



Empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten, im Gebäudebestand und bei Neubauten Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern (ABL und NBL)

Endbericht für die 'Deutsche Bundesstiftung Umwelt" in Kooperation mit der Enquete-Kommission 'Schutz der Erdatmosphäre' des Deutschen Bundestages

Darmstadt im Januar 1995 ISBN 3-927846-60-0

Projektleitung: Dipl.-Ing. Werner Eicke-Hennig

Bearbeiter:

Dipl.-Ing Rolf Born

Dr. Witta Ebel

Dipl.-Ing. Werner Eicke-Hennig

Dr. Wolfgang Feist

Dipl.-Ing. Eberhard Hinz

Dipl.-Ing. Michael Jäkel

Dipl-Phys. Tobias Loga

Dr. Helmut Schmidt

Dr. Storch (LBFI - Institut für Regional- und Baumarktentwicklung GMBH, Leipzig)

Dipl. Ing. Olaf Hildebrandt (ebök - Ingenieurbüro für Energieberatung, Haustechnik und ökologische Konzepte Tübingen)

Dipl.Ing. Benedikt Siepe (ARENHA - Ingenieurgesellschaft für Energietechnik, Hannover)

Reprotechnik: Reda Hatteh

BSN AZOSA

INSTITUT WORKEN + UMWELT
61 DARMSTADT

EING.: 1. 3, 35

TGB NR.: 94/1223 SIGNAT.: 94/629

# INHALTSVERZEICHNIS

0	Vor	vort	1
1		energiebedarf der privaten Haushalte - Nutzwärmebedarf alte	
	und 1	neue Bundesländer	3
2		iudetypologie im Wohngebäudebestand und für den Wohnungsneubau	
	(alte	und neue Bundesländer)	5
	2.1	Zur Datenlage des Wohnungsbestandes (ABL)	5
	2.2	Zur Datenlage des Wohnungsbestandes (NBL)	
	2.3	Zur Wahl der Gebäudetypenmethode,	
	2.4	Beschreibung der Gebäudetypologie (ABL und NBL)	13
		2.4.1 Gebäudetypologie Alte Bundesländer	
8		2.4.2 Wärmetechnische Gebäudetypologie Neue Bundesländer	15
		2.4.3 Erweiterung der Wohngebäudetypologie: Die industrielle	
të.		Plattenbauweise (Indexgebäude IMI 2 bis IMI 4)	
44	12-	2.4.4 Wohnungsneubau	
. 71		2.4.5 Haustypenmatrix Wohngebäudebestand (ABL)	
		2.4.6 Haustypenmatrix Wohngebäudebestand (NBL)	
19		2.4.7 Haustypenmatrix für den Wohnungsneubau (ABL und NBL)	28
			- 4
3	Eners	giesparmaßnahmen im Wohngebäudebestand der	
		lesrepublik Deutschland	29
			40.
	3.1	Durchführung wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen im	. 711
		Zuge von Instandsetzungs-, Erneuerungs- oder	
		Modernisierungsmaßnahmen	31
		3.1.1 Erneuerungszyklen von Außenbauteilen	
2	3.2	Katalog wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen	
		3.2.1 Überblick über die Maßnahmen im TREND-Szenario	
$T_{e_2}$		3.2.2 Überblick über die Maßnahmen im SPAR-Szenario	
1760	3.3	Sachliche Restriktionen für die Ausführung wärmetechnischer	
		Sanierungsmaßnahmen	40
			-30
4	Koste	en und Wirtschaftlichkeit wärmetechnischer	. 8
3 7	Sanie	rungsmaßnahmen	42
193 5	4.1	Kosten wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen	42
	1.4	4.1.1 Diskussion der Investitionskostenannahmen im Abgleich mit de	
		Kostenkalkulation im IKARUS-Projekt	
	1 8	4.1.2 Empirische Erhebung von Kosten ausgeführter Maßnahmen	
		im Wohngebäudebestand	58

		4.1.3	Kostendaten in der Baukostenliteratur
		4.1.4	Zukünftig zu erwartende Preisentwicklung für wärmetechnische
			Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand
	4.2		haftlichkeit wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen 79
		4.2.1	Wirtschaftlichkeit als Beurteilungskriterium für energiesparende
			Maßnahmen 79
*		4.2.2	Kritik statischer Berechnungsmethoden
		4.2.3	Dynamische Methoden zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit 82
		4.2.4	Bewertungsmaßstab: Kosten für die eingesparte
			Kilowattstunde Endenergie 83
		4.2.5	Rahmendaten für die Wirtschaftlichkeitsberechnung 85
	4.3	Optima	ale Dämmstoffstärken im Gebäudebestand
	-		
_			
5			er objektbezogenen Einsparpotentiale der
	Refe	renzgebär	ude der Gebäudetypologie
	- 1		
	5.1.		uchungsmethode
		5.1.1	Beschreibung des Energiebilanzmodells STATBIL 95
		5.1.2.	Definition der Zustände IST, UR, START für die
		5 4 0	Wärmebilanzrechnungen
		5.1.3	Standardbedingungen
,		•	5.1.3.1 Standardnutzung
			5.1.3.2 Standardheizung
		5.1.4	Die Maßnahmenketten Trend und Spar 104
	5.2	Dokum	nentation der untersuchten Gebäude
	16		
6	Emmi	rischo III	berprüfung der nachgewiesenen Einsparungen
U	_		echnische Sanierungen im Gebäudebestand
	uuici	1 wantie	termisent Samerangen im Gebaudebestand
7	Enen	pieeinspa	rung beim Neubau
	7.1	Bedeut	tung des Neubaus
	7.2		u-Typologie
		7.2.1	Freistehende Einfamilienhäuser
			Reihenhäuser 152
		7.2.3	Mehrfamilienhäuser 156
,	7.3		etechnische Standards bei Neubauten
		7.3:1	Standard nach II. Wärmeschutzverordnung (1982) 158
		.,	7.3.1.1 Das Regelverfahren: Höchstzulässiger k <sub>m</sub> -Wert 158
			7.3.1.2 Das Bauteilverfahren: Einzelanforderungen an
			Bauteile der Hüllfläche
			7.3.1.3 Gebäude mit Standard nach II. Wärmeschutzverordnung 159
			7.3.1.3.1 Freistehendes Einfamilienhaus nach
			II. Wärmeschutzverordnung 160
			7.3.1.3.2 Reihenmittelhaus nach
			TATACAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGAGA
			II. Wärmeschutzverordnung 161
		٠	II. Wärmeschutzverordnung 161 7.3.1.3.3 Mehrfamilienhaus im sozialen Wohnungs-

. ,	7.3:2	Standard nach novellierter Wärmeschutzverordnung (1995)	164
•		7.3.2.1 Nachweis über den Jahres-Heizwärmebedarf	164
	•	7.3.2.2 Nachweis über vereinfachtes Verfahren	165
		7.3.2.3 Gebäude mit Standard nach novellierter	
		Warmeschutz-VO 1995	165
		7.3.2.3.1 Freistehendes Einfamilienhaus nach nov	el-
		lierter Wärmeschutzverordnung '95	166
		7.3.2.3.2 Reihenmittelhaus nach novellierter	
		Wärmeschutzverordnung '95	167
*		7.3.2.3.3 Mehrfamilienhaus im sozialen Wohnung	S-
		bau nach novellierter Wärmeschutzveror	d-
		nung '95	
•	7.3.3	Niedrigenergiehaus-Standard	169
		7.3.3.1 Freistehendes Einfamilienhaus als Niedrigenergiehaus	169
		7.3.3.2 Reihenmittelhaus als Niedrigenergiehaus	171
	•	7.3.3.3 Mehrfamilienhaus im sozialen Wohnungsbau als	
		Niedrigenergiehaus	172
	7.3.4		
,		7.3.4.1 Reihenmittelhaus als Passivhaus	
7.4		me-Einsparpotentiale bei Neubauten	
7.5		ingen mit Niedrigenergiehäusern	
	7.5.1	Malmö-Valdemarsrö: 32 Reihenhäuser, 1980 bezogen	
	7.5.2		178
	7.5.3	Niedrigenergiehäuser in Täby/Schweden (18 Einfamilienhäuser)	
	7.5.4	Ingolstadt-Halmstadt-Projekt: Energiesparhäuser in zwei Ländern	179
, ,	7.5,5	Siedlung mit 41 Niedrigenergiehäusern in Niedernhausen	
			180
1	7.5.6	Meßergebnisse: Heizwärmeverbrauch	180
7.6		naftlichkeit von Niedrigenergiehäusern	
·	7.6.1	Gebaute und bewohnte Niedrigenergiehäuser als Datenbasis	182
	7.6.2	Erhobene Mehrkosten für den Niedrigenergiehausstandard	
		in Deutschland	
		7.6.2.1 Beispiel für die Mehrkostenermittlung: Mehrkosten ge-	
		dämmter Außenwände	181
		7.6.2.2 Dokumentation der empirisch ermittelten Mehrkosten	182
-			184
	7.6.4	Verbrauchsstatistik: Bestimmung der Energieeinsparung durch de	
•			185
	7.6.5	Zur Methodik der Wirtschaftlichkeitsberechnung	186
		Wärmekosten für die Energieeinsparung	187
	7.6.7	Ausblick Zusammenfassung und Diskussion	188
	7.6.8	Zusammentassung und Diskussion	189
7.7	_		193
. ,	7.7.1	1 0	194
	772	Emnfehlungen für die Energie- und Wohnungshaunolitik	195

8	Einsp	parpotentiale im Gebäudebestand	98
•,	8.1	Gebäudebestand 1990	98
•	8.2	Zielwerte für Energiekennwerte im Gebäudebestand	
	8.3	Einsparpotentiale	
	0.5	Dinsparpotentiale	11
	?		
9	Prima	ärenergie- und Schadstoffbilanz von Baustoffen und Gebäuden 22	26
	9.1	Primärenergieeinsatz über die Lebensdauer eines Gebäudes 22	26
•		9.1.1 Herstellung	27
		9.1.2 Nutzung	28
		9.1.3 Abriß	28
	9.2	Strukturdaten und Berechnungsgrundlagen	31
		9.2.1 Primärenergieinhalt von Wandkonstruktionen 23	31
		9.2.2 Emissionsbilanzen von Dämmstoffen	33
	9.3	Wandkonstruktionen im Vergleich	34
		9.3.1 Gesamt-Primärenergiebilanzen von Wandkonstruktionen 23	34
		9.3.2 NO <sub>x</sub> - und SO <sub>2</sub> -Bilanzen 23	39
	. 9.4	Ein Beispiel aus der Altbausanierung - Goyastraße - Leipzig 24	41
	9.5	Neubau - Primärenergiebilanz Niedrigenergiehaus Schrecksbach 24	45
10		mnisse für die Ausschöpfung vorhandener Energiespar-	
	poten	tiale im Gebäudebestand und beim Wohnungsneubau 24	46
11	Tuesdam	was to say Assach Sufano washandanan Nintranamia	
11		umente zur Ausschöpfung vorhandener Nutzenergie-	E 1
	Einsp	parpotentiale im Gebäudebestand	34
•	11.1	Einleitung	54
	11.1	Programm zur Förderung einer integrierten unabhängigen	7-
	11.2	7	57
	11.3	Fürderung der Weiterbildung von Handwerk, Ingenieuren und	,
	11.3	Architekten	66
	11.4	70 1 1 70 11	00
*	11.7	Bedeutung der Bauteilerneuerungszyklen für die wärmetechnische Gebäudesanierung	67
	11.5		
	11.5	11.5.1 Kritik der Wärmeschutzverordnung	
		11.5.2 Funktionale Normen	
		11.5.3 Vorteile der Einführung von Energiekennwerten 27	
	11.6	11.5.5 Voitelle der Emittinding von Energiekenniwerten 27	, ,
		Verbesserung des administrativen Instrumentariums:	
	1	Verbesserung des administrativen Instrumentariums: Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG)	
	•	Verbesserung des administrativen Instrumentariums: Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG) von 1976 und seine Verordnungen	80
	11.7	Verbesserung des administrativen Instrumentariums: Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG) von 1976 und seine Verordnungen	80 82
	•	Verbesserung des administrativen Instrumentariums: Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG) von 1976 und seine Verordnungen	80 82 84
	•	Verbesserung des administrativen Instrumentariums: Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG) von 1976 und seine Verordnungen	80 82 84
	•	Verbesserung des administrativen Instrumentariums: Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG) von 1976 und seine Verordnungen	80 82 84 85
	•	Verbesserung des administrativen Instrumentariums: Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG) von 1976 und seine Verordnungen	80 82 84 85
	•	Verbesserung des administrativen Instrumentariums: Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG) von 1976 und seine Verordnungen	80 82 84 85 95

