereiche in Kombination zu wirtschaftlich vertretbaren, energetisch optimalen Gebäudekonzeptionen geführt haben. Aus der Sicht des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik besteht in diesem Bereich ein erhöhter Handlungsbedarf, da die gängigen Heizungskonzepte oft nicht mit dem erhöhten Dämmstandard (bei gleichbleibendem Brauchwasserkonsum) abgestimmt sind. Im folgenden werden zwei Beispiele über neue Erkenntnisse zur besseren Ausnutzung des solaren Strahlungsangebotes vorgestellt.

Beispiel 1: Untersuchung IR-wirksamer Fassadenanstriche bei verschiedenartigen Wandaufbauten unter natürlicher Bewitterung

Die heute üblicherweise verwendeten weißen bzw. hellen Fassadenanstriche besitzen über den energetisch interessanten Wellenlängenbereich des Sonnenspektrums (UV, VIS, nahes IR) unterschiedliche Energieabsorptionsgrade von etwa 0,2 bis 0,5. Im langwelligen IR-Bereich hingegen haben diese Farben nahezu gleichbleibende strahlungstechnische Eigenschaften. Ihre Emissionsgrade liegen dort etwa bei 0,9. Dies bedeutet vereinfacht dargestellt, daß

- tagsüber bei solarer Einstrahlung die Außenoberfläche einer Gebäudeaußenwand mit höherem Energieabsorptionsgrad (α -Wert) höhere Temperaturen erreicht als im Falle von Anstrichen mit niedrigen Energieabsorptionsgraden.
- nachts und auch tagsüber die langwellige Abstrahlung von Oberflächen mit hohem Emissionsgrad (ϵ -Wert) stärker ist als im Falle von niedrigen Emissionsgraden, z.B. bei sogenannten infrarotreflektierenden (IR-)Anstrichen. Die durch solche Oberflächeneigenschaften reduzierte Abstrahlung bewirkt insgesamt eine Verminderung des Wärmestromes zur Außenoberfläche des Bauteils.

Im Rahmen einer bisher über 2 Jahre andauernden vergleichenden Freilanduntersuchung wurde eine monolithischen Außenwand und eine Außenwand mit Wärmedämmverbundsystem, dargestellt in Bild 1, jeweils mit strahlungstechnisch unterschiedlichen Anstrichen versehen. Die Untersuchung des Temperaturverhaltens der Außenoberflächen zeigte folgende Ergebnistendenzen:

- Die sommerlichen und winterlichen Temperaturen der Außenoberfläche nehmen bei infrarotreflektierenden Außenanstrichen zu
- Die Wärmestrombilanz an der Außenoberfläche über die Heizperiode zeigt bei infrarotreflektierenden Außenbeschichtungen eine Verminderung der Transmissionswärmeverluste um bis zu 25%
- Das Auftreten von Tauwasserbildung nimmt bei infrarotreflektierenden Anstrichen ab, wodurch Feuchtigkeitsschäden verringert werden können.

Der letzte Punkt ist insbesondere bei Wärmedämmverbundsystemen von Belang, da häufig als Kritik angeführt wird, daß Fassaden mit einem Wärmedämmverbundsystem schneller Algenbildung aufweisen und dadurch zu kürzeren Instandhaltungszyklen, verbunden mit höheren Kosten über die Lebensdauer der Fassade führen. Wie in Tabelle 1 dargestellt, kann mittels eines IR-reflektierenden Anstrichs die Häufigkeit einer Taupunktunterschreitung an der Außenoberfläche deutlich verringert werden.

Beispiel 2: Hybrid Transparente Wärmedämmung (HTWD) - eine Möglichkeit der Kopplung von Dämmung und solar unterstützter Heizungsanlagentechnik

Transparente Wärmedämmung (TWD) außenseitig auf die Außenwand eines Gebäudes aufgebracht, ermöglicht im Unterschied zu einer opak gedämmten Wand eine effektive Nutzung solarer Energie zur direkten Gebäudebeheizung. Während in der Heizperiode Wärmezufuhr durch eine derartig gedämmte Wand erwünscht ist, kann diese in der Übergangszeit und in den Sommermonaten bei hohem Strahlungsangebot zu unerwünschter Überhitzung der Wandinnenseite einer TWD führen. Durch mechanische Verschattungselemente, phototrope Gläser bzw. optoelektrische Verschattungssysteme kann Überhitzung vermieden werden. Alle diese Hilfskomponenten sperren jedoch die solar angebotene Energie aus, wodurch ein Großteil der auftretenden Strahlung nicht verwertet werden kann. Um das solare Energieangebot ganzjährig nutzen zu können, muß ein Abtransport überschüssiger Wärme aus der Außenwand gewährleistet werden.

Genau hier erweist sich eine Verbindung von Dämmstofftechnik, in Form einer TWD und der Heizungsanlagentechnik in Form eines Wärmeabsorbers und einer Wandheizung als hilfreich. Direkt hinter der Absorberfläche der TWD werden Rohrschlangen zur Aufnahme der am Absorber anfallenden Wärme angebracht. Zusätzlich wird an der Innenseite der Außenwand unter der Putzschicht eine weitere Rohrschlange für den Betrieb einer Wandheizung verlegt. Eine derartige Kombination von transparenter Wärmedämmung und Heizungsanlagenkomponenten wird Hybrid Transparente Wärmedämmung (HTWD) genannt. Die grundsätzliche Funktionsweise im Vergleich mit einer opaken Wand und einer TWD ist in Bild 2 dargestellt.

Eine HTWD-Anlage kann generell in drei Betriebsweisen gefahren werden, welche in Bild 3 zusammengefaßt sind. Im Sommer besteht lediglich Bedarf an Brauchwasser, gleichzeitig soll sommerliche Überhitzung der Raumluft unterbunden werden. Zu diesem Zweck strömt Wasser, abgekühlt durch einen Erdreichwärmetauscher im inneren Register und entzieht dem Innenraum Wärme. Gleichzeitig wird das außenliegende Register zur Brauchwassererwärmung verwendet. In der Übergangszeit kann die solar angebotene Strahlungswärme zur Brauchwasservorwärmung verwendet werden, eine Raumkühlung durch das Innenregister ist nicht nötig, die HTWD ist in diesem Falle mit einem Solarkollektor vergleichbar. Im Winter dient die HTWD zur Raumheizung und nur sekundär, an Tagen mit hoher Einstrahlung, zur Brauchwasservorwärmung. Im Gegensatz zur konventionellen TWD, welche aufgrund der thermischen Trägheit

des hinter der transparenten Dämmung liegenden Mauerwerks die Wärme zeitversetzt, im Extremfall zur falschen Zeit in der Nacht an den Innenraum abgibt, nutzt die HTWD den Kurzschlußbetrieb zwischen dem Absorberregister und dem Innenregister aus. Die Wärme kann direkt und ohne zeitliche Verzögerung an den Innenraum abgegeben werden, bzw. dem Wärmespeicher zugeführt werden. Dadurch ist die angebotene solare Energie bedarfsgerecht nutzbar.

2. Ausblick auf künftige Energieeinsparkonzepte

Das oben angeführte Beispiel der Verbindung von Gebäudedämmung und Heizungsanlagentechnik entspricht dem Ziel von einer Heizwärmebedarfs- zu einer Heizenergiebedarfsbetrachtung für ein Gebäude zu kommen. Die vielfältigen Erfahrungen des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik auf dem Gebiet der Verknüpfung von Heizungsanlagen mit Gebäudedämmung zeigen jedoch auch, daß eine optimale Gesamtkonzeption für ein Gebäude erheblich schwieriger zu bewerkstelligen ist als eine Optimierung einzelner Komponenten oder der Gebäudehülle. Die Integration der Heizungsanlage stellt gesteigerte Anforderungen an die Berechnungen, beispielsweise die Vorhersage der Wärmeströme unter der Prämisse einer flinken und "intelligenten" Regelungstechnik. Gerade hier liegt ein Problem bei der Konzeption von vereinfachten Verfahren, wie sie bei der momentan gültigen Wärmeschutzverordnung durch Wärmepässe oder andere Methoden üblich sind. Diese Verfahren basieren auf Erkenntnissen aus detaillierten instationären Berechnungen, weshalb angenommen werden darf, daß sie mit hinreichender Genauigkeit Informationen über den optimalen Dämmstandard des Gebäudes liefern. Eine Integration der Heizungsanlagentechnik in diese Verfahren kann jedoch nicht ohne weiteres vorgenommen werden. Als Beispiel sei die Frage nach einer optimalen Solarkollektorfläche für ein Mehrfamiliengebäude genannt. Sicherlich spielt hier der zeitabhängige Heizwärmebedarf des Gebäudes, der zeitabhängige Brauchwasserbedarf und letztendlich die Wahl der restlichen Heizungsanlagentechnik und deren Steuerung eine Rolle. Erkenntnisse aus detaillierten instationären Berechnungen und auch Messungen an realen Objekten könnten für dieses Problem eine Lösung bieten, mit denen dann auch ein vereinfachtes Verfahren abgeleitet werden kann. Man hüte sich jedoch davor, Einfachverfahren oder einfach modifizierte Wärmepässe anzubieten, die ohne Validierung mittels Messung und instationärer Berechnung eine Aussage treffen wollen, wie ein Gebäude als ganzes

energetisch optimal konzipiert werden sollte. Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holzkirchen erarbeitet momentan instationäre Berechnungsverfahren, mit denen Heizungsanlagen und Gebäude gemeinsam berechnet und optimiert werden können. Die Berechnungsverfahren werden mit parallel dazu laufenden Messungen validiert und sollen in naher Zukunft in ein vereinfachtes Näherungsverfahren münden, welches ohne großen zeitlichen Aufwand ein Gebäude und dessen Heizungsanlage z.B. entsprechend der geplanten Energieeinsparverordnung optimieren kann.

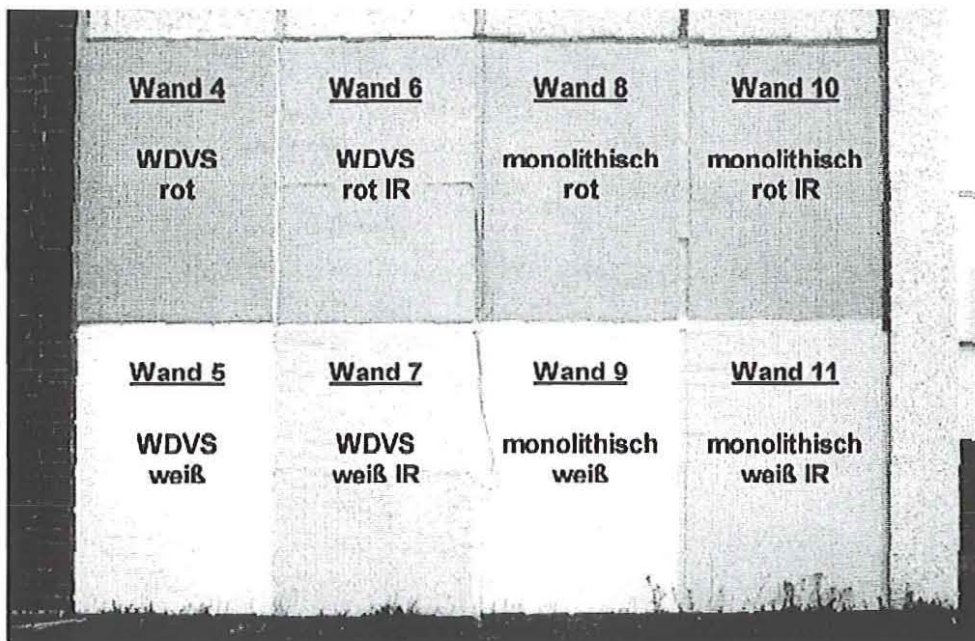
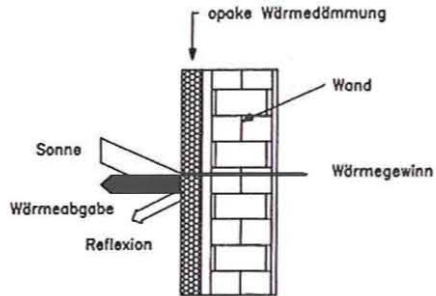
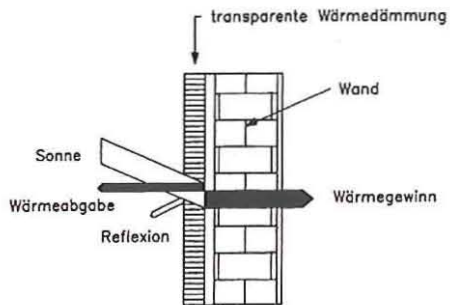


Bild 1: Darstellung der bisher untersuchten Fassaden. Auf der vom Betrachter aus gesehenen linken Seite der Fassade sind Felder mit einem Wärmedämmverbundsystem, auf der rechten Seite Felder mit einem monolithischen Wandaufbau abgebildet. Untersucht wurden jeweils konventionelle und Infrarot (IR)-reflektierende Anstriche in unterschiedlichen Einfärbungen.

WDVS



TWD



HTWD

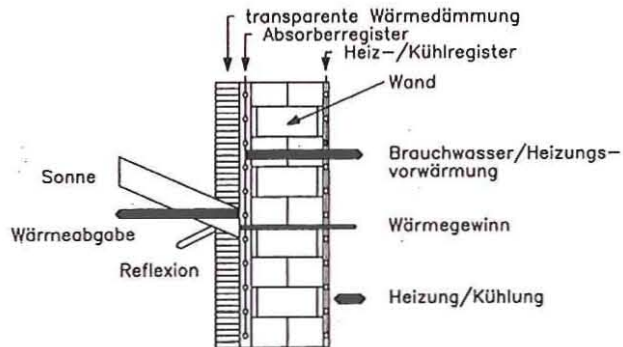


Bild 2: Darstellung der Ausnutzung solar angebotener Energie bei verschiedenen Wandaufbauten

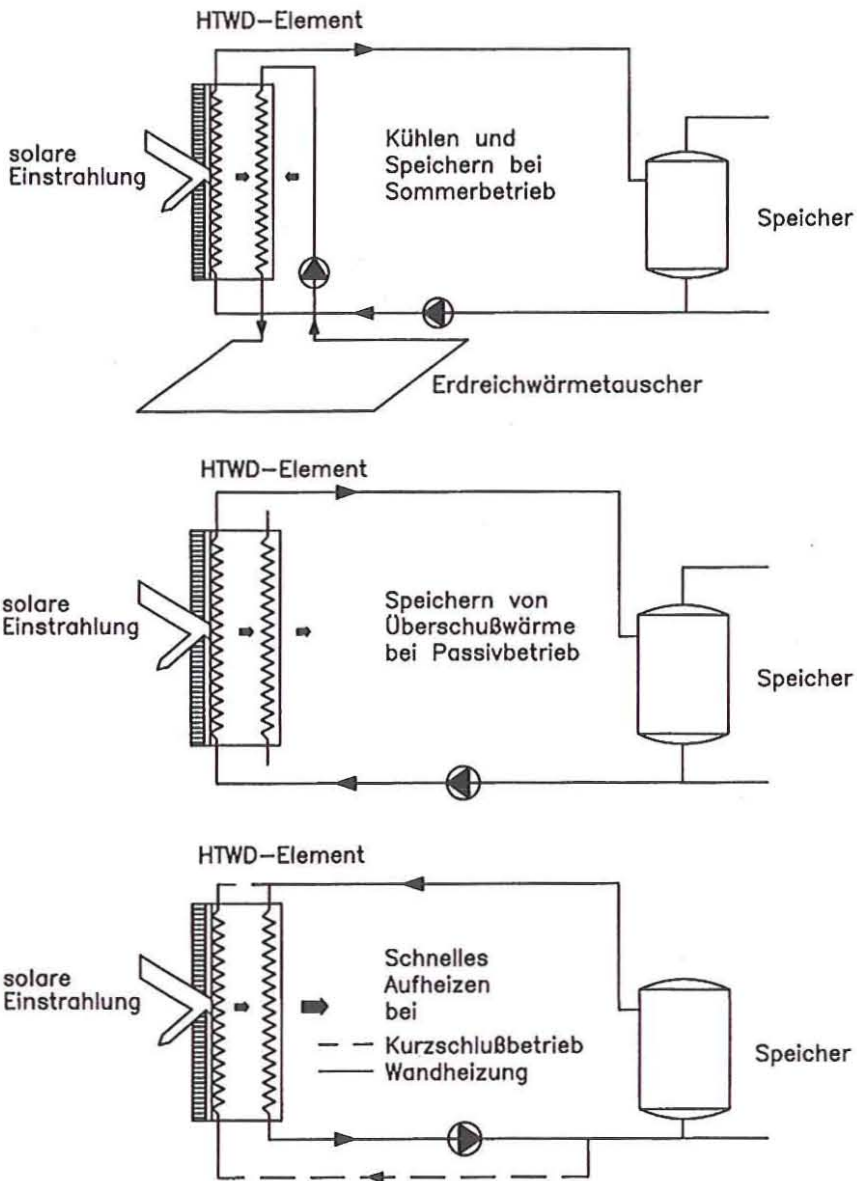


Bild 3: Verschiedene Betriebsweisen einer HTWD, abhängig vom solaren Strahlungsangebot und der angeforderten Brauchwassermenge.

Taupunkt-Unterschreitung

Südwand (Holzkirchen)	WDVS		monolithisch	
	Akkum. Zeiten [d]	Δ [%]	Akkum. Zeiten [d]	Δ [%]
weiß	11,0	- 42	2,9	- 52
weiß IR	6,4		1,4	
rot	6,9	- 36	1,5	- 27
rot IR	4,4		1,1	

Meßzeitraum 12/97 bis 5/98 (=182 d)

Tabelle 1: Häufigkeit der Taupunktunterschreitung bei Aufbringung verschieden eingefärbter konventioneller und IR-reflektierender Anstriche auf ein Wärmedämmverbundsystem und auf einen monolithischen Wandbildner.

B.

**Durchgeführte Modellprojekte auf kommunaler
Ebene**

6. Erfahrungen der Stadtwerke Hannover mit Programmen zur energetischen Modernisierung von Wohngebäuden

P. Kienzle

Stadtwerke Hannover AG, Hannover

1. Erfahrungen mit dem Demonstrationsprogramm THERMIE-Altbau (1993-1997)

1.1 Projektziele

Das von 1993 bis 1997 in Utrecht und Hannover durchgeführte Demonstrationsprogramm THERMIE-Altbau hatte das gemeinsame Ziel, einen Einstieg in eine umfassende Mobilisierung von CO₂-Reduktionspotentialen im Wohngebäudebestand zu finden. Dieses Ziel haben beide Partner mit unterschiedlichen Schwerpunkten verfolgt. Das Demonstrationsprogramm wurde von der Europäischen Union im Rahmen des THERMIE-Programms finanziell gefördert.

In Hannover baute das Projekt auf den Ergebnissen einer vorangegangenen Untersuchung von 1990/91 auf¹. Demnach kann der Heizwärmebedarf langfristig unter wirtschaftlichen Bedingungen um rund 50 % reduziert werden. Die dabei durchgeführte Repräsentativbefragung hat aufgezeigt, daß die spontane Bereitschaft insbesondere der Eigentümer von Mietshäusern (Streubesitz) zur Durchführung von Energiesparmaßnahmen an der Gebäudehülle äußerst gering ist. Aus diesem Grund konzentriert sich das hannoversche Demonstrationsvorhaben "Umfassende Mobilisierung von CO₂-Reduktionspotentialen im Wohngebäudebestand durch optimale Altbauanierung" speziell auf den Mehrfamilien-Mietwohnungsbestand. Die vor 1970 erbauten Mehrfamilienhäuser umfassen ca. 70 % der Wohnungsbestands in Hannover.

Die Umsetzung einer begrenzten Anzahl von Modellvorhaben war der zentrale Baustein des THERMIE-ALTBAU-Programms in Hannover. Folgende Ziele waren damit verbunden:

- Nachweis erschließbarer Einsparpotentiale, ihrer Kosten, ihrer Wirtschaftlichkeit für die Mieter (annähernde Warmmietenneutralität) durch die Realisierung von ca. 30 Modellprojekten im Mehrfamilien-Mietshausbestand.

¹ Studie "Einsparmöglichkeiten beim Raumwärmebedarf des Wohngebäudebestands in Hannover und Langenhagen", Stadtwerke Hannover AG, 1992

- Schaffung von "Standards" hinsichtlich des Einsatzes ökologisch und ökonomisch optimierter Energiespar-Maßnahmenpakete.

Von vornherein eingeplant in das Projekt war eine Evaluierung des Vorhabens, die nach Fertigstellung der Modellprojekte erfolgte. Die Analyse erfasste dabei folgende Ebenen:

- Planung und Baubegleitung (u.a. Wärmebrückenberechnungen)
- Qualitätskontrolle (Blower-Door-Tests, Thermografie)
- rechnerische und gemessene Energieeinsparungen
- telefonische Befragung der Handwerker
- persönliche Befragung der beteiligten Mieter und Hauseigentümer
- Marktforschungsstudie (zu Dienstleistungsangeboten u.a.)

Begleitend wurde das Angebot an zielgruppengerechten Informationsmaterialien erheblich ausgebaut. Zudem liegen nach Abschluß des Projekts ausreichend Erfahrungen vor, um eine effiziente Marketing- und Kommunikationsstrategie zu entwickeln und zu erproben.

1.2 Umsetzung

Angestrebt war eine möglichst umfassende Verbesserung des energetischen Zustands der hannoverschen Modellprojekte, d. h. es wurde eine mindestens 40%-ige Energieeinsparung gefordert. Mit Einzelmaßnahmen läßt sich dieses Kriterium nicht einhalten, auch eine Heizungsmodernisierung ist allein nicht ausreichend. Weitere wichtige Eckpunkte der Förderrichtlinie THERMIE-Altbau waren:

- Baujahr des Hauses vor 1970
- Mehrfamilienhaus mit ca. 6 - 20 Wohneinheiten
- Bereitschaft zur Durchführung von Maßnahmenpaketen (keine Einzelmaßnahmen)

Die Energiesparmaßnahmen wurden mit Festbeträgen gefördert, der Zuschuß sollte etwa 35 % der den Energieeinsparungen anrechenbaren Investitionskosten betragen (vgl. Tabelle 1). Daneben haben die Stadtwerke im Rahmen von THERMIE-ALTBAU auch eine intensive Beratung, Planungshilfe und eine Betreuung bei der Umsetzung der Energiesparmaßnahmen angeboten.

Insgesamt wurden 26 Modellprojekte mit zusammen 288 Wohneinheiten realisiert, drei weitere Einheiten werden gewerblich genutzt. Für die Modernisierungen wurden insgesamt 887.700 DM Zuschüsse gewährt (d. h. ca. 3.000 DM je Wohneinheit).

Die Gebäude verfügen im Schnitt über 11 Wohnungen (4 bis 42) mit rund 650 m² beheizter Wohnfläche (170 bis 2.000 m²). Mit rund 75 % Einzeleigentümern wurde die Hauptzielgruppe - der sogenannte Streubesitz - gut erreicht.

Maßnahmen (geforderte Standards)	Ziel- k-Wert in $W/m^2 \cdot K$	Mindestdämm- stoffdicke in DM/m^2 in cm (WLZ 040)	Gesamtkosten	Energie- sparkosten in DM/m^2	Förderbetrag
Thermohaut	0,30	12	170	85	35
Kerndämmung	0,40	8	50	50	20
Innendämmung	0,45	6	75	60	25
Fenster	1,60	--	1000	150	60
Kellerdecke	0,45	6	35	35	15
Dachschräge					
mit Ausbau	0,20	20	100	60	25
ohne Ausbau	0,20	20	50	40	15
OG-Decke					
begehbar	0,20	18	80	80	30
nicht begehbar	0,20	18	45	45	20

Tabelle 1: Mindestanforderungen und Förderbeträge für Energiesparmaßnahmen bei THERMIE-ALTBAU (aus Richtlinie THERMIE-ALTBAU)

Dämm-Standards

Es wurde grundsätzlich auf in der Praxis bewährte Techniken und Maßnahmen zurückgegriffen, die marktfähig und uneingeschränkt einsetzbar sind. Allerdings lagen die geforderten Dämmstoffdicken etwas über dem in der Baupraxis üblichen. Bei Modernisierungsmaßnahmen im Außenwandbereich sind in der Regel 12 cm Dämmstoff aufgebracht worden. Im Dachbereich wurden verschiedene Lösungen realisiert: neben der meist üblichen Zwischensparrendämmung erfolgten in zwei Fällen eine Aufsparrendämmung.

Innovative Technologien

Da bei THERMIE-ALTBAU der Schwerpunkt bewußt auf dem Einsatz bewährter und marktgängiger Techniken und Produkte lag, spielte die Erprobung neuer innovativer Techniken hier nur eine untergeordnete Rolle. Folgende innovative Technologien kamen im Programm THERMIE-ALTBAU dennoch zum Einsatz:

- Systeme zur Heizkörper-Abschaltung bei Öffnen der Fenster
- System zur wohnungsweise programmierbaren Temperaturregung und Verbrauchskostenerfassung
- Kontrollierte, feuchtgesteuerte Lüftungsanlage
- Solaranlagen für die Brauchwassererwärmung
- Wärmebrückenminimierung durch recycelte Schaumglasdämmung zur Wiederherstellung von Ornamentik

Qualitätssicherung

Als ein Baustein der Evaluierung wurden einige Modellprojekte nach Abschluß der Modernisierungsarbeiten meßtechnisch genauer untersucht. Zum Einsatz kamen hier eine Thermografiekamera und eine sogenannte Blower-Door für Luftdichtigkeitstests. Zudem wurden im Vorfeld die Auswirkungen einiger Wärmebrücken genauer untersucht.

Thermografieaufnahmen

Insgesamt 13 Modellprojekte wurden nach erfolgter Modernisierung mit einer Thermografiekamera aufgenommen. Zum einen zeigte sich bei diesen Wärmebildern der erreichte hochwertige dämmtechnische Standard (z. B. im Vergleich zu den ungedämmten Nachbargebäuden), zum anderen konnten bei einzelnen Gebäuden aber auch verbleibende energetische Schwachstellen² lokalisiert werden. Die Aufnahmen erlauben auch Rückschlüsse auf das Heiz- und Lüftungsverhalten der Bewohner in den einzelnen Wohnungen.

Luftdichtigkeitstests

Bei der Modernisierung von Altbauten gestaltet sich die Sicherstellung einer hochwertigen und dauerhaften Wind- und Luftdichtigkeit weit schwieriger als bei Neubauten. Um hier auf breitere Erfahrungen aufbauen zu können, wurden nach Abschluß der Modernisierungsarbeiten fünf Modellprojekte für die Messung der Luftdichtigkeit (Blower-Door-Test) ausgewählt. Bei den untersuchten Gebäuden traten zahlreiche Schwachstellen mit spürbaren Zugerscheinungen auf³. Allerdings waren nach Abschluß der Arbeiten die Möglichkeiten für nachträgliche Verbesserungsarbeiten begrenzt.

An jedem Gebäude wurde jeweils in mehreren Wohnungen die Luftdichtigkeit gemessen. Die Werte für die gemessene Luftwechselrate (gemessen in 1/h) streuten in einem relativ großen Bereich: von knapp unter 1,0 bis über 4,0, in einer Wohnung lag der Wert sogar über 7,0 (als Richtwert für Neubauten: unter 3,0).

In einem Modellprojekt ist als Besonderheit eine kontrollierte Lüftung eingebaut. Der effiziente Einsatz dieser Technik setzt eine hohe Luftdichtigkeit der Gebäudehülle voraus, was bei diesem Gebäude nur bedingt sichergestellt ist. Trotz dieses Nachteils ist diese Technik hier zu empfehlen: Die kontrollierte Lüftung bewirkt einen leichten Unterdruck im Innern und somit eine von außen nach innen gerichtete Luftströmung durch die Leckagen, was wegen der in diesem Gebäude an der Straßenseite angebrachten Innendämmung positiv zu sehen ist. Damit wird ein konvektiver Feuchtetransport spürbar reduziert, die Gefahr späterer Bauschäden damit deutlich vermindert.

² Beispiele: ungedämmte Fassadenbereiche, unterer Abschluß der Außenwanddämmung (Sockelbereich), auskragende Balkone, unzureichend gedämmte Fensterlaibungen, unterschiedliche Verglasungen, erwärmte Heizungskeller usw.

³ Beispiele: Wohnungstüren (ohne Dichtung), Durchdringungen (Wasser- und Elektroleitungen), Fensterrahmen und Fensterbänke, Luftverbund zu benachbarten Räumen

Evaluierung

Es gibt verschiedene in der Praxis bewährte Rechenverfahren zur Ermittlung des Heizenergieverbrauchs von Wohngebäuden. Zudem liegen im Altbaubereich die für die Berechnung benötigten Eingangsparameter häufig nur unvollständig vor bzw. sind mit Unsicherheiten behaftet (Mieterwechsel, Leerstände, Kohleöfen, Teilbeheizung usw.).

Zudem wird der Energieverbrauch in erheblichem Umfang vom Nutzenverhalten beeinflusst. Dies ist insbesondere bei der Interpretation von Verbrauchsdaten in Gebäuden mit wenigen Wohneinheiten zu berücksichtigen. Bei den THERMIE-Modellprojekten sind nutzerbedingte Schwankungen um den Faktor fünf bei vergleichbaren Wohnungen im gleichen Gebäude keine Seltenheit.

Energiegutachten

Für jedes Gebäude wurde im Zuge der Akquisition ein individuelles Energiegutachten mit der zu erwartenden Heizenergieeinsparung⁴, den dafür erforderlichen Kosten sowie den daraus resultierenden Effekten auf die Kalt- und Warmmiete erstellt.

Die Berechnungen belegen, daß - ausgehend von für den Altbaubestand typischen Werten von im Mittel (flächengewichtet) 217 kWh/m²a - eine Heizenergieeinsparung von ca. 40 bis über 70 % (im Mittel rd. 60 %) durch geeignete Maßnahmenpakete erreichbar ist.

Nach der Modernisierung liegt der berechnete Heizenergiebedarf bei Standard-Nutzungsbedingungen meist zwischen 70 und 115 kWh je m² Wohnfläche und Jahr. Dieser Wert liegt damit im Bereich vergleichbarer Neubauten nach der neuen Wärmeschutzverordnung (bei Ansatz des gleichen Rechenverfahrens sowie unter Berücksichtigung der Heizungsverluste).

Für die Modellprojekte des THERMIE-Altbau-Programms wurde ein zwischen Utrecht und Hannover abgestimmter vereinfachter Wärmepaß als Teilnahmezertifikat entwickelt. Darauf aufbauend bereiten die Stadtwerke die Markteinführung eines Energiepasses als Dienstleistung vor.

Um die geforderten Energieeinsparungen zu erreichen, wurden an jedem Gebäude mindestens drei, vereinzelt bis zu sechs Sparmaßnahmen ausgeführt. Für die hier betrachteten Mehrfamilienhäuser tragen die einzelnen Modernisierungen unterschiedlich zur Gesamtenergieeinsparung bei (Tabelle 2).

⁴ Bezug: Endenergie für Raumheizung incl. Heizungs- und Verteilungsverluste, ohne Warmwasser

Umfassende Außendämmung mit einem Wärmedämmverbundsystem (Thermohaut):	25 - 50 %
Innendämmung:	5 - 8 %
Umfassende Fenstermodernisierung (Wärmeschutzverglasung):	12 - 28 %
Nachträgliche Dämmung im Dachbereich:	5 - 15 %
Nachträgliche Dämmung der Kellerdecke:	1 - 5 %
Heizungsmodernisierung:	6 - 23 %

Tabelle 2: Einsparpotentiale durch in THERMIE-ALTBAU realisierte Energiesparmaßnahmen

Befragung von Mietern und Vermietern

Im Rahmen einer Mieterbefragung konnten fast 200 Interviews mit den Bewohnern in den Modellprojekten ausgewertet werden. Insgesamt war die Zufriedenheit recht hoch. Die Unzufriedenheit konzentrierte sich auf wenige Gebäude, wo die Ausführung nicht so gut gelaufen war oder ein problematisches Mieter-Vermieter-Verhältnis bestand.

Auch die Vermieter zeigten sich mit dem Programm THERMIE-Altbau sehr zufrieden. Die Vermieter wiesen in der Befragung auf die Bedeutung von Fördermitteln hin, sie wußten aber auch die angebotenen Begleitaktivitäten (Beratung usw.) zu schätzen.

Wirtschaftlichkeit der Maßnahmenpakete

Der Anteil der energiebedingten Kosten liegt im Durchschnitt bei etwa 50 % der Vollkosten. Dieses Kostenverhältnis weist auch darauf hin, wie wichtig es ist, Energiesparinvestitionen mit ohnehin anfallenden Unterhaltungs- oder Modernisierungs- und Ausbaumaßnahmen zu verknüpfen.

Potentielle Auswirkungen der Maßnahmenpakete auf die Mieten

Energiesparinvestitionen können nach dem Miethöhengesetz mit bis zu 11 % p.a. auf die Miete umgelegt werden. Allerdings sind bei Energiesparinvestitionen vorher anteilige Kosten für fällige Instandhaltungen abzuziehen. Für die Auswertung der Modellprojekte wurde ein einheitlicher Verteilungsschlüssel zugrunde gelegt, der unter Beteiligung der örtlichen Verbände der Hauseigentümer (Haus & Grund) und Mieter (Mieterbund) als konsensfähiges Modell erarbeitet wurde.

Bei einer Umlage der Kosten nach dem Konsensschlüssel mit 11 % p.a. würden sich die Kaltmieten im Mittel um 1,83 DM/m² Wohnfläche und Monat erhöhen, bei einer Bandbreite von 0,95 DM/m² bis 3,38 DM/m². Bei den Mietern führen die Investitionen andererseits zu

Heizkosteneinsparungen, die im Mittel bei 0,75 DM/m² je Monat liegen (von 0,31 DM/m² bis 1,32 DM/m²), wenn ein mittlerer Heizenergiepreis von 6 Pf/kWh unterstellt wird.

Für die Mieter ist letztendlich entscheidend, wie sich für sie in der Bilanz die Warmmiete verändert. Unter den gegebenen Bedingungen führen alle Maßnahmenpakete zu Warmmietenerhöhungen. Diese bewegen sich ohne Förderung in einer Bandbreite von 0,50 DM/ m² bis 2,24 DM/m², mit einem Mittelwert von 1,07 DM/m². Mit Förderung bewegt sich die Warmmietenerhöhung je nach Objekt in der Bandbreite von -0,02 DM/m² bis 1,23 DM/m² (Mittelwert: 0,54 DM/ m²).

Allerdings ist die Warmmietenneutralität als Ziel selbst zu hinterfragen, angesichts der Tatsache, daß sich mit der Verbesserung des Dämmstandards der Gebäude-Außenhülle i.d.R. auch der Wohnkomfort der Mieter fühlbar verbessert. Angesichts dessen erscheint es sinnvoller, die Angemessenheit und die Sozialverträglichkeit von Warmmietenerhöhungen im Zuge von Energiesparinvestitionen als Kriterium heranzuziehen.

Umwelteffekte

Die durchschnittliche CO₂-Einsparung fällt bei den THERMIE-Modellprojekten mit 67 % sogar noch etwas höher aus, als die Energieeinsparung, da in einigen Fällen im Zuge der Heizungsmodernisierung auch der Energieträger gewechselt wurde (z.B. von Kohle oder Nachtstrom auf Erdgas bzw. Fernwärme). Die gesamte CO₂-Einsparung aller 26 Modellprojekte liegt bei 718 t/a oder 2,5 t/a je Wohneinheit.

Betrachtet man das Verhältnis zwischen eingesetzten Fördermitteln und den eingesparten CO₂-Emissionen über eine Laufzeit von 25 Jahren, so erhält man spezifische CO₂-Vermeidungskosten von durchschnittlich ca. 50 DM/t (bei statischer Betrachtung).

1.3 Erfolge

Das Demonstrationsprogramm THERMIE der Stadt Utrecht und der Stadtwerke Hannover hatte das gemeinsame Ziel, einen Einstieg in eine umfassende Mobilisierung von CO₂-Reduktionspotentialen im Wohngebäudebestand zu finden. In Hannover lag der Schwerpunkt auf dem Nachweis der technischen und wirtschaftlichen Einsparpotentiale größerer Maßnahmenpakete und der Entwicklung zielgruppenorientierter Informationsmaterialien und Dienstleistungsangebote.

Die im folgenden zusammengefaßten Ergebnisse beruhen auf der Evaluierung der 26 durchgeführten Modellvorhaben an Mehrfamilienhäusern im Gebäudebestand (Baujahr bis Anfang 1970) mit insgesamt 288 Wohnungen, die bisher energetisch noch nicht oder nur gering (Isolierverglasung) modernisiert worden waren, sowie auf einer Reihe begleitender Untersuchungen und Befragungen⁵.

⁵ Für weitergehende Informationen sei auf den zusammenfassenden Endbericht und die

Einsparpotentiale

- Für die möglichst weitgehende Ausschöpfung der Einsparpotentiale von Altbauten ist die Verbesserung des unzulänglichen Dämmstandards unerlässlich; Heizungsmodernisierungen allein sind nicht ausreichend.
- Mit optimierten konventionellen Maßnahmenpaketen kann der Heizenergieverbrauch im Mittel rechnerisch um mindestens 60 %, gemessen um etwa 50 % reduziert werden (siehe Abbildung 1).

Technologische Standards

- Die Realisierung größerer Dämmstoffdicken ist meist unproblematisch. Im Einzelfall (z. B. bei zu geringem Dachüberstand) können jedoch Sprungkosten entstehen, die Beschränkungen nahelegen. Auch die Handwerksbetriebe hatten meist keine Probleme mit den geforderten Standards.
- Der Einsatz innovativer, noch nicht marktgängiger Techniken (transparente Wärmedämmung, neue Regelungstechnik u. ä.) ist für die Erschließung der Einsparpotentiale allgemein von eher untergeordneter Bedeutung.
- Durch die Entwicklung standardisierter Lösungen (Formteile o.ä.) für die Dämmung von Fensterlaibungen, Balkonen und profilierten Fassaden müssen die z. Z. relativ hohen Zusatzkosten für diese Bereiche gesenkt werden.
- Eine ausreichend luftdichte Gebäudehülle ist auch in modernisierten Altbauten erreichbar (bei zwei Modellprojekten erwies sich allerdings die Aufsparrendämmung im Dach als bekanntes Problem).
- Für einige der beteiligten Handwerksbetriebe waren die geforderten hochwertigen Dämmqualitäten neu. In Einzelfällen konnten hier Ausführungsmängel durch das Handwerk nicht vermieden werden.

Restriktionen

- Denkmalschutz u. ä. kann zwar die Handlungsoptionen beschränken. An vielen Projekten wurde jedoch deutlich, daß dies keinen generellen Hinderungsgrund für die Erschließung der Einsparpotentiale darstellt, da meist alternative Optionen offenstehen.
- Der Verbleib einiger Wärmebrücken (z. B. bei Balkonen), deren Beseitigung zu kostenaufwendig wäre, ist vom Einsparergebnis her tolerabel. Es ist jedoch darauf zu achten, daß keine bauphysikalischen Probleme entstehen.

Auswertungen sowie die Dokumentation der Modellprojekte zu dem Programm THERMIE-Altbau verwiesen.

Wirtschaftlichkeit

- Entscheidend für eine wirtschaftliche Erschließung der Einsparpotentiale ist die Nutzung ohnehin anstehender Unterhaltungs- und Modernisierungsarbeiten an Gebäuden. Jede nicht genutzte Gelegenheit ist eine verpaßte Chance, die sich u. U. erst in Jahrzehnten (bei der nächsten Modernisierung) wieder ergibt.

Warmmieteneffekte

- Bei den rechtlich gegebenen Umlagemöglichkeiten von Modernisierungskosten auf die Mieten sind die Maßnahmenpakete zur Heizenergieeinsparung in der Regel nicht warmmietenneutral durchzuführen. Allerdings nutzen in der Praxis die Vermieter die zulässigen rechtlichen Spielräume nicht immer voll aus. Die Befragung der Mieter ergab keine größeren Akzeptanzprobleme hinsichtlich der Mieterhöhungen.
- Angesichts der Tatsache, daß sich mit der Verbesserung des Dämmstandards der Außenhülle auch der Wohnkomfort verbessert, was von den Mietern in der Regel auch anerkannt wird, sind als Kriterien eher die Angemessenheit und die Sozial-verträglichkeit der Warmmietenerhöhungen heranzuziehen.
- In einem gewissen Umfang stellen erwartete Mietpreiserhöhungen jedoch auch ein Hinderungsgrund für die Durchführung von Maßnahmen dar.

Ergebnisse der Befragungen (Eigentümer und Mieter)

- Die Befragung der beteiligten Eigentümer und Mieter ergab insgesamt eine hohe Zufriedenheit mit der Abwicklung der Projekte und eine sehr positive Würdigung des Stadtwerke-Engagements.
- Die Ergebnisse der Mieterbefragung regen an, neben dem Aspekt Energiesparen künftig komfortsteigernde Qualitäten und optische Verbesserungen stärker in den Vordergrund einer Kommunikations- und Marketingstrategie zu stellen.

Investitionszuschüsse zur Heizenergieeinsparung

- Die praktische Erfahrung aus der Projektbegleitung wie auch die Ergebnisse der Befragung ergaben einen hohen Stellenwert von Investitionszuschüssen für die Entscheidung zur Durchführung von Energiesparinvestitionen.
- Die Erfahrungen aus den durchgeführten Projekten zeigen, daß durch eine geeignete Gestaltung der Förderbedingungen mit Investitionszuschüssen höhere Maßnahmenqualitäten sowie zusätzliche Maßnahmen, die nicht an Erneuerungszyklen gebunden sind (Dachboden- und Kellerdämmung), angeregt werden können.
- Im THERMIE-Altbau-Projekt wurden die der Energieeinsparung zurechenbaren Investitionskosten mit etwa 35 % gefördert. Im Durchschnitt betrug der Förderaufwand DM 3.000 je Wohnung. Setzt man dies zu den eingesparten CO₂-Emissionen ins

Verhältnis, so erhält man einen spezifischen Förderaufwand zur CO₂-Reduzierung von 50 DM/t bei statischer Betrachtung.

- Für einige anfangs interessierte Hausbesitzer erwiesen sich die bei THERMIE-ALTBAU geforderten umfassenden Maßnahmenpakete als hemmend. Um eine möglichst breite Umsetzung zu gewährleisten, sollten Folgeprogramme auch größere Einzelmaßnahmen mit einbeziehen.
- Bezogen auf eine Wohneinheit sind die wichtigsten Kenndaten der 26 Modellprojekte in der nachfolgenden Tabelle 3 zusammengefaßt (im Durchschnitt verfügt ein Modellgebäude über 11 Wohneinheiten mit zusammen rund 650 m² Wohnfläche):

Durchschnittliche Wohnungsgröße je Wohneinheit	59 m ²
Investitionskosten je Wohneinheit	19.000 DM
Energiebedingte Kosten je Wohneinheit	9.000 DM
Investitionszuschuß THERMIE-ALTBAU	3.050 DM
Verbrauch vor Sanierung (berechnete Werte)	217 kWh/m ² a
Verbrauch nach Sanierung (berechnete Werte)	81 kWh/m ² a
Gemessener Verbrauch nach Sanierung	124 kWh/m ² a
Gemessene Energieeinsparung	ca. 50 %
CO ₂ -Einsparung je Wohneinheit (berechnete Werte)	2,5 t/a
Potentielle Kaltmietensteigerung (bei Ausschöpfung der vollen Umlegbarkeit)	1,83 DM/m ² Monat
Heizkosteneinsparung (berechnete Werte)	0,75 DM/m ² Monat
Warmmietenerhöhung ohne Förderung (ber. Werte)	1,08 DM/m ² Monat
Warmmietenerhöhung mit Förderung THERMIE (ber. Werte)	0,54 DM/m ² Monat

Tabelle 3: Kennzahlen THERMIE-ALTBAU

Thermie - Altbau

Evaluierung des Heizenergieverbrauchs

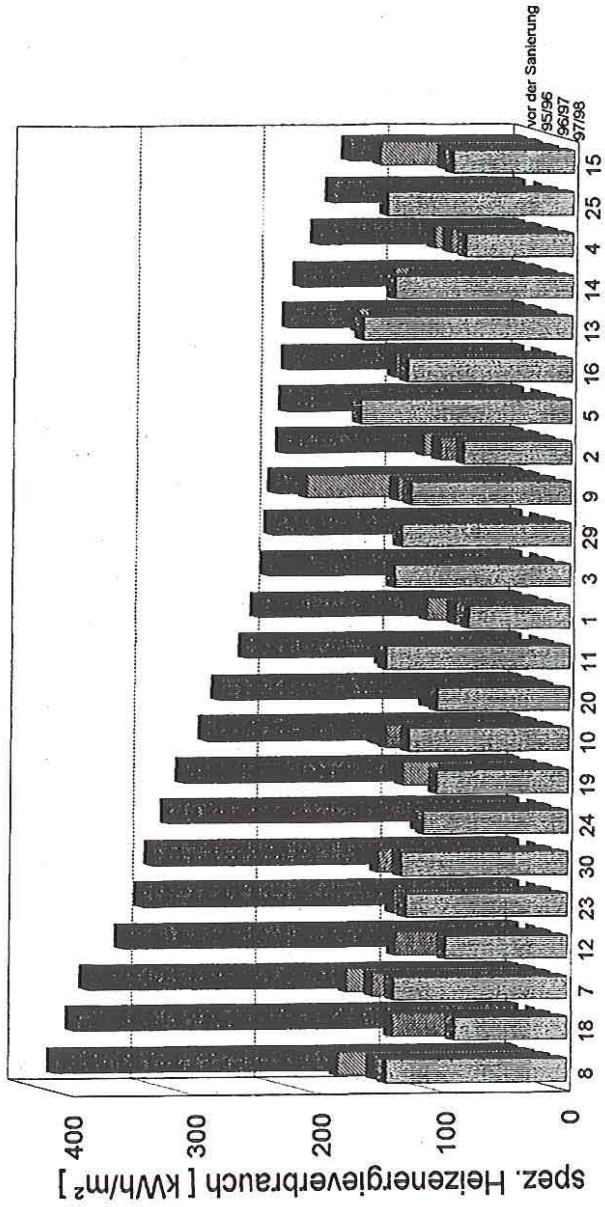


Bild 1: Gemessene Energieverbräuche in den Modellprojekten THERMIE-Altbau

2. Der Partnerschaftsvertrag *proKlima*

Der Partnerschaftsvertrag *proKlima* ist eine in Deutschland einmalige Gemeinschaftsinitiative, dem Klimaschutz auf lokaler und regionaler Ebene mehr Nachdruck zu verleihen. Auf Initiative der Stadtwerke Hannover AG und der Landeshauptstadt Hannover haben sich dazu insgesamt elf Partner zusammengeschlossen:

- Stadtwerke Hannover AG
- Städte Hannover, Laatzen, Langenhagen und Seelze
- Handwerkskammer Hannover
- Bundesverband der Energieabnehmer e.V.
- Verbraucherzentrale Niedersachsen e.V.
- Bürgerinitiative Umweltschutz e.V.
- Ruhrgas AG und Thüga AG⁶

Die Vertragsunterzeichnung fand am 08. Juni 1998 statt. Als wichtigstes Instrument zur Förderung zusätzlicher Klimaschutzmaßnahmen wurde von *proKlima* ein Klimaschutzfonds mit bis zu 10 Mio DM pro Jahr eingerichtet. Die Stadtwerke Hannover steuern jährlich bis zu 7,7 Mio DM für den Fonds bei, die vier beteiligten Städte Hannover, Laatzen, Langenhagen und Seelze beteiligen sich mit bis zu 2,3 Mio DM pro Jahr. Aus dem Klimaschutzfonds sollen zusätzliche Maßnahmen zum Klimaschutz finanziert werden, die sonst wirtschaftlich nicht oder nur in geringem Umfang realisiert würden.

Ein Kuratorium mit Vertretern der einzahlenden Partner entscheidet über die Vergabe der Fördermittel. Dem Kuratorium steht ein Beirat zur Seite, im Beirat sind alle Partner des Partnerschaftsvertrags vertreten. Für *proKlima* wurde eine eigenständige Geschäftsstelle eingerichtet⁷.

Zur einfacheren Abwicklung der Förderung wurden für Standardmaßnahmen Breitenförderprogramme eingerichtet. Diese Breitenförderprogramme decken folgende Bereiche ab: Heizenergieeinsparung im Gebäudebestand und im Neubau, solare Warmwasserbereitung und photovoltaische Stromerzeugung. Die fachliche Betreuung und Abwicklung dieser Breitenförderprogramme erfolgt durch die Stadtwerke.

Derzeit stehen über 40 % der Finanzmittel des Klimaschutzfonds für die Durchführung der Breitenförderprogramme zur Verfügung. Die restlichen Finanzmittel werden für die unterschiedlichsten Einzelförderanträge bereitgehalten (z. B. Wasserkraftwerk, Biogasnutzung, lokale Initiativen, Weiterbildung usw.).

Im folgenden wird das Breitenförderprogramm zur Altbaumodernisierung genauer vorgestellt.

⁶ als Anteilseigner der Stadtwerke Hannover AG

3. Das Breitenförderprogramm „Energetische Modernisierung von Wohngebäuden“

3.1 Überblick

Das neu eingerichtete Breitenförderprogramm „Energetische Modernisierung von Wohngebäuden“ ist sehr umfassend angelegt. Das Breitenförderprogramm baut auf die Erfahrungen des Projekts THERMIE-Altbau auf. Ziel ist, die ganze Breite energetisch sinnvoller Maßnahmen mit Fördermitteln zu unterstützen. Das Programm richtet sich in erster Linie an die Besitzer von Wohngebäuden, überwiegend also Privatpersonen.

Die fachliche Betreuung und die Programmumsetzung erfolgt durch die Stadtwerke Hannover. Die verwaltungstechnische Abwicklung des Programms gestaltet sich sehr einfach und bürgerfreundlich.

Neben der Bereitstellung von Fördermitteln umfaßt das Programm auch begleitende Maßnahmen wie z. B. den gezielten Ausbau von Beratungsaktivitäten, die Umsetzung von parxisnahen Weiterbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen oder die Erweiterung des Angebots an Infomaterialien.

Nachfolgend werden die einzelnen Bausteine vorgestellt, für die Fördermittel gewährt werden. Vorweg seien aber die wichtigsten allgemeinen Fördervoraussetzungen genannt:

- Förderfähig sind in der Regel bis 1984 erbaute Wohngebäude mit bis zu 20 Wohneinheiten. Für deutlich größere Gebäudekomplexe könnte eine Einzelfallförderung durch *proKlima* beantragt werden, die Häuser müssen innerhalb des Gebietes der kommunalen Partner bzw. des Energieversorgungsgebietes der Stadtwerke Hannover liegen.
- Maßnahmen, die vor Antragstellung bereits begonnen oder durchgeführt worden sind, sind nicht förderfähig. Von den Hausbesitzern wird außerdem die Bereitschaft zur Teilnahme an einem Meß- und Auswertungsprogramm erwartet.
- Im Rahmen dieses Breitenförderprogramms soll ein Energiepaß eingeführt werden. Voraussichtlich ab Mitte 1999 wird vorgeschrieben, daß für eine Förderung von dämm- oder heizungstechnischen Modernisierungen ein Energiepaß für das Gebäude vorgelegt werden muß. Diese Forderung soll nicht zu einem Hemmnis für das Förderprogramm führen: die Erstellung des Energiepasses kann ebenfalls mit Mitteln aus dem Breitenförderprogramm gefördert werden.

Das Breitenförderprogramm umfaßt sechs Bausteine:

1. Wärmedämmung
2. Moderne Heizungstechnik
3. Energiepaß (ab Mitte 1999)

⁷ Geschäftsstelle *proKlima* GbR, Postfach 5747, 30057 Hannover, Tel. 0511 / 430 - 19 70

4. Luftdichtigkeitstest
5. Einbau einer kontrollierten Wohnungslüftung
6. Sonstige innovativen Techniken und Detaillösungen

Zudem sei für vertiefende Informationen auf die Richtlinie des Breitenförderprogramms verwiesen. Die Richtlinie ist bei der Geschäftsstelle *proKlima* erhältlich.

3.2 Die Bausteine des Förderprogramms

Baustein 1: Wärmedämmung

Maßnahmen zur Verbesserung der Wärmedämmung werden mit Festbeträgen (in DM je m² modernisierter Bauteilfläche) gefördert. Die geforderten Dämmstoffdicken beziehen sich im allgemeinen auf Materialien der Wärmeleitgruppe (WLG) 040. Die wichtigsten Werte sind in der nachfolgenden Tabelle 4 zusammengefaßt:

Maßnahmen (geforderte Standards)	Ziel- k-Wert in W/m ² *K	Mindestdämm- stoffdicke in cm (WLZ 040)	Förderbetrag in DM/m ²	
			bei Eigenleistung	bei Vergabe
Thermohaut	0,26	12	--	30
	0,22	15	--	45
Kerndämmung	0,50	4	15	15
Innendämmung	0,43	6	15	25
Fenster	<1,30 (Verglasung)	--	--	50
Kellerdecke	0,43	6	6	15
Dachschräge	0,25	16	15	25
	0,21	20	20	30
OG-Decke	0,21	20	20	30
	0,18	24	25	35

Tabelle 4: Mindestanforderungen und Förderbeträge für Energiesparmaßnahmen des *proKlima*-Breitenförderprogramms zur Altbaumodernisierung.

Für Fensterrahmen dürfen nur Materialien der Rahmengruppe 1 verwendet werden. Auf den Einsatz von PVC, Aluminium oder nicht zertifiziertem Tropenholz sollte verzichtet werden. Erfolgt ein Dachausbau zur Schaffung neuen Wohnraums, wird die geringere Dämmstärke im Dachbereich nicht gefördert.

Werden zusätzlich zu einer umfangreichen Dämmung der Außenwand oder einer umfassenden Fenstererneuerung gleichzeitig auch der Dachbereich und die Kellerdecke komplett gedämmt, erhöht sich der Förderbetrag für alle Bauteile mit neuer Wärmedämmung pauschal um 10 % (Bonussystem).