	11.8	Wohnungswirtschaftlicher Handlungsbedarf:	
	* (	Wärmetechnische Gebäudesanierung	304
	11.9	Energiesteuer und Umweltabgaben	305
	11.10		
		11.10.1 Erstellung regionaler Haustypologien	
•		11.10.2 Wärmetechnische Sanierungskonzepte	312
		11.10.3 Mustersanierungen, begleitende Forschungen	
		11.10.4 Angepaßte Konstruktionsdetails für typische Sanierungsfälle .	314
	e **	11.10.5 Neue Komponenten für weitergehende Energieeinsparung	315
	11.11	Notwendigkeit eines abgestimmten Instrumentenbündels	315
12		ick: Zukünftig zu erwartende Fortschritte bei Komponenten	,
	und k	Konzepten zum Energiesparen im Gebäudebestand	318
	•		
	12.1	Entwicklung neuer Dämmstoffe und Dämmsysteme	
	12.2	Neue Fenstergläser und Fensterbauarten	
10	12.3	Effizienzverbesserung bei der Lüftung	
	12.4	Systeme zur passiven/aktiven Solarenergienutzung in Gebäuden	
		12.4.1 Fenster	
	4	12.4.2 Transparente Wärmedämmung von opaken Bauteilen	
		12.4.3 Solare Hybridsysteme	326
	12.5	Zu erwartende Energiesparpotentiale mit Zukunftstechnologien	
		in zwei ausgewählten Fällen des Gebäudebestandes	
	12.6	Konsequenzen für das (technische) Einsparpotential	335
Lite	raturverze	eichnis	339

1989 legte das Institut Wohnen und Umwelt im Auftrag der Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages die Studie "Altbaumodernisierung und -sanierung bei Wohngebäuden (Studie A.1.2.b)" als Teil des Studienprogramms zur Erhebung des CO<sub>2</sub>- Einsparpotentials in der Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer, ABL) vor.

Die Studie belegte ein hohes Nutzwärmeeinsparpotential von 34 % bis zum Jahr 2005 und von 52 % bis 2050 unter den gegenüber heute geänderten Randbedingungen: Einführung von Energiekennzahlen, Ausbau der Energieberatung, Erhebung von Umweltabgaben oder Steuern auf den Heizenergieverbrauch, Schaffung eines Förderprogramms zur wärmetechnischen Gebäudesanierung und Intensivierung der Bauforschung mit Schaffung von Demonstrations-Sanierungsmaßnahmen sowie der Entwicklung eines attraktiven Weiterbildungsangebotes. Die Ausschöpfung dieses Einsparpotentials würde bis zum Jahr 2005 ohne Veränderung der Energieträgerstruktur eine Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von rund 36 % bewirken. Für die Ausschöpfung des Potentials wird es künftig erforderlich sein, ohnehin anstehende Instandsetzungsmaßnahmen an der Gebäudehülle mit zusätzlichen Wärmeschutzmaßnahmen zu koppeln.

Die Nachfolge-Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" hat in ihrem Studienprogramm die "empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten, im Gebäudebestand und bei Neubauten Energie einzusparen" vorgesehen. Damit sollten die Annahmen der Studie von 1989 hinsichtlich des Investitionskostenrahmens überprüft und die Machbarkeit der vorgeschlagenen wärmetechnischen Sanierungsmaßnahmen an weiteren ausgeführten Gebäudebeispielen gezeigt werden. Darüber hinaus wurde die gesamte Fragestellung auf die neuen Bundesländer und den Wohnungsneubau ausgedehnt. Die Teile "Gebäudetypologie NBL", "Investitionskosten wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen" und "Energetische Bewertung von Wärmeschutzmaßnahmen" wurden in Kooperation mit dem IKARUS-Projekt (Instrumente zur Minderung energiebedingter Klimagasemissionen), Herrn Prof. Rouvel, TU München erarbeitet. Diese Kostendiskussion und die Analyse der Realkosten ausgeführter wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen bei Wohnungsbaugesellschaften und anhand von Literaturwerten führte zu einer Modifikation der Maßnahmekosten der IWU-Studie von 1989. Die Gesamtkosten der Maßnahmen wurden überwiegend nach oben korrigiert. Die für die Wirtschaftlichkeit relevanten zuwachsenden Investitionskosten für den wärmetechnischen Sanierungsteil sind jedoch im allgemeinen nur geringfügig verändert.

Für die alten Bundesländer konnten die Ergebnisse der Enquete-Kommission Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre in Rahmen der 30 Typen umfassenden Gebäudetypologie bestätigt werden. Das Einsparpotential für die neuen Bundesländer wurde an 16, die gesamte Wohngebäudesubstanz repräsentierenden Gebäudetypen untersucht. Im Rahmen dieser Studie wurde das technische Einsparpotential und das in Abhängigkeit von der Energiepreisentwicklung wirtschaftliche Einsparpotential durch Wärmeschutzmaßnahmen betrachtet. Das technische Einsparpotential liegt für die Gebäudetypen zwischen 40 und 75 %. In den alten Bundesländern beträgt das wirtschaftliche Einsparpotential bei einem zukünftigen Energiepreis von 6 Pf/kWh Endenergie 36 %, bei einem Energiepreis von 11 Pf/kWh steigt das Einsparpotential bis auf die Hälfte des gegenwärtigen Bedarfs. In den neuen Bundesländern liegt das Einsparpotential schon bei einem mittleren zukünftigen Brennstoffpreis von 6 Pf/kWh über 50 Prozent und steigt dann ab 9 Pf/kWh auf über 60 % an. Das zusätzliche Investitionsvolumen für die bei einem zukünftigen Energiepreis von 8 Pf/kWh wirtschaftlichen Wärmeschutz-

maßnahmen liegt bei 115 Mrd. DM in den alten und 35 Mrd. DM in den neuen Bundesländern. Die zugehörigen Gesamtkosten von ohnehin stattfindender Instandsetzung und zusätzlicher wärmetechnischer Sanierung betragen für das Bundesgebiet 740 Mrd. DM.

Durch die Untersuchung von 65 Ein- und Mehrfamilienhäusern aus dem Gebäudebestand (Baujahre 1900-1972), an denen qualitativ unterschiedliche Wärmeschutz- und heizungstechnische Erneuerungsmaßnahmen nachträglich ausgeführt wurden, werden die auf Basis von Wärmebilanzrechnungen in der Gebäudetypologie bestimmten Einsparpotentiale gestützt. Die empirische Untersuchung der Objekte zeigt, daß die berechneten Einsparpotentiale in den erwarteten Größenordnungen auch erreicht werden. Bereits Einzelmaßnahmen zeigen deutliche Effekte, durch Maßnahmebündel werden Einsparquoten bis zu 70 % nachgewiesen. Die erreichten Einsparungen sind deutlich von der Anzahl und der Qualität der Energiesparmaßnahmen abhängig.

Die Analyse des Wohnungsneubaus führte zur Abgrenzung von 3 Gebäudetypen, die 99 % des Neubaus abdecken. Auf Grundlage der in ausgeführten Niedrigenergiehausprojekten nachgewiesenen Einsparungen und investiven Mehrkosten wurden die erzielbaren Energieeinsparungen und die Wirtschaftlichkeit der Investitionen in Abgrenzung zur Wärmeschutzverordnung von 1982 und 1995 bestimmt.

Die Studie zeigt die Hemmnisse, die einer Ausschöpfung der vorhandenen Einsparpotentiale entgegenstehen und diskutiert ein Maßnahmenbündel zur Ausschöpfung des Potentials: die Einführung von Energiekennwerten, der Aufbau einer Infrastruktur unabhängiger Energieberatungsstellen, die Erhöhung des Preises für Heizenergieträger durch Steuern oder Abgaben, ein Förderprogramm zur wärmetechnischen Gebäudesanierung und der Aufbau attraktiver Ausbildungsbausteine und Weiterbildungsprogramme auf Länderebene.

Die vorliegende Studie wurde vom Institut Wohnen und Umwelt im Auftrag der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) in Kooperation mit der Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" bearbeitet.

# Heizenergiebedarf der privaten Haushalte - Nutzwärmebedarf alte und neue Bundesländer

Im Jahr 1990 betrug der Anteil der Raumwärme am Endenergiebedarf der Bundesrepublik Deutschland 29,4 % oder 74,6 Mio t SKE. Hiervon entfallen auf die Haushalte 63,8 % oder 47,6 Mio. t SKE. Für die Warmwasserbereitung wurden zusätzlich 13,1 Mio t SKE verbraucht, wovon 62,6 % auf die privaten Haushalt entfielen.

Tabelle 1.1: Struktur des Endenergieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer) 1987-1990

Ver- brauchs sektor	Jahr	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozeß wärme	WÄRME gesamt	KRAFT	LICHT	EEV gesamt
Indu- strie	1990 1989 1987	7,1 7,2 8,5	0,5 0,5 0,5	53,3 54,4 51.6	60,9 62,1 60,6	14,8 14,6 13,3	1,2 1,2 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1	76,9 77,9 75.0
Klein- verbr.	1990 1989 1987	19,8 18,7 23,3	4,4 4,3 4,4	5,5 5,4 5,5	29,7 28,4 33,2	9,7 9,3 8.7	2,5 2,5 2,3	41,9 40,2 44.2
Haus- halte	1990 1989 1987	47,6 45,1 57,7	8,2 7,9 8,6	2,5 2,4 2,4	58,3 55,4 68,7	4,0 3,9 3,9	1,1 1,1 1,1	63,4 60,4 73.7
Verkehr	1990 1989 1987	0,1 0,1 0,1	0,0 0,0 0.0	0,0 0,0 0,0	0,1 0,1 0,1	71,1 67,7 63,6	0,1 0,1 0.1	71,3 67,9 63,8
Gesamt	1990 1989 1987	74,6 71,1 89,6	13,1 12,7 13,5	61,3 62,2 59,5	149,0 146,0 162,6	99,6 95,5 89,5	4,9 4,9 4,6	253,5 246,4 256,7
Indu- strie	1990 1989 1987	9,2 9,2 11,3	0,7 0,6 0.7	69,3 69,8 68,8	79,2 79,7 80,8	19,2 18,7 17,7	1,6 1,5 1.5	100,0 100,0 100,0
Klein- verbr.	1990 1989 1987	47,3 46,5 52,7	10,5 10,7 10,0	13,1 13,4 12,4	70,9 70,6 75,1	23,2 23,1 19.7	6,0 6,2 5,2	100,0 100,0 100,0
Haus- halte	1990 1989 1987	75,1 74,7 78,3	12,9 13,1 11.7	3,9 4,0 3,2	92,0 91,7 93,2	6,3 6,5 5,3	1,7 1,8 1.5	100,0 100,0 100,0
Verkehr	1990 1989 1987	0,1 0,1 0,1	0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0	0,1 0,1 0,1	99,7 99,7 99,6	0,1 0,1 0,2	100,0 100,0 100,0
Gesamt	1990 1989	29,4 28,9	5,2 5,2	24,2 25,2	58,8 59,3	39,3 38,8	1,9 2,0	100,0 100,0

Quelle: Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages, Analyseraster 3.0, Bonn November 1993

Innerhalb der privaten Haushalte hat der Raumwärmebedarf mit 75,1 % den höchsten Verbrauchsanteil, zusammen mit dem Warmwasserwärmebedarf beträgt der Anteil 89 % am Endenergieverbrauch der Haushalte. In den neuen Bundesländern betrug der Anteil der Raumheizung am Endenergieverbrauch 1988 ca. 40 %. In den NBL hat sich seither das Gewicht der Raumheizung am Endenergieverbrauch deutlich erhöht.

Für die Energieeinsparung im Gebäudebestand hat die Senkung des Nutzwärmebedarfs höchste Bedeutung. Die Tabelle 1.2 zeigt die Verhältnisse zwischen dem durch die wärmetechnische Qualität der Gebäudehülle bestimmten Nutzenergiebedarf und den Umwandlungsverlusten der Heizanlagen für die alten Bundesländer 1987.

Tabelle 1.2: Wohngebäudebestand - Nutzwärmebedarf für die Wohngebäudeheizung und Warmwasserbereitung der Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer 1987)

Bereich	Wärmebedarf 1987	. ,
Nutzwärmebedarf Heizung	333 TWh	66,2 %
Umwandlungsverluste Heizung	106,1 TWh	21,1 %
Warmwasserbereitung	63,7 TWh	12,7 %

Quelle: Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages, Band 2, Energieeinsparung sowie rationelle Energienutzung und -umwandlung, Economica-Verlag, Bonn 1990

Der große Anteil der Gebäudeheizung am Endenergieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland zeigt die hohe Bedeutung dieses Verbrauchsbereiches für eine Politik der CO<sub>2</sub>-Einsparung. Rund 34-36 % des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes der Bundesrepublik Deutschland entfallen auf die Gebäudeheizung.

Technische Einsparpotentiale - Gebäudetypologie im Wohngebäudebestand und für den Wohnungsneubau (alte und neue Bundesländer)

#### 2.1 Zur Datenlage des Wohnungsbestands (ABL)

Der Versuch, einen Überblick über die den Raumwärmebedarf bestimmenden "energietechnischen Verhältnisse" der gegenwärtig im Bundesgebiet (ABL) vorhandenen Wohngebäude zu erhalten, stößt auf eine Reihe von Schwierigkeiten.

Daten, die unmittelbare Rückschlüsse auf den Raumwärmebedarf der Wohngebäude erlauben, werden in der allgemeinen amtlichen Statistik nicht erhoben. Für kommunal oder regional begrenzte Studien zum Energieeinsparpotential mußten sie bisher stets gesondert ermittelt werden.

In der amtlichen Statistik werden Merkmale der Bauform und Baukonstruktion, die die wichtigsten Kennzeichen der "energietechnischen Verhältnisse" eines Gebäudes bilden, nicht oder nur sporadisch (für bestimmte Bestände und bestimmte Zeiträume) wiedergegeben. Die statistischen Angaben zur Baustruktur beschränken sich im wesentlichen auf das Verhältnis Wohnungen zu Gebäude (Wohngebäude mit 1, 2, 3, 4 etc. Wohnungen), auf die Baualtersklassen und auf die Ausstattungsstandards (Art der Beheizung, Sanitärausstattung der Wohnungen mit WC, Bad, Dusche).

Daraus folgt die Einteilung des Wohnungsbestandes in Ein- und Mehrfamilienhäuser: Wohngebäude mit ein und zwei Wohnungen sind Ein- und Zweifamilienhäuser (EFH bzw. ZFH), und Wohngebäude mit drei und mehr Wohnungen gelten als Mehrfamilienhäuser (MFH), obwohl auch Gebäude mit drei Wohnungen nach Bauform und Art der Nutzung häufig in reinen Einfamilienhausgebieten zu finden sind und dementsprechend zur "Einfamilienhausbebauung" gehören können. Das ist beispielsweise häufig der Fall bei großzügigen, ursprünglich von einer Familie bewohnten Wohngebäuden aus der Entstehungszeit bis 1918, wie sie in typischen "Villengebieten" zu finden sind. Andererseits zählen Einfamilienhäuser mit einer, meist kleinen Einliegerwohnung, die im Lauf der Zeit (nach der Zählung) gar nicht mehr vermietet sondern mit der ersten Wohnung zusammenhängend genutzt wird, zu Zweifamilienhäusern (ZFH).

Die Verwendung der in der Statistik gebäuchlichen Begriffe EFH/ZFH/MFH schafft somit eine gewisse schematische Vereinheitlichung in der Vorstellung von Bautypen, die mit der Realität nicht immer übereinstimmt.

Die Einteilung des Wohnungsbestandes nach Baualtersklassen variiert von Zählung zu Zählung durch Differenzierungen innerhalb bestimmter Altersgruppen. Die Gebäude- und Wohnungszählung 1968 (GWZ 68) hatte vier Altersklassen für Wohnungen und drei Altersklassen für Wohngebäude; die 1 %-Wohnungsstichprobe von 1978 hatte fünf Altersklassen für Gebäude und Wohnungen. In den ersten Veröffentlichungen der GWZ 87 werden die Wohngebäude in sechs und die Wohnungen in sieben Baualtersklassen aufgeteilt. Die für diese Untersuchung verwendete Gebäudetypologie teilt den Bestand ebenfalls in sieben Baualtersklassen ein; von geringen Abweichungen abgesehen, entsprechen sie denen der GWZ 87.

Das Baualter bildet ein wichtiges Merkmal zur Charakterisierung der energietechnischen

Verhältnisse eines Gebäudes, da sich zu jeder Zeit oder Bauepoche bestimmte, allgemein übliche, gebräuchliche Konstruktionsweisen finden lassen. Solche ursprünglich relativ einheitlichen Konstruktionsweisen werden aber in ihrer energietechnischen Relevanz verändert durch die zahlreichen Modernisierungen, die der Gebäudebestand im Laufe der Zeit erfahren hat und weiterhin erfährt. So haben allein die gemeinnützigen Wohnungsunternehmen aus ihrem Bestand von knapp 3,4 Mio Wohnungen (1988) - das sind ca. 23 % des Gesamtbestandes an Mietwohnungen im Bundesgebiet - in den Jahren von 1978 - 1988 rund 2,7 Mio Wohnungen modernisiert. Bei etwa jeder vierten bis sechsten modernisierten Wohnung (je nach Jahrgang) wurden Maßnahmen zur Wärme- und Schalldämmung durchgeführt. Im privat genutzten Bestand, bei den von den Eigentümern bewohnten Ein- und Zweifamilienhäusern und den Eigentumswohnungen (insgesamt 39,3 % aller Wohnungen 1987 ohne Freizeitwohnungen) dürfte die Modernisierungsrate noch höher sein.

Für den Heizenergiebedarf eines Gebäudes ausschlaggebend ist neben der konstruktiven Ausbildung von Dach, Außenwand, Fenster, Erdgeschoßboden/Kellerdecke) das Merkmal "Bauform" (freistehendes, ein- oder zweiseitig angebautes Gebäude, Geschoßzahl). Zum Merkmal "Bauform" machen die baustrukturellen Daten der amtlichen Statistik keine Angaben - bis auf die Neubauzugänge (Baufertigstellungsstatistik) der Jahre ab 1983. Hier werden für das Bundesgebiet (allerdings ohne Bayern) die fertiggestellten Wohngebäude unterschieden nach Einzelhaus, Doppelhaus, gereihtes Haus, sonstiger Haustyp.

Da also die Strukturdaten der Gebäudestatistik für eine genauere Beschreibung der energierelevanten Merkmale der Wohngebäude nicht ausreichen, müssen diese Merkmale auf andere Weise erfaßt werden.

#### 2.2 Zur Datenlage des Wohnungsbestandes (NBL)

Die DDR verfügte über ein sehr aussagefähiges, mit großem Aufwand aufgebautes Informationssystem zum Zustand und zur Entwicklung der Wohnsubstanz, das ein vollständiges Bild von der Wohnungssituation enthält. Wesentliche Inhalte sind Angaben zum Wohngebäude, Baujahr, Bauweise und Standortverteilung sowie Bewertung der Ein- und Zweifamilienhäuser bzw. Mehrfamilienhäuser in den neuen Bundesländern.

Nach der offiziellen Statistik hatte die DDR am 31. 12. 1989 7.002.500 Wohnungen. Die letzte Volks-, Berufs-, Wohnraum- und Gebäudezählung fand am 31. 12. 1981 statt. Seit diesem Zeitpunkt wird der Wohnungsbestand insgesamt und in seiner Struktur fortgeschrieben. Grundlage sind die Veränderungsmeldungen der Kommunen. Als Änderungen wurden dabei erfaßt:

- o Wohnungszugänge durch Neubau
- o Wohnungszugänge durch Um- und Ausbau (z. B. Dachgeschoßausbau, Ladenausbau)
- o Abgänge durch Aussonderung
- o Modernisierungsmaßnahmen
- o Rechtsträgerwechsel.

Strukturelemente des Wohnungsbestandes sind:

- o Eigentumsform
- o Ausstattung mit WC, Bad, modernem Heizsystem
- o Wohnungsgröße (Zimmerzahl).

Die Veränderungsmeldungen der Kommunen wurden gleichzeitig benutzt, um den Datenspeicher Wohnungspolitik (WOPOL) auf dem laufenden zu halten. Zur Zuverlässigkeit der Angaben lassen sich folgende Aussagen machen:

- Wohnungszugänge wurden im allgemeinen zuverlässig erfaßt. Die in den veröffentlichten Neubauzahlen enthaltenen Rekonstruktionen und Plätze in Feierabendheimen, soweit letztere aus Mitteln des "komplexen Wohnungsbaus" finanziert wurden, werden dabei nicht als Wohnungszugänge gezählt.
- Die Erfassung der Aussonderungen wurde in den Kommunen unterschiedlich gehandhabt, obwohl die Vorschriften hierzu eindeutig waren. Wohnungen sollten erst dann als Abgänge erfaßt werden, wenn das Gebäude abgerissen oder einer anderen Funktion zugeführt worden ist. In der Praxis wurde jedoch öfter auch dann ein Abgang gemeldet, wenn das Wohngebäude oder die einzelne Wohnung unbewohnbar war und tatsächlich auch nicht mehr bewohnt wurde.
- Die Anzahl der Modernisierungen enthält Fehler in zwei Richtungen. Die Kommunen konnten Modernisierungen nur melden, wenn diese bekannt wurden. Viele Mietermodernisierungen wurden in den letzten Jahren jedoch heimlich durchgeführt, weil die Wasserwirtschaft in sehr vielen Gemeinden keine Einleitgenehmigungen mehr gab. Andererseits waren die Qualitätsanforderungen im Interesse einer großen Erfolgsdarstellung gering. So wurden auch Duschkabinen und Schrankbadewannen als Ausstattung mit Bad bzw. Dusche gezählt, auch wenn kein Raum als Bad vorhanden war. Eine Wohnung wurde auch dann als mit modernem Heizsystem ausgestattet gezählt, wenn in einem Wohnraum eine Gasheizung oder ein elektrischer Nachtspeicherofen vorhanden war.