Baustein 2: Moderne Heizungstechnik

Im Rahmen dieses Programms werden folgende heizungstechnischen Modernisierungen gefördert (die angegebenen Zuschüsse beziehen sich auf ein Einfamilienhaus):

- Einbau einer Brennwertheizung bis 1.000 DM
- Anschluß an Nah-/Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung bis 25 DM je kW_{th}
- Einbau einer elektrischen Wärmepumpe bis 3.000 DM
- Zentralisierung der Heizungsanlage bis 1.000 DM

Die geförderten Brennwertheizungen müssen die gültigen Werte des blauen Engel einhalten. Für die elektrische Wärmepumpen wird eine Jahresarbeitszahl von mindestens 3,5 gefordert (für Beheizung und angeschlossene Warmwasserbereitung). Der Einbau elektronisch geregelter Umwälzpumpen wird derzeit über das LCP-Programm der Stadtwerke Hannover gefördert.

Auch hier können Hausbesitzer von einem Bonussystem profitieren. Errichten sie eine Solarkollektoranlage und wird gleichzeitig die Heizung modernisiert, erhöht sich die Förderung.

Baustein 3: Energiepaß (voraussichtlich ab Mitte 1999)

Für einen Energiepaß wird der energetische Zustand eines Wohngebäudes ermittelt und entsprechend bewertet. Das Verfahren soll sowohl die bau- als auch die heizungs- und ggf. lüftungstechnische Ausstattung des untersuchten Gebäudes einbeziehen. Der Energiepaß baut auf einem Energiegutachten auf. In einem ersten Schritt beschreibt er den energetischen Zustand des Gebäudes und wertet diesen aus. Darauf basierend werden dem Hausbesitzer Einsparpotentiale aufgezeigt und geeignete Modernisierungsmaßnahmen vorgeschlagen.

Die Vergabe von Fördermitteln aus diesem Breitenförderprogramm soll ab Mitte 1999 an die Vorlage eines Energiepasses gekoppelt werden. Die Erstellung des Energiepasses wird dabei gesondert bezuschußt.

Derzeit untersuchen die Stadtwerke und die Landeshauptstadt Hannover ein möglicherweise geeignetes EDV-Programm auf seine Praxistauglichkeit und konkretisieren Anforderungen für eine programmtechnische Weiterentwicklung. Das überarbeitete EDV-Programm soll ab März 1999 verfügbar sein und im Rahmen eines Markttests dann breit eingeführt werden.

Baustein 4: Luftdichtigkeitstest

Mit einem Luftdichtigkeitstest (Blower-Door-Test) lassen sich viele bautechnische Schwachstellen frühzeitig erkennen. So können Leckagen abgedichtet und damit spätere Bauschäden vermieden werden.

Bislang beschränkte sich die Anwendung von Luftdichtigkeitstests überwiegend auf Neubauvorhaben (bzw. NiedrigEnergieHäuser). Das Programm soll genutzt werden, um auch im Gebäudebestand fundierte Erfahrungen zu gewinnen und das lokale Bauhandwerk weiter

für diese qualitätssichernde Maßnahme zu sensibilisieren. Da bei der Modernisierung des Gebäudebestands überwiegend in Einzelmaßnahmen gedacht und gehandelt wird, dürfen die Erwartungen an die Meßergebnisse mit der Blower-Door nicht zu hoch angesetzt werden. Dieser Test ist besonders dann interessant, wenn neue Fenster eingebaut werden, ein Dachausbau erfolgt oder eine kontrollierte Wohnungslüftung installiert wird. Die Zuschußhöhe beträgt für ein Einfamilienhaus 350 DM.

Baustein 5: *Einbau einer kontrollierten Wohnungslüftung*

Diese Maßnahme wird im Altbau nur in begrenzter Zahl gefördert. Voraussetzung für die Förderung ist ein erfolgreich durchgeführter Luftdichtigkeitstest. Bei Anlagen mit Wärmerückgewinnung werden nur hocheffiziente Geräte gefördert. Die Förderhöhe beträgt bei einem Ein-/Zweifamilienhaus maximal 1.500 DM.

Baustein 6: *Sonstige innovative Techniken und Detaillösungen.*

Innovative Detaillösungen, sehr aufwendige Dämmung zur Vermeidung von Wärmebrücken, Nachbildung der Ornamentik bei denkmalgeschützten Fassaden usw. können gesondert gefördert werden. Die Förderhöhe wird von der Geschäftsstelle *proKlima* festgelegt, sie liegt i. A. aber deutlich über den Ansätzen für Baustein 1.

4. Ausblick

Aufbauend auf den Erfahrungen des Projekts THERMIE-Altbau führen die Stadtwerke Hannover nun seit Juli 1998 das Breitenförderprogramm „Energetische Modernisierung von Wohngebäuden“ durch. Der Programmstart lag im Sommer, in den Schulferien. Trotzdem konnte durch zahlreiche Pressebeiträge eine spürbare Nachfrage induziert werden. Nach Abschluß der ersten vier Monaten liegen über 300 Anträge vor.

Das jährliche Programmbudget ist mit ca. 2 Mio DM ausgestattet. Das Programm ist auf Kontinuität und Verlässlichkeit ausgelegt. Auch zukünftig soll ein Windhundverfahren vermieden werden. Die Geschäftsstelle *proKlima* ist mit dem Programmstart und der Nachfrage nach Fördermitteln bisher sehr zufrieden.

Das Programm bietet auch Spielraum für zusätzliche Marketingaktivitäten. Hierbei können die Stadtwerke auf die in THERMIE-Altbau gewonnenen Erfahrungen zurückgreifen. Messebesuche und sonstige PR-Aktivitäten tragen schon jetzt dazu bei, die Bekanntheit der *proKlima*-Aktivitäten nachhaltig zu steigern.

Die *proKlima*-Programme profitieren auch von der breiten Verankerung des Partnerschaftsvertrags in der Region Hannover. Hierdurch kann auf ein breites Netzwerk interessierter

Akteure zurückgegriffen werden. Auch das Handwerk nimmt eine zunehmend aktivere Rolle bei der erfolgreichen Umsetzung dieses Programms ein.

Einerseits sind die Finanzmittel für dieses Breitenförderprogramm begrenzt, andererseits ist eine weitere (deutliche) Steigerung der Teilnehmerrate durchaus wünschenswert. Derzeit geht von der Höhe der Förderung eine spürbare Anreizfunktion aus. Ob sich perspektivisch durch einen Ausbau der PR- und Marketing-Aktivitäten diese Anreizfunktion umsteuern lässt, bleibt abzuwarten. Da das Programmbudget begrenzt ist, würde eine Senkung der Fördersätze Freiraum für einen weiteren Anstieg der Nachfrage nach Förderung einer energetischen Modernisierung bieten.

7. Altbausanierung im Raum Nürnberg

B. Schulze-Darup
Architekt, Nürnberg

1. Zielsetzung

Die Kommunen im Städtedreieck Nürnberg-Fürth-Erlangen haben sich dem Klimabündnis europäischer Städte zum Erhalt der Erdatmosphäre angeschlossen mit dem Ziel, die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2010 um 50% zu senken. Zudem soll die Region Nürnberg im Rahmen der bayernweiten High-Tech-Offensive als Kompetenzzentrum für Energietechnik weiterentwickelt werden. Dazu findet derzeit ein intensiver Austausch auf zahlreichen Foren statt. Beteiligt sind die Städte der Region, insbesondere durch die Umwelt- und Wirtschaftsreferate, IHK, Handwerkskammer, Bayerisches Energie-Forum, Energieversorger, SOLID, FH Nürnberg und weitere private und öffentliche Institutionen und Personen. Ein Netzwerk Energie soll auf den Weg gebracht werden, ein Energietechnologisches Gründerzentrum ist in der Planung. Ziele sind:

- Gegenseitige Information/Qualifikation der Akteure
- Fortbildung von Verwaltung, Planern und Handwerkern
- Information von Bauherren und Investoren
- stimmige Modellprojekte und Darstellung
- abgestimmte Förderkonzepte inkl. Erfolgskontrolle.

Eine hohe Bedeutung kommt dem synergetischen Einsatz der Fördermitteln zu: Förderprogramme von EU, Bund, Land und Kommune müssen mit Arbeitsmarktinstrumentarien und Städtebauförderung abgestimmt werden. Die Einbindung von Forschung ist genauso wichtig wie die Beteiligung der Markt-Akteure: Planer, Immobilienmarkt, Investoren und Banken. In diesem Sinn wurde in Nürnberg ein Energie-Zukunftsworkshop durch die IHK initiiert¹. Er wurde sehr gut angenommen und wird als Diskussionsforum weitergeführt^{2/3}. Das letzte Arbeitstreffen am 18.1.1999 endete mit der Gründung einer Förderungsgesellschaft für die Energie-Kompetenzregion Nürnberg, die finanziell durch die Kommunen und beteiligten Organisationen getragen wird.

Das sehr hohe Ziel der 50%igen CO₂Senkung bis 2010 im Rahmen des Klimabündnisses wird in Anlage 1 dargestellt. Das Diagramm zeigt die anzustrebenden Reduktionswerte für die Bereiche Prozeßwärme auf 50% und Mechanische Energie und Licht auf 70%. Insbesondere im Verkehrsbereich ist bei steigender Verkehrsfrequenz und nur moderat abnehmenden Einzelver-

bräuchen eine günstigere Entwicklung extrem schwierig herbeizuführen. Die Erhöhung des ÖVPN-Anteils ist erklärtes Ziel der Kommunen und der VAG und wurde in den letzten Jahren erfolgreich betrieben, ohne jedoch durchgreifende Reduzierungen im Bereich des Individualverkehrs zu realisieren.

Der Raumwärmebereich hat für die Region mit 45 % Anteil⁴ die höchste Bedeutung. Er verfügt zugleich über das höchste technisch umsetzbare Potential, so daß der CO₂-Ausstoß auf den Faktor 0,35 bis zum Jahr 2010 reduziert werden sollte. Dies ist ein äußerst ehrgeiziges Vorhaben und kann nur mit sehr hohen Anstrengungen erreicht werden. Deutlich wird dies bei der Betrachtung der Gebäudetypen nach Baujahren. Altbauten bis 1948 müßten energetisch auf einen Faktor 0,33 verbessert werden, Nackkriegsgebäude bis zur zweiten Wärmeschutzverordnung 1982 sogar auf den Faktor 0,30. Die Energiestandards der seitdem erstellten Gebäude können aufgrund des noch nicht anstehenden baulichen Sanierungsbedarfs nur auf einen Faktor von etwa 0,7 reduziert werden. Zusätzlich ist zu beachten, daß ein weiterer Zubau stattfinden wird, der die Bilanz zusätzlich belastet.

2. Ausgangssituation

Am Beispiel der Sanierung des Wohngebäude-Bestandes sollen die Eingriffsmöglichkeiten und die Wirksamkeit von Förderszenarien dargestellt werden. Anlage 2 zeigt den Wohngebäudebestand der Stadt Nürnberg, unterteilt nach Wohnfläche, Baujahr-Gruppen und Versorgungsmedien⁵. Es ist außerordentlich schwierig, stimmige Grundlagen zur Beurteilung der Ausgangslage zu erstellen. Für die Berechnung der CO₂-Bilanz auf der Basis statistischer Grundlagen wurden zahlreiche Veröffentlichungen herangezogen^{6/7/8/9/10/11/12/13/14} und mittels eigener Berechnungen (Anlage Berechnung 1) ergänzt. Die Angaben in den verschiedenen Veröffentlichungen sind aufgrund des höchst unterschiedlichen Datenmaterials schwer vergleichbar. Eine durchgängige Stimmigkeit ist nicht herstellbar. Auf der Grundlage des Wohngebäudebestandes wird die CO₂-Bilanz in Tabellenform (Anlage 3) und als Diagramm dargestellt (Anlage 4).

Erfahrungswerte aus der Praxis bei der energetischen Gebäudesanierung zeigen deutlich höhere Energiekennzahlen des Bestands als bei der Berechnung letztendlich eingesetzt wurden (s. Berechnungs-Varianten). Die Abbildung in Anlage 5 stellt typische Kennzahlen für den Wohngebäudebestand einer Großstadt flächenbezogen dar. Die Sanierung auf 20 bis 25% des Ursprungswertes ist unter aktuellen Rahmenbedingungen wirtschaftlich optimal darstellbar. Folgende Gründe verhindern bisher die Umsetzung mit Breitenwirkung:

- fehlendes Problembewußtsein

- unzureichende Ausbildung von Planern und Handwerkern
- Investitionskosten als einzige Entscheidungsgrundlage
- keine Einbeziehung von Betriebskosten, fehlendes Facility-Management
- unzureichender finanzieller Anreiz für den Bauherrn (besonders bei Mietobjekten)
- fehlende Förderprogramme mit ausreichender finanzieller Ausstattung.

3. Instrumente

Im Gebäudebereich ist es möglich, mit vergleichsweise geringem Kostenmehraufwand ein hohes Maß an Energie einzusparen. Den hervorragenden technischen und finanziellen Möglichkeiten stehen bisher höchst uneffiziente Umsetzungsstrategien gegenüber.

Zur Zeit kann durch folgende Maßnahmen auf den Energieverbrauch im Gebäudebereich Einfluß genommen werden:

- **Rechtliche Rahmenbedingungen:** Durch die Energieeinsparverordnung, die wahrscheinlich im Jahr 2000 rechtsgültig wird, werden die geltende Wärmeschutz- und Heizanlagenverordnung novelliert. Es werden Einsparungen um 25 - 30% angestrebt, die jedoch zu maßgeblichen Anteilen durch einfache Haustechnik-Maßnahmen erreicht werden können, so daß unter dem Strich die Zielgröße oberhalb des Niedrigenergie-Bereichs liegen dürfte. Das Instrumentarium ist jedoch sehr gut und es wäre sinnvoll, das Anforderungsprofil mittels eines Stufenplans etwa im Zweijahres-Rhythmus zu erhöhen.
Im Sanierungsbereich ist die derzeitige Wärmeschutzverordnung alles andere als wirksam. Die Energieeinsparverordnung wird diesbezüglich keine ausreichende Änderung bringen.
- **Energiekosten:** der wesentliche Faktor für die Entscheidungsfindung der Bauherrn sind die Kosten. Der jetzige Einstieg in ein ökologisch-ökonomisches Besteuerungssystem ist deshalb äußerst sinnvoll. Für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ist allerdings erst dann eine gesicherte Grundlage gegeben, wenn über einen absehbaren Zeitraum eine verlässliche Steigerungsrate festgelegt wird. Eine kontinuierliche jährliche Energiepreiserhöhung von 5 % über dem Lebenshaltungskostenindex würde innerhalb von 15 Jahren rein marktwirtschaftlich zu Maßnahmen mit Einsparungen von 30 % führen.
- **Fördermittel:** sind für den Altbaubereich unabdingbar. Die derzeitigen Programme sind vom Volumen her unzureichend und haben keinen wesentlichen Einfluß auf die Entscheidungsfindungen der Bauherrn.
- **Forschung und Information:** stellen die Grundlage für effiziente Maßnahmen dar. In diesen Bereichen sind sehr intensive Anstrengungen erforderlich.

4. Technische Maßnahmen und deren Kosten

Voraussetzung für die sinnvolle und kostengünstige energetische Sanierung ist ein möglichst breites Wissen über die verfügbaren Einspartechniken und deren spezifische Wirksamkeit und Kosten. Es gibt zahlreiche Gutachten und Modellprojekte mit Berechnungsbeispielen, die oftmals mehr verwirrend als hilfreich sind. Bereits im Neubaubereich ist es schwierig, die energetische Wirksamkeit von baulichen Maßnahmen stimmig zu benennen (Anlage 6¹⁵). Das Problem liegt darin, daß insbesondere im Sanierungsfall jedes Projekt individuell optimiert werden muß. Den Planern muß nahegebracht werden, daß dies ein äußerst kreatives Verfahren mit vielen Optionen ist und der beliebteren Neubauplanung in nichts nachsteht. In Anlage 7 wird versucht darzustellen, welche Wirksamkeit verschiedene Maßnahmen bei der Sanierung erzielen. Wichtig ist es, das Einsparpotential jeder Maßnahme zugleich von der Kostenseite her zu betrachten. In Anlage 8 werden die Kosten je eingesparter Kilowattstunde durch passive Maßnahmen dargestellt und in Anlage 9 für Haustechnik-Maßnahmen (s. Berechnungs-Anlage 2: Kosten von Sanierungsmaßnahmen;¹⁶) . Aus dem Fundus zahlreicher abgewickelter Projekte lassen sich Trends für durchschnittliche Mehrkosten in Abhängigkeit vom erzielten energetischen Standard ableiten. Für Neubauten gibt es dazu umfangreiches gesichertes Datenmaterial, die Mehrkosten sind in Anlage 10 zusammengefaßt. Dabei wird bereits der Bezug zur neuen Energieeinsparverordnung (EnEV) berücksichtigt. Bei der Sanierung ist die Streubreite individuell höher und eine optimierte Planung ist noch bedeutsamer. Die Kostentrends können Anlage 11 entnommen werden. Als Vergleichsstandard wird die heute durchaus übliche Sanierungen ohne Einbeziehung von gezielten Energiesparmaßnahmen herangezogen. D. h. das Neueindecken von Dächern ohne Verbesserung der Dachdämmung, Fassaden-Streichen ohne Anbringen eines Wärmedämm-Verbundsystems und Erneuerung eines Kessels ohne sinnvolle Verbesserung des technischen Standards der Gesamtanlage. Die Mehrkosten für den heutigen Standard der Wärmeschutzverordnung liegen bei fünf bis fünfzehn Prozent. Die Einsparungen beim Gebäudebetrieb würden zu hohen Anteilen die Mehrinvestitionen finanzieren. Das Problem liegt im Informationsmangel, der fehlenden Bereitschaft von Hauseigentümern und vor allem bei Mietobjekten in der falschen Organisation der Kostenverrechnung, so daß sich für den Bauherrn bzw. Vermieter Energiesparmaßnahmen nicht genügend rentieren.

5. Szenarien für die Förderung der energetischen Sanierung im Wohngebäudebestand

Die Entwicklung des Energiestandards im Gebäudebestand ohne weitere Fördermaßnahmen ist in Anlage 12 grob skizziert. Regelmäßig publizierte Trends lassen nicht auf durchgreifende Änderungen hoffen. In der Praxis sind nur von sich aus motivierte Bauherrn zu durchgreifenden

energetischen Sanierungen zu bewegen, die meisten dirigieren die Planer in einen Bereich leicht unterhalb des gerade erforderlichen Standards. Das CO₂-Ziel der Stadt Nürnberg ist nur zu erreichen mit einer Entwicklung, die in Anlage 13 wiedergegeben ist: durchschnittliche Reduzierung des Energiestandards auf 35% des Ist-Zustands. Da die Durchlaufzeit der Ohnehin-Sanierungen auf gerade einmal 2% jährlich veranschlagt wird¹⁷, ist das Ziel selbst bei extrem guten Standards derzeit nicht erreichbar. In der Berechnungsanlage 3 ergibt sich eine Abschätzung der jährlichen Sanierungsrate von 2,5% des Bestandes zzgl. Abgang (Abriß) und Neubau.

Eine Erhöhung der Effizienz ist vor allem an zwei Zielsetzungen gebunden:

- Erhöhung der jährlich sanierten Wohnfläche
- Optimierung des mittleren Energiestandards der Sanierungen.

Beide Ziele sind vor allem durch Fördermittel zu erreichen. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung muß für den Bauherrn so darstellbar sein, daß er sich aus rein ökonomischen Gründen für eine schnelle und energetisch hochwertige Sanierung entscheidet. Modalitäten für die Art der Förderung sollten folgende Punkte berücksichtigen:

- Förderhöhe als ausreichender Motivationsschub, z. B.
- 100 DM/m² Anfangsförderung für Standard nach EnEV
- 150 DM/m² Anfangsförderung für EnEV J. 25 - 50 %
- Maximalsummen für Einfamilienhäuser z. B. 14.000/21.000 DM
- Zuschüsse (keine Darlehen oder Zinsvergünstigungen)
- Förderzeitraum auf 10-12 Jahre festgelegt
- degressives Verhalten der Fördersumme (als zeitlicher Anreiz)
- Fördersumme für Nürnberg über 300 Mio. DM gesamt, d. h. im Mittel etwa 30 Mio. DM jährlich; das entspricht bei einer Umrechnung auf das Bundesgebiet gesamt 50 Mrd. DM, d. h. 5 Mrd. DM/Jahr
- zusätzlich weitere Programme anderer Ressorts (vgl. Berechnung des Szenariums)
- keine Deckelung: jeder berechtigte Antrag wird bewilligt
- unbürokratische Bewilligung
- Voraussetzung: Beratung und Qualitätskontrolle (Sonderprogramm)
- Lenkung der Summe durch jährliche Festlegung der m²-Förderung
- keine Förderungskürzung bei Inanspruchnahme weiterer Förderprogramme
- Zusatzförderung für Modellprojekte mit Öffentlichkeitswirkung
- flankierend berechenbare Energiepreissteigerung.

Eine Berechnung des Sanierungs- und Förderszenariums (Berechnungs-Anlage 4; Anlage 14) beschreibt die angenommene Wirkung der Fördermittel hinsichtlich der ökologischen und ökonomischen Parameter:

1. Die Förderung muß so motivierend sein, daß die sanierte Fläche von jetzt etwa 450.000 m² (Sanierungsquote 2,5% pro Jahr) in Nürnberg auf 750.000 m² ansteigt (4,2% pro Jahr). Das

führt zu einer Gesamtsanierung von 8.6 Mio m² bis 2010, was knapp der Hälfte des jetzigen Wohnungsbestandes entspricht. Danach muß die Sanierungstätigkeit auf hohem Niveau aufrechterhalten werden, was am sinnvollsten durch eine angemessene Energiepreisgestaltung erreicht wird.

2. Die Energieeinsparung beläuft sich in der Modellrechnung auf 30 bis 35 % des heutigen Verbrauchs. Einen etwas höheren Wert erreicht die CO₂-Einsparung, was jedoch nur etwa der Hälfte des Solls im Klimabündnis der Städte entspricht. Im Bereich der Energieträger kann eine zusätzliche Optimierung eine kleine weitere Verbesserung herbeiführen.
3. Es sollten nur Standards gefördert werden, die mindestens der EnEV entsprechen, erhöhte Fördermittel sind sinnvoll für Projekte im sehr guten Niedrigenergiebereich, hier bezeichnet mit EnEG * 50%.
4. Die Einschätzung, inwieweit die eingesetzten Fördermittel das dargestellte Szenarium tatsächlich bewirken werden, muß einer breiten Diskussion und der Beobachtung der Entwicklung überlassen werden. Es muß prognostiziert werden, daß flankierende Maßnahmen erforderlich sind sowie weitere Programme anderer Ressorts und Körperschaften. Vor allem die schon oben angesprochene synergetische Zusammenarbeit ist wichtiger Bestandteil des Erfolgs. Es wird sicher nicht möglich sein, mit geringeren Summen die gleiche Wirkung zu erzielen.
5. Die gesamten Sanierungskosten von 11,3 Mrd. DM (nur Nürnberg) basieren auf folgenden Überlegungen:
 - Durchgreifende Sanierungen für Vorkriegsgebäude kosten 2000-2600 DM/m², Häuser aus den 60er Jahren können grundlegend für 1000-1800 DM/m² saniert werden. Zahlreiche Objekte werden jedoch nur teilsaniert, so daß ein durchschnittlicher Wert von 1300 DM/m² angenommen wurde.
 - Der Anstoß zur energetischen Sanierung wird bei einem Großteil der Objekte dazu führen, daß aufgeschobene Ohnehin-Maßnahmen durchgeführt werden im Bereich Ausbau, Haustechnik und Renovierung.
 - Sinnvolle Beratungen führen fast immer zu einem abgestimmten Konzept der Sanierung von (allen) Hüllflächen inkl. Fenstern und des Heizsystems. Mechanische Lüftung wird in den nächsten Jahren zunehmend ein wesentlicher weiterer Bestandteil. Teilkonzepte können in Einzelfällen sinnvoll sein, z. B. im Bereich der Heizung und Regelung. Diese sollten aber bei weitem nicht so hoch gefördert werden wie Gesamtkonzepte.
 - Raumluftqualität und Behaglichkeit müssen bei der Beratung eine wesentliche Rolle spielen, um nicht den 70er-Jahre-Effekt des falsch verstandenen Energiesparens mit hygienisch bedenklichen Folgen zu wiederholen (Stichworte: Mikroorganismen, Allergien, Sick-Building-Syndrom etc.)
6. Durch die Energiesparförderung wird ein vielfach höherer Betrag an Gesamtinvestitionen bewirkt. In der Berechnung liegt das Verhältnis von Fördermitteleinsatz zur Gesamtinvestition

bei unter einem Zwanzigstel. Bereits oben wurde darauf verwiesen, daß zusätzliche Programme erforderlich sein werden.

7. Allein der Arbeitsmarkteffekt wiegt die Kosten der Fördermittel bei weitem auf. Wird der erhöhte Betrag der Sanierungskosten gegenüber dem Ausgangswert von 1998 durch den mittleren Umsatz pro Beschäftigten im Ausbaugewerbe von 157.954 DM¹⁸ geteilt, ergeben sich bis zu 3000 zusätzlich Beschäftigte allein im regionalen Handwerk - ohne die sich daraus ergebenden Folgearbeitsplätze in der Zulieferung und sonstigen Dienstleistungswirtschaft. Das Diagramm in Anlage 15 stellt die beschriebenen Zusammenhänge eindrucksvoll dar.

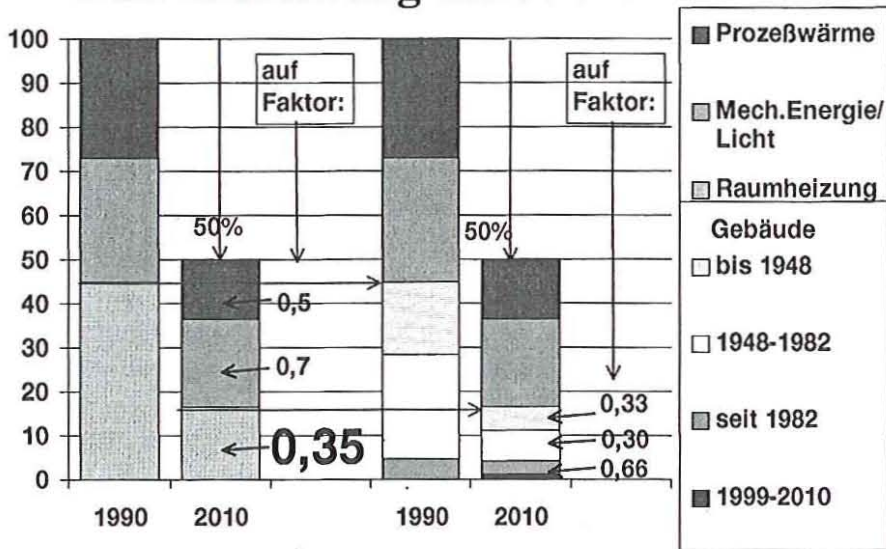
6. Zusätzliche Maßnahmen

Wie mehrfach angesprochen, wird ein einzelnes Förderprogramm nicht für alle Bereiche des Wohnungsbaus ausreichend sein. Es ist sinnvoll, mehrere Maßnahmen koordiniert einzusetzen, um in der Gesamtheit eine möglichst hohe Bereitschaft zu erzielen.

1. Diskussion und modellhafte Überprüfung, wie Programme von Bund, Land und Kommunen mit privaten Initiativen verknüpft und sinnvoll auf den Weg gebracht werden können. Gerade die Region Nürnberg bietet die hervorragende Möglichkeit, als Modellregion für solch ein Vorhaben zur Verfügung zu stehen, um Strategien für energetische Sanierung auszuarbeiten und anzuwenden. Eine Grundlage für solch ein Initialprojekt ist durch die zahlreichen regionalen Initiativen des letzten Jahres gegeben (s. S. 1), die Akteure der Region und auf Landesebene haben hohes Interesse an einer intensiven Weiterarbeit im Kompetenzfeld Energie.
2. Modellprojekte: gezielte Auswahl von Modellprojekten in den Anfangsjahren des Programms. Breit gestreute Beauftragung an Planungs- und Ingenieurbüros, die zu Fortbildung, gegenseitigem Austausch und Dokumentation mit einer externen wissenschaftlichen Begleitung verpflichtet werden. Bildung von Bauteams zur Qualitätssicherung und Wissenstransfer zwischen Planern und ausführenden Gewerken. Die Energiekennzahl sollte bei diesen Projekten möglichst nahe an den Passivhaus-Bereich von 15 kWh/(m²•a) für den Bereich Heizung heranreichen, der Gesamtprimärenergiebedarf sollte unter 120 kWh/(m²•a) liegen. Die Bereiche Prozeßwärme, sommerlicher Wärmeschutz, Tageslichtnutzung, Lüftung, Stromverbrauch etc. sind integraler Bestandteil des Gesamtkonzepts.
3. Einbeziehung des vorhandenen kommunalen CO₂-Minderungsprogramms in das Gesamtkonzept der Förderungen.
4. Synergieeffekte: Wesentliche Impulse müssen aus der regionalen Wirtschaft kommen. Insbesondere die Immobilienwirtschaft und Banken haben hervorragende Eingriffsmöglichkeiten. So sollten Partner gefunden werden, die entsprechendes Projektmanagement betreiben und einen Finanzierungs-Bonus für Energiespar-Projekte geben. Ausführende Handwerks-

- firmen und Unternehmungen sollten sich zu günstigen Preisen dauerhaft als Partner verpflichten, statt einen Boom in einzelnen Gewerken für Hochpreis-Aufträge zu nutzen.
5. Energie-Dienstleister nicht nur für den Haustechnik-Bereich sondern auch für bauliche Maßnahmen sind erforderlich, um finanzschwachen Immobilieneigentümern stimmige Konzepte anbieten zu können.
 6. Forschung und Produktentwicklung: Entwicklung innovativer Komponenten für extrem energiesparende Gebäude, unterstützt durch Forschungsmittel und im Zusammenwirken von Firmen aus dem Raum Nürnberg.
 7. Ein Energietechnologisches Informations- und Gründerzentrum kann hervorragend die Funktion des wissenschaftlichen Backgrounds und der Planer- und Verbraucherinformation übernehmen.
 8. Gezielte und umsetzungsorientierte Information von Gebäudebesitzern, z. B. kostengünstige Beratung in Form von Energiepässen, wie dies in Erlangen bereits durchgeführt wird^{19/20}.
 9. Arbeitsmarkt: Aufgrund der hohen Zahl an Arbeitsplätzen, die durch die Maßnahmen initiiert werden, ist eine Zusammenarbeit mit den Arbeitsressorts auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene sinnvoll. ABM-Maßnahmen und kommunale Beschäftigungsgesellschaften können ein ergänzender Faktor für die arbeitsintensiven Sanierungsvorhaben sein. Wie oben bereits ausgeführt, kann eine Zunahme allein im Bereich Wohngebäude von etwa 3000 Arbeitsplätzen erreicht werden. Werden Folgearbeitsplätze dazugerechnet, ergeben sich 4-5000 neue Stellen, das entspricht bundesweit über 700.000 Arbeitsplätzen.
 10. Die Landespolitik fördert zahlreiche dieser Ansätze in hervorragender Weise. Durch die High-Tech-Offensive und Maßnahmen zur Regionalförderung sind zahlreiche Anknüpfungspunkte gegeben, die sich z. Zt. äußerst vielversprechend entwickeln.
 11. Lenkungsgruppe: Eine interdisziplinär besetzte Lenkungsgruppe (NetzwerkEnergie) ist als Grundvoraussetzung zur Durchführung der Maßnahmen dringend erforderlich. Sie ist für die Zielstellung der Modellprojekte und des Förderprogramms sowie für die Vergabe der Mittel verantwortlich, koordiniert die Maßnahmen, setzt Schwerpunkte, sorgt für zielgerichtete Forschung, wissenschaftliche Begleitung, Dokumentation und Wissenstransfer. Darüber hinaus können Zielsetzungen und Förderregularien sich ändernden Anforderungen angepaßt werden.

Anlage 1: CO₂-Minderung um 50% bis 2010



Anlage 2 Wohngebäudebestand der Stadt Nürnberg Wohnfläche nach Baujahr-Gruppen in m²

m ²	bis 1948	1949-57	1958-78	ab 1979	Gesamt
Wohnfläche					
Gas*	2.720.648	1.660.484	2.784.432	1.715.686	8.881.250
Strom*	388.664	237.212	397.776	245.098	1.268.750
Fernwärme*	777.328	474.424	795.552	490.196	2.537.500
Heizöl	1.017.280	548.320	2.916.160	616.770	5.098.530
Kohle/Holz	172.880	70.680	36.520	10.600	290.680
Summe	5.076.800	2.991.120	6.930.440	3.078.350	18.076.710
Anteil EFH	27%	28%	34%	35%	
Quelle:	Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998		*Aufteilung interpoliert		

Anlage 3

CO₂-Bilanz

(Beheizung von Wohnraum in Nürnberg)

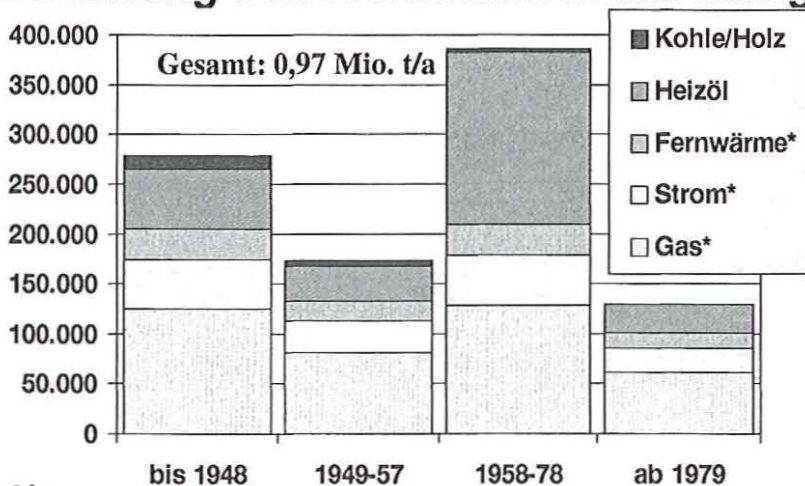
CO ₂ (t)	bis 1948	1949-57	1958-78	ab 1979	Gesamt	kg/kWh
Gas*	125.367	81.297	128.307	61.559	396.530	0,24
Strom*	49.252	31.938	50.406	24.184	155.780	0,66
Fernwärme*	29.849	19.356	30.549	14.657	94.412	0,2
Heizöl	60.549	34.676	173.570	28.584	297.378	0,31
Kohle/Holz	13.277	5.767	2.805	634	22.483	0,4
Summe	278.294	173.035	385.637	129.618	966.583	

Quellen: Statistisches Jahrbuch Nürnberg 1998; Lufthygienischer Bericht der EWAG 1996; Energiegutachten Nürnberg 1988
Umrechnung nach Emissionsfaktoren (Schulze Darup, Bauökologie 1996, GEMIS, CO₂-Bilanz Nürnberg 1994)

Anlage 4

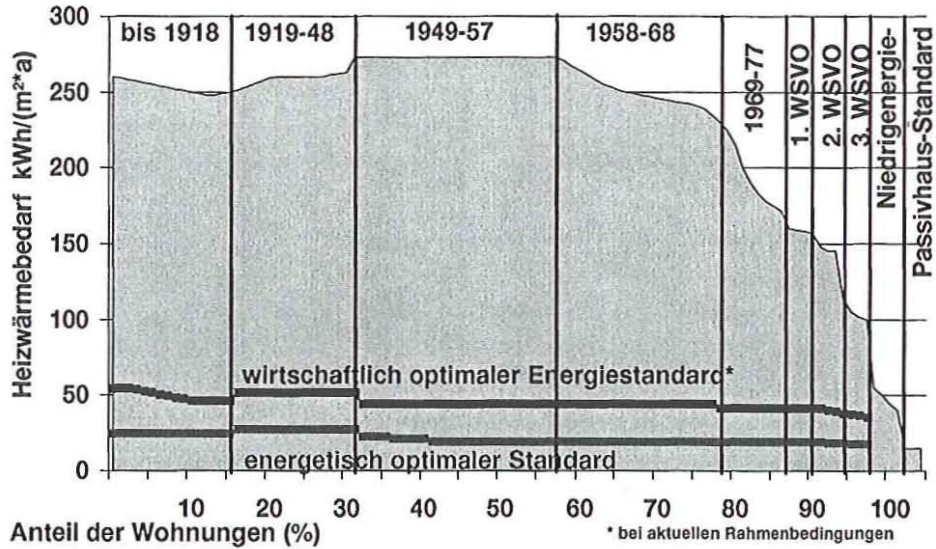
CO₂-Bilanz

Beheizung von Wohnraum in Nürnberg



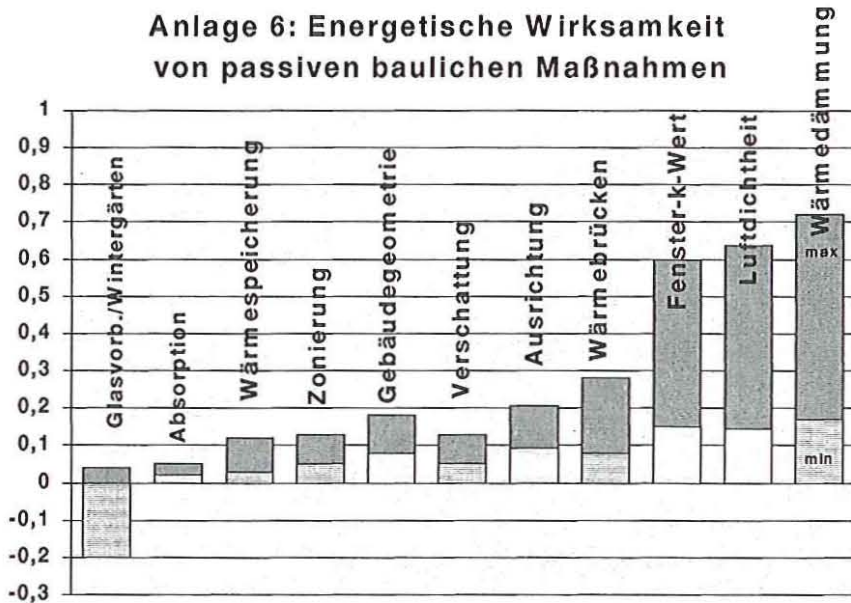
Quellen: Stat. Jahrbuch Nürnberg 1998, CO₂-Bilanz Nürnberg 1998, GEMIS 3.0 1997, S. Darup, Bauökologie 1996; *interpoliert nach EWAG-Jahrbuch 1999

Anlage 5 Energetische Sanierung des Wohngebäudebestands

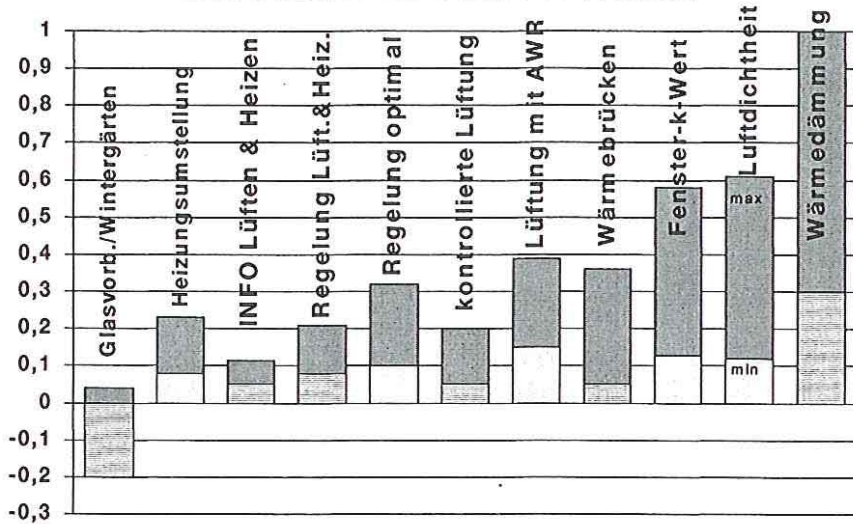


Quellen: ARENHA 1993, IWU 1994, Bundesarchitektenkammer 1995, Meyer/Schulze Darup 1998

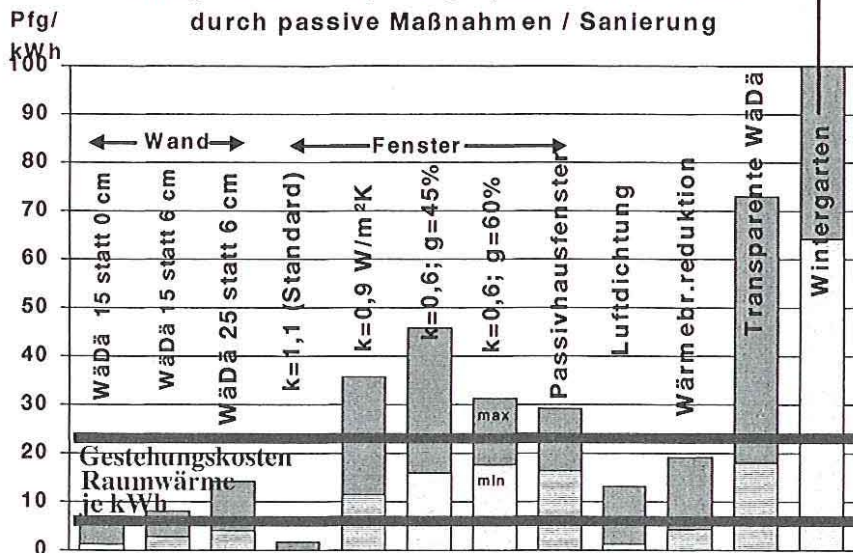
Anlage 6: Energetische Wirksamkeit von passiven baulichen Maßnahmen



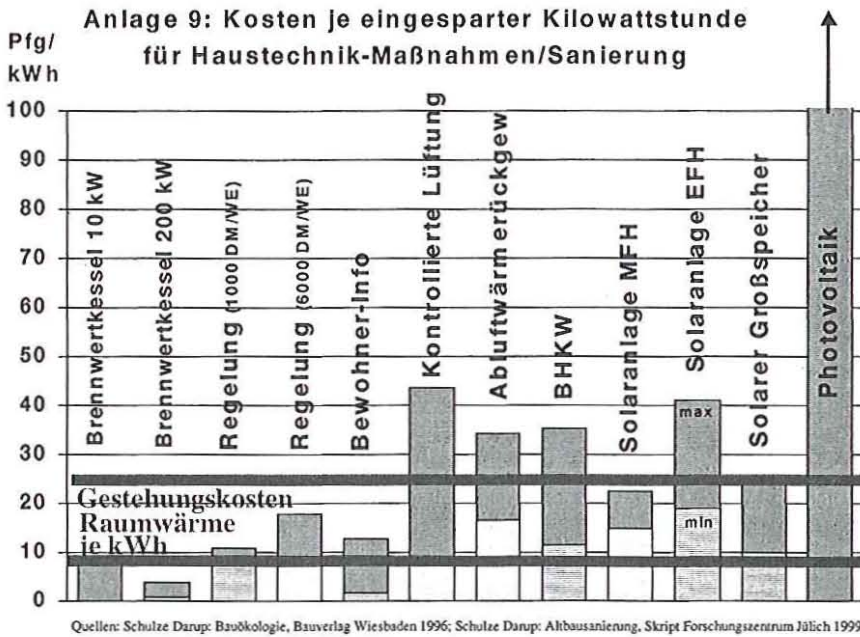
Anlage 7: Energetische Wirksamkeit von Maßnahmen im Gebäudebestand



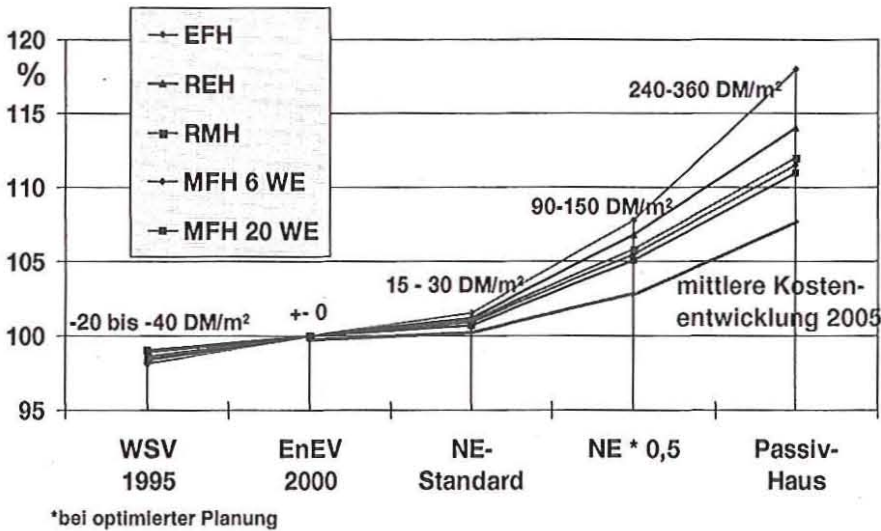
Anlage 8: Kosten je eingesparter Kilowattstunde durch passive Maßnahmen / Sanierung



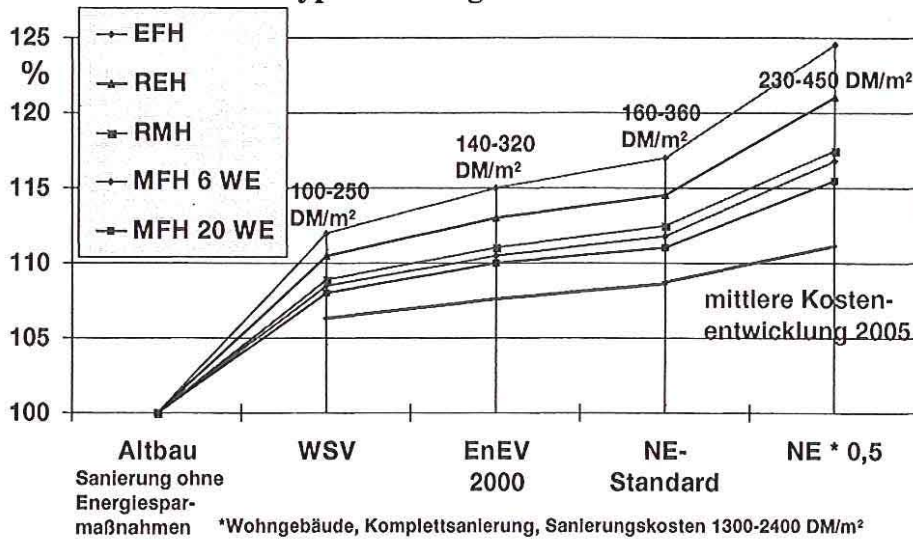
Quellen: Schulze Darup: Bauökologie, Bauverlag Wiesbaden 1996; Schulze Darup: Altbausanierung, Skript Forschungszentrum Jülich 1999



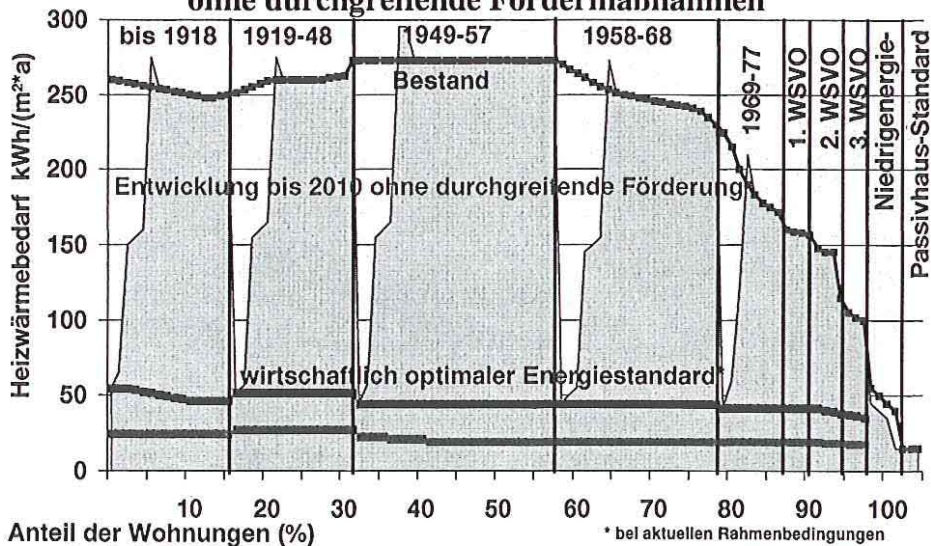
**Anlage 10:
Mehrkosten für erhöhte energetische Gebäudestandards bei Neubauten***



Anlage 11: Überschlägige Sanierungskosten in Abhängigkeit von Gebäudetyp und energetischem Standard*

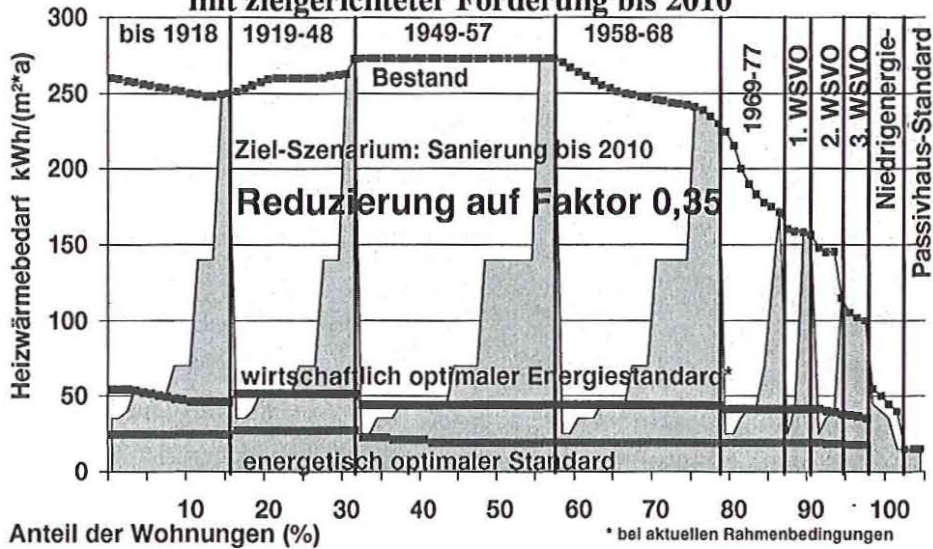


Anlage 12: Energetische Sanierung des Wohngebäudebestands: Szenarium ohne durchgreifende Fördermaßnahmen



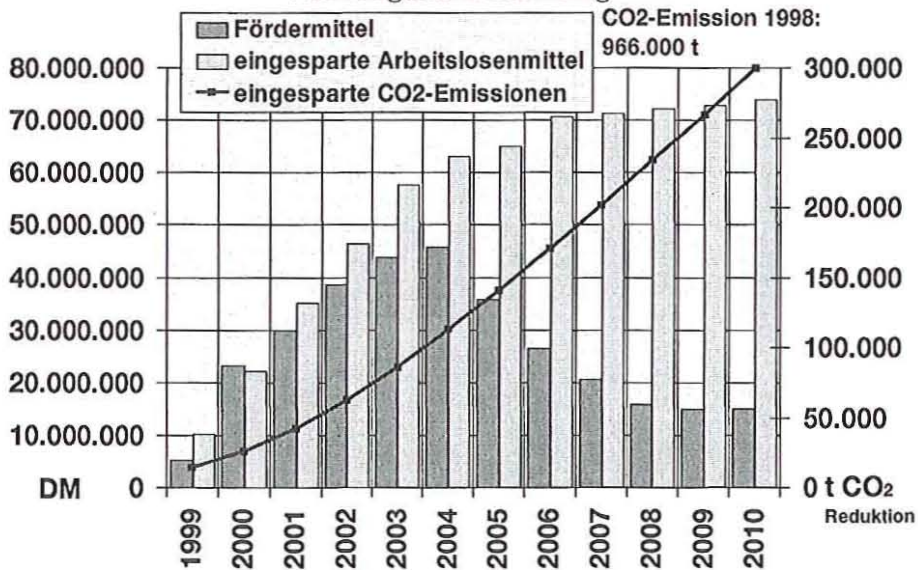
Quellen: ARENHA 1993, IWU 1994, Bundesarchitektenkammer 1995, Meyer/Schulze Darup 1998, Schulze Darup 1999

**Anlage 13:
Energetische Sanierung des Wohngebäudebestands: Szenarium
mit zielgerichteter Förderung bis 2010**



Quellen: ARENHA 1993, IWU 1994, Bundesarchitektenkammer 1995, Meyer/Schulze Darup 1998, Schulze Darup 1999

**Anlage 15:
Förderszenarium bis zum Jahr 2010: energetische Sanierung im
Wohnungsbau in Nürnberg**



Anlage 14: Förderszenarium: energetische Sanierung in Nürnberg

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jahr	sanierte Fläche (Wohnfl.)	eingesparte Endenergie	eingespartes CO ₂	Fördermittel	Fördermittel je m ²	Sanierungskosten	5:7	zusätzl. Arbeitsplätze
	m ²	kWh	t	DM	DM/m ²	DM	%	
1998	451.918	24.376.443	6.582	0	0	545.012.807	0,00%	0
1999	500.000	30.307.500	8.183	5.300.000	80 / 30	609.500.000	0,87%	408
2000	550.000	42.801.000	11.556	23.100.000	150 / 100	684.200.000	3,38%	881
2001	600.000	59.130.000	15.965	30.000.000	140 / 90	766.500.000	3,91%	1.402
2002	650.000	74.831.250	20.204	38.675.000	130 / 80	838.500.000	4,61%	1.858
2003	700.000	88.725.000	23.956	43.750.000	120 / 70	910.000.000	4,81%	2.311
2004	720.000	99.630.000	26.900	45.720.000	110 / 60	943.200.000	4,85%	2.521
2005	730.000	101.013.750	27.274	35.770.000	100 / 40	956.300.000	3,74%	2.604
2006	750.000	111.577.500	30.126	26.550.000	80 / 20	991.125.000	2,68%	2.824
2007	750.000	114.300.000	30.861	20.625.000	70 / 10	995.625.000	2,07%	2.853
2008	750.000	119.306.250	32.213	15.750.000	60 / 0	1.001.250.000	1,57%	2.888
2009	750.000	120.600.000	32.562	15.000.000	50 / 0	1.005.000.000	1,49%	2.912
2010	750.000	123.187.500	33.261	15.000.000	40 / 0	1.012.500.000	1,48%	2.960
Su.	8.651.918	1.109.786.193	299.642	315.240.000		11.258.712.807		
2: Wohnfläche ges. 18.1 Mio. m ² ; 48% san.				9: durch Erhöhung des Sanierungsvolumens gegenüber 1998 157954 DM				
3: gesamt 1998 3.376 GWh; Einsparung 33%				je 157.954 DM (Umsatz/Beschäftigte Ausbaugewerbe 1997) = 1 Arbeitsplatz				