Generell gilt, daß bei der Verwendung aller Daten über den Wohnungsbestand und den Wohnungsbau, deren Zustandekommen und die daraus möglicherweise entstehenden Fehleinschätzungen gewissenhaft beachtet werden müssen.

Die Gebäudedaten der fortgeschriebenen Gebäudestatiskitik der ehem. DDR erlauben eine genaue Einteilung der Wohngebäudesubstanz für das Jahr 1990 nach Ein- und Mehrfamilienhäusern, Bauarten (Indextypen MFH) und Baualtersklassen. Gegenüber den ABL sind die Baualtersklassen in den NBL unwesentlich verschoben.

Die Aufteilung der Wohneinheiten nach Gebäudeart und innerhalb der Mehrfamilienhäuser nach Indextypen ergibt sich aus der Tabelle 2.1 Rund ein Drittel der Wohneinheiten befinden sich in Ein-/Zweifamilienhäusern (32 %), zwei Drittel in Mehrfamilienhäusern, hiervon wurden 2,13 Mio. Wohneinheiten in industrieller Bauweise errichtet. Diese Wohnungen befinden sich überwiegend in den 125 großen Neubaugebieten der fünf neuen Bundesländer /HEGER, 1992/. Rund 56 % der MFH wurden nach 1945 errichtet, bei den EFH/ZFH sind es nur 22 %.

Tabelle 2.1: Wohnungsbestand der DDR 1989 nach Baujahres- und Gemeindegrößengruppen in 1000 WE

	Elnwoh-	Anzahi	Woh-	davon in			M	ehrfamille	nhäuser r	ach Baus	itersgrup	pen		_	Wohnunge
Stadt	ner 1989	Gemein- den	nungen gesamt	Ein- und Zweifam -	Mehr- famH.	bis 1918	1919 -1945	1946 -1960	1961 -1965	1966 -1970	1971 -1975	1976 -1980	1981 -1985	1986 1989	mit Fern- Heizung
<10 TEW	6.556,5	- 7347	2.703,5	1.684,2	1.019,3	399,1	129,1	96,8	58.6	56,0	67,9	85,6	84,8	52,4	k.
>10 bis 20 TEW	1.423,7	102	607,8	172,3	435,5	117,9	57,8	36,0	36,3	25,4	30,6	48,9	44,8	37,8	134.
>20 bis 50 TEW	2.442,5	91	1.017,9	222,0	795,9	224,4	119,8	73.7	68,9	37.0	50,0	89,0	77,4	55,7	324.
>50 bis 100 TEW	1.295,3	20	552,8	64,8	488,0	89,4	54,1	44,4	39,1	54,7	61,9	56,2	59,8	28,4	275.
100 bis 200 TEW	869,2	7	374,0	44,9	329,1	76,4	43,9	22,4	18,3	19,7	35,4	44,2	46,8	. 23,0	191,
200 TEW	3.736,6	. 8	1.746,6	140,7	1.605,9	481,0	254,5	120,7	84.6	82.3	123,2	151,5	177,5	130,6	
gesaml	#BEZUGI	7565	7.002,6	2.328,9	4.673,7	1.388,2	658,2	384,0	305,8	274,1	369,0	475,4	491,1	327,9	
1						-		* [ . ]					7		
Eiluit .	220,0		96,0	9.5	86,5	24,3	13,0	5,9	3,7	5,3	9,8	8,5	10,5	5,5	41,
Rostock	254,8		136,8	6.2	130,6	33,9	17,9	7,0	5,8	14,9	18,3	10.7	14,8	7.3	39.
Magdeburg	290,4		109,5	15,5	94,0	10,8	13,2	11,5	6.7	9,1	11,7	10,6	12,4	9.0	66,
Chemnitz	309,6		124,1	11,0	113,1	23,2	22,7	10.1	. 8,1	5,5	12,5	10,8	11,5	8,7	58,
ialie	327.8		152,0	14,1	137,9	43,3	22,5	10.2	9,8	9,4	9.2	15,8	14,0	4,7	62.
Dresden	515,9		239,4	21,6	217,8	66,1	45,8	19.2	13,6	10,7	16,7	16,6	19,9	10,3	88.
eipzig	538,9		257,5	14,1	243,4	91,1	41,8	11,7	8,8	7,9	12,6	29,3	24,1	16,1	85,0
Berlin-Ost	1.279,2		631,3	48.7	582,6	188,3	77,6	45,1	29,1	19,5	32,4	49.2	71,4	70,0	k. A
n' je Wohnung			64,5	70,3	61,6	63,5	63,8	66,1	63,1	62,3	57,6	57,8	57,7	58,0	
Vohnungen je Gebäu	de		6,88	1,32	9,65	5,11	5,06	6,93	8,50	10,25	13,60	17,00	17,40	15,10	
Merstruktur der Woh	nungen in Ein	- und Zwelf	amifenhau	sem		1.153,4	682.9	218,0	29,0	28.2	30,6	60,4	70,1	57,3	

Quelle: LBFI Sachsen unter Verwendung der VBWGZ 1971, der BZE 1979/1980, der Wohnbaustatistik 1971 - 1990 und von Hochrechnungen Prof. Doehler HAB Weimar 1988

Der Wohnungsbau der DDR war zu allen Zeiten auf eine Erhöhung des Wohnungsbestandes gerichtet. Aussonderungen wurden so gering wie möglich gehalten. Besonders in den 80er Jahren war der Abriß verschlissener Wohnsubstanz durch strenge Reglementierung auf das äußerste eingeschränkt. Das Resultat ist eine Wohnsubstanz, die trotz relativ hohem Wohnungsneubau im Durchschnitt ein hohes Alter aufweist. Das Durchschnittsalter beträgt:

0	Mehrfamilienhäuser		46 Jahre
0	Ein- und Zweifamilienhäuser		79 Jahre
0	insgesamt	- *	57 Jahre

Dieses hohe Durchschnittsalter ergibt sich aus dem mit 36 v. H. sehr hohen Anteil bis 1918 gebauter Wohnungen.

Tabelle 2.2: Alter der Wohnsubstanz der NBL 1990 nach MFH und E/ZFH in 1000 Wohneinheiten

Baujahr	gesamt	MFH	1-/2-FH
bis 1918	2.575,1	1.453,8	1.121,3
1919-1945	1.341,0	658,1	682,9
1946-1960	486,1	268,1	218,0
1961-1970	662,5	605,3	57,2
1971-1980	955,2	864,2	91,0
1981-1990	980,1	850,5	129,6
	7.000,0	4.700,00	2.300,0

Quelle: LBFI Sachsen unter Verwendung der VBWGZ 1971, der BZE 1979/1980, der Wohnbaustatistik 1971 - 1990 und von Hochrechnungen Prof. Doehler HAB Weimar 1988

#### 2.3 Zur Wahl der Gebäudetypenmethode

#### Alte Bundesländer

In zahlreichen Studien, die in den vergangenen Jahren zur Ermittlung des Energieeinsparpotentials im Wohnungsbestand von Kommunen oder Landkreisen durchgeführt wurden, ist neben der zunehmend häufiger eingesetzten Gebäudetypen- (oder Haustypen-) Methode auch die

Siedlungstypenmethode und die

Tarifraummethode

verwendet worden (ABL).

Vorwiegend für Marketingstudien von Energieversorgungsunternehmen wurde mit der Tarifraummethode gearbeitet, weil mit aufbereiteten Daten der Unternehmen (Kundennummern, Verbräuche, Tarifraumzahlen) ohne besonderen zusätzlichen Erhebungsaufwand gerechnet werden konnte. Allerdings mußten verschiedene Ungenauigkeiten in Kauf genommen werden, weil z. B. Tarifraumzahlen nicht immer mit der Realität übereinstimmen (zusätzliche, durch An- oder Ausbau zu Wohnzwecken gewonnene Räume waren nicht gemeldet worden), und Annahmen, beispielsweise über die Durchschnittsverbräuche (pro Raum) bei nicht leitungsgebundenen Energien, getroffen werden mußten. Strukturelle Merkmale der Gebäude werden bei dieser Methode im allgemeinen nicht berücksichtigt, so daß eine Einschätzung der künftigen Veränderungen des Wärmebedarfs aufgrund von Verbesserungen des energietechnischen Standards der Gebäude nicht möglich ist.

Um einen besseren Bezug zur Baustruktur des Untersuchungsgebietes zu bekommen, wurde die Tarifraummethode nicht selten kombiniert mit einer "Bebauungstypen-" oder Gebäudetypenmethode.

Für Wärmebedarfsermittlungen größerer Gebiete wurde häufig die Siedlungstypenmethode eingesetzt, die sich vorwiegend der bereits aggregierten Daten der Gemeindestatistik (für

Bezirke, Ortsteile, Blockseiten) und der Versorgungsgebiete von Energieversorgungsunternehmen bedient. Es sind möglichst homogene Siedlungstypen - d. h. Gebiete mit möglichst einheitlichen Gebäudetypen - zu betrachten; die Gebietsgrenzen dürfen sich, um die Datenbasis nicht zu gefährden, mit den statistischen Abgrenzungen nicht überschneiden. Einerseits sind bei dieser Methode erhebliche Vereinfachungen (mit dem Ziel von Vereinheitlichungen) erforderlich, andererseits weisen die Ergebnisse teils beträchtliche Spannweiten auf. Um aussagekräftigere Ergebnisse, als sie für eine Grobanalyse gebraucht werden, zu bekommen, wird die Siedlungstypenmethode oft auch mit der Gebäudetypenmethode kombiniert.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung, die Höhe der Investitionskosten für einen geringeren Raumwärmebedarf und die Grenzen der Wirtschaftlichkeit eines verbesserten energietechnischen Gebäudestandards angeben zu können, erfordert es, daß die Untersuchungen gebäudebezogen (gegenwärtige Ausgangslage = IST Zustand) und maßnahmebezogen (im Hinblick auf verschiedene Stufen der energietechnischen Standardanhebung) durchgeführt werden.

Deshalb wurde für die Untersuchung die "Gebäudetypen-" oder "Haustypen"-Methode zugrundegelegt. Danach werden alle wesentlichen für den Wohnungsbestand des Bundesgebietes repräsentativen Haustypen abgebildet, um auf der Basis einer näherungsweise ermittelten oder, bei unzureichender Datenlage, geschätzten Häufigkeitsverteilung die typischen energierelevanten Verhältnisse des Wohnungsbestandes insgesamt zu erhalten.

Mit den in der "Abbildung" eines Haustyps dargestellten konstruktiven Daten können Hochrechnungen für verschiedene energiesparende Baumaßnahmen am Dämm- und Heizsystem des Gebäudes durchgeführt werden, die als Ergebnis konkrete Aussagen zum Raumwärmeeinsparpotential bieten. Die Zuverlässigkeit dieser Aussagen hängt ab von der Richtigkeit der Annahmen zur Häufigkeitsverteilung der jeweiligen Haustypen im Gesamtbestand der Wohngebäude und zur Häufigkeitsverteilung bestimmter Konstruktionsarten.

Die in den letzten Jahren zahlreich durchgeführten Studien zur Ermittlung des Heizenergieverbrauchs und zur Quantifizierung des Einsparpotentials für Kommunen und Landkreise, sogar auch für ein Bundesland (Baden-Württemberg), wie die Studien für

- Bonn
- Bremen/Bremerhaven
- Darmstadt
- Freiburg
- Kassel
- Norderstedt
- Landkreis Nienburg/Weser
- Schwalm-Eder-Kreis
- Wilhelmshaven

(Literaturbeispiele: Heide u. a., 1981; ARENHA u. a., 1986; UTEC/ARENHA, 1988) konnten sich bei der Häufigkeitsverteilung der Haustypen auf den kommunal oder regional abgegrenzten Bestand auf Auswertungen der kommunalen Statistik, von Luftbildern, teils von Bauakten, auf Experteninterviews in den Bauämtern und auf eigene Erhebungen durch Begehungen stützen.

Demgegenüber mußte sich in dieser Untersuchung die Verteilung der Haustypen auf den Gebäudebestand des gesamten Bundesgebietes an mehreren Grundlagen orientieren:

- an der Praxiserfahrung von Experten, die als Verfasser von Energie- und Struktur-Studien an zahlreichen Gebäudetypologien gearbeitet haben,
- an verschiedenen Datenaufbereitungen zur Verteilung von Wohngebäuden und Wohnungen,
- an den Auswertungen der Gebäude- und Wohnungszählung 1987 (Knop, 1989).

Die Häufigkeitsverteilung der Gebäudetypen auf den Bestand an Wohngebäuden im Bundesgebiet insgesamt konnte deshalb ohne weitere Erhebungen, die zur Zeit nicht vorliegen, nur als relativ grobe Einschätzung vorgenommen werden.

Einige Hinweise zur Verteilung der Wohngebäude und Wohnungen im Bundesgebiet liefert eine Übersicht über ihre Verteilung auf siedlungsstrukturelle Kreistypen 1982.

Tabelle 2.3: Wohngebäude und Wohnungen am 31. 12. 1982 nach siedlungsstrukturellen Kreistypen (ABL)

Gebietsgliederung	Wohnge	ebäude	Wohnung		hn- und Nicht-
4.	1 000	%	1 000	%	je Wohngeb
Regionen mit großen Verdichtungsräumen				,	
Typ 1 Kernstädte	2 012	17,4	7 979	30,6	4,0
Typ 2 Hochverdichtetes Umland	2 410	20,9	5 006	19,2	2,1
Typ 3 Sonstiges Umland	1 206	10,4	2 031	7,8	1,7
zusammen	5 627	48,7	15 015	57,6	2,7
Regionen mit Verdichtungsansätzen					
Typ 4 Kernstädte	463	4,0	1 504	5,8	3,3
Typ 5 Umland	3 253	. 28,2	5 649	21,7	1,7
zusammen	3 715	32,2	7 153	27,5	. 1,9
Ländlich geprägte Regionen		: 1			
Typ 6A mit ungünstiger Struktur	1 722	14,9	2 933	11,2	1,7
Typ 6B Alpenvorland mit günstiger Struktur	487	4,2.	975	3,7	2,0
zusammen	2 209	19,1	3 908	14,9	1,8
Bundesgebiet	11 552	100,0	26 076	100,0	2,3

Quelle: Statistisches Bundesamt Wiesbaden: Fachserie 5, Reihe S. 4 "Räumliche Entwicklung der Bautätigkeit und Bauwirtschaft", 1977 bis 1982, Februar 1984, S. 8 + 9, eigene Berechnungen

Darin zeigt sich, daß 30,6 % aller Wohnungen in den Kernstädten der "Regionen mit großen Verdichtungsräumen" liegen und zwar in Gebäuden mit durchschnittlich vier Wohnungen je Wohngebäude. Mehr als die Hälfte der Wohnungen (57,6 %) finden sich in den "Regionen mit großen Verdichtungsräumen", etwas mehr als ein Viertel der Wohnungen (27,4 %) in den "Regionen mit Verdichtungsansätzen", während in den ländlich geprägten Regionen 15 % des Wohnungsbestandes liegt. In den beiden letztgenannten Strukturtypen differiert die Zahl der Wohnungen pro Wohngebäude nur geringfügig (1,9 bzw. 1,8 Wohnungen je Wohngebäude).

Die Anteile der 11 928 429 Wohngebäude 1987 an den verschiedenen Baualtersklassen zeigt folgende Übersicht:

Wohngebäude errichtet von bis								
bis 1918	1919 - 1948	1949 - 1968	1969 - 1978	1979 oder später				
19,4 %	13,8 %	35,2 %	18,9 %	12,7 %				

Die Gebäudetypeneinteilung in den NBL kann sich auf die genaue Analyse der Gebäudesubstanz durch die Wohnungszählung und die detaillierte Dokumentation der Index-Gebäude stützen. Damit liegen für eine Typenabgrenzung genauere Daten als in den ABL vor.

#### 2.4 Beschreibung der Gebäudetypologie (ABL und NBL)

#### 2.4.1 Gebäudetypologie Alte Bundesländer

Zur Abbildung der energierelevanten Kriterien des Gebäudebestandes wurden für die vorliegende Untersuchung 30 Gebäudetypen in den ABL und 16 Gebäudetypen in den NBL gebildet, mit denen die baulich-konstruktiven Merkmale des Bestands an Wohngebäuden insgesamt repräsentativ dargestellt werden können. Der Anspruch auf Repräsentativität der Gebäudetypologie wird aus der Erfahrung abgeleitet, daß zu bestimmten Entstehungszeiten, also bei einheitlichen Baujahrgängen, für bestimmte Bauformen auch weitgehende Übereinstimmungen in der Konstruktionsart, der Dimensionierung der Bauelemente und der Materialwahl festzustellen sind.

Für die Einschätzung des Raumwärmeeinsparpotentials entscheidend ist bei jedem Gebäudetyp

- die Ausbildung der Außenwand (mit Fensteranteil und Art der Fensterkonstruktion),
- der Kellerdecke (Erdgeschoßboden),
- der Dachdecke (Obergeschoßdecke),
- des Daches,

jeweils mit Angaben zur Dimensionierung, zum Material und zu Dämmschichten der Bauteile sowie die Kenndaten des Heizungssystems für das Gebäude.

Diese Merkmale werden für jeden einzelnen Gebäudetyp mit einem Photo des entsprechenden Modellgebäudes auf einem Datenblatt systemtypisch dargestellt und beschrieben.

Die Bauformen wurden in die drei Gruppen

- Einfamilienhaus (EFH),
- Reihenhaus (RH), als Typ in den NBL wegen marginalem Anteil nicht vorhanden,
- und Mehrfamilienhaus (KMH)

eingeteilt und für jeweils sieben Baualtersklassen als Gebäudetypen beschrieben.

Zusätzlich wurden als weitere Bauformen

- das große Mehrfamilienhaus mit 5 8 Geschossen (GMH) und
- das Wohnhochhaus mit je zwei Baualtersklassen (HH)

in die Gebäudetypologie aufgenommen.

Die Einteilung der Baualtersklassen orientiert sich für die ABL einerseits an den auch in den Großzählungen berücksichtigten klassischen Schnittstellen der Verfassungs- und Gebietsänderungen im staatlichen System (1918/19 Gründung der Weimarer Republik, 1948/49 Gründung der BRD, 1968 Gebäude- und Wohnungszählung, 1978 Wohnungsstichprobe) und andererseits an den Zeitpunkten, zu denen für den Wohnungsbau wichtige Rahmenrichtlinien (Änderung von DIN-Vorschriften, Inkrafttreten der Wärmeschutzverordnung) wirksam wurden.

Die sieben Baualtersklassen (ABL) umfassen die Entstehungszeiten

- bis 1918
- 1919 bis 1948

Bauten aus diesen Entstehungszeiträumen werden in der Statistik zum "Altbau" gezählt.

- 1949 bis 1956

In diesen ersten Nachkriegsjahren wurden aufgrund angespannter Materialmärkte,

niedriger Anforderungen in Bauvorschriften und des hohen Wohnungsbedarfs häufig qualitativ einfache Baukonstruktionen mit geringen Materialstärken in Kauf genommen. Bis 1956 erlaubte die Mauerwerks-DIN beispielsweise 11,5 cm starke tragende Wände in Wohngebäuden bis zu zwei Geschossen. Diese DIN-Vorschrift wurde 1956 geändert. Die Mindestwandstärken für tragende Wände erhöhten sich auf 17,5 cm. Die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz nach der DIN 4108 wurden nicht immer eingehalten.

#### 1957 bis 1968

Die Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz nach der DIN 4108 wurden in diesen Jahren im allgemeinen eingehalten und gelegentlich übererfüllt. Am Ende dieses Zeitraums steht die Gebäude- und Wohnungszählung 1968 mit umfangreichem Datenmaterial zur Gebäudestruktur.

#### - 1969 bis 1977

Ergänzende Bestimmungen zur DIN 4108 sowie die erste Ölpreiskrise führten dazu, daß im allgemeinen der erforderliche Mindestwärmeschutz nach der DIN 4108 übertroffen wurde.

#### - 1978 bis 1983

Die 1977 eingeführte erste Wärmeschutzverordnung (I. WSchVO) zeigt bei den ersten Wohngebäuden dieser Baualtersklasse ihre Auswirkungen. 1978 wurde die 1 %-Wohnungsstichprobe durchgeführt.

#### - 1984 oder später

Die 1984 in Kraft getretene II. WSchVO prägt sich jetzt im wärmedämmtechnischen Standard der Wohngebäude aus. Im übrigen sind aus diesem Zeitraum die jüngsten Baujahrgänge unter den gegenwärtig geltenden Rahmenbedingungen des Wohnungsbaus erfaßt.

Eine Übersicht über die Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz von 1948 bis 1990 (Wärmedämmgebiet II) zeigt folgende Tabelle 2.4.

Tabelle 2.4: Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz von 1949-1990 (ABL)

N		k <sub>min</sub> in W/ (m <sup>2</sup> K) für							
Norm/Ver- ordnung	ab	Wand	Fenster	Dach	Dachboden	Kellerdecke			
DIN 4108	1952	1,56	5,21	1,46	0,8	1,01			
DIN 4108	1969	1,56	5,21	1,10	0,8	1,01			
erg. Best. DIN 4108	1974	1,56	3,5 <sup>2</sup>	0,89	0,68	0,83			
WSchVO	1977	1,06	3,5	0,45	0,45	0,80			
Neufassung DIN 4108	1981	1,39	3,5/3,1	0,79	0,9	0,81			
WSchVO	1982	0,753	3,1	0,30	0,30	0,55			
gültig seit	1.1.1984								

<sup>1</sup> Keine Festlegung in der DIN, k-Wert entspricht Einfachverglasung.