Berechnungs-Anlage 1 (Blatt 1)

Tab. 1: Wohnungen nach verwendeten Brennstoffen, Gebäudeart und Baualtersklasse

	bis 1948	1949-57	1958-78	ab 1979	Gesamt
Gas*	36820	23800	38430	22610	
Strom*	5260	3400	5490	3230	
Fernwärme*	10520	6800	10980	6460	
Heizöl	12300	6300	37500	7300	
Kohle/Holz	2200	900	500	100	240900
Anteil EFH	20%	19%	24%	26%	

Quellen:

Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998

Lufthygienischer Bericht der EWAG 1996

* interpoliert nach EWAG-Jahrbuch 1999, CO₂-Bilanz Nürnberg 1994, Angaben weichen stark ab

Tab. 2: Wohnungen, Beheizung, Baualtersklasse

	bis 1948		1949-57		1958-78		ab 1979		Gesamt
	EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH	
Gas*	5460	31360	2870	20930	7140	31290	4830	17780	
Strom*	780	4480	410	2990	1020	4470	690	2540	
Fernwärme*	1560	8960	820	5980	2040	8940	1380	5080	
Heizöl	4700	7600	3400	2900	11800	25700	3200	4100	
Kohle/Holz	600	1600	300	600	100	400	100	0	240900

Quellen:

Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998

Tab. 3: Wohnfläche, Beheizung, Baualtersklasse, Gebäudeart EFH (1-2 WE)/MFH

m ²	bis 1948		1949-57		1958-78		ab 1979		Gesamt
	EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH	
Gas*	578.760	2.141.888	304.220	1.356.264	756.840	2.027.592	511.980	1.203.706	8.881.250
Strom*	82.680	305.984	43.460	193.752	108.120	289.656	73.140	171.958	1.268.750
Fernwärme*	165.360	611.968	86.920	387.504	216.240	579.312	146.280	343.916	2.537.500
Heizöl	498.200	519.080	360.400	187.920	1.250.800	1.665.360	339.200	277.570	5.098.530
Kohle/Holz	63.600	109.280	31.800	38.880	10.600	25.920	10.600	0	290.680
Summe	1.388.600	3.688.200	826.800	2.164.320	2.342.600	4.587.840	1.081.200	1.997.150	18.076.710
Anteil EFH/MFH	27%		28%		34%		35%		

Quellen:

Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998

Berechnungs-Anlage 1 (Blatt 2)

Tab. 4: Wohnfläche, Beheizung, Baualtersklasse

m ²	bis 1948		1949-57		1958-78		ab 1979		Gesamt
	EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH	EFH	MFH	
Gas*	578.760	2.141.888	304.220	1.356.264	756.840	2.027.592	511.980	1.203.706	8.881.250
Strom*	82.680	305.984	43.460	193.752	108.120	289.656	73.140	171.958	1.268.750
Fernwärme*	165.360	611.968	86.920	387.504	216.240	579.312	146.280	343.916	2.537.500
Heizöl	498.200	519.080	360.400	187.920	1.250.800	1.665.360	339.200	277.570	5.098.530
Kohle/Holz	63.600	109.280	31.800	38.880	10.600	25.920	10.600	0	290.680
Summe	1.388.600	3.688.200	826.800	2.164.320	2.342.600	4.587.840	1.081.200	1.997.150	18.076.710
Anteil EFH/MFH	27%		28%		34%		35%		

Quellen: Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998

Tab. 5: Wohnfläche, Beheizung, Baualtersklasse

m ²	bis 1948	1949-57	1958-78	ab 1979	Gesamt	
Gas*	2.720.648	1.660.484	2.784.432	1.715.686	8.881.250	
Strom*	388.664	237.212	397.776	245.098	1.268.750	
Fernwärme*	777.328	474.424	795.552	490.196	2.537.500	
Heizöl	1.017.280	548.320	2.916.160	616.770	5.098.530	
Kohle/Holz	172.880	70.680	36.520	10.600	290.680	
Summe	5.076.800	2.991.120	6.930.440	3.078.350	18.076.710	
Anteil EFH/MFH	27%		28%		34%	

Quellen: Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998

Tab. 6: Heizwärmebedarf nach Kennzahlen; Bezug: Wohnfläche, Beheizung, Baualtersklasse

kWh/a	bis 1948	1949-57	1958-78	ab 1979	Gesamt
kWh/m ² a**	160	170	160	130	
Gas*	435.303.680	282.282.280	445.509.120	223.039.180	1.386.134.260
Strom*	62.186.240	40.326.040	63.644.160	31.862.740	198.019.180
Fernwärme*	124.372.480	80.652.080	127.288.320	63.725.480	396.038.360
Heizöl	162.764.800	93.214.400	466.585.600	80.180.100	802.744.900
Kohle/Holz	27.660.800	12.015.600	5.843.200	1.378.000	46.897.600
Summe	812.288.000	508.490.400	1.108.870.400	400.185.500	2.829.834.300

Quelle: Umrechnung nach Faktoren für den Heizwärmebedarf

**die hier eingesetzten Werte widersprechen den Praxis-Erfahrungen in der Sanierung, selbst bei Betrachtung des Anteils bereits sanierter Gebäude erscheinen Werte um 200 kWh/m²a realistischer; in diesem Fall wäre die Abweichung mit den CO₂-angaben anderer Quellen jedoch zu hoch

Berechnungs-Anlage 1 (Blatt 3)

Tab. 7: Heizwärmeverbrauch nach Kennzahlen; Bezug: Wohnfläche, Beheizung, Baualtersklasse

kWh/a	bis 1948	1949-57	1958-78	ab 1979	Gesamt
Verlustfaktor	1,2	1,2	1,2	1,15	
Gas*	522.364.416	338.738.736	534.610.944	256.495.057	1.652.209.153
Strom*	74.623.488	48.391.248	76.372.992	36.642.151	236.029.879
Fernwärme*	149.246.976	96.782.496	152.745.984	73.284.302	472.059.758
Heizöl	195.317.760	111.857.280	559.902.720	92.207.115	959.284.875
Kohle/Holz	33.192.960	14.418.720	7.011.840	1.584.700	56.208.220
Summe	974.745.600	610.188.480	1.330.644.480	460.213.325	3.375.791.885

Quelle: Umrechnung nach Faktor

Tab. 8: CO₂-Bilanz (Beheizung von Wohnraum in Nürnberg)

Tonnen (t)	bis 1948	1949-57	1958-78	ab 1979	Gesamt	Emissions-
						faktor
						kg/kWh
Gas*	125.367	81.297	128.307	61.559	396.530	0,24
Strom*	49.252	31.938	50.406	24.184	155.780	0,66
Fernwärme*	29.849	19.356	30.549	14.657	94.412	0,20
Heizöl	60.549	34.676	173.570	28.584	297.378	0,31
Kohle/Holz	13.277	5.767	2.805	634	22.483	0,40
Summe	278.294	173.035	385.637	129.618	966.583	

Quelle: Umrechnung nach Emissionsfaktor (Schulze Darup: Bauökologie 1996, GEMIS, CO₂-Bilanz Nürnberg 1994)

Berechnungs-Anlage 2 (Blatt 1)

Kostenberechnung			
Fensterverglasung $k=0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten gegenüber Standard-Wärmeschutzverglasung	DM/m ²	60,00	100,00
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	2.580,00	4.300,00
Abschreibung	Jahre	30,00	30,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	0,00	0,00
Wartungskosten	DM/a	0,00	0,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	86,00	143,33
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B)	kWh/a	750,00	400,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	11,47	35,83

Berechnungsbeispiel: mitteldichte Bebauung, Reihenmittelhaus, 114 m² WF, 43 m² Fensterfläche (nach Passivhaus-Projektierungspaket PI, Darmstadt)
 Quelle/Kosten: Schulze Darup: Optimierung von Niedrigenergiehäusern. In: Tagungsband 2. Passivhaustagung, Darmstadt 1998

Kostenberechnung			
Fensterverglasung $k=0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g=45\%$		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten gegenüber Standard-Wärmeschutzverglasung	DM/m ²	100,00	160,00
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	4.300,00	6.880,00
Abschreibung	Jahre	30,00	30,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	0,00	0,00
Wartungskosten	DM/a	0,00	0,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	143,33	229,33
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B)	kWh/a	900,00	500,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	15,93	45,87

Berechnungsbeispiel: mitteldichte Bebauung, Reihenmittelhaus, 114 m² WF, 43 m² Fensterfläche (nach Passivhaus-Projektierungspaket PI, Darmstadt)
 Quelle/Kosten: Schulze Darup: Optimierung von Niedrigenergiehäusern. In: Tagungsband 2. Passivhaustagung, Darmstadt 1998

Kostenberechnung			
Fensterverglasung $k=0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g=60\%$ (Süd)		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten gegenüber Standard-Wärmeschutzverglasung	DM/m ²	200/Süd; 100/sonstige	280/Süd; 160/sonstige
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	7.300,00	10.480,00
Abschreibung	Jahre	30,00	30,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	0,00	0,00
Wartungskosten	DM/a	0,00	0,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	243,33	349,33
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B)	kWh/a	1.380,00	1.120,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	17,63	31,19

Berechnungsbeispiel: mitteldichte Bebauung, Reihenmittelhaus, 114 m² WF, 43 m² Fensterfläche (nach Passivhaus-Projektierungspaket PI, Darmstadt)
 Quelle/Kosten: Schulze Darup: Optimierung von Niedrigenergiehäusern. In: Tagungsband 2. Passivhaustagung, Darmstadt 1998

Berechnungs-Anlage 2 (Blatt 2)

Kostenberechnung			
Fensterverglasung $k=0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g=60\%$ (Süd) und gedämmte Fensterrahmen; $kF < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$			
		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten gegenüber Standard-Fenstern	DM/m ²	200/Süd; 100/sonstige	280/Süd; 160/sonstige
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	12.000,00	16.000,00
Abschreibung	Jahre	30,00	30,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	0,00	0,00
Wartungskosten	DM/a	0,00	0,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	400,00	533,33
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B)	kWh/a	2.450,00	2.050,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	16,33	26,02

Berechnungsbeispiel: mitteldichte Bebauung, Reihemittelhaus, 114 m² WF, 43 m² Fensterfläche (nach Passivhaus-Projektierungspaket PI, Darmstadt)

Quelle/Kosten: Schulze Darup: Optimierung von Niedrigenergiehäusern. In: Tagungsband 2. Passivhaustagung, Darmstadt 1998

Kostenberechnung			
Regelung, einfache Maßnahmen (elektronische Thermostatventile, Fenster-gekoppelt); Whq. 80 m²			
		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten	DM	1.000,00	1.000,00
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	1.000,00	1.000,00
Abschreibung	Jahre	20,00	20,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	40,00	40,00
Wartungskosten	DM/a	40,00	40,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	130,00	130,00
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B): 10-15%; 150 kWh/(m ² a)	kWh/a	1.800,00	1.200,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	7,22	10,83

Kostenberechnung			
Regelung, vollelektronische Wohnungsregelung und Erfassung; Bezug: Wohnung mit 80 m²			
		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten	DM	6.000,00	6.000,00
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	6.000,00	6.000,00
Abschreibung	Jahre	20,00	20,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	20,00	40,00
Wartungskosten	DM/a	-40,00	-20,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	280,00	320,00
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B): 15-30%; 150 kWh/(m ² a)	kWh/a	3.600,00	1.800,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	7,78	17,78

Berechnungs-Anlage 2 (Blatt 3)

Kostenberechnung			
Bewohner-Info (Lüftungs- und Heizverhalten): Wohnung mit 80 m²			
		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten	DM	100,00	400,00
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	100,00	400,00
Abschreibung	Jahre	5,00	5,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	0,00	0,00
Wartungskosten	DM/a	0,00	0,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	20,00	80,00
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B): 5-10%; 150 kWh/(m ² a)	kWh/a	1.200,00	600,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	1,67	13,33

Kostenberechnung			
Kontrollierte Lüftung; Bezug Reihenmittelhaus 115 m²			
		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten	DM	2.500,00	4.000,00
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	2.500,00	4.000,00
Abschreibung	Jahre	15,00	15,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	15,80	25,00
Wartungskosten	DM/a	40,00	60,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	222,47	351,67
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B): Luftwechselrate (LWR) 0,4-0,6 statt 0,7 ;	kWh/a	2.415,00	805,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	9,21	43,69

Berechnungsbeispiel: mitteldichte Bebauung, Reihenmittelhaus, 114 m² WF, 43 m² Fensterfläche (nach Passivhaus-Projektierungspaket PI, Darmstadt)

Kostenberechnung			
Abluftwärmerückgewinnung; Bezug Reihenmittelhaus 115 m²			
		Kosten niedrig	Kosten hoch
Mehrkosten	DM	12.000,00	18.000,00
Gesamt-Mehrkoste: Summe Investitionskosten	DM	12.000,00	18.000,00
Abschreibung	Jahre	15,00	15,00
Zinskosten	keine	0,00	0,00
Betriebskosten	DM/a	50,00	70,00
Wartungskosten	DM/a	60,00	100,00
Jährliche Kosten gesamt (A)	DM/a	910,00	1.370,00
Jährlicher Ertrag			
Energieeinsparung (B): LWR 0,3-0,5 statt 0,7; Jahresrückwärmegrad 70-85%	kWh/a	5.500,00	4.000,00
Gestehungskosten je eingesparter Kilowattstunde (A:B*100)	Pfg/kWh	16,55	34,25

Berechnungsbeispiel: mitteldichte Bebauung, Reihenmittelhaus, 114 m² WF, 43 m² Fensterfläche (nach Passivhaus-Projektierungspaket PI, Darmstadt)

Berechnungs-Anlage 3

Tabelle 1: Bautätigkeit in Nürnberg 1997

1	Mehrfamilienhäuser	235.870.000 DM
2	Ein- und Zweifamilienhäuser	82.326.000 DM
3	Sonstige Baumaßnahmen/Gebäudeteile	37.637.000 DM
4	Gewerbebau gesamt inkl. Gebäudeteile	794.059.000 DM
5	Bautätigkeit gesamt	1.149.892.000 DM
6	Umsatz Bauhauptgewerbe Wohnungsbau	170.166.000 DM
7	Umsatz Bauhauptgewerbe Gewerbebau	362.661.000 DM
8	Öffentlicher und Verkehrs-Bau	440.987.000 DM
9	Summe Bauhauptgewerbe	973.814.000 DM
10	Umsatz Ausbaugewerbe gesamt	782.076.000 DM

Quelle: Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998

Tabelle 2: Anteil der jährlichen Sanierungskosten im Bereich Wohnungsbau (überschlägig hergeleitet) (verschiedene Herleitungen aus der Statistik)

1	Wohnungsbau gesamt (Zeile 1,2,3/Tabelle 1)	355.833.000 DM
2	Umsatz Bauhauptgewerbe Wohnungsbau + Anteil Ausbaugewerbe (Annahme 25% vom Bauhauptgewerbe)	365.685.000 DM

Quelle: Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998

Tabelle 3: Jährliche Sanierungskosten: Berechnung auf Grundlage des Wohnungsbestandes
Bezug: Tab. 5/Statistische Grundlagen: Wohnfläche, Beheizung, Baualtersklasse

1	Wohnfläche gesamt (m ²)	18.076.710
2	Sanierungsintervall im Wohnungsbau (Jahre)	40
3	Sanierung jährlich (1/40stel der Gesamtfläche, m ²)	451.918
4	Durchschnittskosten für Sanierung (Mittel zwischen 800 und 1800 DM pro m ²)	1.300
5	Sanierungskosten jährlich (DM)	587.493.075
6	Feststellung: keine Plausibilität zwischen statistischem Material der Tabelle 2 und der Herleitung gemäß Tabelle 3	
7	Fehlerquellen:	
	Statistisches Material gemäß Bauanträgen, niedriger Ansatz, Instandhaltungen und ein Teil der Modernisierungen wird nicht erfaßt	
	Hoher Anteil Eigenleistungen/Schwarzarbeit im Bereich Sanierung	
	Ausführung von Leistungen des Bauhaupt- und Ausbaugewerbes aus umliegenden Gemeinden	
	Geringerer Sanierungsaufwand als in der o.a. Berechnung angenommen	
	Niedrige Bautätigkeit in den letzten beiden Jahren	
8	Annahme für die weiteren Berechnungen für jährliche Sanierungsaufwendungen im Wohnungsbau (Stand 1998, in DM)	550.000.000

Tabelle 4: Sanierungsmix, bezogen auf die Wirkung der energetischen Sanierung

1	Gesamtanierung jährlich (m ²)	451.918			
2	Aufteilung nach Energiestandard nach Sanierung (Praxisbezug/Plausibilität/Annahmen):	m ²			
	EnEV - 50%	45.192	10%	1.400	63.268.485
	EnEV	90.384	20%	1.300	117.498.615
	WSV 1984	135.575	30%	1.200	162.690.390
	Ohne energetische Verbesserung	135.575	30%	1.150	155.911.624
	Energetische Verschlechterung	45.192	10%	1.150	51.970.541
					551.339.655

Berechnungs-Anlage 4 (Blatt 1)

Sanierungs-Szenarium im Wohnungsbau von 1998 (Referenzjahr) bis 2010

Anteil der erzielten Energiestandards (Annahme), Energieeinsparung, Emissionsminderung (CO₂), Kosten und Fördermittel

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO ₂ -Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	1998	kWh/m ² a		m ²		kWh/a	t/a	DM/m ²	DM/a	DM/m ²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	18.077	4%	3.280.923	886	0	0	1.400	25.307.394	0	0	0
2	EnEV	60	1,15	90.384	20%	13.286.382	3.587	0	0	1.300	117.498.615	0	0	0
3	WSV 1984	140	1,20	162.690	36%	7.809.139	2.108	0	0	1.250	203.362.988	0	0	0
4	Energieneutral	180	1,20	180.767	40%	0	0	0	0	1.100	198.843.810	0	0	0
				451.918	100%	24.376.443	6.582		0		545.012.807		0	0

Annahmen: mittlerer Heizwärmebedarf vor Sanierung 200 kWh/m²

Faktor für Anlagen-/Verteilungsverluste: 1,25

CO₂-Emissionsfaktor: 0,27 kg/kWh (gemittelt)

Umsatz je Beschäftigten: Bauhauptgewerbe 185742 DM(1996), Ausbaugewerbe 157954 DM; aufgrund der arbeitsintensiven Maßnahmen wird letzterer Wert angenommen

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO ₂ -Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	1999	kWh/m ² a		m ²		kWh/a	t/a	DM/m ²	DM/a	DM/m ²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	25.000	5%	4.537.500	1.225	80	2.000.000	1.400	35.000.000	5,7%	9.692.606	61
2	EnEV	60	1,15	110.000	22%	16.170.000	4.366	30	3.300.000	1.300	143.000.000	2,3%	25.501.385	161
3	WSV 1984	140	1,20	200.000	40%	9.600.000	2.592	0	0	1.250	250.000.000	0,0%	46.637.013	295
4	Energieneutral	180	1,20	165.000	33%	0	0	0	0	1.100	181.500.000	0,0%	-17.343.810	-110
				500.000	100%	30.307.500	8.183		5.300.000		609.500.000	0,9%	64.487.194	408
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr									1999	2,77%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		0,75%	

Berechnungs-Anlage 4 (Blatt 2)

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO ₂ -Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2000	kWh/m ² a		m ²		kWh/a	t/a	DM/m ²	DM/a	DM/m ²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	44.000	8%	7.986.000	2.156	150	6.600.000	1.400	61.600.000	10,7%	36.292.606	230
2	EnEV	60	1,15	165.000	30%	24.255.000	6.549	100	16.500.000	1.300	214.500.000	7,7%	97.001.385	614
3	WSV 1984	140	1,20	220.000	40%	10.560.000	2.851	0	0	1.250	275.000.000	0,0%	71.637.013	454
4	Energieneutral	180	1,20	121.000	22%	0	0	0	0	1.100	133.100.000	0,0%	-65.743.810	-416
				550.000	100%	42.801.000	11.556		23.100.000		684.200.000	3,4%	139.187.194	881
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr									2000	3,04%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		1,16%	

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO ₂ -Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2001	kWh/m ² a		m ²		kWh/a	t/a	DM/m ²	DM/a	DM/m ²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	60.000	10%	10.890.000	2.940	140	8.400.000	1.400	84.000.000	10,0%	58.692.606	372
2	EnEV	60	1,15	240.000	40%	35.280.000	9.526	90	21.600.000	1.300	312.000.000	6,9%	194.501.385	1.231
3	WSV 1984	140	1,20	270.000	45%	12.960.000	3.499	0	0	1.250	337.500.000	0,0%	134.137.013	849
4	Energieneutral	180	1,20	30.000	5%	0	0	0	0	1.100	33.000.000	0,0%	-165.843.810	-1.050
				600.000	100%	59.130.000	15.965		30.000.000		766.500.000	3,9%	221.487.194	1.402
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr									2001	3,32%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		1,66%	

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO ₂ -Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2002	kWh/m ² a		m ²		kWh/a	t/a	DM/m ²	DM/a	DM/m ²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	97.500	15%	17.696.250	4.778	130	12.675.000	1.400	136.500.000	9,3%	111.192.606	704
2	EnEV	60	1,15	325.000	50%	47.775.000	12.899	80	26.000.000	1.300	422.500.000	6,2%	305.001.385	1.931
3	WSV 1984	140	1,20	195.000	30%	9.360.000	2.527	0	0	1.250	243.750.000	0,0%	40.387.013	256
4	Energieneutral	180	1,20	32.500	5%	0	0	0	0	1.100	35.750.000	0,0%	-163.093.810	-1.033
				650.000	100%	74.831.250	20.204		38.675.000		838.500.000	4,6%	293.487.194	1.858
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr									2002	3,60%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		2,34%	

Berechnungs-Anlage 4 (Blatt 3)

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO ₂ -Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2003	kWh/m ² a		m ²		kWh/a	t/a	DM/m ²	DM/a	DM/m ²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	140.000	20%	25.410.000	6.861	120	16.800.000	1.400	196.000.000	8,6%	170.692.606	1.081
2	EnEV	60	1,15	385.000	55%	56.595.000	15.281	70	26.950.000	1.300	500.500.000	5,4%	383.001.385	2.425
3	WSV 1984	140	1,20	140.000	20%	6.720.000	1.814	0	0	1.250	175.000.000	0,0%	-28.362.987	-180
4	Energieneutral	180	1,20	35.000	5%	0	0	0	0	1.100	38.500.000	0,0%	-160.343.810	-1.015
				700.000	100%	88.725.000	23.956		43.750.000		910.000.000	4,8%	364.987.194	2.311
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr									2003	3,87%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		2,90%	

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO ₂ -Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2004	kWh/m ² a		m ²		kWh/a	t/a	DM/m ²	DM/a	DM/m ²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	180.000	25%	32.670.000	8.821	110	19.800.000	1.400	252.000.000	7,9%	226.692.606	1.435
2	EnEV	60	1,15	432.000	60%	63.504.000	17.146	60	25.920.000	1.300	561.600.000	4,6%	444.101.385	2.812
3	WSV 1984	140	1,20	72.000	10%	3.456.000	933	0	0	1.250	90.000.000	0,0%	-113.362.987	-718
4	Energieneutral	180	1,20	36.000	5%	0	0	0	0	1.100	39.600.000	0,0%	-159.243.810	-1.008
				720.000	100%	99.630.000	26.900		45.720.000		943.200.000	4,8%	398.187.194	2.521
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr									2004	3,98%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		3,39%	

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO ₂ -Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2005	kWh/m ² a		m ²		kWh/a	t/a	DM/m ²	DM/a	DM/m ²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	182.500	25%	33.123.750	8.943	100	18.250.000	1.400	255.500.000	7,1%	230.192.606	1.457
2	EnEV	60	1,15	438.000	60%	64.386.000	17.384	40	17.520.000	1.300	569.400.000	3,1%	451.901.385	2.861
3	WSV 1984	140	1,20	73.000	10%	3.504.000	946	0	0	1.250	91.250.000	0,0%	-112.112.987	-710
4	Energieneutral	180	1,20	36.500	5%	0	0	0	0	1.100	40.150.000	0,0%	-158.693.810	-1.005
				730.000	100%	101.013.750	27.274		35.770.000		956.300.000	3,7%	411.287.194	2.604
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr									2005	4,04%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		3,43%	

Berechnungs-Anlage 4 (Blatt 4)

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO ₂ -Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2006	kWh/m ² a		m ²		kWh/a	t/a	DM/m ²	DM/a	DM/m ²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	210.000	28%	38.115.000	10.291	80	16.800.000	1.400	294.000.000	5,7%	268.692.606	1.701
2	EnEV	60	1,15	487.500	65%	71.662.500	19.349	20	9.750.000	1.300	633.750.000	1,5%	516.251.385	3.268
3	WSV 1984	140	1,20	37.500	5%	1.800.000	486	0	0	1.250	46.875.000	0,0%	-156.487.987	-991
4	Energieneutral	180	1,20	15.000	2%	0	0	0	0	1.100	16.500.000	0,0%	-182.343.810	-1.154
				750.000	100%	111.577.500	30.126		26.550.000		991.125.000	2,7%	446.112.194	2.824
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr									2006	4,15%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		3,86%	

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO ₂ -Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2007	kWh/m ² a		m ²		kWh/a	t/a	DM/m ²	DM/a	DM/m ²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	225.000	30%	40.837.500	11.026	70	15.750.000	1.400	315.000.000	5,0%	289.692.606	1.834
2	EnEV	60	1,15	487.500	65%	71.662.500	19.349	10	4.875.000	1.300	633.750.000	0,8%	516.251.385	3.268
3	WSV 1984	140	1,20	37.500	5%	1.800.000	486	0	0	1.250	46.875.000	0,0%	-156.487.987	-991
4	Energieneutral	180	1,20	0	0%	0	0	0	0	1.100	0	0,0%	-198.843.810	-1.259
				750.000	100%	114.300.000	30.861		20.625.000		995.625.000	2,1%	450.612.194	2.853
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr									2007	4,15%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		3,94%	

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO ₂ -Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2008	kWh/m ² a		m ²		kWh/a	t/a	DM/m ²	DM/a	DM/m ²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	262.500	35%	47.643.750	12.864	60	15.750.000	1.400	367.500.000	4,3%	342.192.606	2.166
2	EnEV	60	1,15	487.500	65%	71.662.500	19.349	0	0	1.300	633.750.000	0,0%	516.251.385	3.268
3	WSV 1984	140	1,20	0	0%	0	0	0	0	1.250	0	0,0%	-203.362.987	-1.287
4	Energieneutral	180	1,20	0	0%	0	0	0	0	1.100	0	0,0%	-198.843.810	-1.259
				750.000	100%	119.306.250	32.213		15.750.000		1.001.250.000	1,6%	456.237.194	2.888
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr									2008	4,15%	Energetisch gut (Kat. 1+2):		4,15%	

Berechnungs-Anlage 4 (Blatt 5)

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO2-Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2009	kWh/m²a		m²		kWh/a	t/a	DM/m²	DM/a	DM/m²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	300.000	40%	54.450.000	14.702	50	15.000.000	1.400	420.000.000	3,6%	394.692.606	2.499
2	EnEV	60	1,15	450.000	60%	66.150.000	17.861	0	0	1.300	585.000.000	0,0%	467.501.385	2.960
3	WSV 1984	140	1,20	0	0%	0	0	0	0	1.250	0	0,0%	-203.362.987	-1.287
4	Energieneutral	180	1,20	0	0%	0	0	0	0	1.100	0	0,0%	-198.843.810	-1.259
				750.000	100%	120.600.000	32.562		15.000.000		1.005.000.000	1,5%	459.987.194	2.912
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr										2009	4,15%	Energetisch gut (Kat. 1+2):	4,15%	

	Energetischer Standard (ca.)	mittl. Heizwärmebedarf	Faktor für Verluste	sanierte Fläche	Anteil Standard	eingesparter Endenergieverbrauch	eingesparte CO2-Emissionen	eingesetzte Fördermittel	eingesetzte Fördermittel gesamt	mittlere Kosten	Sanierungskosten gesamt	Verhältnis Förderung : San.kosten	Differenz zu 1998	zusätzliche Arbeitsplätze
	2010	kWh/m²a		m²		kWh/a	t/a	DM/m²	DM/a	DM/m²	DM/a		DM ges.	Personen
1	EnEV - 50%	30	1,15	375.000	50%	68.062.500	18.377	40	15.000.000	1.400	525.000.000	2,9%	499.692.606	3.164
2	EnEV	60	1,15	375.000	50%	55.125.000	14.884	0	0	1.300	487.500.000	0,0%	370.001.385	2.342
3	WSV 1984	140	1,20	0	0%	0	0	0	0	1.250	0	0,0%	-203.362.987	-1.287
4	Energieneutral	180	1,20	0	0%	0	0	0	0	1.100	0	0,0%	-198.843.810	-1.259
				750.000	100%	123.187.500	33.261		15.000.000		1.012.500.000	1,5%	467.487.194	2.960
Anteil der sanierten Gebäude (Fläche) am Gesamtwohnungsbestand im Jahr										2010	4,15%	Energetisch gut (Kat. 1+2):	4,15%	

Zusammenfassung

1998				451.918		24.376.443	6.582		0		545.012.807		0	0
1999				500.000	1	30.307.500	8.183	0	5.300.000	0	609.500.000	0	64.487.194	408
2000				550.000	1	42.801.000	11.556	0	23.100.000	0	684.200.000	0	139.187.194	881
2001				600.000	1	59.130.000	15.965	0	30.000.000	0	766.500.000	0	221.487.194	1.402
2002				650.000	1	74.831.250	20.204	0	38.675.000	0	838.500.000	0	293.487.194	1.858
2003				700.000	1	88.725.000	23.956	0	43.750.000	0	910.000.000	0	364.987.194	2.311
2004				720.000	1	99.630.000	26.900	0	45.720.000	0	943.200.000	0	398.187.194	2.521
2005				730.000	1	101.013.750	27.274	0	35.770.000	0	956.300.000	0	411.287.194	2.604
2006				750.000	1	111.577.500	30.126	0	26.550.000	0	991.125.000	0	446.112.194	2.824
2007				750.000	1	114.300.000	30.861	0	20.625.000	0	995.625.000	0	450.612.194	2.853
2008				750.000	1	119.306.250	32.213	0	15.750.000	0	1.001.250.000	0	456.237.194	2.888
2009				750.000	1	120.600.000	32.562	0	15.000.000	0	1.005.000.000	0	459.987.194	2.912
2010				750.000	1	123.187.500	33.261	0	15.000.000	0	1.012.500.000	0	467.487.194	2.960
Summe				8.651.918	12	1.109.786.193	299.642	0	315.240.000	0	11.258.712.807			

Referenzen

- ¹ Protokoll zum Zukunfts-Workshop „Energierregion Nürnberg“. - Hrsg. IHK Nürnberg für Mittelfranken 1998
- ² Seeberger: Bau- und Energierregion Nürnberg, Energiesparendes und energieoptimiertes Bauen. - Diskussionspapier Hrsg. Stadt Erlangen, Amt für Umweltschutz und Energiefragen, Schuhstraße 40, 91052 Erlangen Januar 1999
- ³ Schulze Darup: Energierregion Nürnberg, Energetische Gebäudeoptimierung für Neubau und Bestand. - Nürnberg Juli 1998
- ⁴ Die Energierregion Nürnberg. -Hrsg. IHK Nürnberg 1998 S. 25
- ⁵ Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998. Hrsg. Stadt Nürnberg, Amt für Stadtforschung und Statistik, 90317 Nürnberg
- ⁶ Lufthygienischer Bericht der EWAG 1996. Hrsg. EWAG, Nürnberg 1997
- ⁷ Erster Klimaschutzbericht-CO₂-Bilanz. Stadt Nürnberg, Amt für Umweltplanung und Energie, 90317 Nürnberg 1994
- ⁸ Heide/Eberhard, Energiegutachten für die Stadt Nürnberg. Hrsg. Stadt Nürnberg, Arbeitsgruppe Nürnberg-Plan, Nürnberg 1988
- ⁹ Heide/Eberhard, Entwicklung der Energieverwendung im Sektor Haushalte in der Stadt Erlangen. Hrsg. Stadt Erlangen 1992
- ¹⁰ EWAG Jahrbuch 1998. EWAG Nürnberg 1998
- ¹¹ Fritsche, Buchert, Hochfeld e. a.: Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS) Version 3.0. - Hrsg. Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Wiesbaden 1997
- ¹² Schulze Darup: Bauökologie. - Bauverlag, Wiesbaden 1996 S. 116
- ¹³ Hauser, Stiegel, Otto: Energieeinsparung im Gebäudebestand. – Hrsg. Gesellschaft für rationelle Energieverwendung, Berlin 1997
- ¹⁴ Fink, Rathmann: Heizenergieverbrauch von Wohnungen. – Hrsg. Techem, Frankfurt 1997
- ¹⁵ Schulze Darup: Optimierung von Niedrigenergiehäusern zu Passivhäusern beim kostengünstigen Bauen. - In: 2. Passivhaus-Tagung, Hrsg. Feist, Passivhaus Institut, Steubenplatz 12, 64293 Darmstadt 1998 S. 182
- ¹⁶ Schulze Darup: Bauökologie. - Bauverlag, Wiesbaden 1996 S. 417f
- ¹⁷ Heide/Eberhard: Energiegutachten für die Stadt Nürnberg. Hrsg. Stadt Nürnberg, Arbeitsgruppe Nürnberg-Plan, Nürnberg 1988
- ¹⁸ Statistisches Jahrbuch der Stadt Nürnberg 1998. Hrsg. Stadt Nürnberg, Amt für Stadtforschung und Statistik, 90317 Nürnberg
- ¹⁹ Seeberger/Drechsler: Klimaschutz in Erlangen. - Stadt Erlangen, Amt für Umweltschutz und Energiefragen, Schuhstraße 40, 91052 Erlangen Juli 1997
- ²⁰ Erlanger Wärmepaß. - Hrsg. Stadt Erlangen, Amt für Umweltschutz und Energiefragen, Schuhstraße 40, 91052 Erlangen August 1998



C.

Qualitätsanforderungen und Bewertungsaspekte

8. Der Energiepass zur Klassifizierung und Beratung in der Altbausanierung

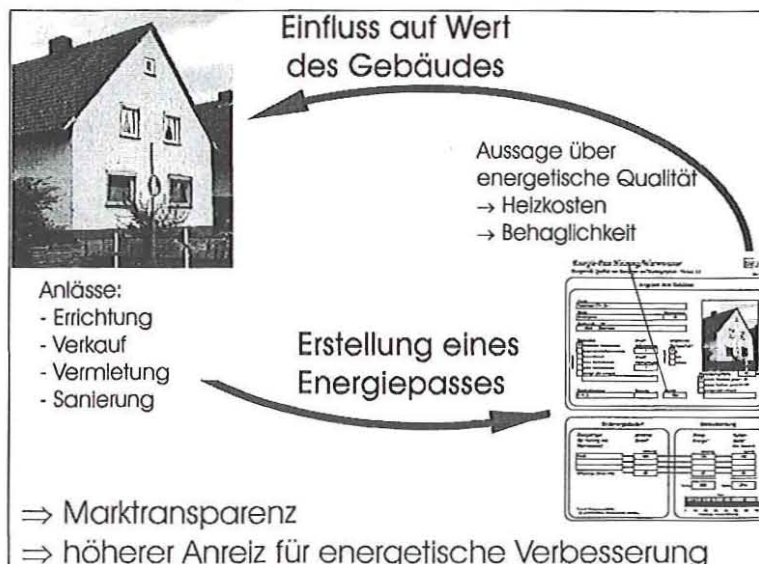
Tobias Loga, Rolf Born

Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt

1. Einführung von Energiepässen für Wohngebäude

Wozu brauchen Häuser einen Pass?

In den vergangenen Jahren wurden Energieeffizienz-Standards und Kennzeichnungspflichten in verschiedenen Wirtschaftsbereichen eingeführt (Haushalts- und Bürogeräte, Fahrzeuge, ...). Allein für Gebäude gibt es bisher nur spärliche Ansätze für eine solche Verbrauchskennzeichnung, insbesondere für den Bestand - dies, obwohl er einen erheblichen Anteil am deutschen Energieverbrauch und den Kohlendioxidemissionen verursacht. Die Ursachen hierfür sind vielschichtig: Zum einen hat man es mit einem sehr komplexen Markt mit einer Vielzahl von Akteuren zu tun, zum anderen sind - gemessen an dem Wert einer Immobilie - die Heizkosten bisher eher zweitrangig.

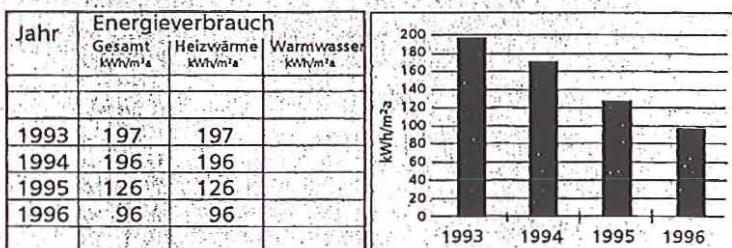


Die Einführung von Energiepässen dient in erster Linie dazu, die Markttransparenz bezüglich der energetischen Gebäudequalität zu verbessern. Sind geringe Verbrauchskosten und eine Verbesserung des Raumklimas objektiv nachweisbar, so ist eine Erhöhung des Immobilienwerts oder auch - durch Verankerung im Mietspiegel - der Mieterlöse möglich. In der Folge vergrößert sich der Anreiz, den energetischen Standard durch geeignete Sanierungsmaßnahmen zu verbessern.

Energieverbrauchs-Pass

Objekt 444 WBG Merkur e.G.
Adresse: Michelangelostr. 63 - 71
Wohnfläche: Wohnheiten: 50
Gewerbefläche: Typ: QP 55 Plattenbau
Heizfläche: 2910m² Baujahr: 1963
Geschosse: 5 Aufgänge: 5
Energieträger: Heizwärme: Fernwärme
Art der Warmwasserbereitung: dezentral

Klimabereinigter spezifischer Jahresenergieverbrauch



Durchgeführte energierelevante Sanierungen:

Fassadendämmung:	1994	A
Giebeldämmung:	1994	B
Dämmung o. Geschoßdecke:	----	C
Dämmung Kellerdecke:	1994	E
Fenstererneuerung:	1994	F
Teilsan. Hausanschlußstation	1994	G

Nach San.
 Vor San.
 $\geq 200 \text{ kWh/km}^2$
 $\geq 200 \text{ kWh/km}^2$

KLASSIFIZIERUNG:

Spezifische Energieeinsparung: 1993 - 1996: 101 kWh/m²a
Jährliche Einsparung: 29.600 DM

Bild 1: Beispiel für einen Energieverbrauchs-Pass (aus: [Starken 1998])

Die einfachste Art der energetischen Charakterisierung eines Altbaus ist die Angabe des gemessenen *Energieverbrauchs*. Der Jahresverbrauch ist im allgemeinen bekannt. Schwierigkeiten bei der Datenbeschaffung können sich allerdings bei Geschosswohnungsbauten mit Gas-Etagen-Heizungen (keine verbrauchsabhängige Abrechnung gemäß Heizkostenverordnung) und bei Eigentümer- oder Bewohnerwechsel ergeben. Zudem muss oftmals der Warmwasserverbrauch herausgerechnet werden, was größere Unsicherheiten mit sich bringt. Der starke Einfluss des Nutzers (Raumtemperatur, Lüftungsverhalten etc.) auf den Heizenergieverbrauch verursacht Schwankungen um mehr als 50%. Aussagekräftig im Hinblick auf die energetische Qualität des Gebäudes ist der ermittelte Wert nur dann, wenn das Nutzerverhalten gut bekannt ist (z.B. selbst genutztes Einfamilienhaus) oder eine genügend große Zahl von Bewohnern vorhanden ist, deren unterschiedliche Verhaltensweisen sich herausmitteln (Mehrfamilienhäuser mit mindestens 20 Wohnungen).

Ein kurzzeitiger Test - wie er bei der Ermittlung der energetischen Effizienz von Haushaltsgeräten oder Fahrzeugen möglich ist - scheidet aufgrund der Dynamik von Gebäuden mit Zeitkonstanten von mehreren Tagen und den schlecht definierten Randbedingungen praktisch aus.

Verbrauchsmessungen können also immer nur Anhaltspunkte für die energetische Qualität des Gebäudes liefern. Dagegen wird bei der *rechnerischen* Ermittlung ("Energiebedarfskennwerte" nach VDI 3807) der Einfluss des Nutzers und der klimatischen Schwankungen eliminiert. Für die Charakterisierung und Einordnung sind sie daher grundsätzlich besser geeignet. Zudem kann an die Berechnung des Ist-Zustands leicht eine Energieberatung mit Bestimmung der Energiesparmöglichkeiten angeschlossen werden. Der Nachteil der rechnerischen Ermittlung liegt vor allem im wesentlich größeren Aufwand für die Beschaffung der notwendigen Daten.

Einen dritten Weg bietet die Einordnung eines Gebäudes in eine Gebäudetypologie. Hier wird zwar ebenfalls eine Energiebilanz-Berechnung durchgeführt, es müssen jedoch nicht alle Daten des konkreten Objekts erhoben werden. Damit reduziert sich der Aufwand für die Erstellung deutlich. Verbunden ist damit natürlich eine geringere Genauigkeit für den berechneten Energiebedarf.

Konzept für die Einführung von Energiepässen

Alle drei Ansätze bieten jeweils Vor- und Nachteile - die Entscheidung für einen einzigen Weg würde wichtige Anwendungsbereiche ausschließen. Wir schlagen daher ein abgestuftes Konzept vor (vgl. [WWF 1997]):

- **Energiepass Stufe 1:** Für alle Gebäude wird eine Aufzeichnungs- bzw. Kennzeichnungspflicht eingeführt. Der Verbrauch von Energieträgern muss vom Gebäudeeigentümer als Jahreswert dokumentiert werden. Die Stufe 1 des Energiepasses kann sofort eingeführt werden. Sie verursacht keine nennenswerten Kosten. Bei Verkauf oder Vermietung hat der Interessent ein Recht auf Einsichtnahme in die Verbrauchsaufzeichnung.
- **Energiepass Stufe 2:** gemäß den energetischen Standards eines Gebäudes (Fenster-Typ, Dämmwirkung von Außenwand, Dach, Kellerdecke, Art des Heizungssystems und der Warmwasserbereitung) wird eine grobe Klassifizierung vorgenommen. Die Erstellung des Energiepasses Stufe 2 wird für den Verkauf von Immobilien vorgeschrieben. Darüberhinaus kann sie bei der Vergabe von Fördermitteln verlangt werden.
- **Energiepass Stufe 3:** Im Falle von Neubauten oder Komplettmodernisierungen wird eine genaue Klassifizierung auf der Basis der Planungsdaten vorgenommen.

		Anlass	Aufwand
Stufe 1:	Aufzeichnungspflicht Energieverbrauch Erstellung und Aufbewahrung durch den Gebäudeeigentümer	sofort für alle Gebäude	10 Minuten (Eigentümer / Nutzer)
Stufe 2:	Einordnung in Gebäudetypologie grobe Klassifizierung mittels Qualitätsraster für Fenster, Außenwand, Dach, Kellerdecke, Art des Heizungssystems und der Warmwasserbereitung	Verkauf, Einstufung im Mietspiegel	1 Ingenieur-Stunde
Stufe 3:	Energiebilanzberechnung auf der Basis von Planungsdaten	Neubau, Sanierung	4 Ingenieur-Stunden

Bild 2: Vorschlag für Energiepass-Stufen

Der Energiepass als Teil eines "Gebäudepasses"

Der "Energiepass Stufe 3" muss langfristig Bestandteil eines "Gebäudepasses" oder "Gebäudebriefes" werden. Ähnlich wie in einem KfZ-Brief werden hier die wesentlichen Daten eines Bauwerks dokumentiert (siehe z.B. [AKÖH 1998]): Pläne (Lageplan, Grundrisse, Ansichten, Schnitte, Regelquerschnitte, Anschlussdetails, Wasser- und Elektroinstallation), bauphysikalische Daten + Hersteller der eingesetzten Materialien, Konstruktionen oder Anlagen.

Durch mehr Transparenz wird ein Anreiz geschaffen, hochwertige Komponenten einzusetzen. Damit wird der langfristigen Bauwerkserhaltung, aber auch den ökologischen Anforderungen Rechnung getragen.

Der Wärmebedarfsausweis nach der geltenden Wärmeschutzverordnung eignet sich nicht dafür, in den Gebäudepass aufgenommen zu werden. Die oft auftretenden Abweichungen zwischen dem Planungsstand und der späteren tatsächlichen Ausführung sind zu gravierend. Damit der Energiepass dokumentarischen Charakter erlangt, muss er nach Abschluss der Arbeiten erstellt werden. Er gewinnt damit den Status eines Abnahmeprotokolls.

Welche Kenngrößen sollte der Energiepass enthalten?

Die rechnerisch ermittelten Energiepässe der Stufe 2 und 3 erlauben verschiedene Aussagen:

- **Verbraucherinformation:**

- Jährlicher Bedarf des eingesetzten (End-)Energieträgers*

- Aus dieser Angabe kann der Endverbraucher direkt die voraussichtlichen Heizkosten er sehen.

- **Information über die Umweltwirkung:**

- Primärenergiebedarf pro m² Wohnfläche und CO₂-Emissionen pro m² Wohnfläche*

- Diese Kennwerte erlauben die ökologische Einordnung und den Vergleich mit Durchschnitts- und Bestwerten

- **Information über die Qualität von Baukörper und Heizungsanlage:**

- Heizwärmebedarf pro m² Wohnfläche und Jahresnutzungsgrad des Heizsystems*

- Diese Kennwerte liefern erste Hinweise auf mögliche Schwachstellen. Auch auf dieser Ebene kann jeweils eine Einordnung und ein Vergleich mit Durchschnitts- und Bestwerten erfolgen.

Alternativ zum Jahresnutzungsgrad ist auch eine Darstellung der Primärenergie-Heizzahl (Verhältnis Nutzwärme zum Aufwand an Primärenergie) oder Primärenergie-Aufwandszahl (Verhältnis Primärenergieaufwand zur gelieferten Nutzwärme). Diese Größen haben den Vorteil, dass ihre Aussage über die Qualität des Heizungssystems - im Gegensatz zum Nutzungsgrad - unabhängig vom eingesetzten Energieträger erfolgt.

Ausweis von Vergleichswerten	
<u>Verbraucherinformation:</u>	
• Endenergiebedarf	Energieträger 1: kWh, Liter, m ³ Energieträger 2: kWh, Liter, m ³ ...
<u>Umweltwirkung:</u>	
• Primärenergie-Kennwert =	$\frac{\text{Primärenergiebedarf}}{\text{Wohn- oder Nutzfläche}}$ [kWh/(m ² a)]
• CO ₂ -Kennwert =	$\frac{\text{CO}_2\text{-Emissionen}}{\text{Wohn- oder Nutzfläche}}$ [kg/(m ² a)]
<u>Bewertung Teilsysteme:</u>	
• Qualität Baukörper (Energiekennwert Heizwärme)	$\frac{\text{Heizwärmebedarf}}{\text{Wohn- oder Nutzfläche}}$ [kWh/(m ² a)]
• Qualität Heizungssystem (Jahresnutzungsgrad)	$\frac{\text{Heizwärmebedarf}}{\text{End- (oder Primärenergie-)bedarf}}$ [-]

Bild 3: Darstellung von Vergleichswerten

Bewertungsraster

Dem Verbraucher muss neben den oben genannten Kennwerten auch eine Einordnung der energetischen Qualität seines Gebäudes ermöglicht werden. Folgende Anforderungen werden an ein Bewertungsraster gestellt:

1. Die Qualität muss für den Nicht-Fachmann ohne weitere Erklärungen erkennbar werden.
2. Das Bewertungsraster muss für alle Gebäude gleich sein:

Unterschiedliche Bewertungskategorien für Neu- und Altbauten (zukunfts offen: alle Neubauten werden irgendwann zu Altbauten) oder für verschiedene Heizsysteme würden die Vergleichbarkeit in Frage stellen.

3. Das Bewertungsraster muss genügend Differenzierungsmöglichkeiten bieten:

Eine Abstufung im Neubau sollte mindestens drei verschiedene Kategorien bieten (Häuser nach der geltenden Wärmeschutzverordnung, Niedrigenergiehäuser, Passivhäuser). Ebenso sollte es für Altbauten mindestens 4 Klassen geben, damit auch bei Durchführung von Teilsanierungen eine bessere Einstufung erfolgt.

4. Die Bewertung von teil- oder komplett sanierten Altbauten sollte eine stark positive Ausstrahlung besitzen. Beispielsweise besitzt eine 3-Sterne-Klassifizierung ein anderes Image als die Note "3".

Folgende Klassifizierungsmöglichkeiten sind mögliche - die Vor- und Nachteile sind jeweils aufgeführt:

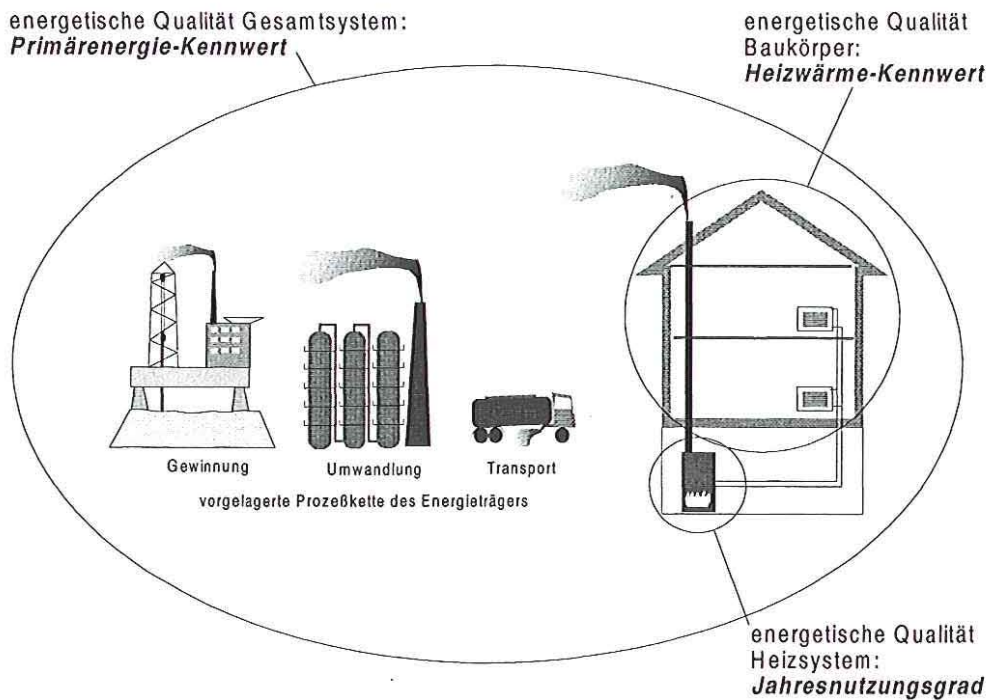
	Abstufung	Anforderung 1 (selbst- erklärend)	Anforderung 2 (nur 1 Raster)	Anforderung 3 (genügend differen- ziert)	Anforderung 4 (Image)
Endenergiekennwert	kontinuierlich	erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt
Primärenergiekennwert	kontinuierlich	nicht erfüllt ¹⁾	erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt
Energie-Effizienz-Klassen in Anlehnung an EU-Geräte-Richtlinie	7 Klassen: A, B, C, D, E, F, G	erfüllt	möglich ²⁾	nicht ganz erfüllt	nicht ganz erfüllt
Noten (vgl. [Heidelberg 1996])	6 Klassen: 1, 2, 3, 4, 5, 6	erfüllt	möglich ²⁾	nicht ganz erfüllt	nicht ganz erfüllt
(Energie-Effizienz-)Sterne	5 Klassen ³⁾ : *, **, ***, ****, *****	erfüllt	möglich ²⁾	nicht ganz erfüllt	erfüllt

¹⁾ erforderlich Referenzwerte zur Einordnung

²⁾ bei Zugrundelegung des Primärenergiebedarfs

³⁾ auch ***** möglich für Passivhaus-Standard

Bild 4: Mögliche Bewertungsraster



Berechnungsgang

- Transmissionswärmeverluste
- + Lüftungswärmeverluste
- nutzbare solare und innere Gewinne

- = **Heizwärmebedarf**

- + Nutzenergiebedarf Warmwasser

- = **Nutzenergiebedarf Heizung/Warmwasser**

- + Verluste Wärmeverteilung und -speicherung
- + Verluste Wärmeerzeugung
- + Energiebedarf Hilfsgeräte

- = **Endenergiebedarf** (nach versch. Energieträgern differenziert)

- + Energieaufwand und -verlust der vorgelagerten Prozeßketten

- = **Primärenergiebedarf**

Bild 5: Berechnung des Heizwärmebedarfs, des End- und Primärenergiebedarfs

Berechnungsmethode

Im Idealfall kann nach dem in Bild 5 wiedergegebenen Schema die gesamte Energiebilanz von Gebäude, Heizsystem und vorgelagerten Prozessketten rechnerisch abgebildet werden. Im Zuge einer Energie-(kurz-)beratung ist es so möglich, die Auswirkungen von Wärmeschutzmaßnahmen, eines Kesselaustauschs, der Dämmung von Verteilleitungen, aber auch eines Energieträgerwechsels (z.B. Anschluss an eine Fernwärmeleitung) zu ermitteln. Natürlich müssen nicht alle Details quantitativ genau wiedergegeben werden, aber die qualitativen Aspekte sollten zur Geltung kommen.

Verfahren	Anwendung	Bilanzzeitraum	Bestimmung der Wärmeverluste	Bestimmung der Wärmegewinne
ISO 9164	Verfahren der Internationalen Normenorganisation (ISO)	Monat	aufsummierte Temperaturdifferenz ATD mit variabler, gebäudeabhängiger Basistemperatur	in ATD berücksichtigt, Gewinnfaktor abhängig von Gewinn/Verlust-Verhältnis
EN 832	Grundlage für Normen in Europa	Monat/Jahr	mittlere Außenlufttemperaturen	Gewinnfaktor abhängig von Gewinn/Verlust-Verhältnis und Wärmespeicherkapazität
SIA 380/1	Empfehlung des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins, Anwendung in der Schweiz seit 1985; beinhaltet auch Bilanzverfahren für Heizungsanlage + Warmwasserbereitung	Monat/Jahr	Gradtagszahlen	Gewinnfaktor abhängig von Gewinn/Verlust-Verhältnis
VDI 2067, Blatt 2	Richtlinie zur Kostenberechnung für Wärmeversorgungsanlagen auf der Basis der Heizlast nach DIN 4701, 1993 verbessertes Verfahren	Jahr	Gradtagszahlen	Gewinnfaktor fest (0,9), optional abhängig von Gewinn/Verlust-Verhältnis
DIN V 4108-6	Umsetzung EN 832 für Deutschland: eigene Klima- und Nutzungsdaten, Vereinfachungen im Verfahren zur Anpassung an WSchV 95	Monat/Jahr	mittl. Außentemp. (Monat), Gradtagszahlen (Jahr) (Teilbeheizungsfaktor 0,9 Minderungsfaktor Dach 0,8)	siehe EN 832, im Jahresverfahren Gewinnfaktor optional konstant (0,85)
WSchV 95	3. Wärmeschutzverordnung: gesetzl. Nachweisverfahren für den baulichen Wärmeschutz in Deutschland; seit Jan. 1995	Jahr	pauschale Gradtagszahl für Deutschland 84 kWh/a (Teilbeheizungsfaktor 0,9 Minderungsfaktor Dach 0,8)	pauschale Solarstrahlungsdaten für Deutschland, kein expliziter Gewinnfaktor
Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung	deutsche Adaption der SIA 380/1, beinhaltet auch Bilanzverfahren für Heizungsanlage + Warmwasserbereitung, Grundlage für verschiedene Anforderungen einzelner Bundesländer + Kommunen, in Hessen zugelassen als alternativer Wärmeschutznachweis	Monat/Jahr	Gradtagszahlen	Gewinnfaktor abhängig von Gewinn/Verlust-Verhältnis

Bild 6: Überblick über stationäre Bilanzverfahren zur Berechnung des Heizwärmebedarfs (ohne Anspruch auf Vollständigkeit).

Einen Überblick über die derzeit in Normen und Richtlinien verwendeten Verfahren gibt Bild 6. Die Unterschiede liegen nicht nur in der Berechnungsvorschrift, sondern auch in den angesetzten Nutzungsbedingungen, so dass sich durchaus stärkere Abweichungen im Jahresheizwärmebedarf ergeben können (für einen Vergleich siehe [Imkeller/Loga 1996]). Im folgenden möchten wir einige kurze (subjektive) Anmerkungen zu den dargestellten Verfahren geben:

- Die ISO 9164 liefert ein qualitativ hochwertiges Modell, das Grundlage für die europäische Normung war. Allerdings ist es wenig transparent, da es keine getrennte Bilanzierung für Verluste und Gewinne vornimmt.
- Die europäische Norm EN 832 bietet ein qualitativ hochwertiges Modell mit einer großen Vielfalt an Modellparametern. Die Norm bietet zur Zeit allerdings kein praktikables Handrechenverfahren.
- Mit dem Schweizer Verfahren SIA 380/1 wurden in den vergangenen 12 Jahren sehr positive Erfahrungen gemacht. Das Verfahren bietet eine hohe Genauigkeit, die Ergebnisse stimmen sehr gut mit der EN 832 überein. Das Verfahren ist leicht handhabbar.
- Bei dem Verfahren nach der VDI 2067 handelt es sich um ein einfaches Modell, das mit vielen Korrekturfaktoren ausgestattet ist und nur in Verbindung mit DIN 4701 (Berechnung der Heizlast von Gebäuden) verwendbar ist.
- Die Vornorm DIN V 4108-6 ist die Umsetzung des europäischen Normentwurfs EN 832 innerhalb der deutschen Normung. Das Modell entspricht weitgehend der EN 832, liefert darüberhinaus Nutzungs- und Klimadaten für deutsche Verhältnisse. Gegenüber EN 832 werden (als Grundlage für die WSchV 95) einige Vereinfachungen zugelassen, die die Modellqualität beeinträchtigen.
- Die geltende Wärmeschutzverordnung (WSchV 95) bleibt aufgrund problematischer Vereinfachungen ein reines Nachweisverfahren. Der Heizwärmebedarf wird eher optimistisch berechnet.
- Im "Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung" (LEG) wurde die Schweizerische Empfehlung SIA 380/1 auf deutsche Verhältnisse übertragen. Der LEG ist seit 1993 als alternativer Wärmeschutznachweis im Bundesland Hessen zugelassen und dient als Grundlage für verschiedene Festsetzungen im Bereich des öffentlichen Bauens (sozialer Wohnungsbau + Landesbauten Hessen, Niedrigenergiehaus-Förderung Schleswig-Holstein, Selbstverpflichtungen verschiedener Kommunen und Landkreise, Grundlage für "Frankfurter Energiepass" und "Energiepass Heizung/Warmwasser" [EPHW 1997].) Die Ergebnisse sind weitgehend kompatibel mit EN 832 und SIA 380/1 [Imkeller / Loga 1996].

Bezüglich ihrer Modellgenauigkeit empfehlenswert sind EN 832 bzw. DIN V 4108-6 (ohne Vereinfachungen), SIA 380/1 und LEG - die beiden letzten sind insbesondere als einfaches, dabei genaues Handrechenverfahren geeignet. Der Vergleich mit dynamischen Simulations-

programmen zeigt, dass mit diesen stationären Bilanzverfahren für typische Anwendungsfälle der Heizwärmebedarf sehr genau bestimmt werden kann

2. Ein Typenkatalog für Gebäude und Heizung

Gebäudetypologie

In den vergangenen zehn Jahren wurden für einige Städte, Regionen und Bundesländer sowie für ganz Deutschland jeweils ein Katalog mit typischen, für einen bestimmten energetischen Standard repräsentativen, Gebäuden erstellt. Eine solche "Gebäudetypologie" teilt den Gebäudebestand nach Baualter und Gebäudegröße in Klassen ein [Eicke-Hennig et al. 1994] / [Ebel et al. 1995]. Das Baualter bildet ein wichtiges Merkmal, weil sich in jeder Bauepoche allgemein übliche Konstruktionsweisen finden lassen, die den Heizwärmebedarf wesentlich beeinflussen. Die Baualtersklassen orientieren sich an historischen Einschnitten, den Zeitpunkten statistischer Erhebungen und den Veränderungen der Bauvorschriften. Die Gebäudegröße spielt eine wesentliche Rolle, weil größere Gebäude im Verhältnis zum nutzbaren Volumen eine geringere Außenfläche aufweisen, über die Wärme an die Umgebung abfließen kann.

Hinter jedem Gebäudetyp steht ein konkretes Gebäude, dessen Daten z.B. im Rahmen einer Energieberatungsaktion aufgenommen werden. Bild 7 zeigt beispielhaft die Grunddaten des Gebäudes EFH_D der hessischen Gebäudetypologie.


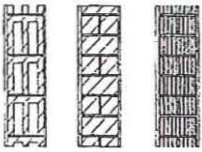
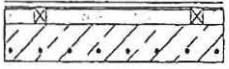

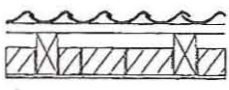
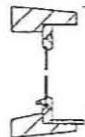
EFH D		Vorhandene Konstruktionen	
freistehendes Einfamilienhaus Baualter: 1949 - 1957 Geschößzahl: 1 - 1½			
Bauteilskizze	Beschreibung	k-Wert alt [W/(m²·K)]	
Außenwand 	- 24 cm Ziegelsplitt- oder Birnhohlblocksteine, verputzt - 24 cm Birnsvollsteine, verputzt - 24 cm Gitterziegel, verputzt	1.44	0.93
Kellerdecke 	- 12 cm Stahlbetondecke, oberseitig 6 - 8 cm Schlackenschüttung + Dielung auf Lagerhölzern	1.01	
oberste Geschoßdecke 	- Holzbalkendecke mit Blindboden und Lehmschlag, oberseitig Dielung, unterseitig Putz auf Spalierlatten	0.78	
Dachschräge 	- 11,5 cm Bimssteine, unterseitig verputzt	1.41	
Fenster 	- Holzfenster, einfachverglast	5.20	

Bild 7: Beispiel für Datenblatt eines Gebäudes der hessischen Gebäudetypologie (aus: [Eicke-Hennig / Siepe 1997])

Werden für alle Gebäude-Datensätze der Typologie Energiebilanz-Berechnungen durchgeführt, so kann der Energiebedarf im IST- und im SOLL-Zustand in einer Haustypenmatrix dargestellt werden - Bild 8 zeigt beispielhaft die hessische Gebäudetypologie [Eicke-Hennig / Siepe 1997].

In [Ebel et al. 1990] / [Ebel et al. 1996] wurde auf der Basis der deutschen Gebäudetypologie und den zugehörigen statistischen Daten über Wohnflächen die Entwicklung des Energieverbrauchs für die Raumheizung in Deutschland und das Einsparpotential auf der Zeitachse abgeschätzt. Mittels eines Szenarienmodells wurde durch Variation verschiedener Annahmen der politische Handlungsspielraum abgesteckt, dessen Ausschöpfung langfristig 50% Einsparung ermöglicht. Für einige deutsche Städte ist eine Typologie bereits vorhanden, die ähnliche Untersuchungen erlaubt. Je nach Anwendung ist auf der lokalen Ebene eine Vereinfachung oder auch eine Verfeinerung sinnvoll.

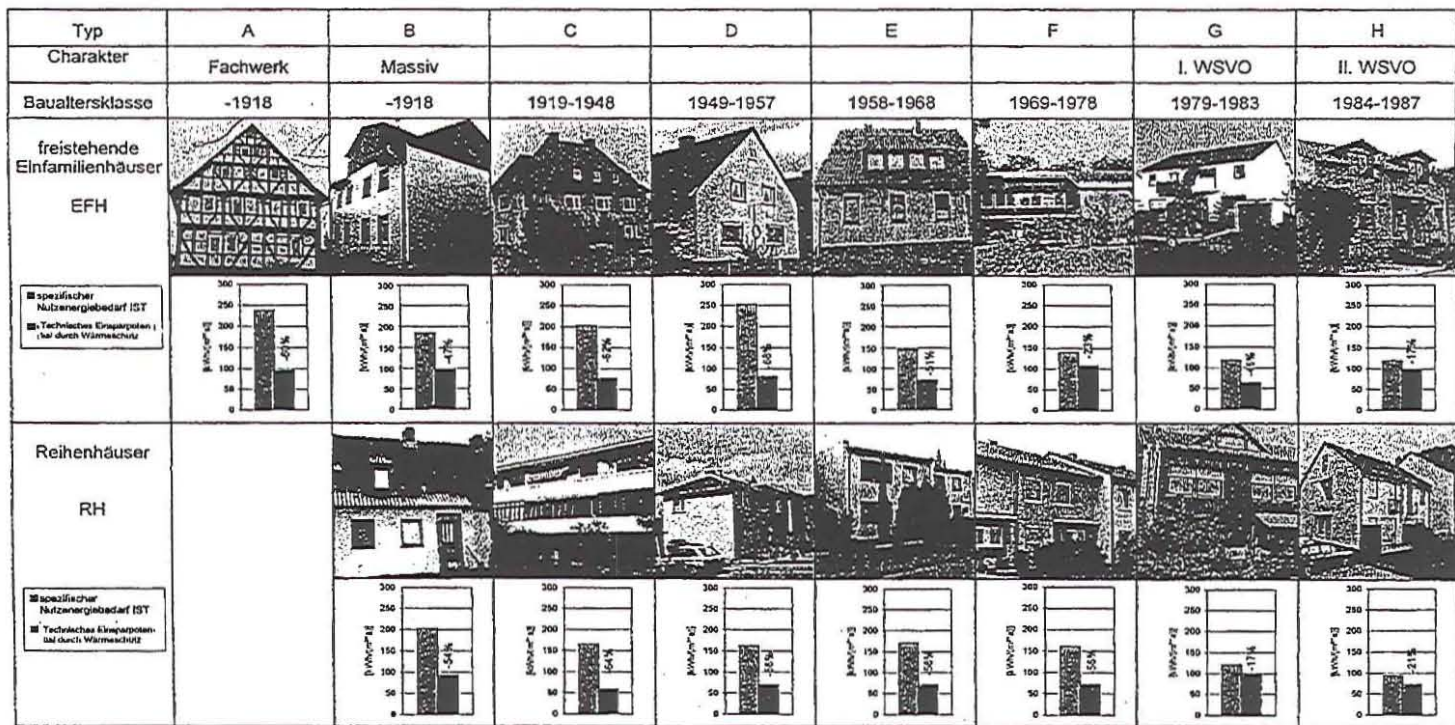


Bild 8: Ausschnitt aus der Hessischen Gebäudetypologie (aus: [Eicke-Hennig / Siepe 1997])

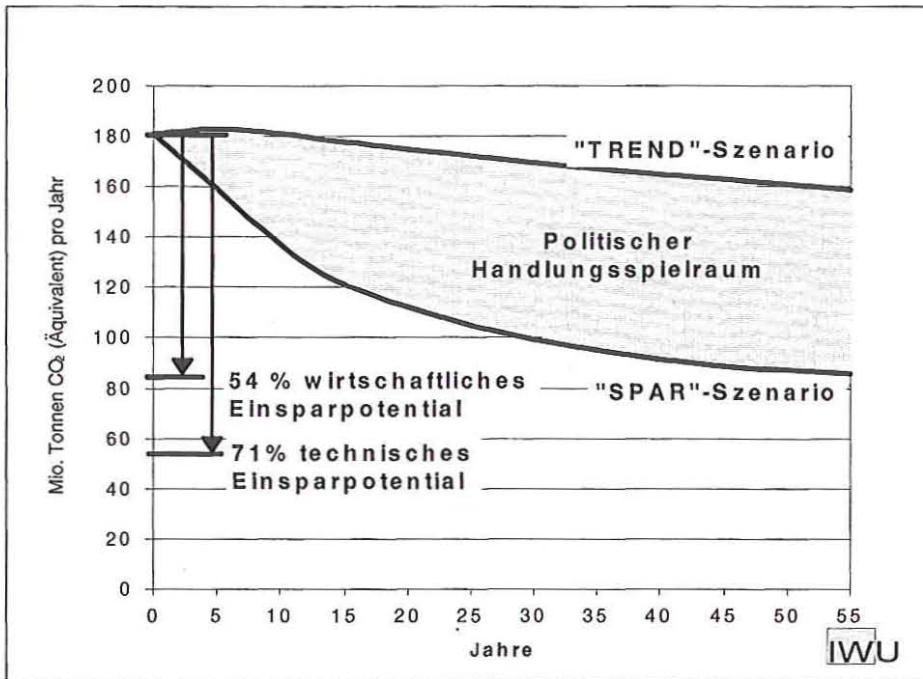


Bild 9: Mögliche Entwicklung der CO₂-Emissionen der Raumheizung (unter der Annahme gleichbleibender Wärmeversorgungsstruktur) nach [Ebel et al. 1996]

Neben den Berechnungen für größere Gesamtheiten von Gebäuden ermöglicht die Gebäudetypologie aber auch

- schnelle Aussagen über typische Energiekennwerte und das Energiesparpotential, insbesondere im Rahmen einer Energie-Kurzberatung (z.B. Heidelberger Gebäudetypologie, Kurzversion des Programms "Energiespar-Pass")
- einen schnellen Zugriff auf typische Konstruktionen im Rahmen der Ausstellung eines Energiepasses oder einer weitergehenden Energieberatung.

Bauteiltypologie

Eine große Unsicherheit rührt aus der unbekanntenen wärmetechnischen Qualität der eingesetzten Bauteile. Ist zumindest der grundsätzliche Aufbau bekannt, kann mit Schätzwerten für die Wärmeleitfähigkeit gearbeitet werden. Die hessische Gebäudetypologie bietet beispielsweise für verschiedene Baualtersklassen und Gebäudegrößen Bauteiltypen mit von der Dicke abhängigen k-Werten an.

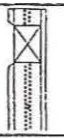
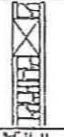
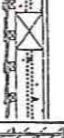



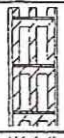



Bauteilaufbau	typischer Erstellungszeitraum	k-Wert	Zeichnung
Eichenfachwerk mit Lehmausfachung, innen vollflächig, außen nur Gefache verputzt	vor 1918	1,90	
Eichenfachwerk mit Feldsteinausmauerung, innen verputzt	vor 1918	2,48	
Eichenfachwerk mit Lehmausfachung, innen verputzt, außen verschindelt	vor 1918	1,90	
Vollziegelmauerwerk 38 cm	vor 1948	1,70	
Vollziegelmauerwerk 38-51 cm	vor 1948	1,38	
Zweischaliges Ziegelmauerwerk 2*12 cm mit 6 cm Lufschicht	vor 1948	1,64	
Ziegelsplitt- oder Bimshohlblocksteine, verputzt	1949-1957	1,44	
Bimsvollsteine, verputzt	1949-1957	0,93	
Gitterziegel 24 cm stark, verputzt	1949-1978	1,21	
Gitterziegel 36 cm stark, verputzt	1949-1978	1,02	

Bild 10: Typische Außenwand-Konstruktionen der hessischen Gebäudetypologie
(Zusammenstellung aus: [Eicke-Hennig/Siepe 1997])

Heizsystemtypologie

Die passende Ergänzung zu Gebäude- und Bauteiltypen ist die Heizsystemtypologie. Sie enthält typische Repräsentanten von Heizsystemen mit ihren energetischen Eigenschaften. Als Beispiel wird im folgenden die Definition verschiedener Varianten von Öl-Zentralheizungen dargestellt:

5.4 Ölheizung alt

Szenario: Heizanlage vor 1970 errichtet

Der Ölkessel ist ein Konstanttemperaturkessel (70°C), und wird ganzjährig für die Warmwasserbereitung eingesetzt. Es ist kein Speicher beigelegt. Die Heizwärmeverteilung ist von den Querschnitten noch als Schwerkraftsystem ausgelegt und nur mäßig gedämmt. Der Kessel und die Heizungspumpe sind um den Faktor 3,5 (bei mehr als drei Wohneinheiten um den Faktor 2,5) überdimensioniert.

Datenannahmen:

Nutzungsgrad Wärmeerzeuger	Formel aus VDI 2067 (geringe Auslastung) „Öl“	Nutzungsgrad Wärmeerzeugung Warmwasserbereitung im Winter	nach Tab. 2-12b „Öl“
Querschnitt Heizwärmeverteilung	eine Querschnittskategorie größer als Standard	Nutzungsgrad Wärmeerzeugung Warmwasserbereitung im Sommer	nach Tab. 2-12a „Öl“
Dämmstandard Heizwärmeverteilung	nach Tab. 2-1 „mäßig“	Leistung Heizungspumpe	0,25% der Kesselleistung • 3,5
WW-Zirkulation (16h/d)	„mäßig gedämmt“		
Leistung der Zirkulationspumpe	(30W+5W je WE) • 2		

Die Kennwerte dieses Heizsystems in den Beispielgebäuden (Baultersklasse D)

Öl_alt	EFH_D-I	EFH_D-S	MFH_D-I	MFH_D-S
Nutzungsgrad Raumheizung [-]	0,59	0,45	0,71	0,63
Nutzungsgrad Warmwasserbereitung [-]	0,17		0,31	
Hilfsenergie Strom [kWh/m²a]	22,7	21,3	7,4	6,9

5.5 Ölheizung saniert

Szenario: Heizanlage wurde nach 1985 erneuert

Der Ölkessel ist ein Niedertemperaturkessel (witterungsgeführte Regelung), und auch zum Aufladen des Warmwasserspeichers eingesetzt. Die Heizwärmeverteilung ist von den Querschnitten noch als Schwerkraftsystem ausgelegt und wurde aber im Rahmen der Kesselerneuerung im unbeheizten Bereich gemäß HeizanlagenV gedämmt. Die Heizungspumpe wurde ebenfalls erneuert und ist richtig dimensioniert.

Datenannahmen:

Nutzungsgrad Wärmeerzeuger	Formel aus VDI 2067 (NT-Kessel) „Öl“	Nutzungsgrad Wärmeerzeugung Warmwasserbereitung im Winter	nach Tab. 2-2a (NT-Kessel) „Öl“
Querschnitt Heizwärmeverteilung	eine Querschnittskategorie größer als Standard	Nutzungsgrad Wärmeerzeugung Warmwasserbereitung im Sommer	nach Tab. 2-2a (NT-Kessel) „Öl“
Dämmstandard Heizwärmeverteilung	nach Tab. 2-1 „HeizAnIV“	Leistung Heizungspumpe	0,25% der Kesselleistung
WW-Zirkulation (16h/d)	„mäßig gedämmt“	Leistung der Zirkulationspumpe	(30W+5W je WE) • 2
WW-Speicher	nach Tab. 2-11 mäßig gedämmt		

Die Kennwerte dieses Heizsystems in den Beispielgebäuden (Baultersklasse D)

Öl_konst	EFH_D-I	EFH_D-S	MFH_D-I	MFH_D-S
Nutzungsgrad Raumheizung [-]	0,77	0,67	0,88	0,82
Nutzungsgrad Warmwasserbereitung [-]	0,25		0,42	
Hilfsenergie Strom [kWh/m²a]	16,6	15,2	6,0	5,4

5.6 Ölheizung neu

Szenario: Heizanlage wurde nach 1990 errichtet

Der Ölkessel ist ein Niedertemperaturkessel, und wird auch zum Aufladen des Warmwasserspeichers eingesetzt. Die Heizwärmeverteilung ist überwiegend im beheizten Bereich verlegt und im unbeheizten Bereich doppelt so stark gedämmt, wie die HeizanlagenV vorsieht. Die Heizungspumpe ist richtig dimensioniert.

Datenannahmen:

Nutzungsgrad Wärmeerzeuger	Formel aus VDI 2067 (NT-Kessel) „Öl“	Nutzungsgrad Wärmeerzeugung Warmwasserbereitung im Winter	nach Tab. 2-2a (Brennwert-Kessel) „Öl“
Querschnitt Heizwärmeverteilung	Standard	Nutzungsgrad Wärmeerzeugung Warmwasserbereitung im Sommer	nach Tab. 2-2a (Brennwert-Kessel) „Öl“
Dämmstandard Heizwärmeverteilung (nur ¼ der Standardlänge)	nach Tab. 2-1 „doppelte HeizAnIV“	WW-Speicher	nach Tab. 2-11 gut gedämmt
WW-Zirkulation (16h/d)	„gut gedämmt“	Leistung Heizungspumpe	0,25% der Kesselleistung
Leistung der Zirkulationspumpe	(30W+5W je WE)		

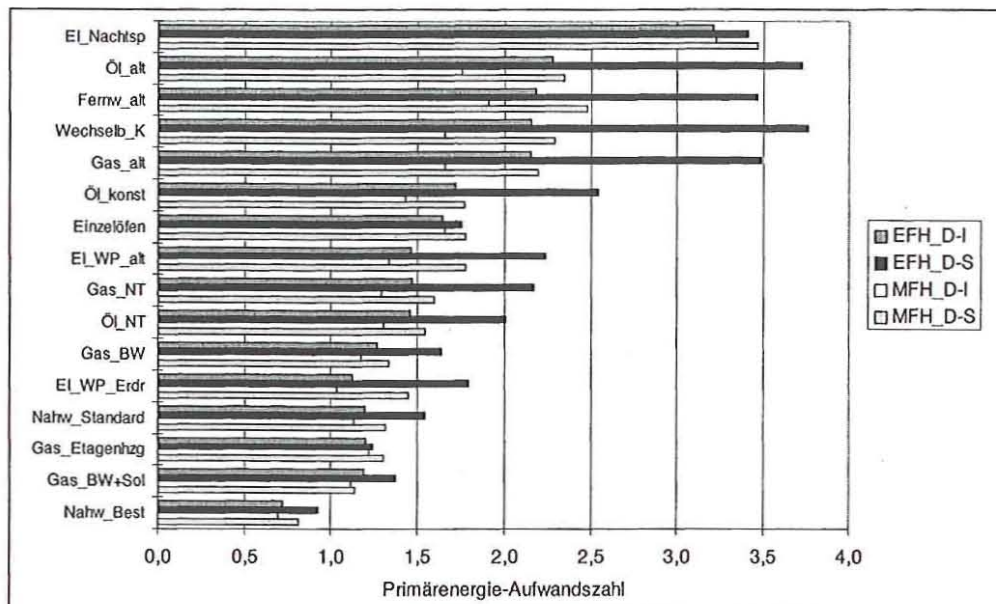
Die Kennwerte dieses Heizsystems in den Beispielgebäuden (Baultersklasse D)

Öl_NT	EFH_D-I	EFH_D-S	MFH_D-I	MFH_D-S
Nutzungsgrad Raumheizung [-]	0,85	0,75	0,91	0,87
Nutzungsgrad Warmwasserbereitung [-]	0,39		0,54	
Hilfsenergie Strom [kWh/m²a]	13,2	11,2	4,5	3,8

Bild 11: Beispiele für Datenblätter von Heizsystemen (hier: verschiedene Varianten der Öl-Zentralheizung)¹

Für ein Einfamilienhaus und ein Mehrfamilienhaus jeweils im IST- und im SOLL-Zustand gibt Bild 12 die Primärenergie-Aufwandszahlen (Verhältnis Primärenergieaufwand zur erzeugten Nutzwärme) unterschiedlicher Heizsysteme wieder. Da bei Heizungsanlagen der Anteil der verbrauchsabhängigen und der verbrauchsunabhängigen Energieverluste z.T. stark differiert, hängt die Energieeffizienz jeweils im unterschiedlichen Maß von der Art und dem baulichen Zustand der Gebäude ab. Energetische Kenngrößen für Heizsysteme können daher nur unter Nennung des jeweiligen Gebäudetyps angegeben werden.

¹ IWU-Dokumentation in Vorbereitung



Erläuterungen	
EI_Nachtsp	Elektro-Nachtspeicher-Ofen, Warmwasser aus Elektro-Boilern
Öl_alt	Heizöl-Zentralheizung, Konstant-Temperatur-Kessel aus den 70er Jahren, mäßige Dämmung von Rohrleitungen
Ferw_alt	Fernwärme ohne Kraft-Wärme-Kopplung, mäßige Dämmung von Rohrleitungen
Wechselbr_K	Wechselbrand-Kessel: Holz und Heizöl, Dämmung von Rohrleitungen nach HeizAnIV
Gas_alt	Erdgas-Zentralheizung, atmosphärischer Konstant-Temperatur-Kessel aus den 70er Jahren, mäßige Dämmung von Rohrleitungen
Öl_konst	Heizöl-Zentralheizung, Konstant-Temperatur-Kessel aus den 80er Jahren, Dämmung von Rohrleitungen nach HeizAnIV
Einzelöfen	Kohle-Einzelöfen
EI_WP_alt	Zentralheizung mit Elektro-Wärmepumpe der 80er Jahre (JAZ 2,6), Wärmequelle: Luft
Gas_NT	Erdgas-Zentralheizung, atmosphärischer Niedertemperatur-Kessel aus den 90er Jahren, Dämmung von Rohrleitungen nach HeizAnIV
Öl_NT	Heizöl-Zentralheizung, Niedertemperatur-Kessel aus den 90er Jahren, Dämmung von Rohrleitungen nach HeizAnIV
Gas_BW	Erdgas-Zentralheizung, Brennwert-Kessel aus den 90er Jahren, Dämmung von Rohrleitungen nach HeizAnIV
EI_WP_Erdreich	Zentralheizung mit Elektro-Wärmepumpe der 90er Jahre (JAZ 3,5), Wärmequelle: Erdreich-Sonde
Nahw_Standard	Nahwärmeversorgung, 35% der jährlich erzeugten Wärme in Kraft-Wärme-Kopplung, Dämmung von Rohrleitungen nach HeizAnIV
Gas_Etagenhzg	Erdgas-Etagenheizung, Kombi-Therme aus den 90er Jahren
Gas_BW+Sol	Erdgas-Zentralheizung, Brennwert-Kessel aus den 90er Jahren, Dämmung von Rohrleitungen doppelt so stark wie nach HeizAnIV, thermische Solaranlage für Warmwasser
Nahw_Best	Nahwärmeversorgung, 70% der jährlich erzeugten Wärme in Kraft-Wärme-Kopplung, Dämmung von Rohrleitungen doppelt so stark wie nach HeizAnIV

Bild 12: Übersicht über die Energieeffizienz verschiedener typischer Heizungssysteme (jeweils Heizung und Warmwasserbereitung)

3. Typologie-gestützte Energiepass-Erstellung

Die Erstellung von Energiepässen der Stufe 1 (Aufzeichnung der Verbrauchswerte) und der Stufe 3 (Energiebilanz-Berechnung auf der Basis detailliert ermittelter Daten) ist methodisch unproblematisch. Erfahrungen mit Energiepässen der Stufe 2, die auf der Basis einer Gebäude-Typologie erstellt werden, liegen bisher dagegen nur in geringem Umfang vor. Bei verschiedenen Energieberatungsaktionen und Software-Anwendungen wird zwar bereits in dieser Weise vorgegangen, allerdings ist die jeweilige Methodik bisher nicht dokumentiert worden. Ein z.Zt. laufendes IWU-Projekt soll diese Lücke schließen. Um einen Energiepass der Stufe 2 zu erstellen, müssen im Prinzip folgende Daten erhoben werden:

Gebäude

- Baualter
- beheizte Wohnfläche des Gebäudes
- Anzahl der Wohneinheiten
- Länge und Breite des Gebäudes, gegebenenfalls zusätzliche Länge bei L-förmigem Grundriss
- mittlere Geschosshöhe
- Dachform
- Anteil von Dachgeschoss und Keller, der beheizt ist
- Anzahl und ungefähre Abmessungen der Fenster (nach Fassaden-Orientierung)
- grobe Klassifikation der wärmetechnischen Qualität der Außenwände, Dachflächen, Kellerdecken

Die für die Energiebilanz-Berechnung benötigten Flächen der Bauteile können aus den geometrischen Grunddaten des Gebäudes näherungsweise bestimmt werden (Länge, Breite, Geschosshöhe etc.).

Heizungsanlage

- Brennstoff
- Art und Baualter des Kessels oder anderer Wärmeerzeuger
- horizontale Heizungsverteilung vollständig, teilweise oder nicht im unbeheizten Keller; Dicke der Dämmung
- Art der Warmwasserbereitung
- Zirkulationsleitung, Speicher, Solaranlage vorhanden?

Die für die Energiebilanz-Berechnung benötigten Leitungslängen werden aus den geometrischen Grunddaten des Gebäudes näherungsweise bestimmt ². Für Wärmeerzeuger-

² IWU-Veröffentlichung in Vorbereitung

Nutzungsgrade, Wärmeverlustwerte der Leitungen und Pauschalansätze für Stromverbrauch von Umwälzpumpen etc. kann auf EPHW zurückgegriffen werden.

Um eine Plausibilitätskontrolle für die berechneten Kennwerte zu ermöglichen, sollte darüberhinaus der Energieverbrauch der letzten Jahre mit angegeben werden.

Beispielgebäude

Als Beispiel soll im folgenden ein Einfamilienhaus betrachtet werden:

Energiepass Heizung/Warmwasser

Fragebogen Seite 1

Name: Musterhaus Straße / Hausnummer: _____
 Ort: _____ Telefon (tagsüber): _____

Gebäude

Baujahr: 1954 Anzahl Wohnungen: 1 (ohne Keller und Dach)
 Haustyp (ankreuzen) Anzahl Vollgeschosse: 1
 freistehendes Ein-/Zweifamilienhaus Reihenhaus kleines Mehrfamilienhaus großes Mehrfamilienhaus

direkt angrenzende Bebauung eine Seite zwei Seiten

Wohnfläche (alle beheizbaren Flächen):
 Dachgeschoß 41 m²
 Voll-Geschosse 66 m²
 beheizter Keller _____ m²

Keller

Ist das Gebäude unterkellert? Ja, voll Ja, zu etwa 1/3 Ja, zu etwa 2/3 Nein

Falls im Keller beheizte Räume sind:
 Welcher Anteil der Kelleraußenwände ragt aus dem Erdreich?
 1/4 der Kelleraußenwände (_____ m²)
 1/2 der Kelleraußenwände (_____ m²)
 3/4 der Kelleraußenwände (_____ m²)

Außenwände

massiv einschalig zweischalig, mit _____ cm Dämmung/Luft *
 Die Außenwände bestehen vorwiegend aus:
 Naturstein Vollstein Lochstein Isolierstein *nichtzutreffendes bitte streichen

Wandstärke (einschl. Putz) in cm: 27

Fachwerk Beton-Fertigteil Leichtbeton-Fertigteil (Fertighaus)

Dämmung der Außenwand in cm: _____ an: _____ % der Fläche / _____ m²
 innen außen Jahr der Dämmmaßnahme: _____

Darf das Aussehen der Fassade verändert werden? (z. Bsp. durch Außendämmung)
 ja nein teilweise (zu _____ %)

Fenster Bitte die Flächen mit lichten Maßen (einschl. Rahmen) ermitteln und nach ungefähren Himmelsrichtungen getrennt angeben

Fensterausrichtung	Gesamtfläche	k-Wert, falls bekannt	Art der Verglasung	Gesamtfensterfläche
Süd	<u>9</u> m ²	_____ W/(m ² K)	Einzelglas	<u>18</u> m ²
West	<u>3</u> m ²	_____ W/(m ² K)	Doppel-/Verbundfenster	_____ m ²
Ost	<u>3</u> m ²	_____ W/(m ² K)	Isolierglas	_____ m ²
Nord	<u>3</u> m ²	_____ W/(m ² K)	Wärmeschutzglas	_____ m ²

Dach/Decke

Welche Decke befindet sich auf dem letzten beheizten Geschoß?
 Stahlbetondecke Hohlsteindecke Holzbalkendecke Dachsparren verkleidet *Bimsvollsteine zwischen den Sparren*

Dämmung auf oder unter der Decke in cm: _____ an: _____ % der Fläche, Ausführungsjahr: _____

Dachform Satteldach Walmdach Flachdach Pultdach

Lage und Grundriß

Bild zeichnen Sie den ungefähren Grundriß Ihres Gebäudes, sowie die dazugehörigen Maße, Festsitzung und Himmelsrichtung.

Bild den beheizten Bereich des Bereichs, den die (lichten) Raumhöhen angeben

Fragebogen

Seite 2

Gebäude: Musterhaus

Heizung

Heizungsart: Zentralheizung Etagenheizung Einzelöfen

Brennstoff/Energie

 Heizöl Erdgas Strom Holz

Zentralheizung

 Kessel für Öl Gas Umstell-/WechselbrandkesselGebläsebrenner ja
 nein

Kesselart

 Konstanttemperatur Niedertemperatur Brennwert nicht bekanntNennleistung des Kessels (siehe Typenschild Kessel): 40 kWBaujahr: 1974

Heizungsregelung

 keine zentrale, automatische Regelung raumtemperaturgeführt Thermostatventile ja
 witterungsgeführt nein

Daten aus dem Schornsteinfegerprotokoll, wenn bekannt. Protokoll beiliegen, wenn vorhanden.

Abgastemperatur: _____ °C Abgasverlust: _____ % CO₂-Gehalt: _____ %

Wird die Raumtemperatur nachts abgesenkt?

 Ja, für ca. 6 Stunden auf 15 °C Nein

Heizungsrohre unter der Kellerdecke (oder im Erdreich) verlegt?

 vollständig teilweise gar nichtDicke der Dämmung: 2 cmMaterial: Weichschaum, Mineralwolle Filzband, Gipsmanschette

Sonstige Heizungsarten

 Sonstige Heizungsarten, bitte Art angeben (z.B. Wärmepumpe, Kachelofen, offener Kamin):

Mit welchem Anteil trägt dieses Heizsystem zur Beheizung bei?: _____ %

Warmwasserbereitung

Brennstoff/Energieart

 Heizöl Erdgas Strom Sonstige: _____ Dezentral, separat Zentral mit Heizung Zentral mit separatem WW-Bereiter

Anzahl der Speicher: _____ Volumen: _____ in Litern Baujahr: _____

Ist eine Warmwasser- Ja
zirkulationsleitung eingebaut? neinIst eine Zeitschalt- Ja
uhr eingebaut? nein

Haben Sie bereits eine Solaranlage zur Warmwassererzeugung installiert?

Wenn ja, bitte die Art und die Fläche angeben.

 Flachkollektor Röhrenkollektor Fläche: _____ m² Baujahr: _____

Energieverbrauch für Raumheizung und Warmwasserbereitung

Brennstoff	Einheit	1994	1995	1996	1997	1998
Heizöl	Liter/Jahr	_____	<u>2400</u>	<u>2600</u>	_____	_____
Erdgas	m ³ /Jahr	_____	_____	_____	_____	_____
Flüssiggas	kg/Jahr	_____	_____	_____	_____	_____
Heizstrom	kWh/Jahr	_____	_____	_____	_____	_____
sonstiges _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Energieverbrauch für WW-Bereitung enthalten? Ja nein

Sonstige Bemerkungen

Überreicht durch:

Bild 13: Erhebungsbogen für ein Beispielgebäude

Angaben zum Gebäude

Objekt
 Typenhaus EFH_D-I


Straße Mustergasse **Hausnummer** 15

Postleitzahl 12345 **Ort** Sparstadt

Gebäudetyp

<input checked="" type="checkbox"/>	freistehendes Einfamilienhaus	Anzahl Vollgeschosse 1
<input type="checkbox"/>	Doppelhaushälfte/Reihenendhaus	Anzahl Wohneinheiten 1
<input type="checkbox"/>	Reihenmittenhaus	
<input type="checkbox"/>	kleines Mehrfamilienhaus	
<input type="checkbox"/>	großes Mehrfamilienhaus	
<input type="checkbox"/>	sonstiges (bitte eintragen):	

Gebäudetypologie EFH_D **Kennung** **Baujahr** 1954



ausgebautes Dachgeschloß?

<input checked="" type="checkbox"/>	ja
<input type="checkbox"/>	nein
<input type="checkbox"/>	teilweise

Energiebezugsfläche 101 m²

<input checked="" type="checkbox"/>	beheizte Wohnfläche gemäß B. BV
<input type="checkbox"/>	beheizte Nutzfläche gemäß DIN 277
<input type="checkbox"/>	sonstiges (bitte eintragen):

Endenergiebedarf

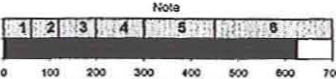
Energieträger (für Heizung und Warmwasser)	jährlicher Bedarf* kWh/(m ² a)
Heizöl	524
Hilfsenergie (Strom-Mix)	17

*) pro m² Energiebezugsfläche für durchschnittliches Nutzerverhalten und Klima

Umweltwirkung

Primär-Energie* kWh/(m ² a)	Kohlen-dioxid* (CO ₂ -Äquivalent) kg/(m ² a)
576	156
50	12
Summe 627	Summe 167

Nota



Primärenergie-Kennwert [kWh/(m²a)]

Energetische Qualität

Qualität Baukörper

Energiekennwert Heizwärme kWh/(m²a) 251 (rechnerischer Heizwärmebedarf pro m² Energiebezugsfläche)

Anforderungen:	kWh/(m ² a)	erfüllt?
Niedrigenergiehaus-Standard	≤ 70	nein
Passivhaus-Standard	≤ 15	nein

Qualität Heizungssystem (incl. Warmwasserbereitung)

Primärenergie-Heizzahl 0,40 (Verhältnis aus dem rechnerischen Wärmebedarf für Heizung/Warmwasser zum Primärenergieaufwand)

Anforderungen:		erfüllt?
Niedrigenergiehaus-Standard	≥ 0,75	nein

Institut Wohnen und Umwelt, Juli 1998

Bild 14: Zertifikat des Energiepass Heizung/Warmwasser für das Beispielgebäude

An die Klassifizierung des bestehenden Gebäudes kann unmittelbar eine Energieberatung geknüpft werden. Aus einem Katalog von Maßnahmen für die energetische Verbesserung der Gebäudehülle und des Heizungssystems werden die passenden herausgesucht. Die Energieeinsparung wird für eine stufenweise Durchführung der Maßnahmen berechnet. Die Ergebnisse können in einem Beratungsbogen verbraucherfreundlich aufbereitet werden.

Gebäude-Zustand / Maßnahme	Beschreibung	Energie- kennwert Heizwärme [kWh/(m ² a)]	Reduktion
UR-Zustand	Zustand zur Zeit der Erbauung	339	
IST-Zustand	kleine energetische Verbesserungen (Isolierverglasung im thermisch nicht getrennten Metallrahmen + Dämmung Heizkörper-Nischen)	335	0%
Einbau neue Fenster	Wärmeschutzverglasung in Holz-/oder Kunststoffrahmen	315	-6%
+ Dämmung Dach	Steildach-Dämmung, 12 cm zwischen den Sparren, 8 cm unter den Sparren	204	-39%
+ Dämmung Wand	12 cm Wärmedämmverbundsystem	100	-70%
+ Dämmung Kellerdecke	6 cm Dämmung unterseitig	86	-74%
+ Lüftungsanlage mit Wärmerück- gewinnung	Einbau Lüftungsanlage mit WRG (80%) bei verbesselter Dichtheit $n_{50} \leq 1,0$ 1/h	72	-78%

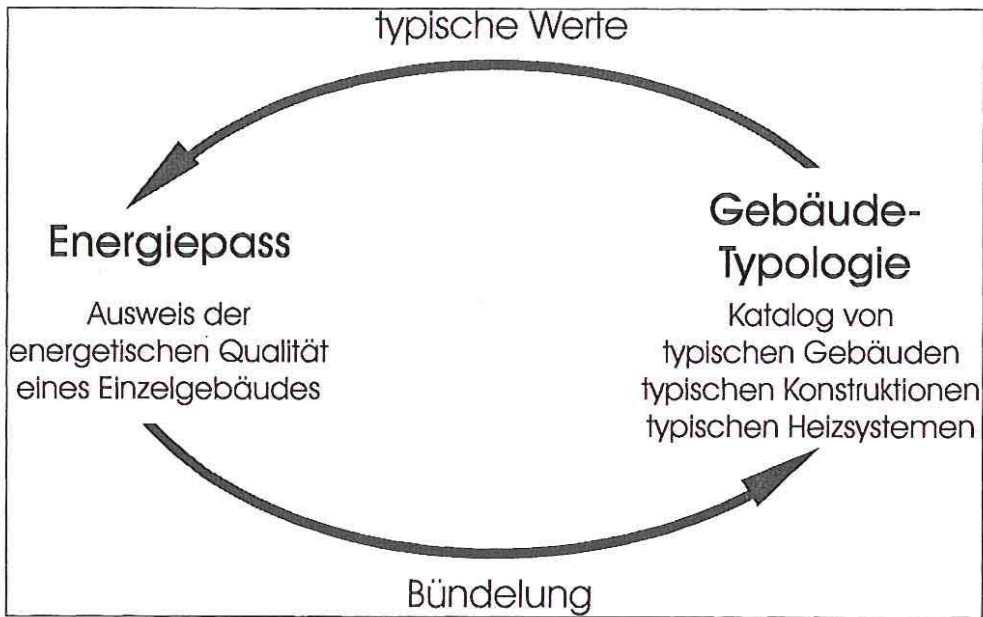
Bild 15: Kennwerte für verschiedene Sanierungszustände des Baukörpers

	Energieträger		spezif. Endenergiebedarf [kWh/(m²a)]		spezif. Hilfsstrombedarf [kWh/(m²a)]	spezif. Primärenergiebedarf [kWh/(m²a)]	Primärenergieaufwandszahl
	ET1	ET2	ET1	ET2			
UR-Zustand: Einzelöfen	Steinkohle	Strom	363	9		415	1,7
IST-Zustand: Öl-Zentralheizung Baujahr 1974	Heizöl		524		17	628	2,5
Einbau eines Öl-Niedertemperatur-Kessels und eines WW-Speichers	Heizöl		314		7	367	1,5
Umstellung auf Erdgas + Einbau eines Gas-Niedertemperatur-Kessels und eines WW-Speichers	Erdgas		314		8	360	1,4
Umstellung auf Erdgas + Einbau eines Gas-Brennwert-Kessels und eines WW-Speichers	Erdgas		294		6	332	1,3
Umstellung auf Erdgas + Einbau eines Gas-Brennwert-Kessels + Installation einer Solaranlage	Erdgas		265		6	301	1,2

Bild 16: Kennwerte für verschiedene Sanierungszustände des Heizungssystems (Bauteildaten unverändert = Gebäude im IST-Zustand)

4. Zusammenfassung

Energiepass und Gebäudetypologie sind Instrumente, die wechselseitig aufeinander aufbauen und nur gemeinsam wirkungsvoll eingesetzt werden können. Bei der Bestimmung der energetischen Qualität eines Gebäudes wird auf für die Bauart und das Baualter typische Bauteilkonstruktionen und Heizsysteme zurückgegriffen. Umgekehrt besteht die Gebäudetypologie aus einer Bündelung von einzelnen Energiepass-Datensätzen von konkreten Gebäuden. Energiepass und Gebäudetypologie sind nützliche Werkzeuge für die energetische Klassifizierung von Gebäuden im Falle der Errichtung, des Verkaufs, der Vermietung und des Umbaus, aber auch im Rahmen von Energieberatungsprogrammen.



Eine Voraussetzung für eine nachhaltige Reduktion des Energieverbrauchs unserer Altbauten ist die flächendeckende Einführung von Energiekennwerten als Qualitätsmerkmal von Gebäuden. Dabei stellt die Einführung eines Energiepasses und die Erstellung von regionalen Gebäudetypologien nur einen Baustein innerhalb eines größeren Maßnahmenpaketes dar, das Förderprogramme von Bund, Ländern und Kommunen, eine flächendeckende Energieberatung, neue Regelungen der steuerlichen Abschreibung sowie die deutliche Verteuerung nicht-erneuerbarer Energieträger durch eine Energiesteuer beinhalten sollte /i/.

/1/ Eicke-Hennig, W. et al.: Empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten, im Gebäudebestand und bei Neubauten Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern (ABL und NBL); Bericht an die Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages; IWU, Darmstadt 1994

Literatur

- [AKÖH 1998] Gebäudebrief des Arbeitskreises Ökologischer Holzbau e.V. (AKÖH); Herford 1998
- [Ebel et al. 1990] Ebel, W. et al.: Energiesparpotential im Gebäudebestand; IWU, Darmstadt 1990
- [Ebel et al. 1995] Ebel, W.; Eicke-Hennig, W.; Feist, W.; Groscurth, H.-M.: Einsparungen beim Heizwärmebedarf - ein Schlüssel zum Klimaproblem; IWU, Darmstadt 1995
- [Ebel et al. 1996] Ebel, W.; Eicke-Hennig, W.; Feist, W.; Groscurth, H.-M.: Der zukünftige Heizwärmebedarf der Haushalte; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt 1996
- [Eicke-Hennig et al. 1994] Eicke-Hennig, W. et al.: Empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten, im Gebäudebestand und bei Neubauten Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern (ABL und NBL); Bericht an die Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages; IWU, Darmstadt 1994
- [Eicke-Hennig/Siepe 1997] Eicke-Hennig, Werner; Siepe, Eicke-Hennig, Werner; Benedikt Siepe: Die Heizenergie-Einsparmöglichkeiten durch Verbesserung des Wärmeschutzes typischer hessischer Wohngebäude; IWU, Darmstadt 1997
- [EPHW 1997] Loga, Tobias; Imkeller-Benjes, Ulrich: Energiepass Heizung / Warmwasser - Energetische Qualität von Baukörper und Heizungssystem; IWU, Darmstadt 1997
- [Heidelberg 1996] Stadt Heidelberg (Hrsg.): Heidelberger Wärmepass / Heidelberger Gebäudetypologie; Heidelberg 1996
- [Imkeller/Loga 1996] Imkeller-Benjes, Ulrich; Loga, Tobias: Stationäre Wärmebilanzverfahren im Vergleich; IWU, Darmstadt 1996
- [Starken 1998] Starken, Hugo: Qualitätssicherung bei energierelevanten Maßnahmen; in: Energiekennwerte. Tagungsband des Energie- und Umweltzentrum; Springe-Eldagsen 1998
- [WWF 1997] Institut Wohnen und Umwelt: "Baustelle Klimaschutz". Potentiale und Strategien für eine Reduktion der CO₂-Emissionen aus der Beheizung von Gebäuden; Studie im Auftrag der Umweltstiftung WWF Deutschland; Frankfurt/Main 1997

ANLAGE

Hier noch ein Überblick über andere mögliche Heizsysteme und ihre Benotung im Falle des vorliegenden Gebäudes (Auswahl)

Kennung Heizsystem	Kurz-Beschreibung	Energieträger		spezif. Endenergiebedarf [kWh/(m²a)]		spezif. Hilfsstrombedarf [kWh/(m²a)]	spezif. Primärenergiebedarf [kWh/(m²a)]	Primärenergie-Aufwandszahl	Bewertung (Note)
		ET1	ET2	ET1	ET2				
EI_Nachtsp		Strom		273			811	3,2	6
Öl_alt		Heizöl		524		17	628	2,5	5
Wechselbr_K		Brennholz	Heizöl	344	202	12	605	2,4	5
Fernw_alt		Fernwärme 0% KWK		376		9	586	2,3	5
Gas_alt		Erdgas		516		10	582	2,3	5
Öl_konst		Heizöl		384		9	448	1,8	4
Einzelöfen		Steinkohle	Strom	363	9		415	1,7	4
EI_WP_alt		Strom		129		8	408	1,6	3
Gas_NT		Erdgas		333		8	380	1,5	3
Öl_NT		Heizöl		314		7	367	1,5	3
Gas_BW		Erdgas		294		6	332	1,3	2
Etagenhzg		Erdgas		276		4	329	1,3	2
Nahw_Standard		Nahwärme 35 % KWK		288		4	309	1,2	2
Gas_BW+Solar		Erdgas							1
Nahw_Best		Nahwärme 70 % KWK							1

Bild 17: Kennwerte + Benotung für verschiedene Heizungssysteme im Beispielhaus

9. Erstellung eines kommunalen Heizspiegels als Beispiel für die Datenerhebung im Gebäudebestand

Claudia Julius, Johannes D. Hengstenberg,
ArbeitsGruppe Energie (AGE), München

Im Jahr 1990 hat sich die damalige Bundesregierung verpflichtet, den Ausstoß des Treibhausgases Kohlendioxid bis zum Jahr 2005 um 25 Prozent zu senken¹. Seit dem Beschluß der Klimaschutzkonvention von Rio 1992 sind auch die Kommunen dazu aufgerufen, im Rahmen "lokaler Agenda 21"-Aktionen Kohlendioxidemissionen zu reduzieren. Da die Höhe der CO₂-Emissionen maßgeblich vom Verbrauch fossiler Energie abhängt, sind Verringerungen des Energieverbrauchs in den Bereichen Industrie und Verkehr, aber vor allem auch im Wohnungsbestand, der rund ein Drittel der CO₂-Emissionen verursacht, anzustreben.

1. Sanierungspotentiale und Sanierungshemmnisse

Die Mieterhaushalte in Deutschland verbrauchen jedes Jahr etwa 265² Terawattstunden Energie (entsprechend 265 Millionen MWh) für die Beheizung ihrer Wohnungen. Dabei werden etwa 60 Millionen Tonnen CO₂ freigesetzt. Der Zustand der Wärmedämmung und Heizanlagen vieler Wohngebäude in Deutschland entspricht nicht dem heutigem Stand der Technik. Durch die Erneuerung veralteter Heizanlagen und die Verbesserung des Wärmeschutzes ließe sich der Heizenergieverbrauch vieler Gebäude halbieren. Dies gilt vor allem für Gebäude aus den Jahren vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung von 1977, für die es keine rechtlichen Vorgaben in bezug auf deren Wärmeschutzstandard gibt. Bundesweit wurden rund 90% aller Gebäude vor 1977 errichtet.

Eine deutliche Verringerung des Energieverbrauchs und des Ausstoßes an CO₂ ist im Wohnungsbestand demnach technisch machbar. Dennoch liegen die Prognosen für die im Gebäudebestand mit heutiger Sanierungsrate erzielbaren CO₂-Minderungen (vgl. Lehr, 1995³) unter dem Klimaschutzziel von Rio. Hierfür gibt es verschiedene Gründe, unter anderem:

¹ Kabinettsbeschluß der Bundesregierung vom 13.06.1990 zur Verminderung der energiebedingten CO₂-Emissionen der BRD bis zum Jahr 2005

² AGE, eigene Berechnung

³ Lehr, Ulrike: Möglichkeiten der Energieeinsparung im Wohnungsbestand, in: RWI-Mitteilungen, Jg. 46 (1995), S. 123-140

- In der Regel können die wenigsten Bewohner und Eigentümer die Angemessenheit des Heizenergieverbrauchs und der Heizkosten ihres Gebäudes beurteilen. So werden Sanierungskandidaten mit hohem Heizenergieverbrauch erst gar nicht identifiziert.
- Vor allem im vermieteten Bestand besteht bei Modernisierung Unsicherheit bezüglich der Verteilung der Lasten und Nutzen der Sanierung. Auf den ersten Blick sind Heizkosten vom Mieter und Investitionskosten vom Eigentümer zu tragen. Blicke man bei dieser oberflächlichen Betrachtung der Kostenverteilung, würde dies bedeuten, daß allein der Mieter von der Sanierung durch eine Verminderung seiner Heizkosten profitiert, während der Eigentümer für die Sanierungskosten aufkommen muß.
- Energie ist zu billig. Dies macht die Einsparung von Heizenergie wenig attraktiv. Durch niedrige Energiepreise fällt die Heizkostensparnis in vielen Fällen geringer aus als der Kapitaldienst der zu leistenden Investition. Sanierungsmaßnahmen sind in diesen Fällen nur dann wirtschaftlich, wenn sie im Zuge anstehender Instandsetzungsmaßnahmen (z.B. Fassadenanstrich) durchgeführt werden (Kopplungsprinzip).

2. Kommunale Heizspiegel – ein erster Schritt zu mehr Transparenz

Kommunale Heizspiegel können nicht alle oben genannten Sanierungshemmnisse überwinden. Sie sind aber ein erster Schritt, mehr Transparenz beim Heizenergieverbrauch und bei den Heizkosten von zentralbeheizten Mehrfamilienhäusern zu schaffen, indem sie es Mietern und Eigentümern ermöglichen, die Heizkosten und den Heizenergieverbrauch ihrer Gebäude zu bewerten.