<sup>2</sup> Doppel-/Verbundfenster empfohlen

<sup>3</sup> in Abhängigkeit des Fensteranteils

#### 2.4.2 Wärmetechnische Gebäudetypologie neue Bundesländer

Die in den Jahren 1979 und 1980 durchgeführte Bauzustandserfassung ermöglicht eine Charakterisierung der Mehrfamilienhäuser nach Index-Typen. Die Bezeichnung der Index-Typen hat laut Gebäudeatlas der Bauakademie folgende Bedeutung:

Index-Gebäude	Baujahr	Geschosse	Bauweise	
IMF 1	vor 1918	bis 4	Fachwerk	
IMZ 2	vor 1918	1 - 3	Ziegel	
IMZ 3	vor 1918	4 - 5	Ziegel	
IMZ 4	1919 1945	1 - 5	Ziegel	
IMZ 5	1946 - 1990	L-5	Ziegel	
IMI 1	1946 - 1990	2 - 6	Block- und Streifenbau	
IMI 2	1961 - 1990	2 - 6	Plattenbau	
IMI 3	1961 - 1990	7 - 11	Plattenbau	
IMI 4	1971 - 1990	< 11	Platten-/Skelettbau	

Ausgangsbasis für die nachfolgende Typabgrenzung in wärmetechnischer Hinsicht ist neben der Gebäude- und Wohnungszählung von 1981 der Gebäudeatlas der Mehrfamilienhäuser der DDR /Gebäudeatlas 1+2, 1990/, sowie eine interne Analyse des Bestandes an Ein- und Zweifamilienhäusern des Institutes für Bauwerkserhaltung und Sanierung (IBS: in: /IHLGB 1991/) sowie die seit 1991 vorgelegten Diskussionsvorschläge für eine Einteilung in wärmetechnische Typenklassen /IHLGB 1991/, /Sawert 1992/, /Hegner 1991, 2/ und die hieraus entwickelte Gebäudetypologie des IKARUS-Projektes, die für diese Studie zur Verfügung stand /Kolmetz,Rouvel Bericht Enq.04.2, 1993/. Die dort verwendete Gebäudetypologie mit den dazugehörigen Bestandszahlen befindet sich in guter Übereinstimmung mit den vorliegenden baukonstruktiven Merkmalen des Gebäudebestandes. Im einzelnen werden die folgenden Festlegungen und Erweiterungen vorgenommen:

- Die Typologie für den Fachwerk- und Ziegelbau, wird aus den genannten Quellen unverändert übernommen (IMF 1, IMZ 2-5).
- o Die Typologie der Ein- und Zweifamilienhäuser, repräsentiert durch 5 Baualtersklassen ist ebenfalls aktuell.
- Die Typologie des industriellen Wohnungsbaus (IMI 1 bis IMI 4) wird mit einer Differenzierung übernommen. Wegen spürbarer energetischer Abweichungen in der Bauweise wird der Bautyp IMI 2 in drei Gebäudetypen differenziert (GMHF, GMHG, GMHH).

Weiterhin ist die Baualtersklassengliederung gegenüber den ABL abweichend. Die Baualtersklassen sind für die Gebäudetypen nicht einheitlich:

Für die Ein-Zweifamilienhäuser existieren 5 Baualtersklassen

Die kleinen Mehrfamilienhäuser (KMH) sind bei 5 Typen mit 4 Baualtersklassen vertreten, gegenüber den EFH ergibt sich in den Bauweisen nach 1945 eine Differenzierung, insoweit hier der Übergang vom Mauerwerksbau zum Blockbau liegt.

Die großen Mehrfamilienhäuser (GMH) sind mit 4 Typen vertreten und ausnahmslos in industrieller Bauweise errichtet; die Differenzierung des Indextypgebäudes IMI 2 wird unten dargestellt.

Wie in den ABL existieren 2 Hochhaustypen, jedoch in nur einer Baualtersklasse.

Tabelle 2.5: Mehrfamilienhäuser nach Indextypen und Baualtersklassen in 1000 WE 1990

Index typ	Bauart	-1918	1919- 1945	1946-60	1961-70	1971-80	1981-90	gesamt
IMF 1	Fachwerk	177,3				•		177,3
IMZ 2	Ziegelbau 2-3 Geschosse	703,2						703,2
IMZ 3	Ziegelbau 4-5 Geschosse	573,3		·				573,2
IMZ 4	Ziegelbau 4-5 Geschosse		643,9					643,9
IMZ <sup>*</sup> 5	Ziegelbau 3-5 Geschosse		14,2	199,3	63,9	39,9	24,7	342,0
IMI 1	Block- und Streifenbau bis 5 Geschosse			68,8	355,2	161,0		662,2
IMI 2	Plattenbau 2-6. Geschosse				133,1	436,2	636,7	1206 ****
IMI 3	Plattenbau 7-11 Geschosse				46,8	190,8	84,2	321,8
IMI∗4	Plattenbau > 11 Geschosse	i	• •		6,3	36,3	27,7	70,3
gesamt		1453,8	658,1	268,1	605,3	846,2	850,5	4700

Quelle: Hochrechnung LBFI Sachsen auf Grundlage der BZE 1979/80 und der Statistik der Wohnungsbauproduktion 1981-1990

#### 2.4.3 Erweiterung der Wohngebäudetypologie: Die industrielle Plattenbauweise (Indexgebäude IMI 2 bis IMI 4)

Mit der Entwicklung der Plattenbauweise wurde in der DDR Ende der 50er Jahre begonnen. Die ersten Hauptelementegruppen (Außenwände, Innenwände, Decken) wurden bereits 1957 gefertigt und bis 1961 eine effektive Serienfertigung aufgebaut. Vor allem wurde eine einheitliche Maßordnung für die Gebäudekonstruktion eingeführt und damit waren die Grundlagen für Typenprojekte geschaffen.

Die Wohnungsbauserie 70 (WBS 70) ist eine Weiterentwicklung der Plattenbauweise auf der Basis der Typenserie P 2. Nach Schaffung der Ausgangsbedingungen für die Vorbereitung und Einführung der WBS 70 erfolgte 1972 die Ersteinführung dieser Serie im Wohnungsbaukombinat (WBK) Neubrandenburg und in der Folgezeit in allen anderen Wohnungsbaukombinaten der ehemaligen DDR. Gebaut wurde die WBS 70 in der Laststufe bis 6,3 t. Sie nimmt heute den größten Anteil an den industriell errichteten Wohngebäuden in der Plattenbauweise ein. Ihr Anteil beträgt von den bis 1990 ca. 1,6 Mio. industriell errichteten Wohnungen in Plattenbauweise ca. 42 %.

Im Gegensatz zu der vorangegangenen starren Typenprojektierung stellte die Entwicklung der WBS 70 als Modellfall einen Fortschritt in der komplexen Entwicklung des Wohnungsbaus dar. Mit der WBS 70 sollten auf der Basis einheitlicher technischer, technologischer und architektonischer Grundlagen neue gestalterische Möglichkeiten des Massenwohnungsbaus erschlossen werden.

Unter diesen Bedingungen wurden von den Wohnungsbaukombinaten unter Berücksichtigung der materiell-technischen Voraussetzungen auch bezirkliche Gebäudelösungen entwickelt.

#### Energetische Eigenschaften

Die IMI-Gebäudetypen für den Plattenbau sind folgendermaßen eingeteilt:

IMI 2 für den Plattenbau bis 6 Geschosse
IMI 3 für den Plattenbau 7 - 11 Geschosse
IMI 4 für den Plattenbau > 11 Geschosse.

Für alle drei Typen gilt gemeinsam, daß sie in den Laststufen 5,0 und 6,3 t errichtet wurden. Charakteristisch für die Serie P 2 ist, daß sie ab 1966 gebaut wurde und die WBS 70-Serie ab 1972 wirksam wurde. Ein hoher Prozentsatz dieser Bauten wurde 5- und 6-geschossig ausgeführt. Demzufolge besitzt das IMI 2-Indexgebäude eine entsprechend hohe Dominanz in der Entwicklung des Gebäudebestandes NBL mit hohen Zuwachsraten ab 1965.

Aus energetischer Sicht durchlief die Plattenbauweise seit 1966 beträchtliche Veränderungen. Charakteristisch für die Zeit bis 1970 war die 1- und 2-Schichtplatte. Danach dominierte die 3-Schichtplatte. Diese Entwicklung hatte große Auswirkungen auf die Wärmedämmeigenschaften der Gebäudehülle. Ausdruck dessen ist die Entwicklung des mittleren Wärmedurchgangswertes k<sub>m</sub> (W/(m<sup>2</sup> K)), dargestellt in Tabelle 2.6.

Tabelle 2.6: k - Wert und Heizlast der Mehrfamilienhäuser

Gebäudetyp	k <sub>m</sub> -Wert W/(m²K)	Heizlast W/m²
P 2 / 5geschossig	1,39	75,00
P 2 / 11geschossig	. 1,10	57,00
1	WBS 70 / 5geschossig	
Basisausführung	1,16	56,00
Ratio-Stufe I	1,03	53,00
Ratio-Stufe II	0,91	48,00
Ratio-Stufe III	0,80	45,00
	WBS 70 / 11geschossig	
Basisausführung	1,24	55,00.
Ratio-Stufe I	1,13	51,00
Ratio-Stufe II	0,96	46,00
Ratio-Stufe III	0,85	43,00
	Wohnhochhaus	
> 11-geschossig	1,12	50,00

Diese Parameterveränderungen beruhen auf den nachfolgend dargestellten energetischen Rationalisierungsmaßnahmen der Umfassungskonstruktion.

Tabelle 2.7: Differenzierungen des Wärmeschutzstandards innerhalb des Gebäudetyps IMI 2

WBS 70	Basisausführung			
1. Längsaußenwand/Giebelaußenwand	50 mm Schaumpolystyren			
2. Kellerdecke	Stahlbetonrohdecke mit Spannteppich .			
3. Dachdecke	60 mm Mineralwolle auf der Kaltdachunterschale			
4. Fenster	Zweischeibenfenster			
WBS 70 Rationalisierungsstufe I (Stand 1980)				
1. Längsaußenwand/Giebelaußenwand	50 mm Wärmedämmschicht und Reduzierung der			
2. Kellerdecke	wie WBS 70 Basisausführung			
3. Dachdecke	90 mm Mineralwolle auf die Kaltdachunterschale			
4. Fenster	wie WBS 70 Basisausführung			
WBS 70 Rationalisieru	ungsstufe II (Stand 1980 - 198			
1. Längsaußenwand/Giebelaußenwand	Erhöhung der Wärmedämmschicht auf 60 mm, Re			
2. Kellerdecke	Schwimmender Estrich auf 20 mm Mineralwolle			
3. Dachdecke	wie WBS 70 Rationalisierungsstufe I			
4. Fenster	Zweischeibenfenster pro Wohnung 7,9 m²			
. WBS 70 Rationalisieru	ingstufe III (teilweise ab 1985)			
1. Längsaußenwand/Giebelaußenwand	wie WBS 70 Rationalisierungsstufe II			
2. Kellerdecke	wie WBS 70 Rationalisierungsstufe II			
3. Dachdecke	wie WBS 70 Rationalisierungsstufe II			
4. Fenster	Wärmedämmfenster mit k < 2 W/m² K			

Allen Plattenbauten ist gemeinsam, daß die Energieversorgung über Nah- und Fernwärmenetze erfolgt. Die Erzeugung der Wärmeenergie erfolgte bis 1990 fast ausschließlich mittels Rohbraunkohle in Heizwerken (nur ca. 40 % auf Basis KWK-Kopplung).

#### Präzisierung der Gebäudetypologie für den industriellen Wohnungsbau

Aus der Entwicklung der Parameterveränderungen und der damit einhergehenden Maßnahmen zur Verbesserung der Wärmedämmung wird die bisherige Indexgruppe IMI 2 wie folgt differenziert:

- IMI 2 1 (GMHF) für P2/5-gesch. und WBS 70 / 5-gesch. Bauausführung einschließlich Ratio-Stufe I. Das betrifft alle bis 1980 errichteten Plattenbauten mit den o.g.Einschränkungen (P 2/5, WBS 70/5 bis Ratio-Stufe I).
- IMI 2 2 (GMHG) für P2/5-gesch. und WBS 70, Ratio-Stufe II (bis 1985 errichtete WE).
- IMI 2 3 (GMHH) für P2/5-gesch. und WBS 70, Ratio-Stufe III (bis 1990 errichtete WE).

#### Energetische Bewertung der Ein- und Zweifamilienhäuser

In den neuen Bundesländern befinden sich 2,31 Millionen Wohnungseinheiten in Ein- und Zweifamlienhäusern; das sind 32 Prozent des Gesamtwohnungsbestandes. Diese Häuser verbrauchen ca. 50 % der Heizenergie. Einen Überblick über die wärmetechnischen Merkmale der Gebäudehülle gibt Tabelle 2.8.