In kommunalen Heizspiegeln werden Vergleichswerte für den Heizenergieverbrauch und die Heizkosten zentralbeheizter Mehrfamiliengebäude angegeben. Bewohner und Eigentümer können anhand dieser Werte und ihrer Heizkostenabrechnung Verbrauch und Kosten ihres Gebäudes bewerten. Hierzu werden die Ergebnisse des Heizspiegels in Tabellenform aufbereitet und zusammen mit Erläuterungen zur Anwendung des Heizspiegels in einer Broschüre veröffentlicht. In den Tabellen sind vier Bewertungsstufen für den Heizenergieverbrauch und die Heizkosten von angegeben: „optimal“, „durchschnittlich“, „erhöht“ und „sehr hoch“. Dabei wird nach Energieträgern, Art der Warmwasserbereitung und Gebäudegröße unterschieden.

Darüber hinaus geben kommunale Heizspiegel Impulse für die Umsetzung von Modernisierungsmaßnahmen bei Gebäuden mit „sehr hohem“ Heizenergieverbrauch. Die energetische Sanierung dieser Gebäude sollte höchste Priorität haben, da sie für alle Parteien vorteilhaft ist:

- Für die Mieter: Da hier erhebliche Kosteneinsparpotentiale vorhanden sind, fällt bei hochverbrauchenden Gebäuden die jährliche Heizkostensparnis in der Regel größer aus als die durch Modernisierung erhöhte Miete.

- Für die Vermieter: Sinnvolle Modernisierungsmaßnahmen schaffen Spielräume für die Erhöhung der Kaltmiete, wodurch der Ertragswert der Immobilie gesteigert wird. Zudem verringern sich die Kosten für die Instandsetzung.
- Für die Umwelt: Durch die Sanierung von hochverbrauchenden Gebäuden lassen sich die CO₂-Emissionen im zentralbeheizten Bestand im Durchschnitt um zehn Prozent senken.
- Für den Arbeitsmarkt: Investitionen im Gebäudebestand stärken das örtliche Handwerk und Gewerbe, Baukonjunktur und Arbeitsmarkt erfahren positive Impulse.

Bei Hochverbrauchern besteht die Möglichkeit zur warmmietenneutralen Sanierung

Der Eigentümer kann den Mieter an den Sanierungskosten beteiligen, indem er jährlich 11 Prozent der Modernisierungskosten auf die Kaltmiete umlegt (vgl. § 3 Miethöhengesetz). Längerfristig profitieren also auch Eigentümer durch den Wertzuwachs ihrer Liegenschaften von der Sanierung, dies besonders im Hinblick auf die hohe Lebensdauer von Wärmeschutzmaßnahmen (25 bis 30 Jahre). Modernisierungsmaßnahmen bei Hochverbrauchern haben relativ kurze Rücklaufzeiten. In der Regel fällt die Heizkostensparnis größer als die gemäß §3 MHG (Miethöhengesetz) zulässige Erhöhung der Kaltmiete aus. In vielen Fällen besteht hier also die Möglichkeit einer „warmmietenneutralen“ Sanierung.

Einbindung der für den Klimaschutz im Gebäudebestand wichtigen Akteure

Da die Modernisierungshemmnisse vielfach nicht technischer sondern sozialer und wirtschaftlicher Natur sind, wird die Veröffentlichung des Heizspiegels durch Gespräche zwischen sämtlichen wohnungspolitischen Akteuren (Mieter, Hauseigentümer, Hausverwaltungen, Wohnungsgesellschaften, Stadtwerke, Handwerk und Verbraucherberatungsstellen) begleitet. Der Heizspiegel gibt somit Anlaß, sämtliche für die Klimaschutzpolitik der Kommune wichtigen Akteure an einen Tisch zu bringen. Denn nur ein Konsens der Akteure in Sachen Sanierungsmaßnahmen kann die Basis für CO₂-Minderung im Wohnungsbestand sein.

3. Methodisches

Datengrundlage

Kommunale Heizspiegel beziehen sich jeweils nur auf ein Kalenderjahr. Als Datengrundlage für Kommunale Heizspiegel dienen Heizkostenabrechnungen von zentralbeheizten Gebäude, die von Abrechnungsfirmen in anonymisierter Form auf Postleitzahlebene zur Verfügung gestellt werden. Ein Teil der Daten geht in der Regel auch über Presseaktionen en, bei denen interessierte Bewohner und Eigentümer ihre Heizkostenabrechnung zur Auswertung zur Verfügung stellen.

Die Ergebnisse des Heizspiegels – Durchschnittswerte, Unter- und Obergrenzen

Heizspiegel liefern Durchschnittswerte sowie Unter- und Obergrenzen beim spezifischen Heizenergieverbrauch und bei den spezifischen Heizkosten. Die Untergrenze trennt 10 Prozent der Gebäude mit den niedrigsten Heizenergieverbrauch bzw. den niedrigsten Heizkosten von den restlichen 90 Prozent der Gebäude in der untersuchten Kommune. Sie benennt jeweils einen spezifischen Verbrauchs- und Kostenwert.

Analog liefert die Obergrenze den Verbrauchs- bzw. den Kostenwert, der 10 Prozent der Gebäude mit den höchsten Heizenergieverbräuchen bzw. mit den höchsten Heizkosten vom Rest der Gebäude trennt. Kosten und Verbräuche werden gesondert ausgewertet. Die Gruppe der Hochverbraucher und der Hochzahler sind nicht identisch, da hohe Heizkosten nicht nur vom Heizenergieverbrauch abhängen, sondern ihre Ursache auch in hohen Heiznebenkosten oder einem hohem Energiepreis haben können.

Die Differenzierungen des Heizspiegels

Heizspiegel differenzieren nach den Energieträgern Erdgas, Heizöl und Fernwärme. Zusätzlich unterscheiden sie nach der Art der Warmwasserbereitung und der beheizten Nutzfläche der Verrechnungseinheit. Hieraus resultieren die folgenden sechs Kategorien des Heizspiegels:

Energieträger	Erdgas		Heizöl		Fernwärme	
Warmwasserbereitung	zentral	dezentral	zentral	dezentral	zentral	dezentral

Tabelle 1: Die sechs Kategorien des Heizspiegels

Diese Unterscheidung ist sinnvoll, weil zwischen den einzelnen Kategorien statistisch signifikante Unterschiede bestehen. Da sowohl bei Öl- als auch bei Gaszentralheizungen heute im Durchschnitt noch 10 bis 30 Prozent der Energie bei der Umwandlung von Energie in Wärme verloren geht, liegen die Heizenergieverbräuche hier in etwa auf gleichem Niveau. Die Heizkosten beider Energieträger hängen von unterschiedlichen Faktoren ab. Bei Erdgas sind sie maßgeblich von den Tarifen der Energieversorgungsunternehmen bestimmt, bei Heizöl dagegen von den jährlichen Schwankungen des Ölpreises und dem Zeitpunkt des Öleinkaufs.

Fernwärme nimmt eine Sonderstellung ein. Der in der Heizkostenabrechnung ausgewiesene Heizenergieverbrauch ist hier in der Regel niedriger, da die Energie dem Bewohnern direkt als Wärme zur Verfügung steht. Die Umwandlungsverluste fallen bei Fernwärme bereits im Heizkraftwerk und nicht - wie bei Erdgas und Heizöl - erst im Heizungskeller an. Aus diesem

Grund lassen sich bei Fernwärme anhand des Heizspiegels weder Verbrauch noch Kosten mit denen bei Erdgas und Heizöl vergleichen.

Für die Warmwasserbereitung wird im Durchschnitt ein Anteil von 10 bis 15 Prozent (~ 35 kWh) der Heizenergie aufgewandt. In der Praxis ist jedoch auffällig, daß Gebäude mit dezentraler Warmwasserbereitung oftmals mehr Heizenergie verbrauchen als Gebäude mit zentraler Warmwasserbereitung. Ein Grund hierfür ist das Alter der Gebäude. Gebäude mit dezentraler Warmwasserbereitung sind überwiegend ältere Gebäude, die in der Regel einen höheren Heizenergieverbrauch aufweisen.

Der spezifische Heizenergieverbrauch und die spezifischen Heizkosten sind von der Gebäudegröße abhängig. Kleinere Gebäude verbrauchen auf den m² Nutzfläche bezogen mehr Heizenergie als größere Gebäude, da sie ein ungünstigeres Außenfläche/Volumen-Verhältnis aufweisen. Bei Gebäuden mit einer beheizten Nutzfläche über 1.000 m² ist dieser Zusammenhang nicht mehr nachweisbar. Aus diesen Gründen gibt der Heizspiegel bei den Verbrauchs- und Kostenwerten vier verschiedene Gebäudegrößenklassen an:

- 100 m² bis 250 m²
- 250 m² bis 500 m²
- 500 m² bis 1.000 m²
- mehr als 1.000 m²

Die Veröffentlichung der Ergebnisse in Tabellenform

In den Tabellen der Heizspiegel-Broschüren werden vier Bewertungskategorien für den Heizenergieverbrauch und die Heizkosten angegeben:

- niedrig / optimal
- durchschnittlich / in Ordnung
- erhöht
- sehr hoch

Ein Gebäude weist einen „niedrigen“ Verbrauch bzw. „niedrige“ Heizkosten auf, wenn seine Verbrauchs- bzw. seine Kostenwerte unterhalb der 10%-Untergrenze des Heizspiegels liegen. Heizenergieverbrauch und Heizkosten sind „in Ordnung“, wenn sie zwischen der Untergrenze und dem Durchschnitt anzutreffen sind. Werte oberhalb des Durchschnitts und unterhalb der 10%-Obergrenze gelten als „erhöht“, Werte jenseits der 10%-Obergrenze als „sehr hoch“.

4. Ergebnisse aus der Erstellung von Heizspiegeln für ausgewählte Kommunen in Deutschland

Höhe des Heizenergieverbrauchs

Die Durchschnittswerte für den spezifischen Heizenergieverbrauch von gas- und ölbeheizten Gebäuden liegen in allen bisher untersuchten Kommunen bei rund 200 kWh/m², a. (vgl. Bild 1). Die in den Heizkostenabrechnungen dokumentierten Verbrauchswerte fernbeheizter Gebäude sind ca. 25 Prozent niedriger als die gas- und ölbeheizten Gebäude. Somit liegen die durchschnittlichen Verbrauchswerte der meisten Liegenschaften deutlich über den heute möglichen Verbrauchswerten, wie sie Gebäude, die gemäß der Wärmeschutzverordnung von 1995 errichtet wurden, aufweisen.

Der durchschnittliche Heizenergieverbrauch zentralbeheizter Mehrfamilienhäuser innerhalb einer Kommune wird in erster Linie von zwei verschiedenen Faktoren bestimmt, vom Zustand des Gebäudebestandes und von den klimatischen Gegebenheiten. Bei kleineren Gebäuden mit weniger als vier Wohneinheiten spielt zusätzlich das Nutzerverhalten eine entscheidende Rolle. Der Heizspiegel bezieht sich jedoch überwiegend auf größere Verrechnungseinheiten mit durchschnittlich 8 bis 15 Wohneinheiten, so daß das Nutzerverhalten hier in der Regel geringeren Einfluß hat.

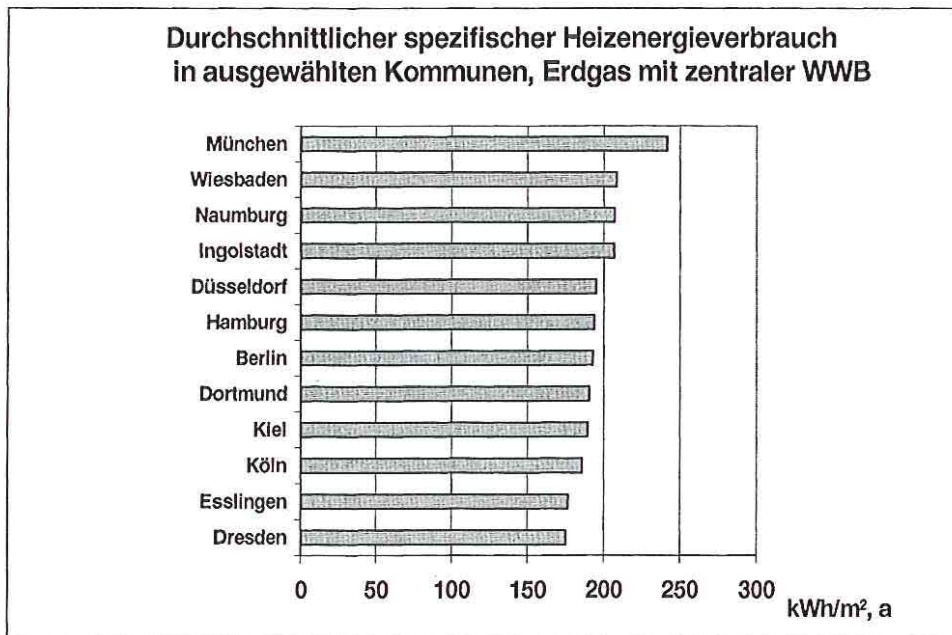


Bild 1: Durchschnittliche spezifische Heizenergieverbräuche bei Erdgas in ausgewählten Kommunen

Von den klimatischen Gegebenheiten her sollten beispielsweise Hamburg und Kiel höhere Heizenergieverbräuche aufweisen als Esslingen, das in einem Weinanbaugebiet in Süddeutschland liegt und ein mildes Klima hat. Dies ist auch der Fall.

Jedoch sind die Unterschiede im durchschnittlichem Heizenergieverbrauch der untersuchten Kommunen deutlich geringer als die Unterschiede im Heizenergieverbrauch von Gebäuden einer Kommune, hier am Beispiel gasbeheizter Gebäude ohne zentrale Warmwasserbereitung in Hamburg dargestellt.

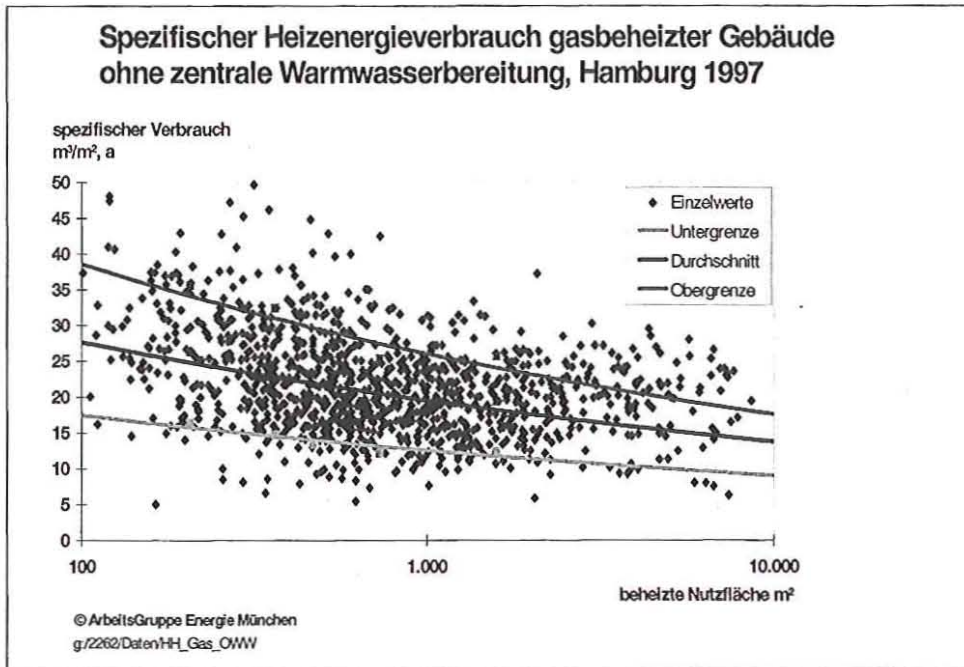


Bild 2: Spezifischer Heizenergieverbrauch für gasbeheizte Gebäude in Hamburg 1997

Auffällig ist die enorme Streuung im Heizenergieverbrauch der einzelnen Verrechnungseinheiten. In Bild 3 ist die Spreizung im Heizenergieverbrauch zwischen Gebäuden mit „optimalem“ und „sehr hohem“ Heizenergieverbrauch am Beispiel gasbeheizter Gebäude mit zentraler Warmwasserbereitung dargestellt. In der Regel liegt sie über 100 kWh/m², a. Es ist demnach anzunehmen, daß der Zustand der Gebäude einen weit größeren Einfluß auf den Heizenergieverbrauch ausübt als unterschiedliche klimatische Verhältnisse.

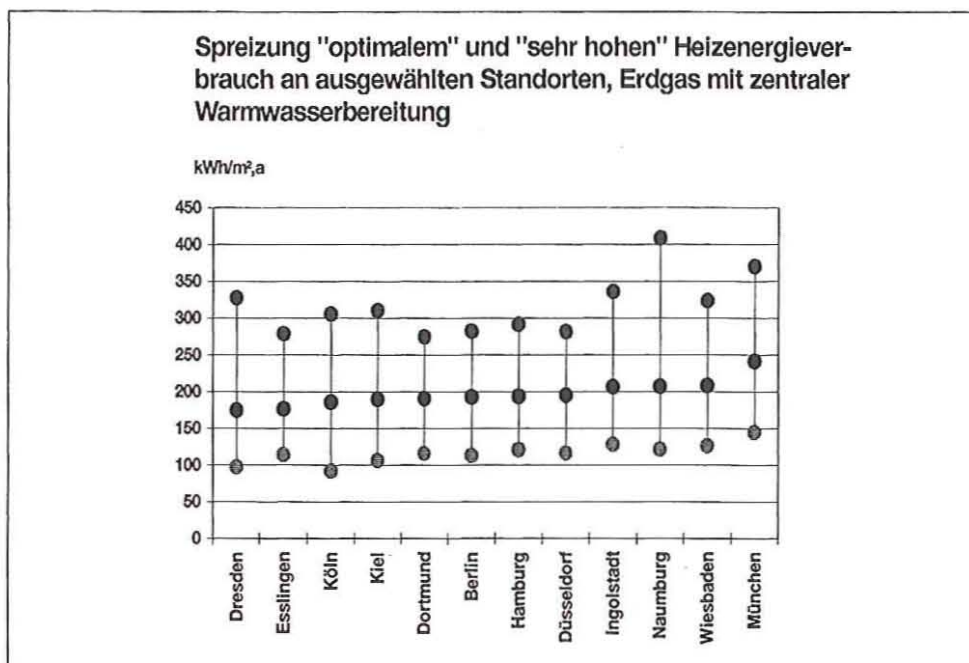


Bild 3: Spreizung des Heizenergieverbrauchs mit Erdgas an ausgewählten Standorten

Auch die Verbrauchswerte der Niedrigverbraucher liegen noch über den Werten von Gebäuden, die nach den Vorgaben der Wärmeschutzverordnung errichtet wurden. Nach heutigem Stand der Technik läßt sich jedes Gebäude so modernisieren, daß es das Verbrauchsniveau der Niedrigverbraucher erreicht.

Sanierungspotentiale im Bestand

Die enorme Spreizung im Heizenergieverbrauch von Hoch- und Niedrigverbrauchern weist auf erhebliche Sanierungspotentiale im Gebäudebestand hin. Innerhalb der Gruppe der 10 Prozent Hochverbraucher könnten diese Potentiale in vielen Fällen ohne bzw. mit einer geringen Mehrbelastung für Bewohner oder Eigentümer ausgeschöpft werden. Bei zehn Prozent der Gebäude mit sehr hohem Heizenergieverbrauch ist eine Sanierung aus wirtschaftlichen und ökologischen Erwägungen geboten, da sie sich fast ausschließlich aus der durch die Sanierung erzielten Verbrauchskostenminderung refinanzieren läßt. Dies wird deutlich, wenn man die Barwerte der Verbrauchskostenminderung bei der Sanierung der Hochverbraucher auf das Niveau der Niedrigverbraucher betrachtet. Diese Kostenminderung errechnet sich aus der Differenz im Heizenergieverbrauch zwischen Hoch- und Niedrigverbrauchern und dem durchschnittlichem Energiepreis der jeweiligen Kategorie des Heizspiegels. Die Barwerte der Verbrauchskostenminderung, die bei Hochverbrauchern in

allen untersuchten Kommunen im Durchschnitt über 100 DM pro m² beheizte Nutzfläche liegen, beziehen sich auf die Konditionen der Kreditanstalt für Wiederaufbau (15 Jahre Laufzeit, Zinssatz 3,8 % nominal). In vielen Fällen reichen sie an 150 DM pro m² beheizte Nutzfläche heran, dem von AGE geschätzten Mindestbetrag zur Finanzierung eines Vollwärmeschutzes (Außenwände, Kellerdecke, begehbare Dachboden) für ein durchschnittlich großes Gebäude (1.000 m² Wohnfläche⁴), Instandhaltungskosten und Fördermittel nicht berücksichtigt (vgl. Bild 4).

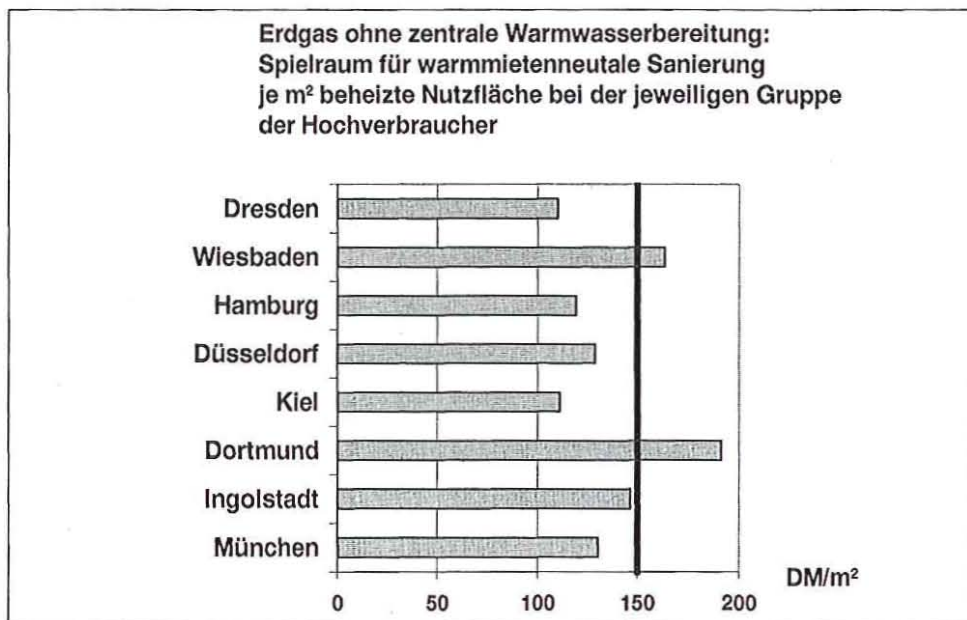


Bild 4: Spezifischer Spielraum für wärmietenneutrale Sanierung bei Hochverbrauchern

Bei Gebäuden mit „sehr hohem“ Heizenergieverbrauch liegt die 11% Umlage der Sanierungskosten auf die Kaltmiete (gemäß § 3 Miethöhengesetz) deutlich unter der Verbrauchskostenminderung. Bei diesen Gebäuden ist demnach eine wärmietenneutrale Sanierung möglich.

⁴ Diese Wohnfläche ist maßgeblich für die Berechnung der Sanierungskosten, da sie einem bestimmten Verhältnis zwischen zu dämmender Fläche und beheizter Nutzfläche entspricht.

Emissionsminderung durch Ausschöpfung wirtschaftlicher Sanierungspotentiale

Anhand der Spreizung des Energieverbrauchs von Hoch- und Niedrigverbrauchern lassen sich ebenfalls Rückschlüsse auf die mögliche Emissionsminderung ziehen, die aus der Sanierung der Hochverbraucher auf das sinnvolle Verbrauchsniveau der Niedrigverbraucher resultieren würde. Im Durchschnitt liegt das Minderungspotential bei etwa acht bis zehn Prozent (Bild 5).

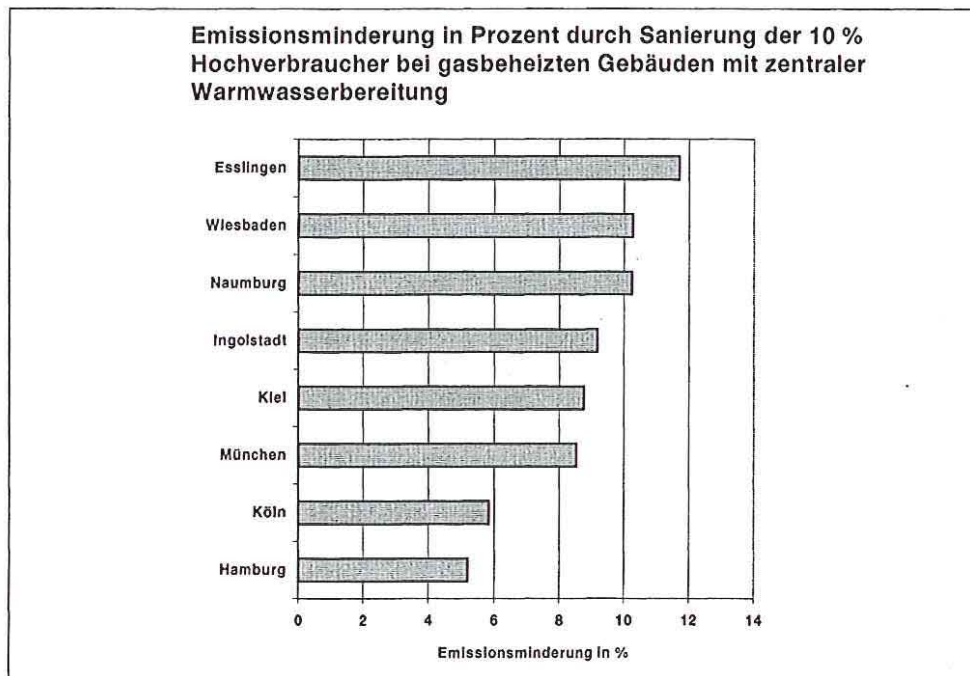


Bild 5: Prozentuale Emissionsminderung der 10 % mit Gas heizenden Hochverbrauchern

Auswirkungen auf die Höhe der Heizkosten

Durch die Sanierung von Gebäuden mit sehr hohem Heizenergieverbrauch ließen sich die Heizkosten dieser Gebäude, die heute bei etwa 2,00 DM pro m² und Monat liegen, deutlich reduzieren.

Dies geht aus dem Vergleich der Heizkosten von Niedrig- und Hochverbrauchern hervor. Auch bei den Heizkosten ist die Spreizung zwischen Gebäuden mit „optimalen“ und „sehr hohen“ der Kosten auffällig (Bild 6).

Speizung zwischen "optimalen" und "sehr hohen" Heizkosten, Erdgas ohne zentrale Warmwasserbereitung, 1997

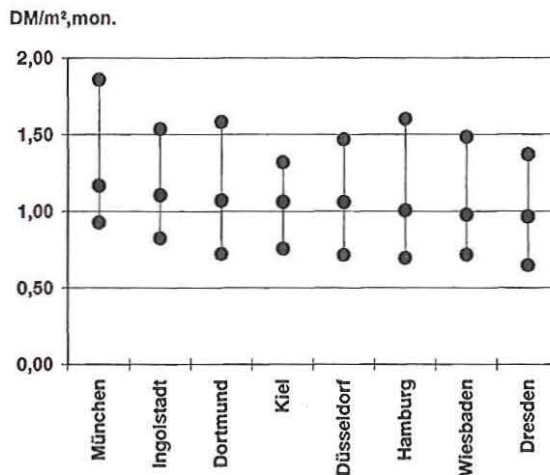


Bild 6: Spreizung der Heizkosten mit Erdgas 1997

Da die Heizkosten auch von der Höhe der Heiznebenkosten und vom Energiepreis abhängen, wurden diese beiden Faktoren ebenfalls untersucht.

Heiznebenkosten

In allen untersuchten Kommunen stellten sich erhebliche Unterschiede in den Heiznebenkosten (für Betriebsstrom, Bedienung und Wartung der Heizanlage, Kaminkehrer, Abgasmessung, Heizkostenverteilung ect.) einzelner Liegenschaften heraus. Diese Unterschiede können darin begründet sein, daß bei einigen Verrechnungseinheiten verschiedene Positionen der Heiznebenkosten schon in der Kaltmiete enthalten sind, während bei anderen auch Positionen als Heiznebenkosten abgerechnet werden, die nicht in der Heizkostenverordnung als umlagefähig festgelegt sind, wie z.B. der Strom für die Beleuchtung des Treppenhauses oder für den Betrieb des Aufzuges. Ein hoher Betriebsstrom kann jedoch auch ein Hinweis darauf sein, daß Umwälzpumpen des Heizkreislaufes unregelmäßig das ganze Jahr über laufen und/oder die Leistung der Umwälzpumpen zu hoch bemessen ist.

Energiepreise

Die Energiepreise von Gebäuden in der gleichen Kommune, die mit dem gleichem Energieträger beheizt sind, unterscheiden sich oft erheblich. Die Spannweite zwischen hohem und niedrigem Energiepreis ist bei der Fernwärme am größten, gefolgt von Erdgas und Heizöl.

Mögliche Ursache für diese großen Spannweiten sind bei leitungsgebundenen Energieträgern mit leistungsabhängigem Tarif überdimensionierte Anschlußleistungen. In Bild 7 ist die Spannweite zwischen „optimalen“ und „sehr hohen“ Energiepreisen bei gas-beheizten Gebäuden mit zentraler Warmwasserbereitung dargestellt.

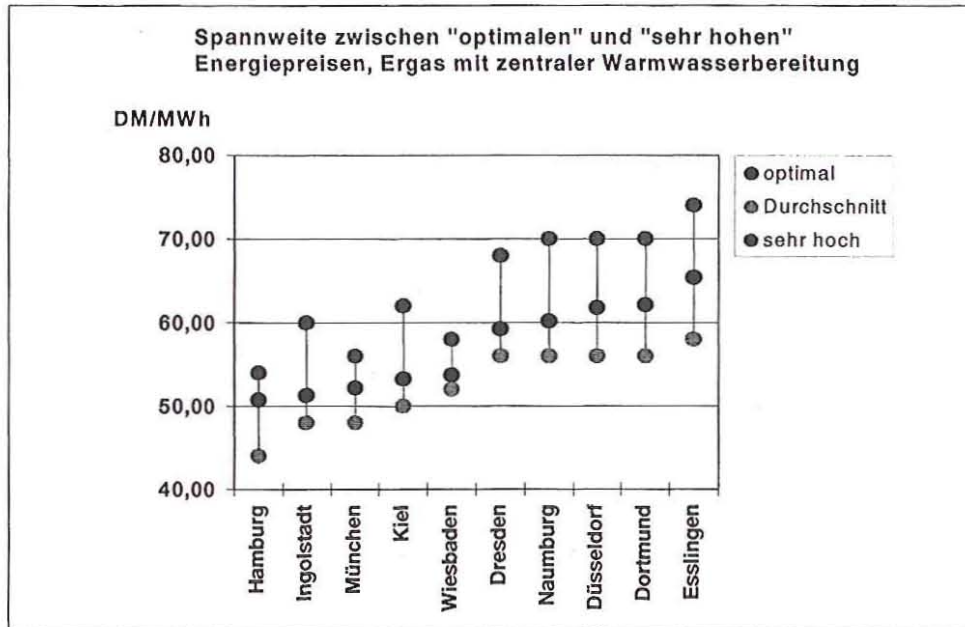


Bild 7: Spannweite der Erdgaspreise

Beim leistungsabhängigem Tarif setzt sich der Energiepreis von Erdgas und Fernwärme aus zwei Komponenten zusammen, dem verbrauchsabhängigen Arbeitspreis und dem leistungsabhängigen Grundpreis. Die Anschlußleistung sollte dem Leistungsbedarf des Gebäudes entsprechen. Bei vielen gas- und fernbeheizten Gebäuden ist die bei den Stadtwerken bestellte Anschlußleistung größer als der Wärmebedarf des Gebäudes.

Der durch den Grundpreisanteil bedingte Degressionseffekt belastet Hochverbraucher, eine in ökologischer Hinsicht widersinnige Folge des leistungsabhängigen Fernwärme- und Gastarifs. Dies mindert den ökonomischen Anreiz zur Sanierung der Gebäude. Umgekehrt ist zu beachten, daß gerade Gebäude mit niedrigem Heizenergieverbrauch einen hohen Gas- bzw. Fernwärmepreis aufweisen. Hierin wird sichtbar, daß es viele Gebäudeeigentümer übersehen, nach erfolgten Verbesserungsmaßnahmen die bei den Stadtwerken bestellte Leistung an den geminderten Wärmebedarf des Gebäudes anzupassen.

5. Schlußfolgerungen und Ausblick

Im Gebäudebestand sind erhebliche Potentiale zur Einsparung von Energie und zur Minderung der CO₂-Emissionen vorhanden. Ziel kommunaler Klimaschutzpolitik sollte es sein, zunächst Prioritäten dort zu setzen, wo die Mittel den größten Effekt bewirken, nämlich bei der Sanierung der im Heizspiegel erkannten Hochverbraucher. Mittelfristig sollten die Grenzen für tolerierbare Heizenergieverbräuche enger gezogen werden, um im Gebäudebestand die nach den Vorgaben der Agenda 21 festgesetzte Emissionsminderung von mindestens 25 Prozent bis zum Jahr 2005 zu erreichen.

Für die Gruppe der 10 Prozent Hochverbraucher unter den zentralbeheizten Mehrfamiliengebäuden im Bestand kann heute gesagt werden, daß der Barwert der Heizkostenminderung, die durch eine Minderung des Heizenergieverbrauchs auf ein Niveau von 100 kWh/m², a erzielbar ist, in etwa den Investitionskosten entspricht, die durch die hierzu notwendigen Verbesserungsmaßnahmen im Wärmeschutz entstehen.

Die empirischen Daten zeigen aber, daß sich bisher nur eine Minderheit der Eigentümer für eine Verbesserung des Wärmeschutzes entschieden hat. Dies ist nicht nur für den Klimaschutz, sondern auch für die Konjunktur und Beschäftigung in Deutschland nachteilig:

- Es unterbleiben Investitionsmaßnahmen, obwohl sie in einer hinreichend großen Zahl von Fällen wirtschaftlich sinnvoll wären. Das Ausbleiben der Investitionen belastet sowohl die Konsumausgaben der Mieter als auch die Wirtschaftlichkeit der vermieteten Objekte. Denn Wohngebäude mit hohen Heizkosten sind am Wohnungsmarkt benachteiligt, Eigentümer von Wohngebäuden mit hohen Heizkosten verschenken Spielräume zur Kaltmietenerhöhung.
- Durch das Ausbleiben wirtschaftlich effizienter Sanierungen werden Investitionen in Höhe von weit über 10 Mrd. DM blockiert. Unterstellt man eine Wertschöpfung von ca. 150.000 DM je Personenjahr in den betroffenen Gewerken, so bedeutet dies eine Blockade von mehr als 60 bis 70 Tausend Personenjahren im Bau- und Ausbaugewerbe.

Konsequenzen für die Politik

Für die Politik der Bundesregierung sollten sich aus dem hier dargelegten die folgenden Konsequenzen ergeben:

Mehr Transparenz durch verständlichere Heizkostenabrechnungen

Da ein Teil der Eigentümer von Gebäuden mit hohem Verbrauch sich deswegen nicht rational verhält, weil sie sich in Unkenntnis über die Höhe des Heizenergieverbrauchs ihrer Gebäude – und in Unkenntnis der technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten von Verbesserungsmaßnahmen beim Wärmeschutz – befinden, ist Aufklärung notwendig: Aufklärung mit Hilfe einer verbesserte Heizkostenabrechnung.

Dies wäre durch eine Novellierung der Heizkostenverordnung möglich, die Energie-VerbrauchsKennwerte zu einem zwingenden Bestandteil von Heizkostenabrechnungen macht. Durch die Vereinheitlichung der Terminologie und die Aufnahme zusätzlicher Informationen (Referenzwerte) in die Heizkostenabrechnung würden diese lesbarer werden. Es geht mit anderen Worten um eine „Ökologisierung“ dieses Informationsmediums, das jährlich 20 Mio. Haushalte in Deutschland über ihren Beitrag zur CO₂-Gesamtemission informieren könnte. In ihrer heutigen Form ist jede einzelne Heizkostenabrechnung eine wertvolle Chance für den Klimaschutz.

Mehr Transparenz durch die Einführung von EnergieverbrauchsKennwerten

Wie über den Verbrauch seines Kraftfahrzeuges sollte jeder Bewohner und Eigentümer auch über den Heizenergieverbrauch seines Gebäude und seiner Wohnung Bescheid wissen. Eine zwingende Voraussetzung hierzu sind bundesweit einheitliche Verbrauchskennwerte und regionale Vergleichswerte. Ansätze gibt es derzeit von Verbänden der Wohnungswirtschaft und von Heizkostenverteilern, die für die Einführung von HeizenergieverbrauchsKennwerten plädieren. Kommunale Heizspiegel für ausgewählte Klimazonen würden regionale Vergleichswerte liefern.

Sensibilisierung der Öffentlichkeit für den Klimaschutz im Gebäudebestand durch Kommunale Heizspiegel

Für den Gebäudebestand existieren bislang keine rechtlichen Vorgaben bezüglich des Heizenergieverbrauchs von Gebäuden, die vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung von 1977 errichtet wurden. Ob solche rechtlichen Vorgaben in der verbleibenden Frist bis 2005⁵ eingeführt werden, ist fraglich. Somit sind Aktionen, die eine Bewusstseinsänderung beim Konsumieren von Heizenergie in der Bevölkerung zur Folge haben, vorerst das einzige Mittel, um eine Reduzierung im Energieverbrauch zu erzielen. Hier setzen Kommunale Heizspiegel an, indem sie Bewohner und Eigentümer auf einfache Weise darüber aufklären, ob ihr Gebäude zuviel Heizenergie verbraucht und welche nächsten Schritte gegebenenfalls erforderlich sind, dies zu ändern. Somit wäre eine Verbreitung dieses Instruments, das in der Pilotphase vom Publikum gut angenommen wurde, eine sinnvolle Möglichkeit, hier eine Bewusstseinsveränderung herbeizuführen.

Nachrüstspflicht beim Wärmeschutz von Gebäuden

Jener Teil der Eigentümer von Gebäuden mit hohem Verbrauch, die trotz der vorhandenen Erkenntnis von technischen und wirtschaftlichen Sanierungspotentialen keine Maßnahmen ergreifen, die Abhilfe schaffen, schaden nicht nur ihren eigenen wirtschaftlichen Interessen: Sie schaden der Umwelt durch überhöhte CO₂-Emissionen und den Bewohnern ihrer Gebäude

⁵ Gemeint ist die in der Klimakonvention von Rio festgelegte Frist zum Erreichen einer 25%igen Minderung der CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005.

durch überhöhte Heizkosten. Deswegen sollte die Bundesregierung hier ordnend eingreifen: durch einen öffentlich-rechtlichen Zwang zur Nachrüstung von Fassaden mit einem geeigneten Wärmeschutz. Die Verfasser plädieren mit anderen Worten für eine Ausweitung der Nachrüstpflcht, die bereits heute für Heizanlagen nach der Kleinfuerungsanlagenverordnung besteht, auf den Wärmeschutz der Gebäude (Fassade, Kellerdecke und Dachinnenfläche).

Zusätzliche Fördermittel für Sanierungsmaßnahmen im Bestand

Geeignete (erfolgsabhängige) Fördermittel könnten die etwa vorhandene Lücke zwischen der Wirtschaftlichkeit der Maßnahme für den Eigentümer und der Warmmietenneutralität für die Mieter schließen. Notwendig wäre hierzu eine Bindung der Förderung an die nachhaltig vermiedene Kilowattstunde Heizenergieverbrauch. Dies würde die Effizienz der eingesetzten Fördermittel erheblich verbessern – und manche unsinnige Einsparmaßnahme unmöglich machen.

In einer Verordnung sollte für Hochverbraucher zunächst die Beratung durch ein fachlich geeignetes Ingenieurbüro (wie dies z.B. beim Hamburger Wärmepaß heute auf freiwilliger Basis geschieht) vorgeschrieben sein. Hierdurch stellt sich heraus, worin die Ursachen für den hohen Heizenergieverbrauch liegen und wie unter Berücksichtigung des Gebots der Wirtschaftlichkeit Abhilfe geschaffen werden kann. Die Entscheidung darüber, welche Maßnahmen letztlich durchführt werden, sollte beim Gebäudeeigentümer liegen. Nach der Sanierung sollte jedoch ein Nachweis des Sanierungserfolgs erbracht werden. Dies könnte anhand des in der nächsten Heizkostenabrechnung dokumentierten Heizenergieverbrauchs geschehen. Auch hier würden (klimaschwankungsbereinigte) HeizEnergieVerbrauchsKennwerte in der Abrechnung die Erfolgskontrolle erleichtern.

Ausblick

Die hier angestellten Überlegungen beziehen sich in erster Linie auf die Gruppe der etwa 10% der Hochverbraucher, also auf die Gebäude mit der günstigsten Kosten/ Nutzen-Relation bei Verbesserungsmaßnahmen. Schwierig wird die Situation dann, wenn man die hier angestellten Überlegungen auf den übrigen Bestand ausweiten will. Hier klaffen Barwerte und Kosten der Verbesserung des Wärmeschutzes immer weiter auseinander. Eine wesentliche Ursache hierfür ist sicherlich der seit 1990 stattfindende stetige Verfall der Heizölpreise (1990 bis 1998: 35%), der auch eine Abwärtstendenz bei den Erdgaspreisen ausgelöst hat. Würde man diesen Preisverfall der vergangenen Jahre zumindest teilweise durch eine Steuer auf das für Heizzwecke verwandete Heizöl und Erdgas aufhalten, so böte das Aufkommen dieser Steuer jedoch einen hinreichenden Spielraum, um den hier dargestellten Prozeß der Sanierung von Hochverbrauchern auch auf die weniger extremen Hochverbraucher im Wohngebäudebestand auszudehnen – und den hier dargestellten positiven Impuls für die inländische Beschäftigung von etwa 60 bis 70.000 Personenjahren zu verstetigen.

D.

Finanzierung und Förderprogramme

- A. Kunden (Zielsetzer und Träger der Maßnahme),
- B. technischen Planern (Ingenieure & Architekten),
- C. technischen Umsetzern (Handwerkern & Bauunternehmern) und
- D. betriebswirtschaftlichen Beratern und Finanzierern (Steuerberater & Banken),
entwickelt und realisiert werden.

Diese Zusammenarbeit war in der Vergangenheit durch Kommunikationsschwierigkeiten insbesondere zwischen kaufmännischen und technischen Bereichen gekennzeichnet.

1997 / 98 haben die Energieagentur Schleswig - Holstein und die Abteilung Wohnungsbauförderung der Investitionsbank Schleswig - Holstein gemeinsam ein Finanzierungskonzept basierend auf wärmetechnischen Maßnahmenkatalogen entwickelt. Die Optimierung der technischen und finanzwirtschaftlichen Komponenten stand im Vordergrund. Die erfolgreiche Umsetzung der Optimierung erfolgte mittels eines EDV-Modelles.

Der Investor kann im Beratungsgespräch seine individuelle Lösung erarbeiten lassen. Seine Vorgaben (z.B. Mieten) werden als Programmparameter berücksichtigt. Ökonomische Daten fließen als Stellgrößen in die technische Planung ein, es entsteht ein Regelkreis.

2. Gebäudetypologie als technische Basis

Dieser Regelkreis hin zum technisch-ökonomischen Optimum beginnt im existenten Gebäudebestand. Dieser weist baujahres- bzw. typenspezifische Basiskomponenten auf. Die Gebäudetypologien Schleswig-Holstein & Hessen haben diese "Cluster" für den Immobilienbestand der Länder selektiert und transparent dokumentiert. Investoren (ohne eigene Bauabteilungen) können ihr Objekt leicht einem Cluster zuordnen. Das Basisobjekt des gewählten Clusters wird im Beratungsprozeß näher spezifiziert, z.B. durch Berücksichtigung nachträglicher Doppelverglasung, im Verlauf der Beratung (Projektauftaktsitzung) wird die Cluster-"Standardimmobilie" möglichst weit an die Kundenimmobilie angepaßt.

Weg:

- Auswahl Clusterobjekt -> ursprüngliche energetische Situation
 - Definition der Objektveränderungen -> energetische Situation im Ist-Zustand
 - Auswahl Sanierungsoptionen -> mögliche Soll-Situationen des Gebäudes
- => Optimierung im Regelkreis mit ökonomischen Zahlungsströmen

10. Wärmetechnische Gebäudesanierung:

Finanzierungsansätze

Th. Köchig

Westdeutsche Genossenschafts Zentralbank, Düsseldorf

1. Marktsituation

Der Gesamtbedarf an wärmetechnischen Gebäudesanierungsmaßnahmen im Kontext der Agenda 2000 - Ziele (CO₂-Reduzierung) wird für das kommende Jahrzehnt im Bereich mehrerer Billionen DM liegen. Zur Bewältigung dieses Volumens sind speziell auf die Thematik ausgerichtete Finanzierungsformen und -instrumente erforderlich.

Die intensive Diskussion mit den Marktakteuren (z.B. in Agenda-Arbeitskreisen der Kommunen und beim IWU in Darmstadt) ergab, daß zahlreiche Sanierungstechniken auf dem Markt existieren, die ökonomisch sinnvoll sind.

Der relevante Markt der "Wärmetechnischen-Gebäudesanierung" teilt sich auf folgende Hauptakteure auf:

- A. Selbstnutzerimmobilie (Eigenheimbesitzer)
- B. vermietete / verpachtete Immobilie im Privatbesitz (steuerliche Einkunftsart Vermietung und Verpachtung)
- C. vermietete / verpachtete Immobilie im gewerblichen Bereich (Gewerbliche Einkünfte)
- C. unterteilt sich weiter in die Teilmärkte "freie Marktmiete" bzw. Mieten mit sozialer Bindung".

Die Unterteilung (A-C) basiert auf unterschiedlichen:

- a) ökonomischen Einnahmeströmen (z.B. Miete und ersparte Energiekosten),
- b) Ausgabensituationen bzw. Amortisationsüberlegungen,
- c) steuerrechtlichen Gestaltungsspielräumen,
- d) Investitionsmotiven,
- e) Finanzierungsoptionen,
- f) technischen Basisgegebenheiten der Gebäude,
- g) wärmetechnischen Sanierungsoptionen.

Entscheidend für eine gelungene Sanierungsmaßnahme ist der optimale technische und ökonomische Instrumentenmix bezogen auf die Investorpräferenzen mit dem Hauptziel, den Energieverbrauch und die CO₂ - Emissionen entscheidend zu reduzieren.

Ein optimierter Mix kann im engen Dialog zwischen

3. Konkrete technische Maßnahmen

Die konkreten technischen Maßnahmen werden in Zusammenarbeit mit dem zuständigen technischen Partner (Architekt, Bauplaner etc.) ausgewählt.

Die relevanten Hauptbauteile sind:

1. das Dach (innenliegende Dachdämmung)
2. Zwischendecken-Isolierung (insbesondere Keller)
3. Fenster
4. Außenwanddämmung
5. Reduzierung von Wärmebrücken (Balkone etc.)
6. Austausch der Brenntechnik / Wasseraufbereitung und der Leitungssysteme
7. zusätzliche Wärmegewinnungs- / Wärmerückgewinnungssysteme

Im Bereich der technischen Maßnahme ist nicht nur die Planung von der Bank zu prüfen sondern insbesondere die ordnungsgemäße Ausführung. Risiken ergeben sich ferner aus unterschiedlichen Landesbauvorschriften, so führt z.B. eine Außenwanddämmung von mehr als 12 cm (wäre technisch sinnvoll) zu einem extremen Kostensprung durch zusätzliche Brandschutzvorrichtungen.

4. Ökonomische Bewertung der Gebäudesanierung

Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit erfolgt über dynamische Investitionsrechnungsverfahren. Die dynamischen Methoden berücksichtigen Ein- und Auszahlungsströme je Betrachtungsperiode und zinsen diese auf einen Zeitpunkt (zumeist Investitionszeitpunkt t_0) ab.

Entscheidend für die Höhe des Barwertes (Kapitalwertes) in t_0 ist:

1. die absolute Höhe des Zahlungsüberschusses bzw. -unterschusses der Perioden,
2. der Abzinsungszinssatz,
3. die Lage der besonders großen Über- bzw. Unterdeckungen auf der Zeitachse.

Bei Ermittlung der internen Rendite, ist die maximale Betrachtungszeit zu definieren.

Diese kann sowohl der Gewerkelebensdauer (technisch & wirtschaftlich) oder der AfA-Tabelle entsprechen.

Ertrags-, Vorsteuern usw. sind im Modell integriert, so daß die Rendite vor und nach Steuern ausgewiesen wird.

Die Veränderung der Einnahmen- / Ausgabenströme durch die jeweils projektierte Lösung werden auf ihre interne Rendite überprüft.

Einnahmen:

- Mieterhöhungen

1/11 der umlagefähigen Kosten

- zweifache Energiekosteneinsparung
- verbesserte Zinskonditionen
 - Steuererstattungen
 - Zuschüsse
 -

Ausgaben:

- Zinsen
- Tilgung
- laufende Instandhaltungen
- Verwaltungskosten
-

Exkurs Miete:

theoretische Erhöhungsmöglichkeit:

1/11 der umlagefähigen Kostender Maßnahme

Problem:

In anhängigen Prozessen ist zumeist bei reinen Wärmedämmungen zu Gunsten der 2-fachen Energieeinsparung entschieden worden, die im Regelfall eine geringere Mieterhöhung bewirkt.

Weitere Deckel sind die Marktmieten bzw. in extremer Form die gebundenen Mieten.

5. Steuerliche Effekte der wärmetechnischen Gebäudesanierung

Bei Betrachtung der Nachsteuerrendite sind folgende Steueraspekte relevant:

- a) Ertragssteuern: die Anrechenbarkeit der Maßnahme als Sofortaufwand
- b) Ertragssteuern: Aktivierungsmöglichkeiten und daraus resultierende AfA
- c) Vorsteuer: bei gewerblicher Nutzung und Optierung kommt es zu einem Vorsteuereffekt der Maßnahme
- d) Ertragssteuern: Versteuerung bzw. Ermittlung des Veräußerungsgewinnes
- e) Energiesteuern: Basis für Mieterhöhung gemäß $2 * \text{Energieeinsparung}$

Bereits diese kurze Aufstellung zeigt, daß es nicht "das" Steuermodell gibt, sondern daß bezogen auf die Investoren-, Gebäude- und Maßnahmenstruktur optimierte Einzelfallmodelle entwickelt werden müssen.

Der relevante Projektfinanzierungsmarkt spaltet sich in z.B.:

A. den Selbstnutzer:

Er hat keine Steuervorteile im Bereich der Ertrags- und Vorsteuer. Seine Gewinne resultieren nur aus ersparten Energiekosten und der Erhaltung der Marktgängigkeit der Immobilie. Die direkte Anrechnung der Maßnahmen wird für ihn erst im Verkaufs- oder Erbfall relevant.

B. Wohnungsbaugenossenschaften (ehemalig gemeinnützige):

Sie sind teilweise mit Verlustvorträgen ausgestattet. Sie benötigen keine weiteren Verlustzuweisungen in Höhe des Sanierungsaufwandes. Ihr Ziel ist die Aktivierung der Maßnahme. Dies ist durch die Koppelung an eine nachhaltige Nutzungsänderung erreichbar. In Verbindung mit Abverkauf des WE-Bestandes an Mieter (Genossen) und /oder Ankauf neuer Belegungsrechte im Bestand kann die Modernisierung als Sofortaufwand sinnvoll sein.

C. Investor mit nicht gebundenem WE-Bestand im Privatvermögen

Diese Gruppe kann das Maximum der steuerlichen Optionen nutzen, hier stellt der nach Sanierung erzielbare Mietpreis je qm die Restriktion der Gesamtmaßnahme dar. Liegt die Erhöhungsmöglichkeit von $2 * \text{Energiekosteneinsparung}$ unterhalb des durchschnittlich erzielbaren Marktmietpreises, so ist die Maßnahme ein Selbstläufer.

6. Einflüsse auf die Beleihbarkeit des Objektes

Durch Umschichtung aus den Nebenkosten (Energie) mit dem bis zu 2-fachen der Einsparung in die Nettomieten ergibt sich eine verbesserte Beleihungsgrenze des Objektes:

$\text{Nettokaltmiete} * \text{Faktor (z.B. 12,5)} \Rightarrow \text{Beleihungswert}$

Unter der Prämisse, daß sich die Investition auf der Basis der Mehreinnahmen rechnet (Miete/Steuerrückflüsse bzw. Vorsteueranteil), ist eine erstrangige Finanzierungsabsicherung in den meisten Fällen darstellbar.

Diese erstrangigen Mittel sind auf dem gegenwärtigen Niveau besonders attraktiv (z.B. 5,15 % auf 15 Jahre bei der WL Bank).

Zusammen mit der Neubewertung des Objektes auf aktuellem Mietniveau ergeben sich im Umfinanzierungsbereich positive Ansätze aus der kleineren Maßnahme der Wärmedämmung. Die Darlehen sollten aus Sicht der Banken einen geringeren Risikoaufschlag ausweisen, da das Kreditrisiko eines bereits voll sanierten und vermieteten Objektes deutlich geringer als bei unvermieteten Neubauten anzusetzen ist.

7. Öffentliche Förderung und Finanzierungsoptionen

Neben den in 6. erwähnten günstigeren Erstrangmitteln können öffentliche Fördermittel der KfW und der DtA (bei gewerblicher Vermietung) eingeworben werden. Die bewilligende Bank wird dem Kunden im Projektrahmen die Nachteile der Förderdarlehen abzunehmen versuchen (z.B. unsicherer Bereitstellungszeitpunkt) und ihm die positiven Effekte zur Verfügung stellen (günstige Zins- und Tilgungsvarianten). Die Hausbank sollte die Zusage für die Gesamtfinanzierung unabhängig von den öffentlichen Fördermitteln geben und die Konditionen für den geplanten Fördermittelanteil variabel stellen. Der Antrag der KfW wird so eingesteuert, daß Bewilligung und Valutierung keine Bereitstellungszinsen verursachen.

Soll das Modell ins "Extrem" optimiert werden, sind für die EK-Finanzierungsmittel Leasing- / Beteiligungs- und Fondsmodelle denkbar.

Im Finanzierungsbereich können Forfaitierungs-, Fremdwährungs- und / oder Contracting-Modelle die Maßnahme weiter optimieren.

8. Fazit

Die Banken haben den Agenda-Gedanken als erstrebenswertes Ziel anerkannt. Wir sehen als Verbund aus Technikern und Ökonomen unseren Beitrag darin, das Potential an Einzelmaßnahmen so zu nutzen, daß CO₂-Reduzierung ökonomisch sinnvoll ist und die Eigenmotivation der Investoren die Maßnahme anschiebt. Der Kunde hat den Vorteil, ein optimiertes technisches Sanierungskonzept zu realisieren, daß ökonomisch tragfähig ist und darüber hinaus alle verfügbaren Finanzierungsoptionen (öffentliche Gelder/ Bankenfinanzierungen/ Spezialfinanzierungsformen) aus einer Hand anbietet.

Der Vorteil für die Kreditinstitute liegt in der höheren Sicherheit der Maßnahme im Vergleich zu Neubauprojekten, da die Vermietung gegeben ist und die Sanierung eine Mietertragssteigerung bewirkt.

Die Transaktionskosten bezogen auf das Darlehen sind geringer, da die Maßnahme im Regelfall im realrechtlich besicherten Bereich abgesichert ist und der Kunde zumeist kein Neukunde ist.

Die Bank erzielt neben den reinen Zinsmargen einen Projektierungsbeitrag und erbringt im Vergleich zu den Mitbewerbern eine klar unterscheidbare Dienstleistung (Imagebildung & Know-how-Vorsprung).

11. Energetische Verbesserung der Bausubstanz.

Förderkonzept im Rahmen des 4. Energieforschungsprogramms

Vorgetragen von H. Dummin

Projekträgerchaft Biologie, Energie, Ökologie, Forschungszentrum Jülich

1. Zielsetzung

Die Erzeugung von Raumwärme ist nach den Kraftwerken die zweitgrößte Quelle für die Emissionen von CO₂ in Deutschland. Sie macht ca. 1/3 des gesamten Endenergiebedarfs aus. Deshalb sind Einsparungen im Bereich der Raumwärme für unsere Gebäude von besonders hoher Relevanz sowohl für den Klimaschutz, als auch für die Energiepolitik unseres Landes. Hierbei spielen die Altbauten, d.h. die Gebäude, die vor der 2. Wärmeschutzverordnung 1982 errichtet worden sind, mit ca. 80 % des Gebäudebestandes eine dominierende Rolle.

Die Forschungsförderung hat sich der Energieeinsparung und rationellen Energieverwendung im Baubereich seit der 1. Ölkrise 1974 sehr intensiv angenommen. Bis Mitte 1997 wurden für diese Thematik ca. 500 Vorhaben mit einem Fördervolumen von knapp 400 Mio DM aufgewendet. Dies schließt auch das umfangreiche Technologie-Entwicklungs- und Demonstrationsprogramm zur energiegerechten Sanierung industriell errichteter Wohnbauten in den neuen Bundesländern mit ein, für das von 1991 bis 1997 rd. 32 Mio DM bereitgestellt worden sind.

Diese umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten haben zwar eine sehr gute Basis für die energetische Nachrüstung der Altbauten gelegt, es bleiben aber aufgrund der bisher gemachten Erfahrungen noch weitere Aufgaben bestehen. Sie sollen mit diesem Förderkonzept derart gebündelt werden, daß eine zielgerichtete und beschleunigte Verbesserung hinsichtlich des Energieaufwandes für die Altbauten möglich wird. Dies ist auch ein wichtiges Element im Rahmen der Klimaschutzstrategie der Bundesregierung.

Dabei geht es hinsichtlich der Förderstrategie darum, das Gebäude als Einheit von baulicher Hülle, Anlagentechnik und Nutzung zu sehen und deshalb

1. moderne Planungshilfen für die Zustandsdiagnose und energetische Sanierung unterschiedlicher Gebäudetypen zu entwickeln, die mit Computerunterstützung schnell und problemlos von Ingenieuren und Architekten eingesetzt werden können,
2. neue bau- und haustechnische Komponenten zu entwickeln, deren Bedarf sich vor allem aus den früher vorliegenden Erfahrungen mit Sanierungen von Altbauten ergeben hat,

3. anhand der Sanierung von ausgewählten Gebäudetypen die Möglichkeiten der unter 1. und 2. entwickelten neuen Methoden und Komponenten zu erproben, sowie auch als technisch zweckmäßig und wirtschaftlich effektiv zu demonstrieren und gleichzeitig modellhafte Musterbeispiele für die Praxis zu schaffen.

Diese Forschungs- und Entwicklungsstrategie soll ergänzt werden durch

4. Initiativen im Ausbildungsbereich, und zwar sowohl bei den Ingenieuren als auch auf der Ebene des Handwerks.

Zum theoretischen, zum technischen und auch zum in der Praxis realisierbaren Energieeinsparpotential im Bestand der Wohn- und der Nichtwohngebäude gibt es unterschiedliche Aussagen, da sie an Einflußfaktoren geknüpft sind, die sich teilweise nur schwer oder gar nicht einschätzen lassen, wie z.B. investive Aufwände, Preisentwicklungen oder das Initiativverhalten der Eigner hinsichtlich Sanierungsinvestitionen. Aber auch neue technische Entwicklungen und ihre Umsetzung in die zum großen Teil sehr unterschiedlichen Gebäudestrukturen haben einen großen Einfluß. Deshalb kann keine genauere Vorhersage darüber gemacht werden, in welchem quantitativen Umfang das Förderkonzept die durch Raumwärme erzeugten CO₂-Emissionen reduzieren wird. Die Erfahrungen aus der Vergangenheit haben jedoch gezeigt, daß durch eine gut aufeinander abgestimmte Förderung von Querschnittstechniken, Planungsinstrumenten für die Praxis und gezielten Demonstrationsvorhaben langfristig wirkende Anstoßeffekte ausgelöst wurden, die wesentlich z. B. für die Einsparung von Energie in verschiedenen Teilbereichen der Volkswirtschaft waren.

2. Struktur des Förderkonzeptes

Das Förderkonzept knüpft sowohl an die bisherigen Entwicklungen im Raumwärmebereich an, die letztendlich für die Neubauten zu einen spezifischen Heizwärmebedarf von 54 - 100 kWh/m² und Jahr geführt haben, als auch an die Ergebnisse und Erfahrungen aus dem Projektverbund "Energiegerechte Bauschadenssanierung industriell errichteter Wohnbauten in den neuen Bundesländern" mit realisierten Endenergieeinsparungen von 35 bis 60 %.

Die Struktur des Konzeptes kann in 4 Schwerpunkte unterteilt werden:

1. Planungshilfsmittel/Softwareentwicklung
2. Komponenten- und Hardwareentwicklung
3. Fallbeispiele/Versuchs- und Demonstrationsprojekt
4. Übertragung in die Aus- und Weiterbildung

Die Ergebnisse aus den ersten beiden Schwerpunkten, sinnvoll verknüpft mit vorliegenden Problemlösungen, sollen in Pilotbauvorhaben als technisch zweckmäßige und wirtschaftlich

effektive energetische Sanierungen am Gebäudebestand erprobt und für die Praxis demonstriert werden. Die Vorhaben sollen dann mit Hilfe von Meßprogrammen weiter begleitet und die Ergebnisse in neue, weiter verbesserte Demonstrationsprojekte umgesetzt werden. Um diese iterative Vorgehensweise erfolgreich durchführen zu können, ist eine längere Laufzeit für das Förderkonzept erforderlich.

Eine weitere Aufgabe besteht in der zügigen Umsetzung der laufend erarbeiteten Ergebnisse in die Praxis. Zum einen werden sicherlich die ausgeführten Fallbeispiele bei der Umsetzung helfen. Darüber hinaus sollen jedoch Schulungsmaßnahmen (Seminare, Unterlagen für die Ausbildung u.ä.) für das Gewerbe die Umsetzung verstärken und eine konsequente Einbindung von Universitäten und Fachhochschulen die Ausbildung zukünftiger Ingenieure unterstützen. Beide Aspekte sind insofern von großer Bedeutung, als die Sanierung der Gebäudesubstanz eine langfristige Aufgabenstellung für die Bauwirtschaft sein wird und hierbei eine sehr große Anzahl verschiedener Berufe gefordert wird.

Die Laufzeit des Förderkonzeptes wird vom Inhalt, d.h. vom Ergebnis seiner Umsetzung, als auch -wie vorher dargelegt- von seiner Struktur bestimmt werden. Entsprechend dem Umfang der Aufgabe und aufgrund bisheriger Erfahrungen ist ein Zeithorizont von etwa 10 Jahren angesetzt

Altbau-Modernisierung erhält Arbeitsplätze

Von 126 Berufsgruppen des Handwerks sind 33 (= 26 %) in der Altbau-Modernisierung tätig.

- | | |
|---|---|
| 1. Maurer | 17. Schornsteinfeger |
| 2. Beton- und Stahlbetonbauer | 18. Metallbauer |
| 3. Feuerungs- und Schornsteinbauer | 19. Kälteanlagenbauer |
| 4. Backofenbauer | 20. Büroinformationstechniker |
| 5. Zimmerer | 21. Klempner |
| 6. Dachdecker | 22. Gas- und Wasserinstallateure |
| 7. Straßenbauer | 23. Zentralheizungs- und Lüftungsbauer |
| 8. Wärme-, Kälte- und Schallschutzisolierer | 24. Elektroinstallateure |
| 9. Fliesen-, Platten- und Mosaikleger | 25. Fernmeldeanlagenstechniker |
| 10. Betonstein- und Terrazzohersteller | 26. Radio- und Fernsehstechniker |
| 11. Estrichleger | 27. Tischler |
| 12. Brunnenbauer | 28. Parkettleger |
| 13. Steinmetzen und Steinbildhauer | 29. Rolladen- und Jalousiebauer |
| 14. Stukkateure | 30. Raumausstatter |
| 15. Maler und Lackierer | 31. Gebäudereiniger |
| 16. Kachelofen- und Luftheizungsbauer | 32. Glaser |
| | 33. Schilder- und Lichtreklametechniker |

Quelle: Prof. Dr. Dr. mult. Gertis, FhG-Institut für Bauphysik, Stuttgart

3. Schwerpunkte künftiger Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten

Bei Sanierungen im Altbau sind eine Reihe von Besonderheiten zu sehen:

- zum Teil problematische Nachrüstbarkeit (Systemwahl, allgemeine Rohrführung, Verlegung "Unterputz", Luftkanalverlegung u.ä.),
- zum Teil unbekannte Historie des Gebäudes,
- beschränkte Möglichkeit der Beeinflussung des Innenraumklimas durch bauklimatische Maßnahmen (z.B. durch wenig oder nicht veränderliche Fassadenstrukturen)
- Einschränkungen bei denkmalgeschützten Gebäuden (Wärmedämmung, Anordnung von Außenwand-Zuluftelementen, Fassadenstrukturen),

- generell vorgegebene bzw. beschränkte Platzverhältnisse (z.B. im Wohnbereich),
- Verwendung bzw. Vorhandensein herkömmlicher Baustoffe bzw. Wandstärken und von daher spezifisches Wärme- und Feuchtespeichervermögen (Außen- und Innenwände – Raumklima).

Unter Beachtung der vorgenannten Prämissen sollen in der weiteren Forschung und Entwicklung-Tätigkeit die folgende Schwerpunkte verfolgt werden

3.1 Planungshilfsmittel/Softwareentwicklung

Ausgehend von der vorhandenen Gebäudesubstanz und den Anforderungen an den Ausstattungsstandard fehlen allgemeingültige und daraus abgeleitet auch spezielle Sanierungskonzepte für Anlagen der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik (HLK). Eine wesentliche Voraussetzung dafür sind einfach anwendbare und kostengünstige Simulationsprogramme (Software-Pakete), mit deren Hilfe das zu sanierende Gebäude und die Anlagentechnik im Ist- und möglichen Sollzustand beschreibbar sind. Hierbei spielt auch die Erkenntnis eine Rolle, daß der Sanierungsfall, verglichen mit einem Neubau, immer der kompliziertere ist.

Die technischen Voraussetzungen für HLK-Anlagen, mit einer höheren Intelligenz als bisher, sind aufgrund der bisherigen Technologieentwicklung weitgehend gegeben.

Das größte Einsparpotential im Bereich sanierungsbedürftiger Altanlagen liegt bei der praktischen Umsetzung aller bisher gewonnenen Erkenntnisse in umfassende Simulationsprogramme als umfassende Hilfsmittel für Planer und Bauherren, damit bereits in einer frühen Phase der Erarbeitung des Sanierungskonzeptes Varianteneinschätzungen zur Energiebedarfs- und Kostenentwicklung auf einer belastbareren Basis als bisher gemacht werden können.

Im Förderprojekt "SANIREV" werden in dieser Richtung bereits Lösungen untersucht.

In die Aktivitäten dieses Schwerpunktes soll auch die Erarbeitung von Vorschlägen eingebettet werden, die in der Neufassung derjenigen Normen und VDI-Richtlinien zu beachten sind, deren Berechnungsgrundlagen bereits heute erkennbare, z.T. erhebliche Mängel aufweisen. Im Ergebnis dieser Entwicklungen sollten schnelle Entscheidungen zu konkreten Vorhaben möglich werden, die durch anerkannte Kennziffern abgedeckt sind.

Im Bereich der Gebäudehülle ist die Weiterentwicklung der Regelwerke zum bautechnischen Wärme- und Feuchteschutz, bei denen zum Teil erheblicher Aktualisierungsbedarf erkennbar ist, eine übergreifende Aufgabe. So wird z.B. nach den geltenden Vorschriften bei Innendämmungen für Altbauten der vierfach höhere Kondensatanfall angenommen, als die nach neuem Verständnis durchgeführten Simulationsrechnungen ergeben haben. Die Regelwerke bleiben hinter dem Erkenntnisstand zum gekoppelten Wärme-Feuchte- und Lufttransport durch Bau-

werksteile zurück, da sie u.a. die hygroskopischen und kapillaren Eigenschaften der Baustoffe nicht oder nicht ausreichend berücksichtigen.

Die Komplexität der Prozesse, die Schwierigkeiten bei der Beschreibung der stofflichen Eigenschaften und die fehlende Transformation der Ergebnisse in ein handliches Ingenieurwerkzeug (als Vorbemessungsvorschrift z.B. für den planenden Ingenieur/Architekt) haben bisher den Durchbruch auf vielen Gebieten trotz wissenschaftlichen Vorlaufs verhindert.

Die Aufstellung integraler bauphysikalischer Bewertungskriterien für Altbauten als Grundlage für die Erarbeitung von Sanierungskonzepten sollte ein wesentliches Ziel sein.

3.2 Komponentenentwicklung

Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten an der Gebäudehülle

Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sollen sich auf eine integrale Bewertung der Leistungsfähigkeit der Umfassungskonstruktionen eines Gebäudes als Ganzes konzentrieren, da der Bauwerkshülle bei der Sicherung des hygienisch und nutzungstechnologischen Raumklimas unter dem jeweils herrschenden Außenklima eine Schlüsselrolle zukommt. Die Notwendigkeit hierzu wird u.a. durch die Ergebnisse des HAMTIE-Projektes (IEA-Annex 24) unterstrichen. Es handelt sich um ein international seit längerem erkanntes Problemfeld, insbesondere unter dem Aspekt immer niedrigerer Energieverbräuche.

Eine weitere Verringerung der Transmissionswärmeverluste ohne größere Bauteildicken kann durch die Entwicklung und den Einsatz neuer Dämmstoffe (sog. Superisolation) und Dämmtechnologien erreicht werden, wodurch aber Wärmebrückenprobleme bei Wand-, Fenster- und Deckenanschlüssen an Bedeutung gewinnen. Da der Anteil des Lüftungswärmeverlustes im Rahmen einer thermischen Sanierung der Bauwerkshülle wächst, besteht bei der Weiterentwicklung von z.B. lüftungstechnisch angekoppelten Bauwerksteilen wie "Vorgehängte hinterlüftete Fassaden" noch Handlungsbedarf, um in Verbindung mit der HLK Zu- und Abluft intelligent über die Bauwerkshülle zu führen, ohne die Prinzipien der Luftdichtheit zu verletzen.

Wärmedämmverbundsysteme, Dach- und Kellerdämmungen, Wärmeschutzfenster u.ä. sind als "konventionelle" technische Lösungen zur Wärmeschutzverbesserung bestehender Gebäude in größerem Umfang erprobt und finden zur Zeit einen immer breiteren Markt.

Für den Gebäudebestand sollte jedoch der Anforderungskatalog an diese Systeme, falls sie Solarenergienutzung beinhalten, dahingehend erweitert werden, daß sie:

- eine gute architektonische Integration ermöglichen (Gestaltungsvielfalt, Anpaßbarkeit an unterschiedliche Gebäudecharaktere, kombinierbar mit konventionellen Hüllflächensanierungen),
- eine gute konstruktive Integration ermöglichen (Befestigung, Anschlüsse an Nachbarbauteile, Aufnahme von Fassadenumregelmäßigkeiten, Flexibilität in den Abmessungen etc.).

Für den Gebäudebestand fehlen Lösungen, die einfach aufgebaut und kostengünstig sind (Verzicht auf aufwendige technische Lösungen mit maximaler Effizienz, dafür Optimierung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses). Vor allem für Typenbauten sollen "solare Sanierungen" noch erprobt und demonstriert werden, da die bautechnischen und bauphysikalischen Probleme aufgrund der Gebäudegröße und -konstruktion wesentlich komplexer sind als bei konventionell errichteten Bauten (wie schlechter Wärmeschutz der Außenwände mit k-Werten um $1,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, thermische Belastung rißgeschädigter Außenwand, Dehnungsreserven, Oberflächenunebenheiten). Weiterhin ist aufgrund der Gebäudetypisierung eine breite Anwendbarkeit von Musterlösungen gegeben.

In diesem Zusammenhang sind zur Vermeidung von "Schäden auf höherem Niveau" Auswirkungen verstärkter Extrembelastungen (z.B. hohe Temperaturgradienten der Außenwand beim Einsatz von transparenter Wärmedämmung) oder neuartiger Materialkombinationen vertiefende Untersuchungen wert. Schließlich weisen auch hygrothermisch intakte Umfassungskonstruktionen häufig Einbrüche der Schalldämmung im Hörbereich auf, so daß die akustischen Eigenschaften unbedingt in die Leistungsbewertung der Bauwerkshülle einzubeziehen sind.

Anlagentechnik (HLK-Technik)

Generell sollten die Ergebnisse dieses Teils des Förderkonzepts

- zur Entwicklung neuer Anlagenkonzepte als mit der baulichen Hülle abgestimmte Systemlösungen,
- zur Ableitung neuer Bemessungs/Simulationsverfahren nach exakten und Näherungsmethoden (s.a Schwerpunkt 3.1),
- zur Entwicklung neuer (nutzerfreundlicher) Regelungs- und Steuerkonzepte,
- zur Ableitung von Analyse- und Diagnoseverfahren, sowohl für die Erfassung vor der Sanierung als auch zur späteren Überwachung des Sanierungserfolges,
- zur wirtschaftlichen Nachrüstung bestehender Anlagen

führen und dadurch gesamtenergetische und wirtschaftliche Betrachtungsweisen speziell für den Gebäudebestand voranbringen bzw. ermöglichen.

Es ist unter Experten unbestritten, daß für die Belange des Altbaus sowohl speziell zugeschnittene Simulationen als auch auf ein energetisch sinnvolles Betriebsverhalten abgestimmte Anlagensysteme fehlen.

Wesentlich dabei ist die

- Herausarbeitung von Sanierungs- bzw. Modernisierungsmöglichkeiten an bestehenden HLK-Anlagen,
- Entwicklung neuer HLK-Komponenten und deren Integration in bestehende HLK-Anlagen,
- Weiterentwicklung von darauf abgestimmten Gebäudemanagementsystemen.

Hierbei ist der Systemcharakter aufeinander abgestimmter Anlagentechnik und die Entwicklung kostengünstiger Anlagenvarianten in den Mittelpunkt zu stellen. Wichtig sind hierbei ganzjährige Betrachtungen unter Einbeziehung aller Energieverbraucher, da nur so Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen und Optimierungen möglich sind. So kann z.B. eine effektive Hüllsaniierung verbunden mit einer verstärkten passiven Solarenergienutzung zu einer erhöhten Kühllast im Sommer führen. D.h. an diesem Beispiel wird deutlich, daß differenzierte Untersuchungen nach Gebäudetypologien (Büro- und Geschäftshäuser, Schulen, Wohngebäude usw.) unumgänglich sind. Heizwärmebedarf, Wärmebedarf zur Trinkwassererwärmung, Kältebedarf, Elektroenergiebedarf (z.B. für Beleuchtung, Ventilatorantriebe usw.) sind im Zusammenhang zu sehen. Maßnahmen an der Gebäudehülle stehen in enger Wechselbeziehung mit der Heizungs-, Lüftungs-, Klima- und Beleuchtungstechnik.

Bei drastisch verringertem Heizwärmebedarf gibt es neue Wichtungen der Energiebedarfsanteile:

- ⇒ Lüftungswärmebedarf und Fremdeinflüsse steigen prozentual,
- ⇒ wesentlich stärkere Nutzereinflüsse,
- ⇒ steigender Anteil des Warmwasserverbrauchs (bei unsaniertem Wohngebäude 10 bis 20 %, bei wärmetechnisch sanierten Gebäuden 20 - 50 % des Gesamtwärmeverbrauchs),
- ⇒ Stromverbrauch (in Wohngebäuden ca. 10 - 15 %, in Bürogebäuden 20 - 60 %).

Speziell für den Wohnbereich kann man davon ausgehen, daß bei niedrigen Heizleistungen Heizsysteme mit partiell geringen Leistungen, feinerer Dosierbarkeit und schneller Reaktionsfähigkeit benötigt werden. Luftheizungssysteme, ihre Einsatzmöglichkeiten und Grenzen, bekommen in diesem Zusammenhang eine neue Bedeutung.

In diesem Zusammenhang ist das Betriebsverhalten (bei niedrigem Heizenergiebedarf) der Gesamtanlage - Wärmeverteilung - Heizkörpergröße und Heizkörperstandort, die Sicherung der thermischen Behaglichkeit, die optimale Anlagenregelung und Anlagensteuerung, neu zu durchdenken. Problemfelder sind hier z. B. Schnellaufheizung des Raumes bei Fensterlüftung, Nachtauskühlung, Deckung der Wärmeverluste an kühlere Nachbarräume (dieser Wärmestrom steigt bei Niedrigenergiehäusern im Vergleich zur Außenwand beträchtlich an).

In Bezug auf die Anlagenregelung sind zu berücksichtigen:

- ⇒ robuste Steuerstrategien und
- ⇒ Berücksichtigung des Nutzerverhaltens (unterschiedlich ihm Wohn- und Nichtwohnbereich).

Systeme zur kontrollierten Lüftung haben in Neubauten schon einige Verbreitung gefunden. Für bestehende Gebäude werden jedoch kostengünstige, flexible Anlagen benötigt, die nur einen geringen Platzbedarf aufweisen. Auch dezentrale Lösungen sind denkbar. Bisher sind die Stromverbräuche der Ventilatoren meist zu hoch, um befriedigende Energiebilanzen und Wirt-

schaftlichkeitswerte zu erreichen. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten müßten zu Bedarfslüftungskonzepten geführt werden mit und ohne Wärmerückgewinnung unter Berücksichtigung gestiegener Nutzeranforderungen an Schallschutz, Schutz vor allergieauslösenden Stoffen, Sicherung des Mindestluftwechsels (Dauerlüftung im Widerspruch zur fugendichten Bauweise), günstigere oder ungünstigere vertikale Durchdringung usw.

3.3 Fallbeispiele/Demonstrationsprojekte

Generelle Ansätze

Über Versuchs- und Demonstrationsbauvorhaben im Gebäudebestand sollen integrale Sanierungskonzepte, bestehend aus aufeinander abgestimmten Maßnahmen an der Gebäudehülle, der Anlagen und Regelungstechnik als "Paketlösungen" realisiert werden. Bei der Gebäudeauswahl sollen solche zu bevorzugt werden, deren Sanierung aus vielerlei anderen, nicht primär energetischen Gründen sowieso erforderlich ist. Es soll hierbei nicht um Unikate gehen, an denen alles technisch Machbare aufgezeigt wird. Es sollen ganz gezielt Beispiele geschaffen werden, deren Chancen einer Verbreitung groß sind, weil sie energetisch und wirtschaftlich effektiv sind.

Der Energieverbrauch sollte dabei soweit abgesenkt werden, wie dies unter wirtschaftlichen und Umweltaspekten möglich ist und in die Nähe einer Halbierung des Energieverbrauchs vor der Sanierung gehen.

Eine wesentliche Rolle kommt hierbei der Erarbeitung vorhabenbezogener Sanierungskonzepte zu.

In diesem Zusammenhang sind Überlagerungseffekte unterschiedlicher Maßnahmen (z.B. besserer Wärmeschutz verringert solare Heizbeiträge und umgekehrt) hinsichtlich Größenordnung und Ursachen zu untersuchen, damit Aussagen zu gegenseitigen Abhängigkeiten gemacht werden können.

Bisher zu wenig beachtet wurde auch die architektonische Verbesserung der zu sanierenden Gebäude. Gerade für die Verbreitung der energiegerechten Sanierung ist eine deutliche gestalterische Verbesserung eines der überzeugendsten Argumente. Während Sanierungslösungen auf dem freien Markt häufig mit mehr oder weniger unterschiedlichen Farb- und Musterkombinationen am Fassadendekor gearbeitet haben, waren und sind einige Demonstrationsprojekte teilweise noch zu ingenieurmäßig orientiert, um diesem Punkt die nötige Beachtung zu schenken.

Eine begrenzte aber aussagekräftige Anzahl von zu modernisierenden Altbauten sind wissenschaftlich zu begleiten, indem

- der Ausgangszustand systematisch und umfassend erfaßt,
- das Sanierungskonzept erarbeitet,

- die entsprechenden Bauarbeiten überwacht,
- das Demo-Vorhaben nach Sanierung über i.d.R. zwei Heizperioden (mit dazwischen liegender Sommerperiode) meßtechnisch verfolgt,
- das Ergebnis ausgewertet und wissenschaftlich dokumentiert wird.

Die umfassende Nutzerinformation und Erfassung des Nutzerverhaltens im Wechselspiel mit der Anlagentechnik hat eine zentrale Bedeutung. Ergebnisse aus dem BMBF-Fördervorhaben "WASTE" sollten hier Berücksichtigung finden.

Um die benötigte Demonstrations- und Weiterbildung zu erzielen, sollten die Versuchs- und Demonstrationsbauvorhaben über die Bundesländer angemessen verteilt sein. Die gegenwärtige Planung sieht ca. 25 Modellvorhaben als sinnvoll an.

Gebäudetypen

Nichtwohngebäude

Nichtwohngebäude bilden zwar vom Potential her gegenüber den Wohngebäuden den geringeren Teil (ca. 30 % des Gebäudebestandes), sie sind jedoch hinsichtlich ihres Einsparpotential sehr interessant, da sie anderen Randbedingungen unterliegen. Zum einen sind sie zu einem erheblichen Teil mit sehr komplexen HLK-Systemen (z.B. Krankenhäuser, komplexe Produktionsstätten u.ä.) ausgestattet, die bei einer Erneuerung erhebliche Einsparquoten erwarten lassen, zum anderen unterliegen sie anderen Kostenbetrachtungen als Wohngebäude. Die wirtschaftlichen Aspekte beim Betrieb derartiger Gebäude werden sehr viel intensiver behandelt, da sie einen nicht zu vernachlässigen Kostenfaktor für die Betreiber darstellen. Daher sind Betreiber derartiger Gebäude eher geneigt, Sanierungsmaßnahmen an den Gebäudehüllen und den HLK-Systemen vorzunehmen. So ist z.B. die Umsetzung von HLK-Komponenten bei diesen Gebäudetypen wesentlich höher als bei reinen Wohngebäuden.

Wohngebäude

Bei den Mehrfamilienhäusern der 60er und frühen 70er Jahre kommen Außenputz, Fenster und Haustechnik mehr und mehr an die Grenze ihrer Lebensdauer und müssen ersetzt werden. Eine Sanierungsaufgabe der nächsten Zukunft bleibt sicher weiterhin die Modernisierung der Typenbauten in den neuen Bundesländern. Wegen des großen Bestandes von über 2 Mio. Wohneinheiten wird auch bei reger Bautätigkeit voraussichtlich ein Zeitraum von 15 - 30 Jahren für die nachhaltige Sanierung des Gesamtbestandes benötigt werden.

Eine besondere Gebäudekategorie stellen die Einfamilien-, Reihen- und Doppelhäuser dar. Sie machen einen Anteil von 15 % (Einfamilienhäuser) bzw. rd. 40 % (Reihen- und Doppelhäuser) der Gesamtwohnfläche (alte Bundesländer) aus. Diesen insgesamt 55 % entspricht ein Anteil von rd. 37 % in den neuen Bundesländern. Hier sind Besonderheiten zu beachten, da vollstän-

dige Sanierungen relativ hohe Kostenbelastung für den Bauherrn bedeuten, die er auf niemanden umlegen kann.

3.4 Umsetzungsmaßnahmen - Übertragung in die Ausbildung

Wie im Neubaubereich gilt auch für den Bestand, daß die Ergebnisse aus Untersuchungen und Forschungsprojekten sich nur sehr langsam verbreiten. Deshalb soll die Einbindung von Hochschulen in entsprechende Förderprojekte die Übernahme neuester Erkenntnisse in die Lehre beschleunigen. Das gleiche gilt auch für eine weitergehende Veröffentlichungspflicht als bisher üblich. Hierbei ist z. B. an die Erstellung eines Projektvideos, einer Homepage "Energiegerechte Sanierung" im Internet sowie die bedarfsgerecht aufbereitete Veröffentlichungspflicht in Fachzeitschriften gedacht.

Desweiteren sollen Bundeshandwerkskammer und die einschlägigen Landesinnungsmeister laufend über die Ergebnisse und Erfahrungen (unterlegt mit Fotos, Baubeschreibungen, Kosten- und Wirtschaftlichkeitsdaten) des Förderkonzepts unterrichtet werden.

12. Innovative Systeme und optimierte Techniken zur energetischen Gebäudesanierung beim bayrischen Vorhaben ISOTEG

Andreas Beck und Jochen Fricke

Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern), Würzburg

1. Einleitung

Die Enquêtekommision des Deutschen Bundestages zum Schutz der Erdatmosphäre fordert als langfristige Klimavorsorge eine Senkung der CO₂-Emissionen um 80 % bis zum Jahr 2050 bezogen auf die CO₂-Emission von 1990 (1015 Mio. t pro Jahr). Dieses Ziel ist nur realisierbar durch eine drastische Verminderung des Einsatzes fossiler Energieträger und den Ausbau der Nutzung regenerativer Energien. Im Sinne dieser Zielvorstellung hat die Bundesregierung am 11. Dezember 1991 beschlossen, die deutschen CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005 um 25 % zu reduzieren.

Der Freistaat Bayern geht über diese Zielsetzung hinaus. So hat der Bayerische Ministerpräsident in der Regierungserklärung vom 8. Dezember 1994 proklamiert, "bis zum Jahr 2000 in Bayern 13 Prozent der Energie aus regenerativen Energien, davon 5 Prozent aus Biomasse" bereitzustellen. Zur Umsetzung wurden die "Umweltinitiative Bayern" ins Leben gerufen, das Programm "Rationellere Energiegewinnung und -verwendung" sowie die "Breitenförderung solarthermische Anlagen und Wärmepumpen" initiiert und über Teile der Privatisierungserlöse finanziert.

Eine Analyse der deutschen Energiestatistik 1995 (Bild 1) zeigt, daß der Bedarf an Raumheizwärme mit einem Drittel zum Endenergieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland beiträgt. Addiert man die Energiebedarfsarten Raumheizwärme (33,3 %), Prozeßwärme für Warmwasserbereitung (7,9 %) und Beleuchtung (1,8 %) in den Endenergiesektoren Haushalte / Kleinverbraucher (AG Energiebilanzen, RWE Energie AG/Essen, IFE/TU München) so errechnen sich 43 % des Endenergiebedarfs. Diesem Energiebedarf von 43 % im Gebäudebereich entsprechen ca. 30 bis 35% der deutschen CO₂-Emissionen.

Die interministerielle Arbeitsgruppe „CO₂-Reduktion“ und die Wirtschaftsforschungsinstitute ifo/München und RWI/Köln haben das mit gängigen Techniken realisierbare CO₂-Einsparpotential im Gebäudebestand mit etwa 135 Mio. Tonnen pro Jahr abgeschätzt. Das entspricht einer Reduktion des CO₂-Ausstoßes von 1990 um 13,3 %. Die Umsetzung der dabei ins Auge gefaßten Maßnahmen reicht also bei weitem nicht aus, um die mittelfristig beschlossenen und langfristig angestrebten CO₂-Emissionsminderungen zum Klimaschutz zu erreichen. Eine spürbare Reduktion des Energiebedarfs im Gebäudebereich sowie der damit verbundenen Verringerung der CO₂ - Emissionen in einem Zeitraum von wenigen Jahrzehnten setzt also neuen Techniken und den verstärkten Einsatz regenerativer Energien voraus. Da

nur ca. ein Prozent des Gebäudebestands pro Jahr neu gebaut wird, muß vor allem eine konsequente und innovative energietechnische Sanierung des Gebäudebestandes forciert werden.

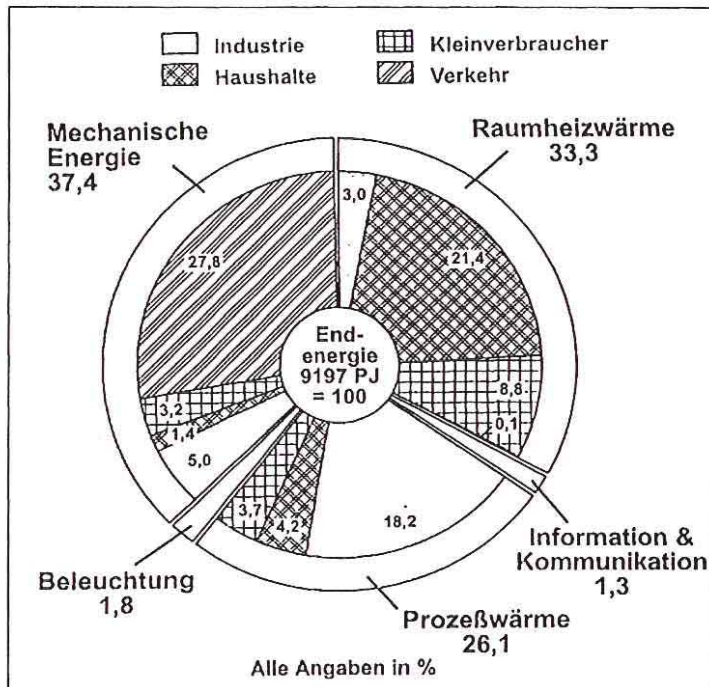


Bild 1: Aufteilung des Endenergieverbrauchs auf Bedarfsarten und Verbraucher in Deutschland 1995 [AG Energiebilanzen, RWE Energie AG/Essen, IFE/TU München, 1996]

Derzeit ist die energietechnische Verbesserung bei der Gebäudesanierung leider oft nicht vorrangig. Meist stehen die Behebung von Bauschäden und Maßnahmen zur Steigerung des Marktwertes an erster Stelle. Um eine nachhaltige Energieversorgung zu realisieren, müssen deshalb in Zukunft Konzepte zur Reduktion des Energiebedarfs zu einem zentralen Anliegen der Sanierungen im Baubestand werden. Diese Änderung der Prioritäten stellt neue Anforderungen an die angewandten Techniken und Planungsverfahren, für die es bisher keine standardisierten Lösungen gibt.

Das Bayerische Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) hat sich das Ziel gesetzt, neue Wege für eine Energieversorgung im Gebäudebereich aufzuzeigen und technisch realisierbar zu machen. So sollen die

- Steigerung der Effizienz bestehender Energietechniken, d.h. die rationelle Energieanwendung,

- und die Einkopplung natürlicher in technische Energieflüsse, d.h. die Nutzung solarer / regenerativer Energiequellen.

Um die Energieeinsparpotentiale im Gebäudebestand durch neuartige Techniken auszuloten, hat das ZAE Bayern gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung, im Rahmen einer von der Bayerischen Forschungsstiftung geförderten Machbarkeitsstudie neue Ansatzpunkte und Lösungswege aufgezeigt.

Für die technische Umsetzung der in der Machbarkeitsstudie ausgearbeiteten Maßnahmenpakete haben sich das ZAE Bayern und kompetente Partner aus Industrie und Forschung zu dem hier vorgestellten Verbundprojekt Innovative Systeme und Optimierte Techniken zur Energetischen Gebäudesanierung (ISOTEG) zusammengeschlossen. Mit dem industrienahen, in der angewandten Energieforschung angesiedelten Projekt ISOTEG soll durch die Entwicklung innovativer Komponenten und Systeme wesentlich zur Erreichung der klimapolitischen Zielvorgaben der Bundesregierung und des Freistaats Bayern beigetragen werden.

ISOTEG wurde im August 1998 von der Bayerischen Forschungsstiftung mit einem Projektvolumen von knapp 13 Mio. DM bewilligt. Die Projektlaufzeit beträgt drei Jahre. Im folgenden werden wichtige Ziele sowie Projektstruktur und -Inhalte dargestellt.

2. Zielsetzung

Das ZAE Bayern hat sich gemeinsam mit über 60 Partnern aus Industrie und Forschung das Ziel gesetzt, durch Entwicklung innovativer Systeme und optimierter Techniken für die energetische Gebäudesanierung dazu beizutragen, daß die Reduktion des Energiebedarfs und der Einsatz von regenerativen Energiequellen zu einer zentralen Zielgröße bei der Bestandssanierung wird. Im Rahmen dieser programmatischen Zielsetzung definierten Architekten, Bauträger, Energieversorger, Informationsvermittler, Ingenieure, Komponentenhersteller und Wissenschaftler das Verbundprojekt ISOTEG, siehe auch <http://www.isoteg.de>. In interdisziplinärer Zusammenarbeit bestimmten sie vier Zielqualitäten für die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten:

1. Das technische Potential zur energetischen Optimierung des Gebäudebestandes muß vergrößert werden. Neue Komponenten und Systeme zur Reduktion des Energiebedarfs und zur umweltschonenden Deckung des verbleibenden Energiebedarfs sollen hierzu entwickelt und optimiert werden.
2. Das wirtschaftliche Potential zur Umsetzung der technischen Möglichkeiten muß erweitert werden. Hierzu sind neue Formen des Energiemanagements bei der Bewirtschaftung und der Sanierung von Gebäuden zu entwickeln. Facility-Management-Systeme, Integrale Planungsmethoden sowie Planungshilfen und Informationssysteme sollen Hemmnisse bei der Umsetzung ökonomisch und technisch sinnvoller Maßnahmen überwinden.
3. Die Akzeptanz für energieoptimierende Sanierungsmaßnahmen muß erhöht werden. Durch Demonstration und Evaluierung innovativer Maßnahmen an konkreten Sanierungsobjekten

in verschiedenen Phasen sollen technische Zuverlässigkeit, energietechnische Zweckmäßigkeit und ökonomische Machbarkeit dokumentiert werden.

- Das Zusammenwirken unterschiedlicher Disziplinen ist zu intensivieren. Die spezifischen Beiträge aus Architektur, Bauwesen, Energiewirtschaft, Forschung, Informationswesen, Planungswesen und dem produzierenden Sektor müssen aufeinander abgestimmt werden. Dies sowohl innerhalb des Projektes **ISOTEG** als auch in der Außenwirkung zu gewährleisten, ist Aufgabe des interdisziplinären Projektmanagements.

3. Strategie und Struktur

Durch seinen Themenschwerpunkt "Solare Technik und Rationelle Energienutzung in Gebäuden" trägt das ZAE Bayern mit zahlreichen Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekten dazu bei, den fossilen Energiebedarf von Gebäuden zu reduzieren. So wurden in dem, von der Bayerischen Forschungsförderung geförderten Projekt "Solar gestützte Energieversorgung von Gebäuden" (**SOLEG**) wesentliche Neuentwicklungen für den Neubaubereich (z.B. für solare Nahwärmanlagen mit saisonaler Speicherung) erfolgreich vorangetrieben.

Parallel zu **SOLEG** haben in der, ebenfalls von der Bayerischen Forschungsförderung geförderten Studie "Einsatz innovativer Techniken bei der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes", die Partner Ebert-Ingenieure, Forschungsstelle für Energiewirtschaft, Lehrstuhl Prof. Herzog, Münchner Gesellschaft für Stadterneuerung und ZAE Bayern die Grundlagen für die Definition des Projektes **ISOTEG** erarbeitet.

Entsprechend seiner Zielsetzung wird das Verbundprojekt **ISOTEG** getragen von den vier Säulen Komponentenentwicklung, Energiemanagement, Demonstration und Projektkoordination:

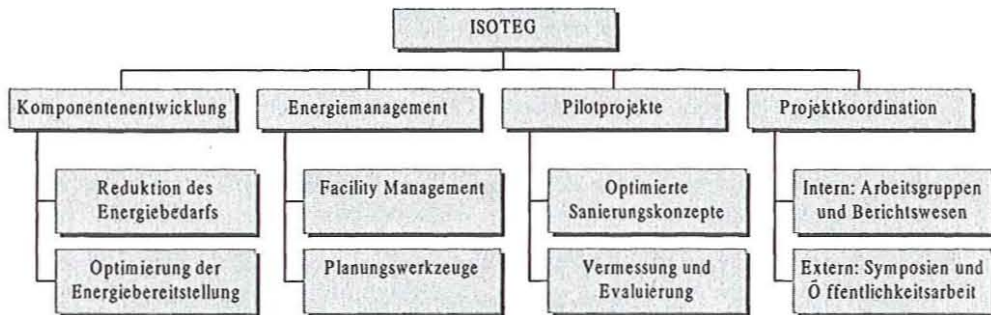


Bild 2: Projektstrukturplan ISOTEG

In der Komponentenentwicklung werden die technischen Möglichkeiten zur Reduktion und zur umweltschonenden Deckung des Energiebedarfs im Gebäudebestand erweitert. Die Ein-

bindung dieser Komponenten und anderer innovativer Ansätze in den Planungsprozeß sowie Methoden zur energiesparenden Bewirtschaftung des Gebäudebestandes sind Gegenstand des Projektbereichs Energiemanagement. Zur Überwindung von Hemmnissen bei der Umsetzung ökonomisch und technisch sinnvoller Maßnahmen werden diese neuen Komponenten, Planungsmethoden sowie Informations- und Energiemanagementsysteme an konkreten Sanierungsobjekten eingesetzt und evaluiert. Durch den Nachweis ihrer technischen Zuverlässigkeit, energietechnischen Zweckmäßigkeit und ökonomischen Machbarkeit in Demonstrationsprojekten sollen Vorurteile entkräftet und die Akzeptanz für energieoptimierende Sanierungsmaßnahmen erhöht werden. Das hierfür erforderliche optimale Zusammenspiel der Projektbereiche, die Kommunikation zwischen den Projektpartnern, die Präsentation der Ergebnisse und die effiziente Zusammenarbeit mit anderen FuE-Projekten wird durch die Projektkoordination gewährleistet.

4. Komponentenentwicklung

Die Projektpartner aus dem produzierenden Sektor werden gemeinsam mit dem ZAE Bayern neue Komponenten konzipieren, Labor- und Funktionsmodelle untersuchen, Prototypen anfertigen und in Demonstrationsprojekten zur Evaluierung einsetzen. Im Rahmen der Studie "Einsatz innovativer Techniken bei der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes" wurden folgende Entwicklungen als erfolgversprechend identifiziert und dementsprechend in ISOTEG aufgenommen:

A) Komponenten zur Reduzierung des Energiebedarfs

- Lichtlenkende und wärmedämmende Verglasungen aus modifizierten Kapillarplatten,
- Lichtstreuende Aerogelverglasungen auf der Basis eines Verbundwabensystems,
- Regelung von Sonnenschutzvorrichtungen zur blendfreien Nutzung von Tageslicht,
- Temporärer Wärme- und Sonnenschutz von Fenstern,
- Manipulatoren im Außenwandbereich mit wärmedämmenden und weiteren Funktionen.

B) Komponenten zur umweltschonenden Deckung des verbleibenden Energiebedarfs

- Transparente Wärmedämmungen auf Glasbasis,
- Solarenergienutzung mit schaltbarer Wärmedämmung (SWD),
- Fassadenluftkollektoren mit integrierter Wärmerückgewinnung,
- Entwicklung eines modularen Fassadenkollektors zur Warmwasserbereitung,
- Latentwärmespeicher für Durchlauferhitzer zur Warmwasserbereitung,
- Einsatz von abgasarmen Biomassefeuerungen im Gebäudebestand.

Ausgehend von den Ergebnissen an Labormodellen, Funktionsmodellen und Prototypen werden energetische Kennzahlen für den Einsatz der Komponenten bei der Gebäudesanierung

ermittelt. Anhand der praxisorientierten Kennzahlen werden die entwickelten Komponenten in den Planungsprozeß eingebunden. Mit der jeweils erforderlichen Genauigkeit werden sie in die einzelnen Teile des Projektbereichs Energiemanagement aufgenommen und dokumentiert, um so erzielbare Einsparpotentiale für Anwendungen zu quantifizieren und dem Fachpublikum die notwendigen Informationen zur Verfügung zu stellen.

Im folgenden werden die Projekte „Regelung von Sonnenschutzvorrichtungen“, „Transparente Wärmedämmung auf Glasbasis“ und „Solarenergienutzung mit schaltbarer Wärmedämmung“ ausführlicher dargestellt.

4.1 Sonnenschutzvorrichtungen zur blendfreien Nutzung von Tageslicht

Projektziel

Ziel ist die Entwicklung eines Regelalgorithmus zur Optimierung einer Systemkombination, bestehend aus einer kommerziell erhältlichen Lichttransportjalousie verknüpft mit einer modernen, steuerbaren Beleuchtungsanlage. Die Regelung soll dabei ganzjährig einen optimalen Tageslichteintrag erzielen und gleichzeitig die Blendfreiheit am Arbeitsplatz gewährleisten. Bei nicht ausreichender Beleuchtungsstärke im Raum wird das gewünschte Niveau durch regeln der künstlichen Beleuchtung erreicht.

Problemstellung

An sonnenorientierten Fassaden von Bürogebäuden ist der Einsatz von Sonnenschutzvorrichtungen unabdingbar, um eine Blendung der Mitarbeiter bei direkter Sonneneinstrahlung zu vermeiden. Dazu werden meist bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen wie außen- oder innenliegende Jalousien verwendet. In der Praxis zeigt sich, daß die unzureichende Regelbarkeit des Lichtdurchlasses von Fenstern - der Einsatz von Blend- und Sonnenschutz erzwingt paradoxerweise häufig das Einschalten des Kunstlichts - dazu führt, daß gerade in den Sommermonaten ein erhöhter Energieverbrauch für künstliche Beleuchtung auftritt, obwohl während dieser Zeit ein ausreichendes Tageslichtangebot zur Raumbeleuchtung zur Verfügung stünde. Der Grund hierfür ist eine den solaren Einstrahlungsverhältnissen nicht angepaßte Bedienung der Sonnenschutzsysteme. Verschiedene Studien zeigen, daß eine optimierte Tageslichtnutzung durch manuelle Steuerung nur in geringem Maße erfolgt.

Stand der Technik

Bisher erhältliche automatische Steuerungen zur Ausrichtung der Sonnenschutzsysteme verfolgen ausschließlich den Aspekt Blendschutz, indem sie die Lamellen immer senkrecht zur einfallenden Sonnenstrahlung nachführen. Einige Systeme arbeiten sogar ohne eine Messung der Außenbeleuchtungsstärke und gründen ihre Regelung auf eine berechnete Sonnenposition. Das führt dazu, daß auch bei bedecktem Himmel die Jalousien abschnitten und Tageslichteintrag verhindern. Die Aspekte visueller Kontakt zur Außenwelt, Energie- und Tageslichteintrag sowie -verteilung werden bisher in Regelungen nicht berücksichtigt. Dies führt dann in

der Regel zum Ausschalten der Systeme bzw. zum oben genannten Fehlverhalten der Nutzer, was einen erhöhten Beleuchtungsenergiebedarf und ungünstige Arbeitsbedingungen nach sich zieht. Die zunehmende Ausstattung von Bürogebäuden mit Bussystemen (LON/EIB) erlaubt in Kombination mit verschiedenartigen Sensoren für Temperatur, Feuchte, Bewegung, etc. diverse Steuerungs- und Regelfunktionen in Heizungs- und Klimaanlage zu implementieren. "Domotik" und "das intelligente Haus" stehen in diesem Zusammenhang für eine Technologie, die in absehbarer Zeit auf eine die Umwelt schonende Weise zu mehr Komfort und Lebensqualität führen kann.

Im Gegensatz zu den Heizungs- und Klimaanlage fehlen für die Steuerung von Systemen zur Tageslichtnutzung bzw. Sonnenschutz in Kombination mit künstlicher Beleuchtung noch geeignete Regelungsstrategien, um die verschiedenen am Markt verfügbaren Techniken unter energetischen und ergonomischen Gesichtspunkten bestmöglich zusammenzuführen.

Lösungskonzept

Vor der Entwicklung geeigneter Regelungsalgorithmen müssen wichtige Systemparameter wie die optische Eigenschaften der Jalousie und der Verglasung, die Raumgeometrie, die Lichtausbeute und die Beleuchtungsstärkeverteilung der künstlichen Beleuchtungsanlage sowie der Nutzeranforderungen analysiert werden. Hierzu besitzt das ZAE Bayern umfangreiches Know-how und eine entsprechende meßtechnische Ausstattung, bestehend aus mehreren optischen Spektrometern, Meßeinrichtungen zur Analyse der Tageslichtverteilung, zwei baugleichen Büroräumen für Tageslichtuntersuchungen und Planungsinstrumente (Software und Algorithmen) zur lichttechnischen Bewertung von Beleuchtungsanlagen.

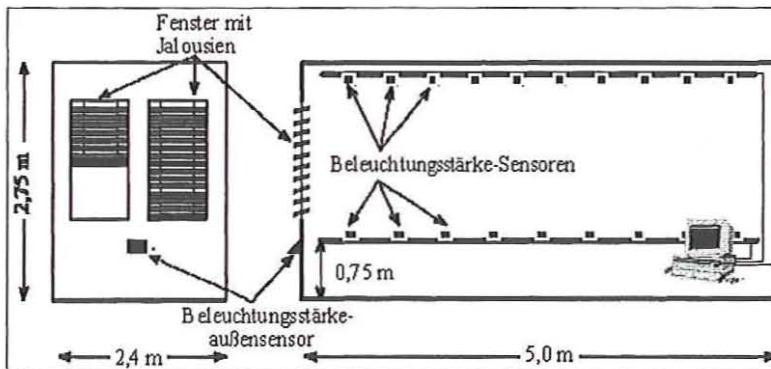


Bild 3: Tageslichtmeßraum des ZAE Bayern

Die für diese Untersuchung verwendete Lichttransport-Jalousie ist speziell für den Innenbereich konstruiert, besonders für Kastenfenster und Doppelfassaden. Die Lamellenoberseite ist

hochglänzend und ermöglicht so eine gezielte Lichtlenkung und gleichmäßige Lichtverteilung im Raum. Die Unterseite ist grau diffus beschichtet, um Blendung der Raumnutzer durch mehrfach reflektierte Sonnenstrahlung zu vermeiden. Dabei sorgt der obere Teil der Jalousie für die Lichtlenkung und der untere Teil gewährleistet den geforderten Blendschutz.

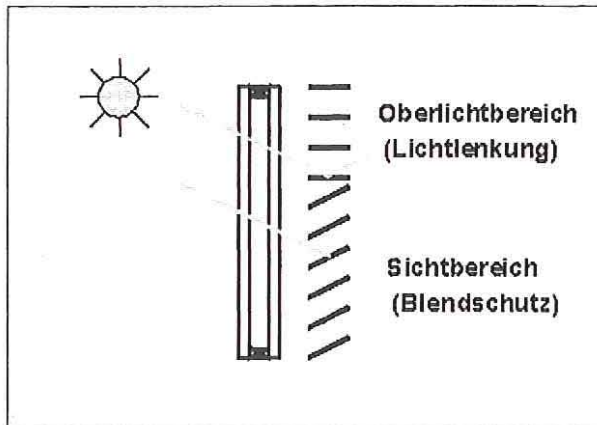


Bild 4: Doppelbehang mit Lichtlenklamelle

Basierend der ermittelten Datengrundlage werden unter Verwendung von Fuzzy-Control Regelungsalgorithmen entwickelt, die das Zusammenspiel der unterschiedlichen Systemkomponenten unter den jeweiligen Randbedingungen (Nutzergewohnheiten, Gebäudespezifikationen, Wetter und Sonneneinstrahlung etc.) optimieren. Anforderungen an die Regelung sind neben Tageslichtnutzung und Blendfreiheit, ein möglichst guter visueller Kontakt zur Außenwelt, insbesondere ein geringer sommerlicher Wärmeeintrag sowie die Unterstützung der Raumheizung im Winter durch passive Sonnenenergienutzung. Transparente Wärmedämmung auf Glasbasis

4.2 Transparente Wärmedämmung

Projektziel

Entwicklung einer farblich attraktiven, kostengünstigen und überhitzungssicheren transparenten Wärmedämmung.