Tabelle 2.8: NBL-Einfamilienhäuser - k-Werte der Gebäudehülle im IST-Zustand

•	1 1	k-Wert in W/(m²K)						
	Dach	Außenwand	Fenster	Keller/Boden				
EFHA/B	1,2-1,9	1,5	5,2/3,5	1,4-1,7				
EFHC.	1,7.	1,56	5,2/3,5	1,4-1,6				
EFHD/E	1,4-1;7	1,5	5,2/2,9	1,5				
EFHF/G	0,7-0,8	1,2-1,3	2,8	0,95				
EFHH	0,47-0,55	0,7-0,8	2,8	0,7-0,83				

Die vorhandenen Ein- und Zweifamilienhäuser weisen die höchsten spezifischen Verbräuche für Heizenergie aus. Dabei zeigt sich, daß die unmittelbar nach den beiden Weltkriegen gebauten Häuser die größten Energieverbraucher sind. Die Konstruktionen der Häuser aus dieser Zeit orientieren sich an einem minimalen Bauaufwand und sparsamsten Materialverbrauch. In den 20er Jahren wurden Außenwandkonstruktionen insbesondere mit 25 cm Vollziegelmauerwerk oder zweischaligem Mauerwerk (2 x 12 cm) ausgeführt. Im Berliner Raum und in der Mark Brandenburg wurde der ohnehin unzureichende Wärmeschutz durch die Verwendung von Kalksandsteinen noch weiter verringert. Die k<sub>m</sub>-Werte liegen hier zwischen 1,4 bis 1,5 W/(m²K), der Fassaden-k-Wert k<sub>W+F</sub> beträgt zwischen 1,6 und 1,9

W/(m²K). Nicht mehr ausreichend dichtes Mauerwerk führt zu regenbedingten Feuchtigkeitsschäden. Es muß davon ausgegangen werden, daß ca. 2 Millionen Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern eine Mauerwerkstrockenlegung brauchen, bevor Außenwanddämmaßnahmen ergriffen werden können.

Infolge der in den Nachkriegsbauphasen gebotenen Sparsamkeit sind die meisten Häuser nur teilunterkellert (Kleinhausbau). Sie werden bereits in der Bauforschung um 1920 als in wärme- und feuchtetechnischer Hinsicht problematisch eingestuft. Die Fußböden der Wohnräume im nichtunterkellerten Bereich stellen besondere Schwachpunkte dar. Oft sind die 3 cm dicken Holzdielen die einzige "Wärmedämmung". Neben dem hohen Energieverbrauch ist ein erheblicher Behaglichkeitsverlust wegen der starken Fußkälte gegeben.

Die Wärmedämmung der Raumdecken zum Dachboden stellt bei den vor 1970 errichteten Gebäuden mit k-Werten zwischen 0,8-1,9 W/(m²K) einen besonderen Schwachpunkt dar. Die Holzbalkendecken haben meistens Aufschüttungen oder Stakungen. In den 30er Jahren wurden auch Massivdecken ausgeführt. In diesen Deckenkonstruktionen fehlen Wärmedämmschichten bzw. diese sind viel zu schwach. Schwachstellen sind weiterhin ungedämmte leichte Seitenwände zum kalten Dachraum sowie die Giebelwand im Obergeschoß. Die Wärmedämmung der Dachschrägen und Dachdecken ist bei fast allen Häusern, die in der Zeit vor 1970 gebaut wurden, ein Problem, das in den nächsten Jahren gelöst werden muß.

Als Fenster- und Verglasungstypen sind in den Ein- und Zweifamilienhäusern Kasten-, Doppelfenster, aber auch vielfach einfachverglaste Einfachfenster anzutreffen, letztere aus Sparsamkeitsgründen z.B. bei ungeheizten Räumen (z. B. Schlafräumen). Die Tendenz zu größeren Glasflächen im Bereich der Fenster bei gleichzeitigem weitestgehendem Verzicht auf Maßnahmen des temporären Wärmeschutzes sowie die Abmagerung der Holzprofile für die Fenster in den 50er und 60er Jahren leisten einen Beitrag zu hoher Energieverschwendung. Es ist nicht verwunderlich, wenn gerade die in dieser Zeit gebauten Häuser den größten spezifischen Nutzenergiebedarf (310 kWh/m²) besitzen.

Insbesondere die vor 1945 errichteten Gebäude sind noch nicht mit Zentralheizungen ausgestattet, sondern werden über Einzelofenfeuerung auf Kohlebasis beheizt. Der Beheizungsgrad solcher Häuser liegt zwischen 50 und 60 Prozent. Der einfache Umbau der Heizungsanlage auf Zentralheizung auf der Basis Gas oder Öl würde den Heizenergiebedarf stark ansteigen lassen, da der Beheizungsgrad infolge der Komfortverbesserung in der Regel stark erhöht wird. Für solche Maßnahmen muß die gleichzeitige Verbesserung der Wärmedämmung vorgesehen werden, um ein Ansteigen des Energieverbrauchs zu vermeiden. Beim bisherigen Eigenheimbau in den neuen Bundesländern wurden 80,2 % Einzelhäuser, 11,2 % Doppelhäuser und 8,6 % Reihenhäuser errichtet.

#### Energetische Bewertung der der Mehrfamilienhäuser

4,7 Millionen Wohnungseinheiten befinden sich in den neuen Bundesländern in Mehrfamilienhäusern, das sind 60 Prozent des Gesamtbestandes. Diese Gebäude verbrauchen ca. 50 Prozent der Raumheizungsenergie. 2,15 Millionen WE wurden dabei in industrieller Bauart errichtet. Einen Überblick über die wärmetechnischen Standards der Gebäudehülle gibt Tabelle 2.9.

Tabelle 2.9: NBL-Mehrfamilienhäuser - k-Werte der Gebäudehülle im IST-Zustand

	e,	k-Wert in W/(m <sup>2</sup> K)							
	Dach	Außenwand	Fenster	Keller/Boden					
NBL-KMHA	1,2	1,9	5,2/3,5	. 1,2					
NBL-KMHB	1,1	1,4-1,5	5,2/3,5	1,0-1,2					
NBL-KMHC	1,1	1,5	2,7/2,9	1,2-1,3					
NBL-KMHD	1,0-1,1	1,5-1,6	2,9	1,0					
NBL-KMHE	1,1	1,6	2,9	1,2					
NBL-GMHB	1,1	1,2 .	3,5	1,1					
NBL-GMHF	0,7	1,0	2,8	1,2					
NBL-GMHG	0,5	1,0	2,7	1,2					
NBL-GMHH	0,5	0,7	1,9	1,2					
NBL-HHF	0,7-0,8	1,1	2,9	1,2					
NBL-HHG	0,7-0,9	1,0	3,2	1,2					

Rund 1,98 Millionen WE in Mehrfamilienhäusern wurden vor dem Jahr 1945 errichtet. Bei diesen Häusern zeigt sich, daß insbesondere Fachwerkbauten besonders hohe spezifische Energieverbräuche haben. Ihr Bauzustand ist besonders schlecht. Aus städtebaulicher und kulturhistorischer Sicht ist jedoch die Sanierung dieser Gebäude besonders wertvoll. Energetische Effekte können dann erzielt werden, wenn die gesamte Bauhülle (Außenwand, Fenster, Dachhaut etc.) erneuert wird. Die in traditioneller Bauweise errichteten Mehrfamilienhäuser weisen besonders viele Schäden an der Außenhaut auf. Putzschäden entstanden in der Mehrzahl der Fälle durch defekte Dachentwässerungsanlagen.

Eine schnelle Behebung dieser Mängel ist auf jeden Fall erforderlich. Bei der Erneuerung der Außenhaut sollte das Anbringen einer zusätzlichen nachträglichen Wärmedämmung selbstverständlich sein. Energetische Schwachstellen, die durch Dämmaßnahmen verbessert werden können, sind Kellerdecken, Decken über Durchfahrten sowie die Dachschrägen und Dachdecken.

Der größere Teil von Wohneinheiten in Mehrfamilienhäusern befindet sich in den nach 1945 errichteten Gebäuden (rund 2,77 Millionen WE). Dabei wurden ca. 395.000 WE in traditioneller Ziegelbauart errichtet. Die Mehrzahl der Gebäude wurde jedoch mit industriellen Bauweisen gebaut. Die ab 1958 errichteten Mehrfamilienhäuser in Block- bzw. Streifenbauart sind mit Blöcken aus Ziegeln, Ziegelsplittbeton oder Gasbeton gefertigt.

Die ersten Plattenbauten in den 60er Jahren haben einschalige Außenwandkonstruktionen (verputzter Schwerbeton - Typen QP 64/QP 71) und zweischalige Außenwände (Schwerbeton mit innenliegender Holzwolleleichtbauplatte - Typ P2). In den 70er Jahren begann die Hinwendung zur dreischichtigen Außenwandkonstruktion im Plattenbau (150 mm Schwerbeton, 50 mm Kerndämmung, 60 mm Wetterschale aus Beton). Mitte der 80er Jahre wurde begonnen, die Plattenbauserie energetisch zu verbessern. So wurde die Dämmschicht in der Außenwand auf 60 mm erhöht. Die Dämmung von Dach und Kellerdecken wurde entscheidend verbessert (Dach auf 90 mm Dämmschicht, Keller auf 20 mm). 1989 begannen Baufirmen, die ersten Gebäude mit Außenwandelementen mit einer Dämmschicht von 85 bis 90 mm zu errichten.

Die ein- und zweischaligen Außenwandkonstruktionen der ersten Plattenbauten aus den 60er und 70er Jahren zeigen die größten sichtbaren Schäden. Ca. 28 Prozent der Außenwandflächen sind geschädigt. Das hat großen Einfluß auf das energetische Niveau der Gebäude. Unzureichende Betonqualität und -verdichtung sowie Schäden am Beton (Durchkarbonatisierung-Feuchteeintrag-Bewehrungskorrosion, Abplatzungen) sowie Schäden im Bereich der Fugenabdichtungen führen zur Durchfeuchtung der Wände sowie zu Wärmebrücken. Undichtigkeiten im Fenster- und Solbankbereich führen ebenfalls zu unerwünschten Wärmebrücken.

Die ab den 70er Jahren eingesetzten Sandwichelementen in den Außenwänden haben prinzipiell einen verbesserten bautechnischen Wärmeschutz. Aber auch hier treten große Probleme auf, die einer energetischen Qualität entgegenwirken. Durch undichte Außenwandfugen, verursacht durch Nichteinhaltung der Montagetoleranz, fehlerhaften Einbau sowie Versprödung des Fugenkittes und Risse in der Wetterschale, dringt Feuchtigkeit in die Wärmedämmschicht ein. Es kommt teilweise zu einer Verrottung des Dämmaterials (Schwarzfäule). Stichproben zeigen auch, daß das Dämmaterial bereits bei der technologischen Verarbeitung in vielen Fällen angegriffen wurde. Ursache ist eine zu starke Wärmebehandlung der Platte im Tunnelofen, die zum Beispiel zum Sintern des Schaumpolystyrols beiträgt. Aufgrund der relativ großen betontechnischen Schäden der Wärmebrücken und des teilweise schlechten Zustandes der Bausubstanz besteht bei den Plattenbauten ein hoher Instandsetzungsbedarf, der mit einer wärmetechnischen Gebäudesanierung verbunden werden kann.