Problemstellung und Stand der Technik

Unter "Transparente Wärmedämmmaterialien" (TWD) versteht man Materialien, die eine niedrige Wärmeleitfähigkeit mit einem hohen Transmissionsgrad für Solarstrahlung verbinden. Bei einer transparent wärme gedämmten Außenwand befindet sich ein TWD-Element vor einer massiven Wand, auf die eine Absorberschicht aufgebracht ist. Durch die transparente

Wärmedämmung trifft ein Teil der einfallenden Sonnenstrahlung auf die Absorberschicht und erwärmt diese. Wegen der thermischen Isolationswirkung des TWD-Materials werden die Wärmeverluste nach außen reduziert; ein Teil der absorbierten Sonnenenergie fließt ins Hausinnere und trägt dort zur Raumerwärmung und damit zur Verminderung des Heizwärmebedarfs bei. Im Gegensatz zu opaken Wärmedämmungen werden nicht nur die Transmissionswärmeverluste vermindert sondern auch Energiegewinne erzielt. Der Wärmeeintrag in den angrenzenden Innenräume erfolgt dabei über physiologisch als angenehm empfundene Wärmestrahlung. Die Nutzbarkeit der so erzielten Sonnenenergie ist sowohl im Winter als auch gerade in den Übergangszeiten hoch, da der Wärmeeintrag über die massive Gebäudewand erst mit einer Zeitverzögerung von mehreren Stunden gegenüber der Sonneneinstrahlung erfolgt, das heißt am Abend und in der Nacht. Ein Ablüften der Sonnenenergie in den Übergangszeiten, wie es bei nach Süden orientierten großen Fensterflächen notwendig ist, wird hierdurch merklich vermindert.

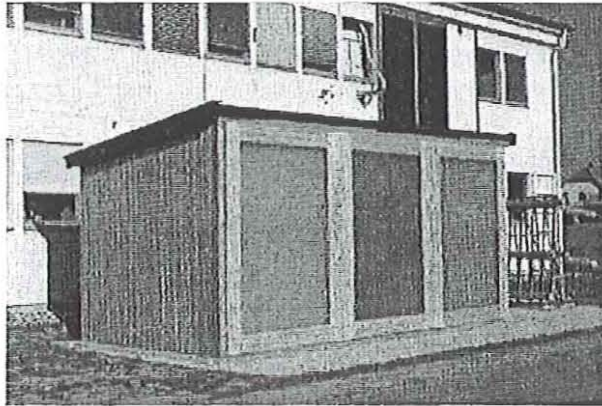


Bild 5: TWD-Meßstand des ZAE Bayern. Man erkennt den blauen (links und rechts) und schwarzen (Mitte) Absorberputz der verschiedenen TWD-Felder.

Idealerweise werden TWD-Systeme auf von Südosten bis nach Südwesten orientierten Fassaden angebracht. Anhand von verschiedenen Demonstrationsprojekten konnten solare Gewinne von 50 bis 150 kWh pro Quadratmeter TWD-Fläche und Heizperiode nachgewiesen werden. Typische TWD-Materialien sind Kapillar- oder Wabenplatten aus Glas oder Kunststoff, Mehrscheiben-Verglasungen oder Aerogelgranulat-gefüllte Verglasungen.

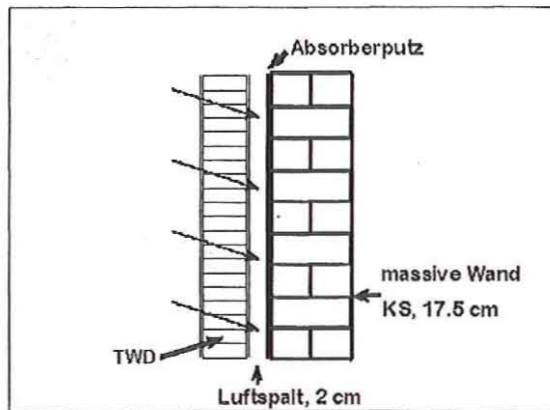


Bild 6: Schematischer Aufbau einer typischen TWD-Fassade (z.B. Meßstand des ZAE Bayern, KS = Kalksandstein).

Die TWD eignet sich in besonderer Weise zur energetischen Altbausanierung, da die erforderlichen baulichen Voraussetzungen, die an den Einsatz von TWD geknüpft sind, häufig erfüllt sind:

- Außenwand in monolithischer Konstruktion mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten größer $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Schwere Bauweise mit hohem Anteil an wärmespeicherndem Material
- Relativ schlechter Wärmeschutz des Gebäudes, dadurch hohe Nutzbarkeit von Solargewinnen
- Südorientierte Fassade (max. Abweichung etwa 45° zur Südorientierung) ohne Verschattung durch umliegende Gebäude.

Probleme bei Nutzung derzeitiger TWD-Systeme

Bei den bisher entwickelten TWD-Systemen treten Probleme auf, die eine weitergehende Verbreitung behindern:

- Aufgrund der Wirkungsweise sammeln die TWD-Fassaden auch außerhalb der Heizperiode große Mengen an Energie. Um eine Überhitzung der Innenräume zu vermeiden, müssen geeignete Abschattmaßnahmen getroffen werden. Bei derzeitigen TWD-Systemen ist das Problem der sommerlichen Überhitzung noch unzureichend gelöst: Entweder werden wartungsaufwendige und teure Abschattsysteme in Form von Rollos oder Jalousien eingesetzt oder eine Beschränkung auf einen Bruchteil der möglichen Flächen wird in Kauf genommen. Thermotrope (temperaturabhängig selbstregelnde) optische Schichten befinden sich zwar in Entwicklung, sind aber noch nicht marktreif.
- Durch die aufwendigen Fassadenkonstruktionen und Abschattungen sind die Kosten von TWD-Fassaden mit 500 bis $1500 \text{ DM}/\text{m}^2$ sehr hoch.

- Viele Architekten und Planer schrecken neben den hohen Kosten auch aus einem anderen Grund davor zurück, transparente Wärmedämmung in größerem Umfang einzusetzen: Mit TWD lassen sich bisher keine farblich attraktiven, dekorativen Fassadenoberflächen entwerfen - weder mit Pfosten-Riegel-Konstruktionen noch mit Elementen, die in Putzen oder Wärmedämm-Verbundsystemen eingebunden sind.

Lösungsvorschläge

Um die oben beschriebenen Problempunkte bei der Integration von transparent wärmege-
dämmten Fassadenelementen zu überwinden, sollen neue Wege der farblichen Gestaltung der
Abdeckschichten und der als Absorber wirkenden Putze, der Vermeidung von sommerlicher
Überhitzung durch winkelselektiv wirkende Abdeckschichten oder feststehende Abschattvor-
richtungen sowie der Reduktion der Systemkosten sucht werden.

Die Themen der F&E-Aktivitäten sind im einzelnen:

- Geometrischer Sonnenschutz
- Deckschicht mit winkelabhängigem Transmissionsgrad
- Farblich gestaltbare Absorberschicht
- Kostenreduktion durch:
 - einfachere Schnitttechnik,
 - neuartigen Glasabschluß,
 - einfacheren Modulaufbau (preisgünstigere Montage)
- Einbinden von Glasröhrchen-TWD in konventionelle Wärmedämm-Verbundsysteme
- Gezielter Einsatz von TWD zur Sanierung von Wärmebrücken

4.3 Solarenergienutzung mit Schaltbarer Wärmedämmung (SWD)

Problemstellung

Wie schon im vorangegangenen Abschnitt dargestellt wurde, eignet sich eine transparente
Wärmedämmung gut zur solaren Energiegewinnung während der Heizperiode. Probleme lie-
gen bei bisher üblichen Systemen in der Vermeidung einer sommerlichen Überhitzung. Bei
der nachträglichen Installation von TWD im Baubestand erschwert die recht großen System-
dicke von typischerweise 10 cm den Einsatz. Aufgrund ihrer Konstruktion erreichen bisherige
TWD-Elemente nicht die im Baubereich geforderten k-Werte von $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und niedriger,
sondern liegen eher im Bereich $0,8$ bis $2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, so daß nachts oder bei trübem Winter-
wetter die Wärmeverluste deutlich größer sind als bei einer konventionellen, opaken Däm-
mung.

Lösungsansatz

Um diese Probleme zu vermeiden, soll eine neuartige Technik zur thermischen Nutzung von
Solarenergie in Gebäuden entwickelt und untersucht werden, die sich in erster Linie für die
Sanierung schlecht wärmege-
dämmter Altbauten eignet. Es handelt sich um eine schaltbare

Wärmedämmung (SWD)¹, deren Wärmeleitfähigkeit etwa um einen Faktor 50 variiert werden kann. Das schaltbare Modul absorbiert die hinter einer transparenten Wärmedämmung (TWD) ankommende Solarstrahlung und kann die Wärme je nach Schaltzustand weiterleiten oder vom Mauerwerk fernhalten. In der kalten Jahreszeit wird bei ausreichender Sonneneinstrahlung das Modul auf Wärmedurchlaß geschaltet, so daß die absorbierte Energie als nutzbare Wärme ins Mauerwerk fließen kann. Zu allen anderen Zeiten wirkt die schaltbare Wärmedämmung als höchst effektive Isolation der Gebäudehülle.

Stand der Technik

Die Ausführung der schaltbaren Wärmedämmung basiert auf Vakuum-Isolationspaneelen (VIP), die bereits seit einigen Jahren Bauteile auf dem Markt sind. Solche Paneele bestehen aus zwei Abdeckblechen oder -folien und einer Füllung aus Glasfasern oder Pulvermischungen, die den atmosphärischen Belastungsdruck aufnimmt. Derzeitige Einsatzgebiete sind beispielsweise Bordwände von Kühlfahrzeugen in Größen von mehreren Quadratmetern oder thermische Isolation von Kühlgeräten. Die Wärmeleitfähigkeit von Vakuumdämmpaneelen liegt im Bereich von $(3-8) \cdot 10^{-3}$ W/(m K), abhängig von der Füllung des Paneels und vom erreichten Enddruck. Solche Vakuumdämmpaneele werden schon heute industriell hergestellt bzw. sind in verschiedenen Projekten in Entwicklung.

Firma Owens-Corning, USA, entwickelte evakuierte Dämmpaneele mit einer Umhüllung aus dünner Edelstahlfolie und einer Füllung aus Glasfasermaterial. Firma Thyssen Vakuum-Isolationstechnik, Emden, stellt Vakuumdämmelemente in Größen bis 3×7 m² her. Damit werden Aufbauten von Kühlfahrzeugen und Ladebordwandplatten höchst effektiv isoliert. In der Entwicklungsphase befinden sich Vakuumdämmpaneele, die vom ZAE Bayern im Rahmen eines EU-Projektes mit Partnern aus den Niederlanden, Belgien und Deutschland konzipiert wurden. Die hergestellten Prototypen weisen deutlich geringere thermische Randverluste auf als die oben vorgestellten Vakuumdämmpaneele. Zur Zeit wird ein Nachfolgeprojekt bei der EU beantragt, in dem vor allem die Umsetzung in eine industrielle Herstellung erprobt werden soll.

- Die Variation der Wärmeleitfähigkeit in der SWD beruht auf folgendem Prinzip: Man nutzt die für ein Gas äußerst hohe Wärmeleitfähigkeit des Wasserstoffs, die unter Normbedingungen 0.170 W/(m K) beträgt. Das Fluten des Paneelinneren mit Wasserstoff bis zu einem gewissen Gasdruck ermöglicht es, die extrem niedrige Wärmeleitfähigkeit des evakuierten Paneels bis um einen Faktor 50 zu erhöhen. Um im Paneel Wasserstoff bereitzustellen und wieder zu binden, bedient man sich einer Hydrid-Getters. Es gibt mehrere Übergangsmetalle, die mit Wasserstoff Einlagerungsverbindungen eingehen. So ist z.B. Palladium imstande, das 900-fache seines Volumens an Wasserstoff atomar einzulagern. Die Reaktion läuft so ab, daß das Metallhydrid bei Erhitzung auf etwa 400°C den Wasserstoff freisetzt und ihn bei Temperaturen unterhalb von 200°C komplett reabsorbiert. Im Paneel wird ein Behälter mit wenigen Gramm Metallhydrid installiert und mit einer Hei-

¹ Deutsches Patent Nr. 19647567.

zung (ein entsprechender Heizwiderstand) versehen. So kann die Wärmeleitfähigkeit des gesamten Paneels durch Heizen oder passives Abkühlen des Getterstoffs in weiten Grenzen variiert werden. Dieser Vorgang ist im Prinzip beliebig oft reversibel. Metallhydride wurden schon erfolgreich als Gettermaterial in der Vakuumtechnik und als Evakuierhilfe (Verdrängen der Restgase durch Wasserstoff und anschließende Readsorption des Wasserstoffs) verwendet.

Mit einem nach diesem Konzept am ZAE Bayern aufgebauten ersten Prototyp einer SWD (Paneelfläche $60 \times 60 \text{ cm}^2$) konnte nachgewiesen werden, daß eine elektrische Leistung von $5/\text{m}^2 \text{ W}$ zur Erzeugung und Erhaltung der Arbeitstemperatur im Metallhydridbehälter ausreichend war. Es ist also davon auszugehen, daß die elektrische Schaltleistung für den wärmeleitenden Betriebszustand auf wenige Watt pro Quadratmeter Paneelfläche begrenzt werden kann. Weitere Versuche zeigten, daß die Schaltzeiten der schaltbaren Wärmedämmung bei etwa 10 Minuten für das Umschalten von isolierend auf wärmeleitend (Hilfsheizung ein) und bei etwa 20 Minuten zum Umschalten von wärmeleitend auf isolierend liegen können. Die prinzipielle Machbarkeit des Konzeptes der schaltbaren Wärmedämmung ist damit gezeigt.

Solarenergienutzung mit der schaltbaren Wärmedämmung

Zur thermischen Nutzung der Solarenergie kann die schaltbare Wärmedämmung mit einer üblichen transparenten Wärmedämmung kombiniert werden. Da die Wärmedämmung im passiven Zustand extrem hoch ist, reicht es jedoch auch aus, die übliche transparente Wärmedämmung, wie in Bild 7 gezeigt, durch eine einzelne Glasscheibe zu ersetzen: An der massiven, nach Süden ausgerichteten Wand wird das schaltbare Wärmedämmpaneel geeignet befestigt, die Glasscheibe wird in einem Abstand von 5 bis 15 mm davorgesetzt und ebenfalls durch eine entsprechende Konstruktion mit der Wand fest verbunden. Die Oberfläche des schaltbaren Dämmpaneels dient als Absorber. Um Wärmeverluste der absorbierten Solarstrahlung zur Umgebung hin zu verringern, wird entweder die Innenseite der Glasscheibe mit einer transparenten, jedoch die Wärmestrahlung reflektierenden Beschichtung wie bei einer handelsüblichen Wärmeschutzverglasung versehen oder das schaltbare Dämmpaneel mit einer selektiven Schicht ausgerüstet. Alternativ können aber auch transparente Dämmungen, wie z.B. mit Aerogel gefüllte Wabenstrukturen oder Kapillarplatten aus Glas auf ein geschwärztes, schaltbares Wärmedämmpaneel aufgesetzt werden.

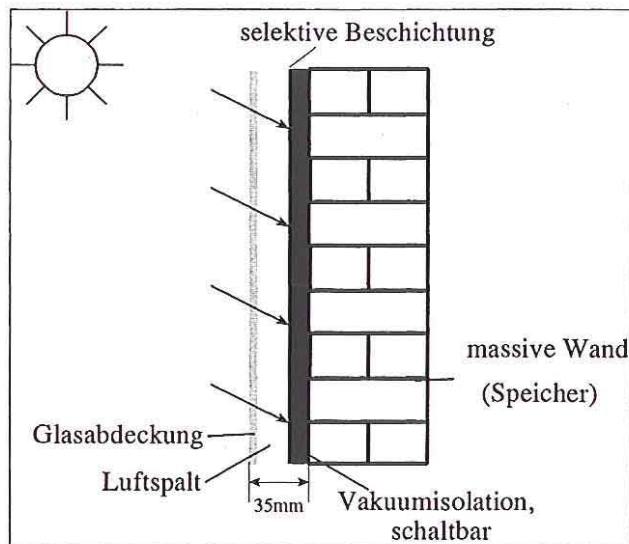


Abbildung 7: Integration der schaltbaren Wärmedämmung in eine Fassade

System- und Betriebskosten

Der Energieaufwand für die elektrische Regelung der schaltbaren Wärmedämmung ist gering. Er ist phasenkonform zur einfallenden Solarstrahlung, sodaß im Prinzip sogar eine kleine Fläche mit Solarzellen zusammen mit einer Hilfsbatterie für eine autarke Versorgung der Anlage ausreichen würde.

Die Kosten für die Herstellung von Vakuumpaneelen liegen zur Zeit bei etwa 200 DM pro Quadratmeter. Angestrebt werden in Zukunft Herstellungskosten von weniger als der Hälfte des heutigen Betrages. Hinzu kommen Kosten für eine abdeckende Glasplatte und deren Halterung. Die Herstellkosten der schaltbaren Wärmedämmung zur Solarenergienutzung sollten bei großen Stückzahlen nicht über 200 DM pro Quadratmeter liegen.

Projektziele

Im Rahmen des geplanten Projektes sollen zunächst die schaltbaren Dämmelemente so weit entwickelt werden, daß eine leichte Umsetzung in eine spätere Fertigung möglich ist. Versuche zur Solarenergienutzung erfolgen an Prototypen im Labormaßstab.

Ziel dieses Projektes ist es, schaltbare Wärmedämmpaneele zu konzipieren und zu bauen,

- deren Wärmedurchlaßkoeffizienten im hochdämmenden Zustand höchstens $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ bei 10 mm Stärke betragen,
- deren Schaltverhältnis zwischen hoch bzw. gering dämmend sich auf ca. 50 beläuft,
- deren elektrische Schaltleistung weniger als 5 Watt pro Quadratmeter im hochleitenden Zustand beträgt,
- die im wärmedämmenden Zustand keine externe elektrische Leistung aufnehmen,

- die auf bereits industriell produzierten Vakuumdämmpaneelen basieren und mit relativ geringen Kosten auf eine schaltbare Dämmung umgerüstet werden können.

5. Energiemanagement bei der Gebäudesanierung

Die Analyse der aktuellen Planungspraxis bei Sanierungsvorhaben in der Studie "Einsatz innovativer Techniken bei der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes" verdeutlichte die Notwendigkeit weitreichender Systeminnovationen bei den Methoden und Hilfsmitteln für Planung von Sanierungsmaßnahmen und Bewirtschaftung des Gebäudebestandes.

Die Idee des "Facility Management" beruht auf der zeitlichen Integration aller Material-, Kosten- und Energieströme während der Nutzungszeit eines Gebäudes oder Gebäudekomplexes. Facility Management soll in ISOTEG zum Werkzeug für die energetisch optimale Bewirtschaftung und Sanierung von Gebäuden gemacht werden.

Durch Einbindung des Energieaspektes in bestehende Konzepte für Facility Management soll der Zusammenhang von energieoptimierenden Investitionen bei der Sanierung und verminderten energiebedingten Betriebskosten nachvollziehbar gemacht werden. Dadurch können Zielgrößen für die energetische Sanierung quantifiziert werden und die Qualität der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen kontrolliert werden.

Durch die Ergänzung des Planungsprozesses bei Sanierungen um energiespezifische Attribute sollten sowohl die energetischen Zielvorgaben mit minimalen Durchführungskosten realisiert als auch sanierungsbedingte Bauschäden, die zu erhöhtem Energiebedarf führen, verhindert werden.

Durch den Aufbau eines Informations- und Kommunikationssystems im Internet zum Thema „Energie und Bausanierung“ wird eine allgemein zugängliche Plattform geschaffen, über die sowohl Informationen erhalten werden können als auch der Planungsprozeß gemeinsam durch die an Planung und Durchführung beteiligten Partner gestaltet werden kann.

Beispielsweise bestehen zwischen Maßnahmen zur Wärmedämmung, Erhöhung der Luftdichtheit, Verringerung der Dampfdiffusion und dem Verhalten der Nutzer des Gebäudes enge Wechselwirkungen. Fehler bei der Ausführung können beabsichtigte Einspareffekte zunichte machen, da Bauschäden oft nur durch erhöhten Luftwechsel und verstärkte Raumbeheizung vermieden werden können. Sowohl Informationen über diese Zusammenhänge als auch praxisorientierte Handlungsanweisungen zur Lösung können über das Internetsystem verfügbar gemacht werden.

Begleitende Meßkampagnen zur Erfassung des Energieverbrauchs und der Emissionen bei typischen Wärmebereitstellungssystemen ergänzen die vorhandene Datenbasis für die Beurteilung energiesparender Maßnahmen.

6. Demonstration und Evaluierung in Pilotprojekten

Produkte, Methoden und Konzepte zur energetischen Gebäudesanierung haben nur dann Aussicht auf Marktakzeptanz, wenn an Hand konkreter Pilotprojekte nachgewiesen wurde, daß

- sie über hohe technische Zuverlässigkeit verfügen,
- den Komfort bzw. Wohnwert erhöhen,
- die projektierte energetische Leistungsfähigkeit in der Realität erzielen und
- sich architektonisch problemlos integrieren lassen.

Begleitend zu den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten werden daher bei Sanierungen unterschiedlicher Gebäude

- Methoden und Werkzeuge des Energiemanagements zur Planung und Bewirtschaftung von Gebäuden auf ihre Praxistauglichkeit überprüft und
- die entwickelten und optimierten Komponenten unter realen Einsatzbedingungen vermessen und auf ihre Leistungsfähigkeit überprüft.

Die Durchführung der Pilotprojekte setzt die Analyse abgeschlossener und in Durchführung befindlicher Sanierungsvorhaben der Studie "Einsatz innovativer Techniken bei der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes" fort. Um praxisorientierte Erfahrungen aus allen Stadien (Planung, Durchführung und Qualitätskontrolle im Betrieb) einer energietechnisch orientierten Gebäudesanierung zu sammeln, werden bereits zu Beginn des Projektes **ISOTEG** erste Pilotprojekte meßtechnisch begleitet. Die bisher geplanten Pilotprojekte werden im folgenden kurz dargestellt. Diese fortlaufende Praxisanbindung gewährleistet die Umsetzbarkeit der durchgeführten Entwicklungsarbeiten und stellt die notwendigen Erfahrungswerte für die Markterschließung zur Verfügung.

Die Dokumentation der Pilotprojekte wird im Internetsystem „Energie und Bausanierung“ der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt und soll neue Lösungsansätze bei der energetischen Gebäudesanierung aufzeigen und deren Akzeptanz erhöhen. Im folgenden werden drei bereits vorhandene Pilotprojekte vorgestellt.

6.1 Trennwände für den energieoptimierten Innenausbau

Problemstellung und Stand der Technik

Für viele Bürogebäude mit Großraumbüros steht derzeit eine Sanierung an. Die Büros aus den 60er Jahren wurden nach dem damaligen Stand der Technik erstellt und benötigen viel Energie zum Betrieb der Klimatisierung und Lüftung. Nach wissenschaftlichen Erkenntnissen hängt zudem die thermische Behaglichkeit und gesundheitliche Belastung ("Sick Building Syndrom") und damit die Leistungsfähigkeit der Gebäudenutzer stark davon ab, ob Büros richtig klimatisiert, belüftet, beleuchtet und schalltechnisch von Lärmquellen abgeschottet sind. Im Rahmen eines kostenoptimierten Facility Managements sollte zudem auf Nutzungsänderungen von Büroflächen flexibel reagiert werden können, d.h. Innentrennwände sollten im Raum versetzbar sein. Bei einer Wandversetzung muß aber darauf geachtet werden, daß eine optimale Klimatisierung und Lüftung in der neu entstandenen Raumgeometrie wei-

terhin gewährleistet wird und die flexibel einsetzbare Wand schalldämmend ausgebildet ist. Wird ein altes Bürogebäude nachträglich wärmegeklämt, so reduzieren sich zwar die Transmissionswärmeverluste, andererseits führt dies aber zu einem Anstieg der Raumtemperaturen im Sommer, weil die überschüssige Wärme über die Außenhülle des Gebäudes nicht mehr abgeführt werden kann. Eine aktive Klimatisierung kann dadurch nötig werden.

Möglichkeiten der Verbesserung

Durch Entkoppelung der Funktionen Kühlung und Raumlüftung kann der Luftvolumenstrom des Systems reduziert werden. Dadurch ergibt sich eine Reduktion von Betriebs- und Wartungskosten. Gleichzeitig benötigt eine vertikale wassergestützte Flächenkühlung weniger Platz im Gebäude und ermöglicht Nutzflächenerhöhungen. Im Vergleich zu Kühldecken werden keine abgehängten Decken benötigt. In älteren Gebäuden mit niedrigen Decken wäre die Installation dieser energieeffizienten Kühltechnologie aus diesem Grund oft nicht möglich. Trennwandsysteme mit Lüftungs-, Heiz- und Kühlfunktion, die relativ einfach im Raum versetzbar sind ermöglichen eine Optimierung durch den integralen Einsatz der genannten Techniken.

Projektziele

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung eines modularen Trockenbau-Trennwand-Systems mit Lüftungs-, Kühl- und Heizfunktion als Komponente zur energieeffizienten Sanierung von Bürogebäuden. Ein Praxistest in einem Bürogebäude der Stadt Würzburg und die Vermessung des Systemes soll die gewünschten Funktionen gewährleisten.

Projekthalt

Die zu entwickelnden Module werden mit den Techniken des Trockenbaus kostengünstig realisiert. Durch die modulare Ständerbauweise können fertige Systeme einsatzbereit aufgestellt werden. Die Trennwände in Modulbauweise verfügen über Lüftungskomponenten und einem Niedertemperatur-Wandstrahlungsheiz- und Kühlsystem. Das Trennwandmodul dient zur Raumtemperierung und zur Frischluftversorgung. Die Temperierung erfolgt dabei über eine Niedertemperatur-Wandheizung bzw. -kühlung. Hiermit kann der abgetrennte Raum (wie bei Kühldecken bekannt) mittels geringer Temperaturunterschiede von einigen Kelvin thermisch behaglich mit geringer Systemträgheit auf die vom Nutzer gewünschte Temperatur gebracht werden. Die notwendigen Vorlauftemperaturen können mit geringem Primärenergieaufwand bereitgestellt werden, im Kühlfall z.B. direkt über Erdsonden oder thermisch getriebenen Absorptionskältemaschinen, im Heizfall über Wärmepumpen mit hoher thermodynamischer Effizienz.

Die Frischluftversorgung kann über eine Verdrängungs- oder Mischlüftung bedarfsabhängig realisiert werden. Dabei wird davon ausgegangen, daß ein Lüftungszentralgerät mit Wärmetauscher alle Wände mit Zuluft versorgt. Bei der Konstruktion wird darauf geachtet, daß nötige elektrische Leitungen zur Stromversorgung bzw. Datenleitungen in einem Schacht unter-

gebracht werden können, um den neu entstanden Raum komplett versorgen zu können. Dadurch ist ein Doppel- oder Hohlraumboden nicht unbedingt erforderlich. Dabei werden in einem integralen Ansatz unter Beachtung des Schall- und Brandschutzes die Funktionen Lüftung und Temperierung, bei der Verwendung für Außenwände auch Wärmedämmung und Luftdichtheit betrachtet. Die neuen Komponenten und Systemlösungen werden anwendungsnah getestet.

6.2 Sanierung von Büros mittels Brüstungsmodul zur Raumkonditionierung

Problemstellung und Stand der Technik

Heizkörpernischen bilden wesentliche Schwachpunkte für die Wärmedämmung von Gebäuden. Bei Sanierungen kommen an erhaltenswürdigen Außenfassaden (historische Fassaden, verklümmerte Flächen, etc.) Außendämmungen oft nicht infrage. Soll der Heizkörper auch nach der Sanierung in der Nische Platz finden, so muß diese mit einer dünnen und hocheffizienten Wärmeisolation versehen werden. Ist dies nicht möglich und wird der Heizkörper außerhalb der Nische montiert, so geht wertvolle Büronutzfläche verloren. Der zu Verfügung stehende Raum in der Nische könnte aber auch dazu genutzt werden, um die für eine Verbesserung des Raumklimas nötigen Komponenten für Heizung, Kühlung, Lüftung sowie den Sonnenschutz aufzunehmen. Module, die im Umfeld dieser Anforderungen platzsparend montiert und alle Lüftungs- und klimatechnischen Leistungsanforderungen für einen Büroraum erbringen können, sind auf dem Markt nicht erhältlich.

Möglichkeiten der Verbesserung

Ein in Heizkörpernischen einsetzbares Brüstungsmodul mit Lüftungs-, Heiz- und Kühlfunktion, das zur Verminderung der sommerlichen Wärmeeinträge über einen Sonnenschutz verfügt, kann hier wesentliche Verbesserungen bringen. Ein solches Modul minimiert die Wärmeverluste und steigert die Raumluftqualität. Hierzu tragen effiziente, dünnwandige Dämmsysteme an der Außenseite des Moduls, feuchtetechnisch optimierte Randanschlüsse und flächig angebrachte Temperiersysteme bei. Die spektrale Verteilung des Sonnenlichts ermöglicht bei der Verwendung von geeigneten Tageslicht- und Sonnenschutzsystemen einen hohen Lichteintrag bei geringer Wärmezufuhr. Dabei muß darauf geachtet werden, daß sich innenliegende Lichtlenk- und Abschattungssysteme bei solarer Bestrahlung nicht zu stark aufheizen, bzw. daß sie ihre Wärme nicht übermäßig an unmittelbar in der Nähe der Jalousien arbeitende Menschen abgeben. Die Beachtung dieser Anforderungen führt zu einer Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Gesundheit (Behebung des "Sick Building Syndroms") der Büronutzer.

Projektziele

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung eines Brüstungsmoduls, primär zur Installation in Heizkörpernischen sanierungsbedürftiger Bürogebäude. Dabei werden in einem integralen Ansatz unter Beachtung des Schallschutzes die Funktionen Wärmedämmung, Luftdichtheit,

Lüftung, Temperierung, Sonnenschutz und Raumausleuchtung betrachtet. Die Realisierung des Konzeptes soll ein System ermöglichen, das durch industrielle Vorfertigung niedrige Planungs- und Montagekosten beim Sanierungsobjekt mit sich bringt.

Projekthalt

Die dezentrale Ausführung eines optisch ansprechenden und energetisch optimierten Brüstungsmoduls zur Raumkonditionierung auf beschränktem Raum erfordert die integrale Berücksichtigung der zugrundeliegenden physikalischen, strömungs- und klimatechnischen, als auch lichttechnischen Wechselwirkungen. Eine hocheffiziente Wärmedämmung bei kleiner Bautiefe kann durch die Verwendung kompakter Vakuumisolationstechnik erreicht werden. Das spezielle Know-how der in diesem Teilprojekt zusammenarbeitenden Unternehmen aus den Sparten Lüftungs- und Klimatechnik, Wärme-, Feuchte- und des Sonnenschutzes ist eine gute Basis für die Entwicklung eines praxistauglichen und anwenderfreundlichen Komplettmoduls.

6.3 Einzelraumregelung und Lüftung in Schulgebäuden

Problemstellung und Stand der Technik

Der Heizenergieverbrauch von Schulgebäuden ist oft überdurchschnittlich hoch. Gründe hierfür sind niedrige Dämmstandards und veraltete Heizsysteme, sowie schlechte Betreuung der Anlagen und fehlender qualifizierter Einsatz moderner Gebäudeleittechnik. Ein weiteres Problem stellt die unzureichende Frischluftzufuhr dar, die in der Regel manuell durch Öffnen der Fenster erfolgt. Während des Schulbetriebs hat man im Winter somit nur die Wahl zwischen zwei Übeln: Bei geschlossenen Fenstern ist es angenehm warm, dafür ist die Luftqualität schlecht; offene Fenster gewährleisten einen ausreichenden Luftwechsel, führen jedoch zu hohen Wärmeverlusten und Zugerscheinungen. Nach der Devise "erfroren sind schon viele, erstunken noch keiner" wird die Fensterlüftung gewöhnlich auf ein Mindestmaß beschränkt. Eine Folge sind Feuchteschäden gefolgt von Schimmelbildung. Die schlechte Luftqualität der Innenräume indiziert eine erhöhte CO₂-Konzentration und kann in leichten Fällen zu Konzentrationsminderungen führen, in schwereren Fällen aber auch gesundheitliche Risiken wie eine erhöhte Ansteckungsgefahr für Krankheiten oder Allergiescheinungen nach sich ziehen.

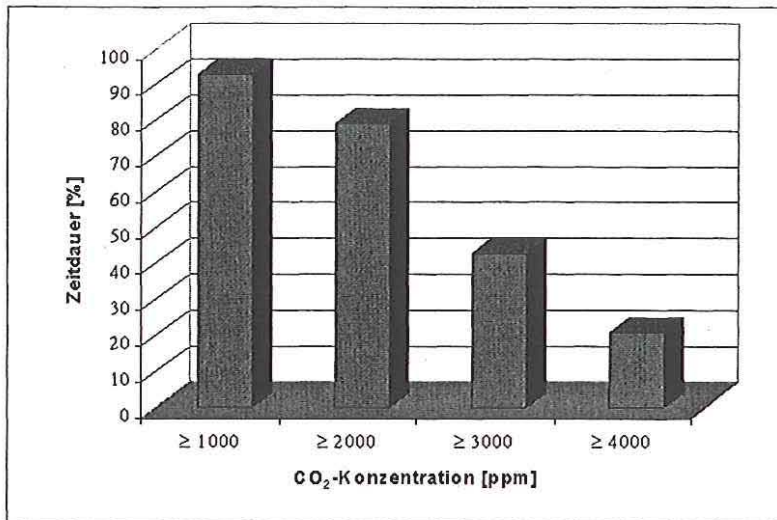


Bild 8: Die Abbildung verdeutlicht den CO²-Gehalt der Raumluft eines Klassenzimmers mit extrem schlechtem Luftaustausch während eines Schultages. Aufgetragen ist die Zeitdauer in Prozent, während der die entsprechende CO₂-Konzentration überschritten wird. Die empfohlene Maximalkonzentration liegt bei 1000-1500 ppm; der MAK-Wert für CO² beträgt 5000 ppm. Die 1000 ppm-Marke wird beinahe während des ganzen Schultages überschritten (>90%) und sogar Werte über 4000 ppm liegen noch während eines Fünftels der Unterrichtszeit (ca. 20%) vor [E. Rigos, W. Amonn: "Natürlich und mechanisch belüftete Klassenräume - Vergleich von Luftqualität und Energieverbrauch", Klima-Kälte-Heizung, 5/88, S. 232-235].

Aus der Vielzahl der europaweit durchgeführten Studien kann der Schluß gezogen werden, daß die derzeit durchgeführte Praxis der Fensterlüftung in Klassenräumen für die notwendige Frischluftversorgung in der Regel nicht ausreichend ist. Eine Sanierung zur Verbesserung des Dämmstandards bringt im allgemeinen auch eine bessere Luftdichtigkeit des Gebäudes mit sich, so daß aus Gründen einer gesundheitlich unbedenklichen Raumluftqualität mechanische Lüftungsanlagen nachgerüstet werden sollten. Da mit steigender Frischluftversorgung aber auch die Lüftungswärmeverluste ansteigen, müssen diese Anlagen energieeffizient betrieben werden.

Möglichkeiten der Verbesserung

Theoretische Untersuchungen an Typenschulen in den neuen Bundesländern haben ergeben, daß bei schlecht wärmedämmten Schulgebäuden auch ohne verbesserte Wärmedämmung alleine durch den unterbrochenen Betrieb der Heizungsanlage etwa 40% an Heizenergie eingespart werden kann [K. Petzold: "Energetische Sanierung von Schulen", Luft- und Kältetechnik, 6/95, S. 279-285]. Dabei wird die Heizung nur so lange betrieben, wie es für die Wohlbefindlichkeit der Schüler und Schülerinnen nötig ist. Integriert man noch eine bedarfs-

geführte dezentrale mechanische Lüftungsanlage, so stellt dies ein im Vergleich zur Wärmedämmung kostengünstiges System dar, die Raumluftqualität auf den hygienisch und gesundheitlich erforderlichen Stand der Technik zu bringen. Die aufgrund der erhöhten Frischluftzufuhr steigenden Lüftungswärmeverluste können durch die Einsparungen der geregeltten Heizungsanlage minimiert und eventuell sogar kompensiert werden.

Projektziele

Im Rahmen dieses Teilprojektes soll die Wirksamkeit und die Systemoptimierung von Einzelraumregelungen und dezentralen, bedarfsgesteuerten Lüftungsanlagen für Schulgebäude unter Beachtung der gesundheitlichen Auswirkungen untersucht werden. Weiterhin sollen die Ergebnisse Aussagen über den Einsatzbereich (welche Schultypen, Größe, Nutzung) der Systeme und Abschätzungen des bei Einsatz dieser Technik erreichbaren Energieeinsparpotentials im bayerischen Schulbestand ermöglichen.



Bild 9: Südwestansicht der Grundschule Randersacker. Der Pfeil deutet die Lage des Erweiterungsbaus an, der in diesem Projekt umgerüstet wird.

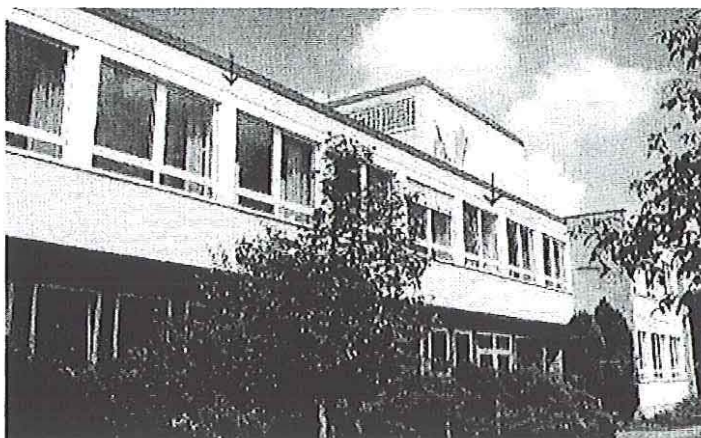


Bild 10: Südansicht des aus den 60er Jahren stammenden Erweiterungsbaus der Grundschule Randersacker. Die mit Pfeilen gekennzeichneten Räume werden im Rahmen des Projekts mit einer Einzelraumregelung und Lüftungsanlage versehen.

Projekthalt

Es werden Einzelraumregelungen und dezentrale Lüftungsanlagen in vier Klassenräume der Grundschule Randersacker eingebaut. Da die ölbefeuerte Heizzentrale einer Erneuerung bedarf, soll diese im Rahmen des Projektes auf Erdgasfeuerung umgerüstet und modernisiert werden. Auf aufwendige Wärmedämm-Maßnahmen wird bewußt verzichtet, da ja gerade der Einsatz des Systems in schlecht gedämmten Gebäuden getestet werden soll. Die Regelung umfaßt dabei folgende Punkte:

- Bedarfsgesteuerte Beheizung der Klassenräume,
- Fensterkontakte zur Schließung der Heizkörperventile bei Fensterlüftung,
- bedarfsgeführte Beüftung der Klassenräume über CO²-Sensoren und
- Nachtabsenkung der gesamten Heizungsanlage.

Parallel hierzu wird die Raumluftqualität durch Keimbelastungsmessungen erfaßt und somit eine fundierte medizinische Grundlage zur hygienischen Effizienzbewertung der Lüftungsstrategie geschaffen. Als weiterer wichtiger Punkt ist die Wechselwirkung zwischen Regelstrategie und Nutzerverhalten (hier besonders das Öffnen der Fenster) zu untersuchen.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Der Gebäudebestand mit seinen 36 Mio. Wohneinheiten verursacht, bedingt durch seine unterschiedliche Energiebedarfsarten, knapp ein Drittel der deutschen CO₂-Emissionen. Die bisherigen Entwicklungen energiesparender Gebäudetechniken bilden die Basis der ver-

gleichsweise kostengünstigen Niedrigenergiebauweise im Neubau. Gemessen am Gebäudebestand spielen aber zukünftige Neubauaktivitäten, die jährlich ca. 1% des Bestandes ausmachen, energetisch gesehen auch noch für die nächsten zwei bis drei Jahrzehnte eine untergeordnete Rolle. Die Ausweitung und Intensivierung der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur energetischen Sanierung des Gebäudebestandes ist daher von zentraler Bedeutung und wird Wegbereiter für eine erfolgreiche industrielle Umsetzung sein und zu einer erheblichen Reduktion des CO₂-Ausstoßes beitragen.

13. CO₂-Reduktion und Beschäftigungseffekte durch das CO₂-Minderungsprogramm der KfW: Eine Wirkungsanalyse aufgrund modellgestützter Schätzungen

M. Kleemann, W. Kuckshinrichs, R. Heckler

Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE)

Forschungszentrum Jülich

1. Zielsetzung und Aufgabenstellung der Wirkungsanalyse

Das KfW-Programm zur CO₂-Minderung dient der zinsgünstigen Finanzierung von Investitionen zur Energie- und CO₂-Einsparung bei Wohngebäuden in den alten Bundesländern. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist eine Wirkungsanalyse dieses Programms. Dabei wird ermittelt, welche Beiträge zur Reduktion von CO₂-Emissionen geleistet werden und welche Arbeitsplatzeffekte ausgelöst werden. Mit Hilfe modellgestützter Schätzungen werden folgende Programmwirkungen bestimmt:

- Die jährliche Energieeinsparung der investiven Maßnahmen für Gebäude und Heizungen.
- Die jährliche CO₂-Einsparung, die auf den veränderten Energieträgerbedarf für die Heizung zurückzuführen ist und auf die Veränderung des CO₂-Ausstoßes durch programminduzierte Investitionen und andere Komponenten der gesamtwirtschaftlichen Endnachfrage.
- Die Wirkung der programminduzierten Veränderung der Endnachfrage hinsichtlich bauwirtschaftlicher und gesamtwirtschaftlicher Beschäftigung.

Hierzu werden ein technisches Raumwärmemodell (RW) und ein ökonomisches Input/Output Modell (IO) eingesetzt. Die Untersuchung dient dazu, einen Effizienznachweis für das KfW-Programm zu führen.

2. Gesamtwirtschaftliche Emissionsentwicklung und Reduktionspotentiale im Gebäudebereich

2.1 CO₂-Emissionen und Reduktionsziel der Bundesregierung

Im Zeitraum von 1990 bis 1995 ist die CO₂-Emission in Deutschland um fast 120 Mio. t oder 12 % gesunken. Während in den alten Bundesländern der Ausstoß um 2 % stieg, ist er in den neuen Bundesländern als Folge der Wiedervereinigung und der energiewirtschaftlichen Umstrukturierung um 43 % gesunken. Mengenmäßig hat sich in Deutschland der Emissionsrück-

gang im Strom- und Fernwärmebereich mit 66 Mio. t, im Bereich der Industrie mit 43 Mio. t und im Kleinverbrauch mit 27 Mio. t niedergeschlagen. Auffallend ist die Zunahme im Verkehrssektor von 12 Mio. t, bedingt durch die höhere Verkehrsleistung, insbesondere in den neuen Bundesländern. Bei den privaten Haushalten dürften die kühlere Witterung im Zeitraum 1990 bis 1995 und die Zunahme der Einwohnerzahl um 2,5 Mio. zum Emissionsanstieg von 7 Mio. t beigetragen haben (Ziesing et al., 1997).

Die Bundesregierung hat im zweiten Nationalbericht zum Klimaschutz 123 Maßnahmen für den Energiesektor genannt, die im wesentlichen beschlossen oder umgesetzt sind (BMU, 1997). Tabelle 1 zeigt die bis 2005 erwarteten Einsparungen von 159 Mio. t oder 16 % auf der Basis der ergriffenen Maßnahmen. Den größten Beitrag liefert der Bereich Strom und Fernwärme mit 99 Mio. t. Die wichtigste Maßnahme ist hier die Selbstverpflichtung des VDEW. In der Industrie mit dem zweitstärksten Minderungsbeitrag von 62 Mio. t wird der Spareffekt durch die Selbstverpflichtung der Industrieverbände erreicht. Bei Haushalten und Kleinverbrauchern sind die wirksamsten Maßnahmen die KfW-Programme "Wohnraum-Modernisierung" und "CO₂-Minderung", die Wärmeschutz- und die Heizungsanlagen-Verordnung sowie die Selbstverpflichtung der Mineralöl- und Gaswirtschaftverbände. Die bisher im Verkehr ergriffenen Maßnahmen sind nicht geeignet, das wachsende Aufkommen zu kompensieren. Die CO₂-Emission dieses Sektors steigt deswegen leicht gebremst um 39 Mio. t.

Sektor	Einsparung durch ergriffene Maßnahmen (1990 -2005) in Mio. t	Einsparung durch zusätzliche Maßnahmen (1998 - 2005) in Mio. t
Industrie	62	8
Kleinverbrauch	19	10
Haushalte	18	21
Verkehr	-39	30
Strom, F-Wärme	99	20
Gesamt	159	90

Tabelle 1: CO₂-Einsparung durch ergriffene und zusätzliche Maßnahmen (Stein et al. 1997)

Zur Erreichung des 25 % Reduktionszieles der Bundesregierung müssen ca. 250 Mio. t angestrebt werden, d. h. mit weiteren Maßnahmen sind zusätzlich 90 Mio. t einzusparen. Dies ist in Tabelle 1 dargestellt. Das zusätzliche Reduktionspotential in den Sektoren Industrie und Kleinverbrauch ist nur noch relativ gering, da durch die ergriffenen Maßnahmen schon erhebliche Einsparungen und Strukturveränderungen stattgefunden haben. Der Verkehr muß jetzt

30 Mio. t beitragen und der Bereich Strom und Fernwärme 20 Mio. t. Im Haushalt müssen weitere 21 Mio. t durch die Energiesparverordnung, eine intensivere Altbauanierung und den verstärkten Brennstoffwechsel von Öl zu Gas mit Brennwertechnik gespart werden. Um diese Ziele zu erreichen sind weitere erhebliche Anstrengungen notwendig, wobei in zunehmendem Maße bezweifelt wird, ob das Reduktionsziel tatsächlich bis 2005 realisiert werden kann.

Bei einem CO₂-Ausstoß des Haushalts in Deutschland im Jahre 1992 von rund 128 Mio. t bedeuten die ergriffenen und zusätzlichen Maßnahmen eine Minderung von 39 Mio. t oder 30 %. Diese Minderungsraten sind technisch ohne weiteres erreichbar, wie ein Vergleich mit den Reduktionspotentialen von Einzelgebäuden im nächsten Kapitel zeigt.

2.2 Reduktionspotentiale und Hemmnisse im Altbaubereich

Gemessen am geltenden Wärmeschutzstandard kann man Gebäude als energetisch sanierungsbedürftig bezeichnen, die vor Einführung der zweiten Wärmeschutzverordnung 1983 gebaut und noch nicht modernisiert wurden. Die Wohnfläche dieser Gebäude beträgt 2 Mrd. m² in den alten Bundesländern. Das entspricht einem Anteil von ca. 80 % am Bestand. Erst ein relativ kleiner Teil davon dürfte in der Vergangenheit auf das Niveau der geltenden Wärmeschutzverordnung saniert worden sein. Im Gebäudebestand schlummern deshalb große technische Sparpotentiale. So können bei älteren Gebäuden wegen der fehlenden oder unzureichenden Dämmung Einsparungen von 65 bis 75 %, bezogen auf den Istzustand, erzielt werden. Bei Gebäuden, die kurz vor 1983 gebaut wurden, sind immerhin bis 35 % möglich.

Erhebliche technische Sparpotentiale sind durch Heizungs austausch erschließbar. Rund 40 % des Ölheizungsbestandes von ca. 6 Mio. Anlagen sind älter als 15 Jahre (ESSO, 1995). Für die Gaskessel dürfte die Situation ähnlich sein. Außerdem ist noch ein gewisser Anteil von alten Festbrennstoff und Einzelöfen in Betrieb. Der Nutzungsgrad alter Heizungsanlagen (Kessel plus Verteilung) beträgt häufig nur 45 bis 65 % (Hauser et. al., 1997). Durch eine Modernisierung von Wärmeerzeuger und Regelung kann der Verbrauch gegenüber der Altanlage um 20 bis 25 % gesenkt werden (ESSO, 1995 und Stehmeier, 1996).

Der volle Spareffekt wird in Gebäuden erreicht, die bei verbesserter Wärmedämmung auch mit einer neuen Heizung ausgestattet sind. Wird die Dämmung ohne Kesselaustausch verstärkt, dann ist die alte Anlage durch den jetzt verminderten Heizwärmebedarf stark überdimensioniert. Der altersbedingte niedrige Nutzungsgrad wird dadurch noch schlechter.

Trotz einer Vielzahl von guten Ansätzen und vieler vorbildlicher Einzelprojekte kommt die großflächige Umsetzung der Einsparpotentiale im Gebäudebestand nicht schnell genug voran.

Die Ursache hierfür sind eine Reihe von Hemmnissen wie:

- Unzureichende Wirtschaftlichkeit vieler Maßnahmen wegen der niedrigen Energiepreise.
- Mangelnde Information und fehlendes Umweltbewußtsein bei Eigentümern und Mietern.
- Unzureichende öffentliche Mittel für wirksame und umfassende Förderprogramme.

Aus Sicht des Klimaschutzes ist es notwendig, die Handlungsschwellen der Gebäudeeigentümer zu senken, um die energetische Sanierung in "breiter Front" voran zu treiben. Das KfW - Programm zur CO₂-Minderung bietet hierzu einen guten Ansatz.

3. Das KfW-CO₂-Minderungsprogramm

3.1 Ausgestaltung des KfW-Programms

Das KfW-Programm zur CO₂-Minderung dient der zinsgünstigen, langfristigen Finanzierung von Investitionen zur CO₂-Minderung und zur Energieeinsparung in Wohngebäuden in den alten Ländern einschließlich Berlin (West) sowie der Errichtung von Niedrigenergiehäusern im gesamten Bundesgebiet, wobei der verbilligte Zinssatz in den ersten 10 Jahren fest ist. Die Anträge können von Privatpersonen, Unternehmen Kommunal- und Regionalverwaltungen sowie sonstigen Körperschaften und Anstalten des öffentlichen Rechts gestellt werden. Für detailliertere Informationen sei auf die Druckschriften der KfW hingewiesen (KfW, 1998/1).

Im Rahmen des Programms können die Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle gefördert werden, der Einbau von Brennwertkesseln, Niedertemperaturkesseln in Verbindung mit Dämmmaßnahmen, Solaranlagen, Wärmepumpen sowie die Nah- und Fernwärmenutzung und der Bau von Niedrigenergiehäusern. In Zusammenhang mit diesen Maßnahmen kann auch eine Energiediagnose mitgefördert werden.

Finanziert werden die unmittelbar durch die Maßnahmen entstandenen Aufwendungen, jedoch höchstens 300 DM/m² Wohnfläche. Kredite bis zu 200.000 DM sind in einer Summe frühestens nach Baubeginn abzurufen. Kredite von mehr als 200.000 DM werden nach Vorhabensfortschritt ausgezahlt. Die maximale Kreditlaufzeit beträgt 15 Jahre bei höchstens 3 tilgungsfreien Anlaufjahren. Der Zinssatz ist für die ersten 10 Jahre der Kreditlaufzeit fest, danach wird der neu festgelegt (vgl. separate Konditionenübersicht der KfW).

Bei Privatpersonen und Unternehmen in privater Rechtsform gewährt die KfW Kredite nicht unmittelbar an den Bauherrn, sondern ausschließlich über Kreditinstitute, deren Wahl dem Kreditnehmer frei steht.

3.2 Stand der Programm-Umsetzung

Seit Beginn des Programms am 1.1. 1996 wurden bis zum 31.7. 1998 insgesamt 2,81 Mrd. DM an Krediten zugesagt. Die Verteilung über die Laufzeit ist der Tabelle 2 zu entnehmen. Zunächst wurde aus Haushaltsmitteln des Bundes ein Darlehensvolumen von 1 Mrd. DM bereitgestellt. Wegen der starken Nachfrage im ersten Jahr war dieses Volumen schon Mitte 1996 mit Zusagen belegt. Die KfW ermöglichte die Fortsetzung des Programms für weitere Darlehen in Höhe von 2 Mrd. DM zu den selben Konditionen. Bisher ist geplant, das Pro-

gramm bis zu einem Fördervolumen von 5 Mrd. DM aufzustocken. Die hier durchgeführten Rechnungen basieren auf diesem Fördervolumen.

Der Anteil der privaten Haushalte an den geförderten Wohneinheiten betrug vor 1998 rund 65 %. Er ist im Jahre 1998 auf 75 % angestiegen. Es handelt sich hier überwiegend um Ein- und Zweifamilienhäuser sowie einem geringen Anteil von Mehrfamilienhäusern. Dagegen sind es bei den Genossenschaften und Wohnungsunternehmen nur größere Mehrfamilienhäuser. Die privaten Haushalte wurden im Mittel mit 16 000 bis 24 000 DM pro Wohneinheit gefördert und die Genossenschaften und Unternehmen nur mit 10 000 bis 15000 DM.

In Tabelle 2 sind die jährlichen Förderungen nach Verwendungszwecken gegliedert dargestellt. Durch die Erweiterung des Programms steigt die Anzahl der Verwendungszwecke von Jahr zu Jahr.

Verwendungszweck	1996			1997			1998		
	Kredit Zusage Mio.D M	Investi- tion Mio.D M	Wohn- fläche Mio.m ²	Kredit Zusage Mio.D M	Investi- tion Mio.D M	Wohn- fläche Mio.m ²	Kredit Zusage Mio.D M	Investi- tion Mio.D M	Wohn- fläche Mio.m ²
1. Außenwände	542	985	2,82	295	485	1,39	159	380	0,60
2. Fenstererneuerung	317	540	2,34	135	206	1,15	62	102	0,37
3. Dachdämmung	115	185	0,61	57	107	0,30	33	68	0,12
4. Kellerdecke	9	18	0,05	6	21	0,02	3	5	0,01
5. Brennwertkessel, BWK	416	624	2,78	310	553	1,77	136	254	0,58
6. NT Kessel+Dämmung	-	-	-	79	175	0,35	31	71	0,10
7. BWK + Solaranlage ¹⁾	-	-	-	5	8	0,02	5	10	0,02
8. NT Kessel + Däm- mung +Solaranlage ¹⁾	-	-	-	1	2	0,01	1	3	0,003
9. Nah- und Fernwärme	-	-	-	5	8	0,03	4	10	0,01
10. Wärmepumpe	-	-	-	-	-	-	0,3	0,5	0,001
11. Niedrigenergiehaus	-	-	-	-	-	-	34	284	0,10
12. Keine Zuordnung	25	-	-	2	-	-	23	221	0,04
Insgesamt	1.425	2.352	8,60	894	1.565	5,04	491	1.408	1,95

1) seit 1998 incl. Wärmepumpen

Tabelle 2: Kredite für das CO₂-Minderungsprogramm der KfW nach Verwendungszwecken für den Zeitraum vom 01.01.1996 bis zum 31.12.1998 (Quelle: KfW 1998/2)

Der Anteil der Dämmmaßnahmen an den zugesagten Krediten geht von rund 70 % im Jahr 1996 auf 52 % im Jahr 1998 zurück. Entsprechend steigt der Anteil für die Wärmeerzeugungsanla-

gen. Bei den Dämmmaßnahmen haben die Außenwanddämmung und der Fensteraustausch immer den größten Anteil am Kreditvolumen.

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

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

Auf diese Weise werden durch die Förderung weitere Investitionen angestoßen. Die Zusagebeträge in Tabelle 3.1 umfassen die Kredite für die Kategorien 1 und z. T. für 2. Die insgesamt angestoßenen Investitionen beinhalten alle drei Kategorien. Von 1996 bis 1998 sind nach KfW die insgesamt angestoßenen Investitionen etwa doppelt so groß wie die zugesagten Kreditmittel (vgl. Tabelle 2).

3.3 Bedeutung der geförderten Investitionen für den Arbeitsmarkt

Die gesamtwirtschaftliche Lage Deutschlands ist durch hohe Arbeitslosigkeit geprägt. Die Arbeitslosenquote betrug 1997 11,4%. Damit waren 1997 4,39 Mio. Arbeitslose registriert. Ende 1997 waren die strukturellen Anpassungsprobleme der Bauwirtschaft noch nicht überwunden. Angesichts eines anhaltenden Aufschwungs der Industrie kann die Branche 1998 die Talsohle durchschreiten. Mit einem Beitrag zum gesamtwirtschaftlichen Wachstum kann erst für 1999 gerechnet werden. Die Impulse werden dabei vom Gewerbebau und vom Wohnungsbau in Westdeutschland ausgehen. Nach starkem Beschäftigungsabbau in der Bauwirtschaft in den Jahren 1996 und 1997 deutet sich hier eine Stabilisierung an. Insgesamt waren jahresdurchschnittlich ca. 156.000 Bauarbeiter arbeitslos. Die Zahl der Beschäftigten betrug 1996 rund 2,88 Mio. für Deutschland und 1,78 Mio. für Westdeutschland.

Das Wohnungsbauvolumen kann in einen Neubauteil und einen Restbereich, der die Bauleistungen an bestehenden Gebäuden beschreibt, aufgeschlüsselt werden. In Westdeutschland bilden die Bauleistungen an bestehenden Gebäuden (Renovierungs- und Sanierungsleistungen) einen Sockel von ca. 120 Mrd. DM, der annähernd die Hälfte des Wohnungsbauvolumens ausmacht. Während der Neubau seit 1994 real um etwa 27 Mrd. DM zurückging, sind die Bauleistungen bei Bestandsmaßnahmen real um ca. 23 Mrd. DM gestiegen. In Relation dazu ist der Beitrag des KfW-Programms zu sehen, der 1996 ca. 2,5 Mrd. DM betrug und 1997 rund 1,7 Mrd. DM. Mit diesen Maßnahmen ist ein Investitionsschub verbunden, der mithilfe Arbeitsplätze in der Bauwirtschaft zu sichern.

Insgesamt ist die Bauwirtschaft geprägt durch einen hohen Anteil von Klein- und Mittelbetriebe. So beträgt z.B. der Anteil des Umsatzes des Bauhauptgewerbes, der in Betrieben unter 100 Beschäftigten erwirtschaftet wird, ca. 74 %. Die von dieser Betriebsgrößengruppe gelei-

steten Arbeitsstunden betragen ca. 84 %. Für die energetische Sanierung und Modernisierung im Wohngebäudebereich darf ein hoher Anteil durch Klein- und Mittelbetriebe durchgeführter Bauleistung erwartet werden. Damit darf auch für einen großen Teil der durch das KfW-Programm induzierten Wohnungsbauleistung eine Auftragsvergabe an diese Betriebsgruppen erwartet werden.

4. Energieeinsparung und resultierende CO₂-Minderung beim Konsumenten

4.1. Methodisches Vorgehen

Die bisher im KfW-Programm sanierten Gebäude, über die keine detaillierten Informationen vorliegen, werden in den folgenden Rechnungen repräsentativen Typen von Referenzgebäuden zugeordnet. Diese Referenzgebäude sind "Modellgebäude" mit Eigenschaften, die aus Gebäude-Teilungen mit jeweils ähnlichen Eigenschaften gemittelt wurden. Da der wärmetechnische Zustand dieser Typgebäude im unsanierten Zustand beschrieben ist, kann der energetische Effekt der Sanierung, die sich nach den geltenden Verordnungen richtet, berechnet werden. Mit den bekannten relativen Anteilen der Typgebäude am Bestand läßt sich auf die Gesamtzahl der mit KfW-Krediten sanierten Gebäude hochrechnen. Letztere sind eine ausreichend große Stichprobe in welcher sich die Typstruktur des Gesamtbestandes der alten Bundesländer widerspiegelt. Das Vorgehen bei der Rechnung gliedert sich in folgende Schritte:

- Festlegung der Referenzgebäude im Urzustand ohne zwischenzeitliche Dämmmaßnahmen. Gebäudebesitzer, die in der Vergangenheit Dämmmaßnahmen vorgenommen haben, sind weniger geneigt, jetzt noch weitere Verbesserungen durchzuführen.
- Festlegung der Referenz-Heizkessel unter Berücksichtigung der Heizungsstruktur und des Trends zum Brennstoffwechsel.
- Festlegung der Einzelmaßnahmen nach Wärmeschutzverordnung 1995. Es wird angenommen, daß sie bei geförderten Sanierungen erfüllt wird. Damit dürften die Rechenergebnisse auf der optimistischen Seite liegen.
- Berechnung der spezifischen Energieeinsparung für die einzelnen Maßnahmen.
- Berechnung der gesamten Einsparung für das Förderprogramm von 1996 bis 1998. Die spez. Einsparungen der Maßnahmen werden mit den sanierten Wohnflächen multipliziert.
- Hochrechnung der Energieeinsparung auf das gesamte Fördervolumen von 5 Mrd. DM.
- Umlegung der gesamten Einsparung auf die Energieträger Öl, Gas, Kohle und Strom.
- Umrechnung der Energieträger-Einsparungen in entsprechende CO₂-Einsparungen.

4.2 Auswahl der Referenz-Gebäude und Referenz-Heizkessel

Der Wärmebedarf eines Gebäudes hängt vom Bauzustand und von der Größe ab. Der Bauzustand wiederum wird im wesentlichen durch das Alter bestimmt. Die beiden Hauptkriterien der hier verwendeten Gebäudetypologie sind deshalb die Größe und das Baualter. Der Größeneinteilung werden Altersklassen überlagert, die sich an historischen Entwicklungen orientiert und am Inkrafttreten von Richtlinien, die für den Wärmeschutz wichtig sind.

Größenklassen	Altersklassen
1. Einfamilienhaus (EFH)	a. - 1900
2. Reihen- und Doppelhaus (RDH)	b. 1901 - 1918
3. Kleines Mehrfamilienhaus (KMH)	c. 1919 - 1948
4. Großes Mehrfamilienhaus (GMH)	d. 1949 - 1957
	e. 1958 - 1968

Tabelle 3: Betrachtete Typegebäudeklassen

Tabelle 3 zeigt die hier berücksichtigten Klassen. Insgesamt ergeben sich 20 Kombinationen. Daraus wurden vier Referenzgebäude unterschiedlicher Größe jeweils über alle Altersklassen aggregiert. Diese Typologie beruht auf einer Gliederung des IWU (Institut für Wohnen und Umwelt) für die alten Bundesländer (Gülec T. et al., 1994 und Heckler R., Kolb G. 1997).

Es wird angenommen, daß im Rahmen des KfW-Programms die Dämmung der Außenhülle an nur wenigen Häusern gefördert wird, die jünger als ca. 30 Jahre sind. Diese Annahme ist plausibel, da der bauliche Renovierungszyklus in der Regel 40 bis 50 Jahre beträgt. Allerdings läßt die KfW in ihrem Programm seit dem 23. 2.1998 alle Gebäude zu. Damit können auch Gebäude ins Programm kommen, die jünger als 30 Jahre sind. Der Anteil dieser sehr jungen und in der Regel noch relativ gut erhaltenen Gebäude dürfte aber eher gering sein.

Bei den Energiebilanz-Rechnungen für die Typegebäude muß grundsätzlich die jeweils zugehörige Heizungsstruktur nach Art des Energieträgers (Gas, Öl, Kohle usw.), nach Art der Heizung (zentral, dezentral) und nach Alter berücksichtigt werden. Um die Kombinationsmöglichkeiten zu verringern, werden für die Rechnungen Vereinfachungen eingeführt:

- Es werden nur Zentralheizungen berücksichtigt, da ihr Anteil an den beheizten Wohnungen fast 80 % erreicht (PROGNOS, 1995).
- Beim neuen Brennwertkesseln wird ein alter Ölkessel als Referenz unterstellt. Nach Informationen der Gaswirtschaft werden durch ca. 60 % der Brennwertkessel Ölkessel ersetzt.
- Bei der Berechnung der Energieeinsparung durch einen neuen Niedertemperaturkessel wird unterstellt, daß Heizöl und Erdgas etwa gleichgewichtig zum Einsatz kommen.

4.3 Energiebilanz eines Referenzgebäudes

Tabelle 4 zeigt die Energiebilanzen am Beispiel des freistehenden Einfamilien-Referenzhauses für folgende Fälle:

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

Dimension (Bezug auf Wohnfläche)	Ohne Dämmung		Mit Dämmung (alter Ölkessel)		
	1. Alter Öl- kessel, Urzustand	2. Gas- brennwert- kessel	3. Alter Ölkessel, Außenwand- dämmung I	4. Alter Ölkessel, Alle Dämmmaß- nahmen	
Raumwärme					
Nutzwärme	kWh/m ² a	280,4	280,4	213,0	68,4
Verteilungsverluste	kWh/m ² a	21,1	21,1	21,1	21,1
Zugewinn (Ww)	kWh/m ² a	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3
Brutto-Bedarf	kWh/m ² a	288,2	288,2	220,8	76,3
Warmwasser (Ww)					
Nutzwärme	kWh/m ² a	12,1	12,1	12,1	12,1
Verteilungsverluste	kWh/m ² a	26,0	26,0	26,0	26,0
Brutto Bedarf	kWh/m ² a	38,1	38,1	38,1	38,1
Raumwärme + Warmwasser					
Ges. Brutto Bedarf	kWh/m ² a	326,3	326,3	258,9	114,4
Endenergie					
Raumwärme	kWh/m ² a	381,7	282,9	293,1	105,6
Warmwasser	kWh/m ² a	43,9	35,6	43,9	43,9
Gesamt	kWh/m ² a	425,5	318,6	337,0	149,5
Einsparung	kWh/m ² a	-	106,9	88,5	276,0

Tabelle 4: Energiebilanzen am Beispiel des freistehenden Einfamilien-Referenzhauses

Die aufgrund des ungedämmten Gebäudezustandes (Urzustand) erforderliche Nutzwärme, beläuft sich auf 280,4 kWh/m²a. Durch die Dämmmaßnahmen verringert sich die Nutzwärme für die Raumheizung auf 213,0 kWh/m²a (nur Außenwanddämmung) und schließlich auf 68,4 kWh/m²a wenn alle Dämmmaßnahmen einschließlich Fensteraustausch vorgenommen werden. Die Verteilungsverluste der Raumwärmebereitstellung belaufen sich auf 21,1 kWh/m²a. Dies sind die Nettoverluste, die nicht zur Beheizung des Gebäudes beitragen. Es wird angenommen, daß sich durch die Dämmmaßnahmen und den Kesselaustausch die Verteilungsverluste

der Heizung nicht verändern. Von den Verlusten der Warmwasserbereitung trägt rund die Hälfte, nämlich $13,3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ zur Beheizung des Gebäudes bei.

Bei der Umrechnung des Raumwärme- und Warmwasser-Bruttobedarfs in Endenergie kommt der jeweilige Kesselnutzungsgrad zum tragen. Für das ungedämmte Gebäude mit dem alten Ölkessel ergibt sich ein gesamter Endenergiebedarf von $425,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Durch den Austausch des alten Ölkessels gegen einen neuen Gasbrennwertkessel verringert sich der gesamte Endenergieverbrauch auf $318,6 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Durch den Einsatz eines Brennwertkessels wird in diesem Fall mehr gespart als mit einer Außendämmung, die nur einen Endenergieverbrauch von $337,0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ erreicht. Erhebliche Einsparungen ergeben sich, wenn alle Dämmmaßnahmen ausgeführt werden. Dann sinkt der Endenergieverbrauch auf $149,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

4.4 Energieeinsparung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen

Tabelle 4.3 zeigt die berechneten Endenergieeinsparung der im KfW-Programm geförderten Einzelmaßnahmen für die Referenzgebäude. Der Rechnung liegen folgende Annahmen bzw. Vorgehensweisen zugrunde:

- Bei den Maßnahmen 1 bis 4 wird angenommen, daß der Kessel nicht ausgetauscht wird.
- Es werden die Raumwärme- und die Warmwasserbereitstellung berücksichtigt.
- Einsparung durch Brennwertkessel (Maßnahme 5) ohne Dämmmaßnahmen berechnet.
- Für Maßnahmen 6 und 8 wird volle Dämmung und Einbau eines neuen Niedertemperatur-Ölkessels angenommen.
- Geringerer Stromverbrauch der neuen Kessel wird später berücksichtigt.
- Solares Warmwasser wird mit einem solaren Deckungsgrad von 66 % berechnet.
- Maßnahme 9: Für den Nah- und Fernwärmeeinsatz mit Nutzungsgraden von 75 bis 85 % wird gegenüber dem alten Referenz-Ölkessel mit einem Nutzungsgrad von 77 % keine Einsparung angesetzt.
- Maßnahme 10: Elektrowärmepumpe mit einer Primärenergiekennzahl von 1.
- Maßnahme 11: Niedrigenergiehaus. Gegenüber der geltenden Wärmeschutzverordnung, wurde eine Einsparrate von $25\text{-}30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ angesetzt.

Tabelle 5 zeigt, daß von den Dämmmaßnahmen (Nr 1 bis 4) die Außenwanddämmung bei freistehenden Einfamilienhäusern (EFH) und bei Mehrfamilienhäusern (KMH und GMH) die höchsten Endenergieeinsparungen erzielt. Im Falle der Reihendoppelhäuser (RDH) ist wegen des kleinen Verhältnisses von Außenwandfläche zu Fensterfläche der Fensteraustausch wesentlich energiesparender als die Außenwanddämmung. Wegen des relativ hohen Anteils am Bestand von 39 % werden die Einsparungen des gewichteten Durchschnittsgebäudes stark von diesem Gebäudetyp geprägt.

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

auch noch relativ kostengünstig ist. Werden alle vier Dämmmaßnahmen zusammen durchgeführt, dann werden je nach Gebäude Einsparungen von 180 bis 270 kWh/m²a erreicht. Bezogen auf den Endenergieverbrauch im Urzustand von 300 bis 420 kWh/m²a (Raumwärme plus Warmwasser) betragen die erreichbaren Einsparraten der Volldämmung 60 bis 65 %. Im günstigsten Fall, wenn alle Dämmmaßnahmen und ein Kesselaustausch durchgeführt werden und wenn auch noch eine Solaranlage installiert wird (Maßnahme 8), kann an einzelnen Gebäuden eine Einsparung von immerhin ca. 70 bis fast 80 % erreicht werden. Die niedrigste Einsparung wird durch Maßnahme 10, Niedrigenergiehaus erzielt, weil hier die Wärmeschutzverordnung 1995 mit ihrem relativ hohen Standard als Referenz dient. Würde man z. B. ein altes Einfamilienhaus durch entsprechende Dämmung auf den Niedrigenergiehaus-Standard bringen, dann könnten ohne Heizungsaustausch statt 28 kWh/m²a rund 270 kWh/m²a eingespart werden.

Nr	Maßnahme	EFH	RDH	KMH	GMH
		Anteil 22 %	Anteil 39 %	Anteil 22 %	Anteil 17 %
1	Außenwand	89	43	80	109
2	Fenster	85	111	64	71
3	Dach	86	37	62	7
4	Kellerdecke	19	40	8	4
5	BWK (Gas)	107	96	89	78
6	NT Kessel + Dämmung	302	251	238	207
7	BW Kessel + Solar	136	124	118	107
8	NTK+Solar +Dämmung	331	279	267	236
9	Nah-, Fernwärme	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
10	Wärmepumpe	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
11	Niedrigenergiehaus	30	30	25	25

Tabelle 5: Endenergieeinsparung der geförderten Einzelmaßnahmen für die Referenzgebäude in kWh/m² (Raumwärme und Warmwasser)

Das folgende Bild.1 zeigt die gewichteten spezifischen Endenergieeinsparungen der Einzelmaßnahmen.

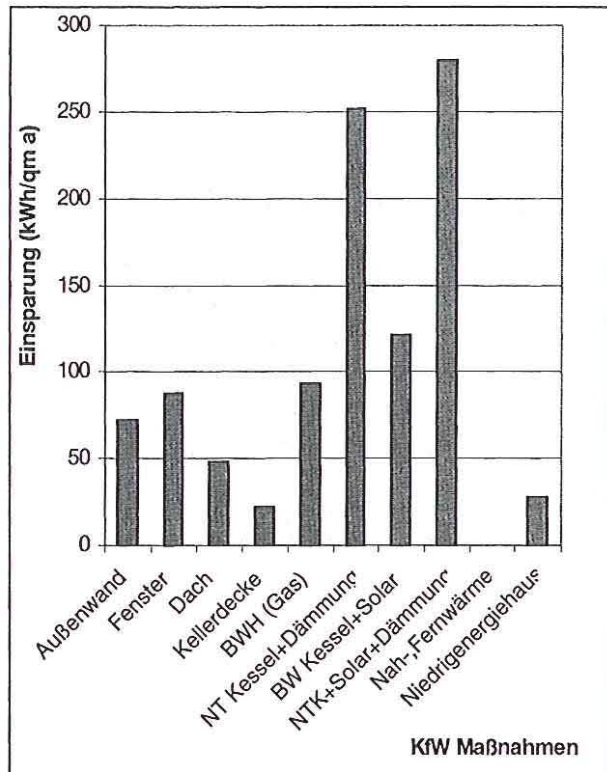


Bild 1: Mittlere spezifische Endenergieeinsparung der Einzelmaßnahmen

4.5 Hochrechnung der Energieeinsparung auf ein Fördervolumen von 5 Mrd. DM

Die jährlichen Einsparungen der Einzelmaßnahmen ergeben sich aus den spezifischen Einsparungen, multipliziert mit den sanierten Wohnflächen. Die Gesamteinsparung (kumulativ) der Einzelmaßnahmen für den Förderzeitraum 01.01.1996 bis 31.07.1998 ist in Bild 2 zusammengefaßt. Die folgenden drei Einzelmaßnahmen decken 86 % der Gesamteinsparung ab: Brennwertkessel (36 %), Außenwanddämmung (25 %) und Fensteraustausch (25 %).

Die Kreditzusagen für die rund 2,5 Jahre vom Programmbeginn bis Mitte 1998 betragen rund 2,8 Mrd. DM. Für die folgenden Jahre wurde deshalb ein Jahreswert von je knapp 1,0 Mrd. angenommen (grauer Bereich in Tabelle 6). Für 1998 wurde der Betrag von 491 Mio. DM mit 12/7 hochgerechnet. Für 1999 und 2000 ist dann die Differenz zu 5 Mrd. DM je zur Hälfte angesetzt worden. Die bis 2000 angestoßenen Investitionen und die erreichbare Energieeinsparung wurden mit den Relationen der aktuellen Fördersituation von 1998 hochgerechnet.

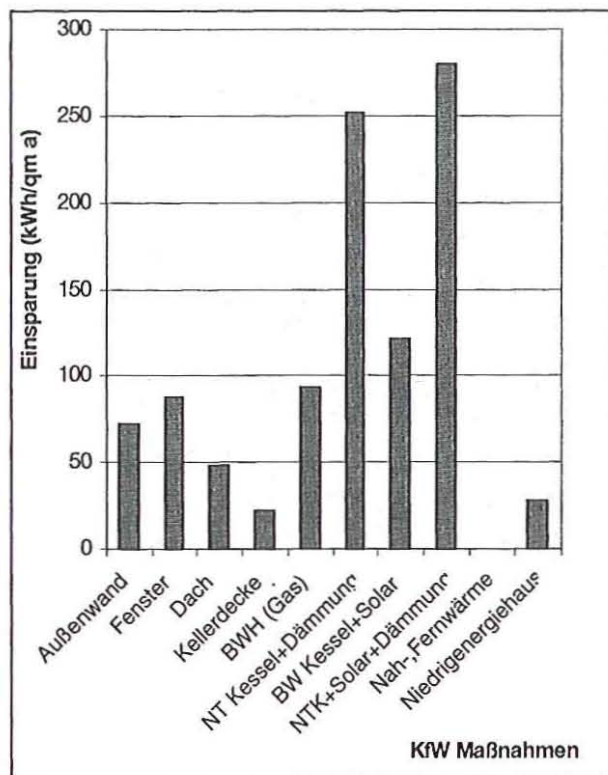


Bild 2: Gesamte Endenergieeinsparung der Einzelmaßnahmen (1.1. 1996 – 31.7. 1998)

Die Gesamteinsparung des 5 Mrd. Förderprogramms beträgt 7,981 PJ. Die Studie von PROGNOS (1995) erwartet für das Jahr 2000 in den alten Bundesländern für Raumwärme und Warmwasser einen Gesamtverbrauch der Haushalte von 1.929 PJ. Bezogen auf diesen Verbrauch beträgt die kummulative Einsparung durch das KfW-Programm rund 0,4 %.

Jahr	Kreditmittel Mio. DM	Investitionen Mio. DM	Energieeinsparung PJ
1996	1.425	2.352	2,520
1997	894	1.563	1,713
1998 bis 31. 7.	491	1.408	0,682
1998 1.8. bis 31.12.	350	1.006	0,490
1999	920	2.640	1,286
2000	920	2.640	1,286
Summe	5.000	11.609	7,976

Der graue Bereich kennzeichnet die hochgerechnete Entwicklung

Tabelle 6: Kreditmittel, Investitionen und Endenergieeinsparung bis 2000

4.6 Umrechnung der Energieeinsparung auf die einzelnen Energieträger

Die Umrechnung der Einsparungen, die bisher nur in PJ angegeben sind, auf die Energieträger Öl, Gas, Kohle und Strom erfolgt unter Berücksichtigung der folgenden zwei Kriterien:

- Beim Brennwertkessel (Maßnahmen 5 und 7) erfolgt die Umlage nach den Prozentzahlen der substituierten alten Heizanlagen. Als Referenz für die Zuordnung dienen hierzu die folgenden Relationen : 65 % Öl, 20 % Kohle, 10 % Gas, 5 % Strom (Nachtspeicher).
- Für die restlichen Maßnahmen wird die Umlage nach dem für die jeweiligen Technologien spezifischen Energieträgermix vorgenommen.

In Tabelle 7 sind die jährlichen Einsparungen für die Kreditsumme von 5 Mrd. DM dargestellt. In der vorletzten Zeile der Tabelle ist noch der Stromverbrauch der Regelung und der Pumpen erfasst. Die letzte Spalte von Tabelle 7 zeigt die prozentuale Aufteilung der kumulativen Einsparung. Öl erreicht mit rund 57,2 % den höchste Anteil. Der Prozentsatz des jeweils nächsten Energieträgers halbiert sich etwa in Bezug auf den vorangehenden Energieträger. Der Nachtspeicher-Strom hat mit 6,6 % den geringsten Anteil.

4.7 Berechnung der CO₂ Minderung, die aus der Energieeinsparung resultiert

Es wird die CO₂-Minderung berechnet, die sich aus der Verringerung des Verbrauchs von Öl, Gas, Kohle und Strom ergibt. Dazu werden die Energieeinsparungen der verschiedenen Energieträger aus Tabelle 7 mit den zugehörigen CO₂-Koeffizienten multipliziert. Die so ermittelten CO₂-Einsparungen sind in Tabelle 8 dargestellt.

	1996	1997	1998	1999	2000	1996-2000	
	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	%
Öl	1,301	1,029	0,690	0,770	0,770	4,560	57,2
Gas	0,784	0,401	0,291	0,307	0,307	2,090	26,2
Kohle	0,266	0,191	0,105	0,118	0,118	0,799	10,0
Strom (Nachtsp.)	0,169	0,091	0,083	0,090	0,090	0,523	6,6
Strom (normal)	0,0012	0,0009	0,0004	0,0006	0,0006	0,0037	≈ 0
Summe	2,521	1,714	1,169	1,285	1,285	7,976	100

Tabelle 7: Jährliche Einsparung nach Energieträgern bis 2000 (für 5 Mrd. DM)

	CO ₂	1996	1997	1998	1999	2000	1996-2000	
	Koeff. t/PJ	Mio. t/a	Mio. t/a	Mio. t/a	Mio. t/a	Mio. t/a	Mio. t/a	%
Öl	73.750	0,096	0,076	0,051	0,057	0,057	0,337	53,7
Gas	55.700	0,044	0,022	0,016	0,017	0,017	0,116	18,4
Kohle	108.190	0,029	0,021	0,011	0,013	0,013	0,087	13,8
Strom (Nachtsp.)	168.800	0,0285	0,0154	0,0140	0,0152	0,0152	0,0883	14,0
Strom (normal)	168.800	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0005	0,1
Summe	-	0,198	0,135	0,092	0,102	0,102	0,629	100

Tabelle 8: Jährliche CO₂ Einsparung nach Energieträgern (für 5 Mrd. DM)

5. Schätzung der CO₂-Einsparungen und der Beschäftigungseffekte im Produktionsbereich

5.1 Methodisches Vorgehen und Beschreibung der Wirkungskette des KfW-Programms

Das KfW-Programm induziert investive Maßnahmen und weitere Effekte, die als zusätzliche Endnachfrage Aktivitäten der Produktionssektoren anregen. Diese zusätzliche Endnachfrage ergibt sich als Summe z. T. gegenläufiger Einzeleffekte (Pfaffenberger, 1997):

- Investitionseffekt: Nachfrage für Investitionen in neue Bauten und Anlagen löst Produktionseffekte direkt in den produzierenden Sektoren aus.
- Verdrängungseffekt: Bisher genutzte Energieträger werden durch den Einsatz von Kapitalgütern oder anderer Energieträger substituiert.
- Betriebseffekt: Für neu installierte Anlagen können für Wartung und Betrieb neue Anforderungen bestehen.
- Budgeteffekt: Durch eine Nettobelastung (-entlastung) der Haushalte werden konsumtive Ausgaben verdrängt (ermöglicht).

Die folgende Analyse konzentriert sich auf den Investitions- und den Verdrängungseffekt. Das Ausmaß der Betriebseffekte erscheint für eine Gesamtbetrachtung vernachlässigenswert und der Budgeteffekt läßt sich anhand der vorliegenden Informationen nicht hinreichend quantifizieren. Einer weitergehenden Quantifizierung entziehen sich auch Außenhandelseffekte. Der Investitionseffekt führt zu einer Erhöhung von CO₂-Emissionen und Beschäftigung, während der Verdrängungseffekt bei beiden eine Verringerung bewirkt. Investitionseffekte wirken nur in dem begrenzten Zeitraum der Investitionsphase. Verdrängungseffekte dagegen orientieren sich in ihrer Wirkungsdauer an der technischen Lebensdauer der Anlagen.

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

Input-Output-Modelle zählen zu den traditionellen Verfahren der empirischen Wirtschaftsforschung. Sie finden seit den 60er Jahren Anwendung bei struktur-, energie- und auch umweltpolitischen Fragestellungen.¹ Mit zunehmender Bedeutung wird der Ansatz für beschäftigungs- und umweltpolitische Fragestellungen verwendet.² Die Input-Output-Analyse ermöglicht es, die Auswirkungen externer Impulse auf wichtige makroökonomische Größen wie Wertschöpfung und Beschäftigung zu quantifizieren. Die hierfür notwendige Datenbasis wird durch Input-Output-Tabellen zur Verfügung gestellt, die weltweit zum Standard volkswirtschaftlicher Statistiken gehören. Sie beschreiben eine Volkswirtschaft, indem sie sämtliche Güterströme, die zwischen den einzelnen Sektoren fließen, sowie Importe und Exporte darstellen. Sie zeigen somit die wechselseitigen wirtschaftlichen Beziehungen zwischen den Akteuren einer offenen Volkswirtschaft. Dies geschieht aber in einer hochaggregierten Form, da jeweils eine Vielzahl einzelner Wirtschaftseinheiten zu möglichst homogenen Sektoren zusammengefaßt wird (Holub et al., 1982). Die Tabellen zeigen im einzelnen,

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

¹ Vorteile: einfache Erstellung und Erweiterung, universelle Anwendung, einfache und konsistente logische Struktur, Zugriff auf amtliche Statistiken sowie gute Interpretationsmöglichkeit. Vgl. Pfaffenberger (1997).

² Vgl. Spitznagel (1976), Löbbecke/Rettig, (1985) und Belitz/Edler (1998). Zu Beschäftigungseffekten erneuerbarer Energieträger oder rationeller Energieverwendung vgl. Hohmeyer/Jochem/ Garnreiter/Mannsbart (1985), Ziegelmann/Mohr/Unger (1998) und Pfaffenberger (1997). Zu Beschäftigungswirkungen des Exports fortschrittlicher Kohletechniken vgl. Kuckshinrichs/ Schwarz/ Müller-Kirchenbauer (1998). Zu umweltrelevanten Effekten vgl. Hohmeyer/Kirsch/Vögele (1997) und Proops/ Faber/Wagenhals (1993).

Die Input-Output-Methodik erlaubt die Bestimmung der Produktions-, Beschäftigungs- und Emissionswirkungen, die durch eine modellexogen ermittelte Variation der Endnachfrage induziert werden.

Der Vektor der hier durch das KfW-Programm induzierten Endnachfrage wird außerhalb des Input-Output-Modells ermittelt werden. Hauptdatenquelle für die Input-Koeffizienten sowie die Beschäftigungs- und Emissionskoeffizienten ist die vom Statistischen Bundesamt 1993 veröffentlichte Input-Output-Tabelle. Die zugrunde liegende volkswirtschaftliche Produktionsstruktur wird im hier betrachteten Zeitraum als unverändert angenommen.

Bei Beschäftigungsanalysen, die auf der Input-Output-Technik beruhen, sind Modellbeschränkungen für die Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen. Die wichtigste betrifft die Linearitätsannahme (Holub/Tappeiner, 1982). Aus ihr folgt, daß die notwendige Arbeitskraft proportional zum Produktionsvolumen eines Sektors steigt. Aus der Literatur und der Praxis ist bekannt, daß diese Annahme nur approximativ gelten kann. Die Anwendung von Input-Output-Modellen für beschäftigungspolitische und emissionsrelevante Fragestellungen wird dennoch von vielen Experten befürwortet.

5.3 Ermittlung des Vektors der zusätzlichen Nachfrage des KfW Programms

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

Vektor der zusätzlichen Nachfrage durch den Investitionseffekt: Ausgangspunkt für die Ermittlung der zusätzlichen Endnachfrage durch den Investitionseffekt ist die Information von der KfW über die angestoßenen Investitionen und deren Struktur. Kreditzusagen über 5,0 Mrd. DM für den Zeitraum 1996 bis 2000 stoßen auf der Basis der KfW-Daten Investitionen in Höhe von 11,6 Mrd. DM an (Tabelle 6). Die Differenz von 6,6 Mrd. DM bezieht sich Investitionen, die nicht durch das KfW-Programm kreditfinanziert wurde, aber in engem sachlichen Zusammenhang mit den KfW-finanzierten Investitionen steht. Über die zeitliche Verteilung der angestoßenen Investitionen gibt Tabelle 9 Auskunft.

Zunächst ist eine Umrechnung der laufenden Investitionen auf das Basisjahr der Input-Output-Tabelle notwendig. Zur Diskontierung wird auf Preisindizes für Bauleistungen zurückgegriffen (Statistisches Jahrbuch, 1997). Die Nachfrageseite der Input-Output-Tabelle gibt nicht den Anschaffungspreis an, sondern den Ab-Werk-Preis. Es gilt somit, eine Bereinigung des Anschaffungspreises um den Wert der Handels- und Transportleistungen sowie der Umsatzsteuer vorzunehmen. Die induzierten Investitionen in laufenden Preisen ergeben mit dieser Umrechnung die zusätzliche Endnachfrage in konstanten Preisen (Tabelle 9)

	Induzierte Investitionen Mio. DM lfd. Werte	Zusätzliche Endnachfrage (o.MWSt) Mio. DM ₁₉₉₃
1996	2352	1909
1997	1565	1251
1998	2414	1877
1999	2640	2021
2000	2640	1990

Tabelle 9: Zusätzliche Endnachfrage

Tabelle 10 zeigt die Verteilung der zusätzlichen Nachfrage auf die Produktionssektoren. Der überwiegende Teil konzentriert sich auf die Sektoren 41 und 42, die den Hoch- und Tiefbau sowie das Ausbaugewerbe abbilden. In diesen Sektoren konzentrieren sich Berufsgruppen, die Arbeiten zur energetischen Gebäudesanierung durchführen, wie Maurer, Heizungsinstallateure usw. Die verschiedenen Vorleistungen wie z.B. die Herstellung der Baustoffe oder der Heizungsanlagen sind hier über die Koeffizienten der Vorleistungen der Baubranche enthalten. Die nach dem Preiskonzept der Input-Output-Tabelle herauszunehmenden Werte der Handels- und Transportbeziehungen können den Sektoren 43, 48 und 55 für die Dienstleistungen des Groß- und Einzelhandels, für Transport und für sonstige marktbestimmte Dienstleistungen (insbesondere Dienstleistungen von Ingenieur- bzw. Architekturbüros) zugeordnet werden.

	Sektor	1996	1997	1998	1999	2000
Hoch- u. Tiefbauleistungen	41	1262	589	967	1042	1026
Ausbauleistungen	42	456	567	722	778	766
Dienstleistungen des Großhandels u.ä.	43	57	38	56	61	60
Dienstleistungen des sonstigen Verkehrs	48	57	37	56	61	60
Sonstige marktbestimmende Dienstleistungen	55	77	50	75	81	80
Summe	-	1908	1251	1877	2021	1990

Tabelle 10: Sektorale zusätzliche Endnachfrage durch den Investitionseffekt

Der Vektor der zusätzlichen Nachfrage durch den Verdrängungseffekt: Ausgangspunkt für die Ermittlung der zusätzlichen Endnachfrage durch den Verdrängungseffekt ist die Energieträgerreduktion und -substitution der Raumwärmeerzeugung. Die Struktur der Energieträgereinsparungen zeigt Tabelle 7. Nach dem Preiskonzept der Input-Output-Tabelle müssen Korrekturen hinsichtlich Verbrauchs- und Mehrwertsteuern vorgenommen werden. Dafür werden verschiedene energieträgerspezifische Preisangaben herangezogen (Schiffer, 1997). Für die

Energieträger sind in der Zeit real konstante Preise angenommen. Entsprechend der Struktur des Energieversorgungssystems sind für Strom und Erdgas keine Handels- und Transportleistungen herauszurechnen, da diese nach dem Sektorkonzept der Input-Output-Tabelle direkt den Sektoren Elektrizität sowie Gas zugeordnet sind. Der überwiegende Teil der jeweiligen Nachfrageänderung konzentriert sich auf die Sektoren der Strom- und Gaswirtschaft sowie der Kohle- und Mineralölwirtschaft. Zu geringeren Teilen werden die Sektoren 43, 44, 45, 46 und 48 für die Dienstleistungen des Handels sowie für Transporte in Anspruch genommen. Der daraus resultierende Vektor der veränderten Endnachfrage ist in Tabelle 11 dargestellt.

Mio. DM ₁₉₉₃	Sektor	1996	1997	1998	1999	ab 2000
Elektrizität, Dampf, Warmwasser	3	-0,4	-6,1	-8,0	-10,0	-12,1
Gas	4	-11,8	-17,8	-22,2	-26,2	-31,4
Kohle, Erzeugnisse des Kohlebergbaus	6	-1,3	-2,3	-2,8	-3,4	-4,0
Mineralölzeugnisse	10	-11,0	-19,7	-25,6	-32,1	-38,7
Dienstleistungen des Großhandels u.ä., sowie des Einzelhandels	43, 44	-2,8	-5,0	-6,3	-8,0	-9,5
Dienstleistungen des Verkehrs	45, 46, 48	-1,5	-2,7	-3,5	-4,4	-5,3
Summe	-	-32,5	-53,6	-68,5	-84,8	-101,0

Tabelle 11: Veränderung der sektoralen Endnachfrage durch den Verdrängungseffekt

5.4 Beschäftigungs- und Emissionswirkungen im Produktionsbereich

Die Rechnungen mit dem I/O Modell zeigen, daß sich durch die Investitionen inklusive der Produktion von Vorleistungsgütern eine induzierte (direkte und indirekte) Produktion von durchschnittlich ca. 3,5 Mrd. DM ergibt. Das Verhältnis von Impuls zu induzierter Produktion beträgt etwa 1,8.

Die Investitionen durch die von KfW geförderten Maßnahmen erstrecken sich über den Zeitraum von 1996 bis 2000. Tabelle 12 zeigt die resultierende Entwicklung für die Beschäftigung und die Emissionen bis nach 2000.

Aus der direkten Durchführung der investiven Maßnahmen entsteht inklusive der Produktion der Vorleistungsgüter ein Beschäftigungseffekt von 18.572 Personenjahren im Jahr 1996 und von 17.540 Personenjahren im Jahr 2000. Die Vorleistungen haben einen Anteil von 30 %. Der wirtschaftliche Impuls aus dem Verdrängungseffekt ist in seinem Ausmaß viel geringer, hat eine andere Wirkungsrichtung und wirkt im wesentlichen auf die Energie bereitstellenden Produktionssektoren ein. Der Impuls aus der Reduktion von Energieverbräuchen und Substitution von Energieträgern inklusive der Vorleistungsproduktion führt zu einem Beschäftigungsverlust von 143 Personenjahren im Jahre 1996, der zu 410 Personenjahren im Jahre 2000 anwächst. Aus der Addition der beiden Einzeleffekte ergibt sich der Gesamteffekt auf

die Beschäftigung. Während der Laufdauer des Programms zwischen 1996 und 2000 werden im Mittel rund 16.300 Arbeitsplätze geschaffen. Nach dem Abschluß der Investitionsphase in 2000 zeigt ausschließlich der Verdrängungseffekt Wirkung, jedoch nur in Richtung eines gesamtwirtschaftlich vernachlässigenswerten Beschäftigungsausfalls von 400 Personenjahren.

	Dimension	1996	1997	1998	1999	2000	≥ 2001
Investitionseffekt							
Beschäftigung	Pers. Jahre	18.572	11.619	17.206	18.167	17.540	-
CO ₂ -Emission	10 ³ t CO ₂	337	202	310	334	329	-
Verdrängungseffekt							
Beschäftigung	Pers. Jahre	-143	-232	-290	-351	-410	-410
CO ₂ -Emission	10 ³ t CO ₂	-22	-27	-35	-45	-54	-54
Gesamt							
Beschäftigung	Pers. Jahre	18.429	11.387	16.916	17.815	17130	-410
CO ₂ -Emission	10 ³ t CO ₂	315	175	275	289	275	-54

Tabelle 12: Beschäftigungswirkungen sowie CO₂-Emissionen im Produktionsbereich

Die aus der Produktion der zusätzlichen Nachfrage resultierende CO₂-Emission beträgt rund 337.000 t im Jahre 1996 bzw. 329.000 t für 2000. Für diese Mehremission sind insbesondere die Sektoren Elektrizität, Dampf, Warmwasser und Steine, Erden, Baustoffe etc verantwortlich. Die aufgrund des Produktionsausfalls durch den Verdrängungseffekt vermiedenen CO₂-Emissionen steigen von 22.000 t im Jahr 1996 auf 54.000 t im Jahr 2000 und sind danach konstant. Aus der Addition der beiden Einzeleffekte ergibt sich von 1996 bis 2000 im Mittel ein Mehrausstoß von 266.000 t. Erst nach Beendigung der Programms wird eine Einsparung von 54.000 t pro Jahr wirksam.

6. Zusammenfassung Modellergebnisse

Tabelle 13 zeigt die Zusammenfassung der mit den Raumwärmemodell gerechneten CO₂-Einsparungen bei den Konsumenten mit den Effekten bei den Produzenten, die mit dem Input/Output Modell bestimmt wurden. Für die Netto Gesamtemission ergibt sich ein stark variierender Verlauf. Im Jahre 1996 tritt eine Mehremission von 117.000 t auf, die sich laufend verringert, so daß 1997 schon eine Einsparung von 158.000 t zu verzeichnen ist. Die maximale Einsparung des Förderprogramms tritt 2001 auf und erreicht dann dauerhaft 683.000 t (vgl. auch Bild 3).

PROGNOS, 1995 erwartet im Jahr 2000 für den Haushaltssektor in den alten Bundesländern eine CO₂ Emission von ca. 97 Mio. t.. Davon entfallen rund 90 % auf die Raumwärmebereitstellung und 10 % auf die Warmwasserbereitung. Die Einsparung durch das KfW-Programm von 0,68 Mio. t bedeutet dann einen relativen Anteil von 0,7 %.

	Rechenverfahren	Dimension	1996	1997	1998	1999	2000	≥ 2001
Effekte bei den Produzenten								
Beschäftigung	I/O Modell	Pers. Jahre	18.429	11.387	16.916	17.815	17130	-410
CO ₂ -Emission	I/O Modell	10 ³ t CO ₂	315	175	275	289	275	-54
Einsparung bei den Konsumenten								
CO ₂ -Emission	RW Modell	10 ³ t CO ₂	-198	-333	-425	-527	-629	-629
Gesamt								
Beschäftigung	I/O Modell	Pers. Jahre	18.429	11.387	16.916	17.815	17130	-410
CO ₂ -Emission	I/O und RW	10 ³ t CO ₂	117	-158	-150	-238	-354	-683

Tabelle 13: Zusammenfassung von Beschäftigungswirkungen und CO₂-Emissionen

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

Gemessen an der relativen Entwicklung ergibt sich ein anderes Bild. Von 1995 auf 1996 wurden 98000 Arbeitsplätze in der westdeutschen Bauwirtschaft abgebaut. Mit dem Beschäftigungseffekt des KfW-Programms wurde ein um 10% höherer Verlust an Arbeitsplätzen im Baugewerbe verhindert.

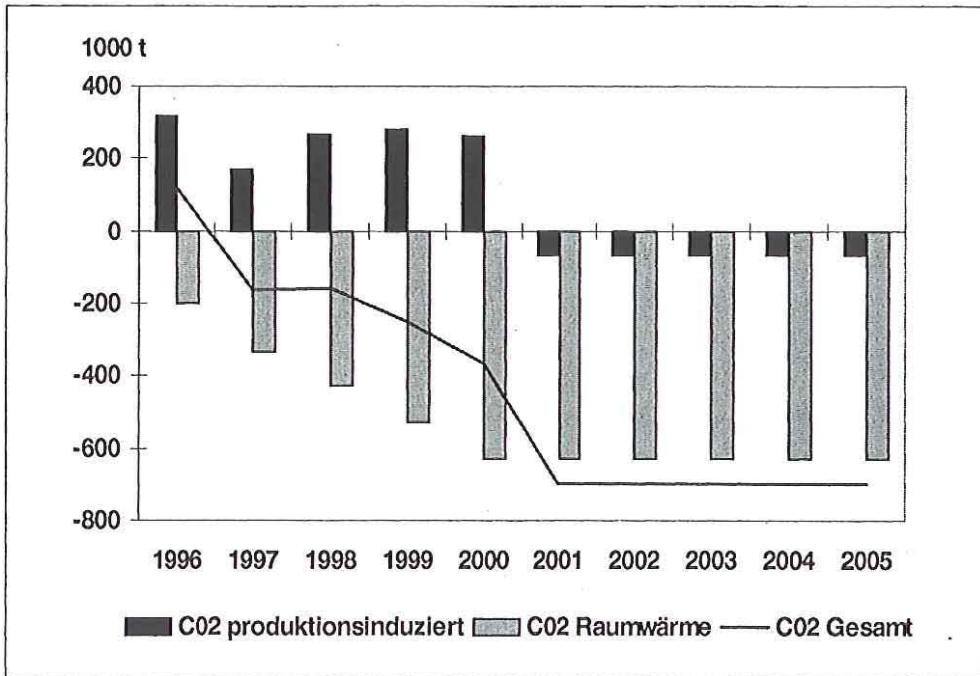


Bild 3: Zusammenfassung der raumwärme- und produktionsinduzierten Veränderung der CO₂-Emissionen (5 Mrd. DM Kreditvolumen)

Literatur

- Belitz, H. / Edler, D. (1998), Gesamtwirtschaftliche und regionale Effekte von Bau und Betrieb eines Halbleiterwerkes in Dresden. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin, Sonderheft 164.
- BMU (1997), Umweltpolitik, Klimaschutz in Deutschland, Zweiter Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland nach dem Rahmenabkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn.
- Esso (1995), Energieprognose, Moderne Heizung - aktiver Klimaschutz, Faltblatt.
- Gülec T., Kolmetz S. und Rouvel L. (1994), Energieeinsparpotential im Gebäudebestand durch Maßnahmen an der Gebäudehülle, IKARUS, Teilprojekt 5 "Haushalte und Kleinverbraucher", Band 5-22, Forschungszentrum Jülich.
- Hauser G., Stiegel T. und Otto F. (1997), Energieeinsparung im Gebäudebestand, Bauliche und anlagentechnische Lösungen, Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung e. V., Berlin.
- Heckler R., Kolb G. (1997), IKARUS Raumwärmemodell, Projektbericht, Forschungszentrum Jülich, STE in Zusammenarbeit mit TU-München, IfE.
- Hohmeyer, O. / Jochem, E. / Gamreiter, F. / Mannsbart, W. (1985), Employment effects of energy conservation investments in EC countries. Luxembourg.
- Hohmeyer, O. / Kirsch, J. / Vögele, S. (1997), EMI 2.0 –A disaggregated Model Linking Economic Activities and Emissions. In: Bringezu, S. / Fischer-Kowalski, M. / Kleijn, R. / Palm, V. (eds.), Regional and National Material Flow Accounting: From Paradigm to Practice of Sustainability. Wuppertal Special 4.
- Holub, H.-W. / Tappeiner, G. (1982), Arbeitsmarktanalysen. Studie des Instituts für Wirtschaftsforschung für die Handels-, Industrie-, Handwerks- und Landwirtschaftskammer Bozen.
- KfW (1998/1), KfW-Programm zur CO₂-Minderung, Merkblatt 03/98, Frankfurt.
- KfW (1998/2), Daten zum KfW-Programm (Schriftliche Mitteilung der KfW)
- Kuckshinrichs, W. / Schwarz, G. / Müller-Kirchenbauer, J. (1998), Beschäftigungseffekte eines europäischen Programms zur Förderung des Einsatzes von Clean Coal Technologies. Forschungszentrum Jülich.
- Löbbe, W. / Rettig, R. (1985), Zur volkswirtschaftlichen und arbeitsmarktpolitischen Bedeutung des Steinkohlebergbaus. Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Essen.
- Pfaffenberger, W. (1997), Beschäftigungseffekte des Ausbaus erneuerbarer Energie. In: Elektrizitätswirtschaft, Jg. 96, Heft 24, S. 1400-1404.

- PROGNOS (1995), Die Energiemärkte Deutschlands in zusammenwachsenden Europa - Perspektiven bis zum Jahr 2020, Bericht in Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Basel.
- Proops, J.R. / Faber, M. / Wagenhals, G. (1993), Reducing CO₂ emissions – a comparative input-output study for Germany and the UK. Berlin: Springer-Verlag.
- Schiffer, H.-W. (1997), Energiemarkt Bundesrepublik Deutschland. Köln: Verlag TÜV Rheinland.
- Spitznagel, E. (1976), Anwendung des erweiterten Input-Output-Modells auf das "Programm zur Stärkung von Bau- und anderen Investitionen". In: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Nr. 3/76, S. 350-362.
- Statistisches Jahrbuch (1997).
- Stehmeier (1996), Umsetzung des Vollzugs zur Heizungsanlagenverordnung, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks, Sankt Augustin.
- Stein G. und Strobel B. (Hrsg.) (1997), Politiksznarien für den Klimaschutz, Untersuchung im Auftrag des Umweltbundesamtes, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 5, Jülich.
- Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Fachserie 18, Reihe 2: Input-Output-Tabellen 1993. Zentralverband des Deutschen Baugewerbes (Hrsg.) (1998), Baujahr '97. Jahrbuch des deutschen Baugewerbes. Köln: Köllen Druck + Verlag GmbH.
- Ziegelmann, A. / Mohr, M. / Unger, H. (1998), Arbeitsmarkteffekte neuer Energiesysteme. RUB E-I-200, Ruhr-Universität Bochum.
- Ziesing H.J. et al. (1997), CO₂-Emissionen: Ausgangslage und Perspektiven bis 2005, in: Stein G. und Strobel B. (Hrsg.), Politiksznarien für den Klimaschutz, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 5, Jülich.

Schriften des Forschungszentrums Jülich. Reihe Umwelt/Environment:

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. Holzappel, W. Kuckshinrichs, D. Martinsen,
M. Walbeck, J.-Fr. Hake (1998), VI, 276 Seiten
ISBN 3-89336-220-7

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

9. **Horizonte 2000**
6. Wolfgang-Ostwald-Kolloquium der Kolloid-Gesellschaft
3. Nachwuchstage der Kolloid- und Grenzflächenforschung
Kurzfassungen der Vorträge und Poster
zusammengestellt von F.-H. Haegel, H. Lewandowski, B. Krahl-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
Flußbeeinzugsgebiet der Elbe (Deutscher Teil). Abschlußbericht Teil 2.
von F. Wendland, R. Kunkel (1999), 166 Seiten
ISBN 3-89336-236-3

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

15. **Satellitenbildauswertung mit künstlichen 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. Niemyer 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

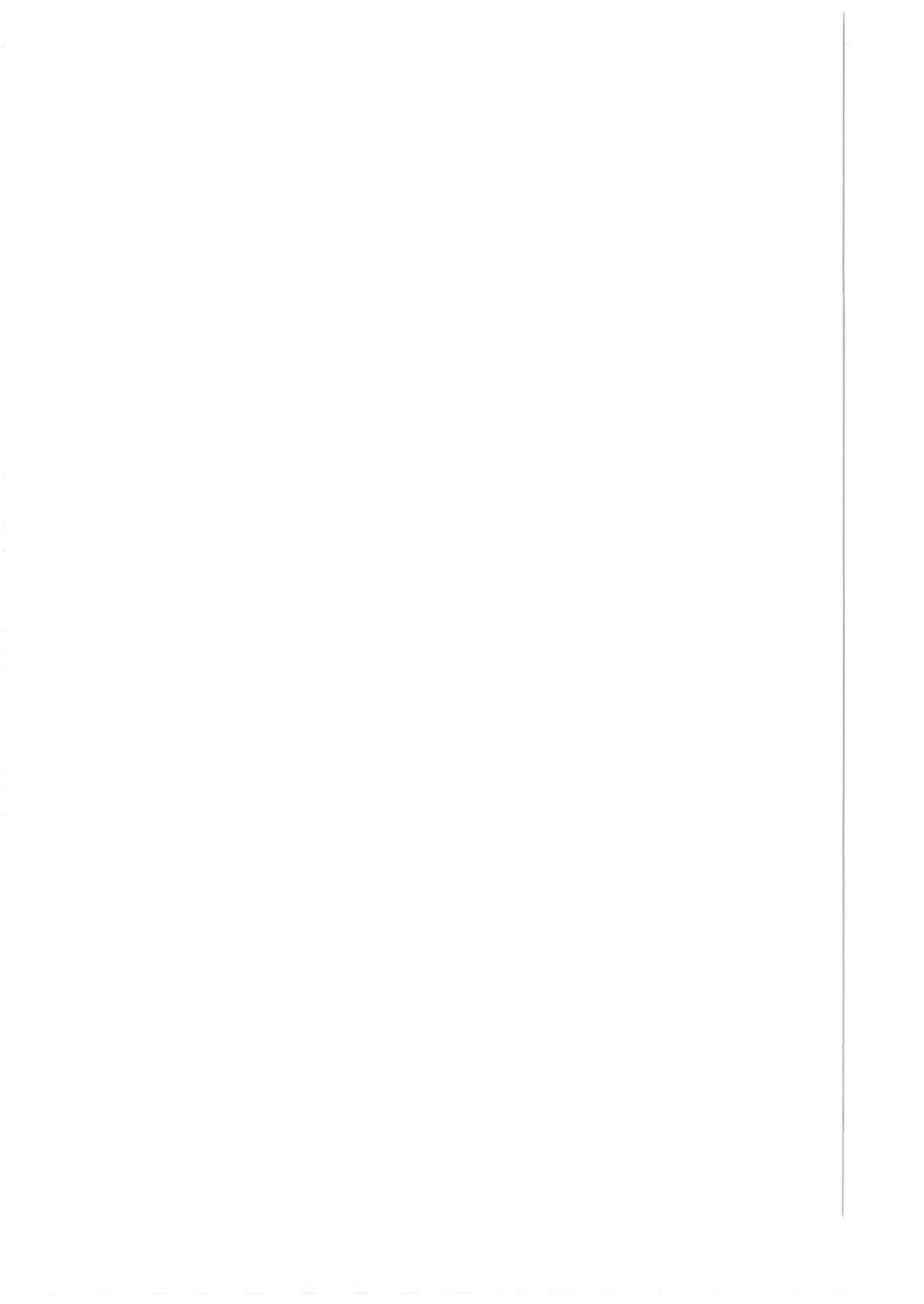
17. **CO₂-Reduktion und Beschäftigungseffekte im Wohnungssektor durch das CO₂-Minderungsprogramm der KfW**
Eine modellgestützte Wirkungsanalyse
von M. Kleemann, W. Kuckshinrichs, R. Heckler (1999), 29 Seiten
ISBN 3-89336-244-4

18. **Symposium über die Nutzung der erneuerbaren Energiequellen Sonne und Wind auf Fischereischiffen und in Aquakulturbetrieben**
Symposium und Podiumsdiskussion, Izmir, Türkiye, 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 Elbeeinzugsgebiet**
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
Abschlußbericht
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



Forschungszentrum Jülich



Band 21
ISBN 3-89336-252-5

Umwelt
Environment