In fast allen Wohnungen der Mehrfamilienhäuser sind Fenster mit Zweischeibenverglasung eingebaut. Nur in Einzelfällen, insbesondere in Hinterhöfen, sind noch Einscheibenverglasungen anzutreffen. Die bei der Block- bzw. Plattenbauart massenhaft eingesetzten Thermofenster mit Holzrahmen unterliegen im Nutzungsprozeß einem deutlichen Verschleiß. Prüfungen zeigen, daß die Fugendurchlässigkeit mit zunehmendem Alter rapide ansteigt. So stieg der mittlere Fugendurchlaßkoeffizient von 7,5 Jahre alten Thermofenstern auf das 10fache der Produktionsqualität. Gleichzeitig nehmen einzelne extreme Abweichungen zu. Besonders starke Verwölbungen wurden im horizontalen Flügelholz ermittelt. Hier liegen die Fugenweiten zwischen 0,5 und 6,5 mm. Die Luftdichtigkeit der Funktionsfuge kann nur mit Schlauchdichtungen effektiv repariert werden. Die Montagefugen hängen stark von der Sorgfalt der Einbautechnologie ab. Insgesamt ergaben die Ermittlungen eine relativ gute Qualitätssicherung in den Plattenwerken selbst. Nach Untersuchungen lassen sich von den 54 Millionen m² Fensterfläche in den neuen Bundesländern 34 Millionen m² (63 Prozent) sanieren, während 20 Millionen m² (27 Prozent) umgehend ausgetauscht werden müssen.

#### Der Bestandsvektor der präzisierten Gebäudetypologie und daraus resultierende Wohnflächen

Entsprechend der Festlegungen zur endgültigen Gebäudetypologie ergibt sich nachfolgende tabellarische Zusammenstellung der Daten:

Tabelle 2.10: Wohnflächen und Wohneinheiten in der Gebäudetyplologie der neuen Bundesländer 1990

Gebäude	Baualters- klasse	WE in Tsd.	Durchschnittliche WohnflächeWE in m²	Gesamtwohn- fläche NBL Tsd. m <sup>2</sup>	Anteil an WE-Be- stand in %
EFHA/B	-1918	1121,3	65,0	72884,5	16,0
EFHC	1919-45	682,9	61,0	41656,9	9,8
EFHD/E	1919-45	275,2	71,3	19621,8	3,9
EFHF/G	1946-70	156,9	113	17729,7	2,2
ЕГНН	1986-90	63,7	113	7198,1	1,0
КМНА	-1918	177,3	49,7	8811,8	2,5
КМНВ	-1918	703,2	65,5	46059,6	10,0
KMHC	1919-45	643,9	63,2	40694,5	9,2
KMHD	1946-60	342,0	43,7	14928,3	4,9
КМНЕ	1961-90	662,2	60,0	39732,0	9,5
GMHB	-1918	573,3	66,7	38239,1	8,2
GMHF	1970-80	539,0	59,0	31801,0	7,7
GMHG	1980-85	350,4	59,0	20673,6	5,0
GMHH	1986-90	316,6	59,0	18679,4	4,5
HHF	1970-85	321,8	54,4	17505,9	4,6
HHG	1970-85	70,3	62,0	4358,6	1,0
Summe		7000,0		440574,8	100

Quelle: IHLGB

Die Haustypenmatrix für die neuen und alten Bundesländer gibt einen Überblick über die Gesamtheit der in die Untersuchung einbezogenen Gebäudetypen im Wohngebäudebestand. Die angegebenen Einsparpotentiale gelten unter folgenden Bedingungen:

- o ABL: wirtschaftliches Nutzenergieeinsparpotential bei Einsparkosten von 13 Pf/kWh (Hochpreiszenario).
- o NBL: Dargestellt ist das technische Potential pro Gebäude bei Durchführung der im SPAR-Szenario beschriebenen technischen Maßnahmen.

Für die alten Bundesländer wurden 30 Gebäudetypen abgegrenzt, für die neuen Bundesländer handelt es sich um 16 Typen. Zusätzlich zeigt die Gebäudetypologie Neubau die drei abgegrenzten Typvertreter.

#### 2.4.4 Wohnungsneubau

Für den Wohnungsneubau nach 1987 wurden 3 Gebäudetypen abgegrenzt. Es handelt sich um die Typen

- o Einfamilienhaus
- o Reihenhaus
- o kleines Mehrfamilienhaus bis zu 4 Stockwerken.

Eine Analyse der Bautätigkeit zwischen 1984 und 1990 zeigt, daß 99 % des Neubauvolumens mit diesen Gebäudetypen abgedeckt sind /IKARUS 1990//Statistitisches Bundesamt, Fachserie 5, Reihe 1, 1991/.

Tabelle 2.11: Fertiggestellte Wohngebäude in den ABL 1984-1990 nach Gebäudetypen

Jahr .	Ein/Zweifam Anzahl	n.haus %	Reihenhai Anzahl	us %	MFH < 1 Anzahl	2 WE %	MFH > 13 Anzahl	WE %	gesamt Anzahl	%
1984.	73473	48	20004	13	58204	37	3321	2	155002	100
1985	62584	47	21084	16	46268	35	2289	2	132225	100
1986	58844	49	20783	17	39720	33	1374	1	120721	100
1987	61275	55	20534	18	28680	26	1096	~ 1	111585	100
1988	.68395	59	22556	20	22671	20	959	1	114563	100
1989	81147	62	24375	18	25624	19	1151	1	132301	100
1990	73450	59	20235	17	27720	23	1344	1	122749	100

Quelle: IKARUS-Bericht Enq. 02.1, Stand und Tendenzen der Neubautätigkeit in Deutschland; eigene Berechnungen

## Haustypenmatrix Bundesrepublik Deutschland kleine (KMH) und große (GMH) Mehrfamilienhäuser sowie Hochhäuser (HH)

Тур	Α	В	· C	D D	E	F	G	Н
Charakter	Fachwerk	Massiv					I. WSVO	II. WSVO
Baualtersklasse	-1918	-1918	1919-1948	1949-1957	1958-1968	1969-1978	1979-1983	1984-1987
kleine Mehrfamilien- häuser								
K M H 250 200 bis vier 150 100 Geschosse 50	777 -54%	47%		-61%	-67%		.36%	-11%
große Mehrfamilien- häuser und	spezifischer Nutzenergiebedarf ⊡IST und wirtschaftlich erreichbare Werte ⊠13 Pf/kWh							
Hochhäuser G M H und H H	250 - 200 - 150 - 100 - 50 -	47%		-54%			1958-68 HOCH	HÄUSER 1969-7

# Haustypenmatrix Bundesrepublik Deutschland freistehende Ein/Zweifamilienhäuser (EFH) und Reihenhäuser (RH)

Тур	· . A	В	C	D .	E	F	G	н
Charakter	Fachwerk	Massiv					I. WSVO	II. WSVO
Baualtersklasse	-1918	-1918	1919-1948	1949-1957	1958-1968	1969-1978	1979-1983	1984-1987
freistehende Einfamilien- häuser								
E F H 250 - 200 -	%09-7//////	47%	.62%	//////////////////////////////////////	-50%	24%	46%	16%
Reihenhäuser RH	spezifischer Nutzenergiebedarf ⊡IST und wirtschaftlich erreichbare Werte ⊠13 Pf/kWh							
	250 - (e 200 - 150 - 100 - 50 -	//////////////////////////////////////	//////////////////////////////////////			-56%	-17%	71%

26

EFHF/EFHG

**EFHH** 

EFHD/EFHE

**KMHA** 

**KMHB** 

KMHC

**28%** 

**EFHA/EFHB** 

Typ

**EFH** 

kleine

häuser

**KMH** 

Typ

große

häuser

GMH

HH

**EFHC** 

## 2.4.7 Haustypenmatrix für den Wohnungsneubau (ABL und NBL)

EFHI Einfamilienhaus	Baujahr 1988-1994 ff.	
RHI Reihenhaus	Baujahr 1988-1994 ff.	92 B 28
KMHI kleines Mehrfamilienhaus	Baujahr 1988-1994 ff.	

# 3 Energiesparmaßnahmen im Wohngebäudebestand der Bundesrepublik Deutschland

Für die wärmetechnische Sanierung des Gebäudebestands steht eine große Zahl entwickelter, am Markt verfügbarer Dämmstoffe und Dämmsysteme zur Verfügung, die bereits seit Jahrzehnten erfolgreich eingesetzt werden. Ein Abwarten auf erst in der Entwicklung befindliche zukünftig nutzbare Systeme ist weder sinnvoll noch erforderlich. Soweit zukünftig Dämmsysteme wie z. B. die transparente Wärmedämmung zur Marktreife gelangen, können sie im zeitlichen Verlauf der Gebäudewärmedämmung ihren Platz unter den heute schon verfügbaren Systemen finden.

Es gilt grundsätzlich, daß die wärmetechnische Gebäudesanierung nicht mit einem einzigen "universellen" Dämmsystem ausgeführt werden kann. Pro Gebäudetyp oder Siedlungsgebiet gelten für die Wahl des Dämmsystems jeweils unterschiedliche technische und architektonische Restriktionen, die eine sorgfältige, sachgerechte Auswahl der jeweils einsetzbaren unterschiedlichen Dämmsysteme pro Bauteil und pro Gebäude erforderlich machen (Verschattung, Grenzabstände, städtische oder dörfliche Bebauung, Orientierung, Fassadenaufbau und Fassadenbaustoff, Bauteilkonstruktion etc.).

Für den Erfolg wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen besteht jedoch ein unabweisbarer Entwicklungsbedarf auf der Ebene der sorgfältigen Bauausführung von Dämmaßnahmen im Bereich der zuständigen Handwerksgewerke.

Für die wärmetechnische Gebäudesanierung stehen die folgenden Dämmsysteme zur Verfügung:

#### Außenwand:

- Außendämmung mit dem Wärmedämmverbundsystem
  - Außendämmung mit der Vorhangfassade
- Kerndämmung zweischaligen Mauerwerks
  - Innendämmung mit Dampfsperre

#### Fenster und Außentüren:

- Einfachfenster-, Verbundfensterrahmen oder Kastenfenster
- Energiesparende Verglasungsarten wie Wärmeschutz-Isolierverglasung mit k-Werten bis 1,3 W/(m<sup>2</sup>K)
- Wärmegedäminte Türprofile mit k-Werten um 1,0 W/(m²K)
- Wärmegedämmte Klappläden oder Rolläden mit optimierten Mini-Rolladenkasten oder hochgedämmten Kästen aus Polystyrol-Hartschaum.
- Aufarbeitung historischer Holztüren und Holzfenster (Kasten- und Verbundfenster) mit Einbau einer Lippendichtung.

#### Keller:

- Dämmung der Kellerdecke von unten mit Dämmplatten, Mineralfaser-Aufspritzdämmung oder Sanierung des Fußbodenaufbaus von oben mit Einbau einer Dämmschicht.
- Dämmung der Kelleraußenwände von innen mit Dämmplatten und separater Verkleidung oder Dämmverbundplatten mit integrierter Dampfsperre

#### Geneigtes Dach:

- Dämmung zwischen den Sparren
- Dämmung auf den Sparren
- Dämmung auf und zwischen Sparren
- Dämmung zwischen und unter den Sparren
- Dämmung unter den Sparren
- Dämmung auf der Dachbodenfläche

#### Flachdach:

- Umkehrdach (Warmdach)
- Verfüllung der Luftschicht von Kaltdächern mit dem Einblasdämmverfahren, Sanierung der raumseitigen Dampfsperre.
- Einblasen von Dämmstoff in die Luftschicht von Kaltdächern bei Verbleib eines ausreichenden Belüftungsraumes (Mehrfamilienhäuser).
- Umwandlung von Kaltdächern zu Warmdächern durch eine zusätzliche Dämmschicht auf der alten Dachhaut (Umkehrdach) und Verfüllung der Luftschicht mit Dämmstoff (wahlweise zusätzlich: Sanierung der inneren Dampfsperre).
- Dämmung des Flachdachs auf der Raumseite mit Dampfsperre.

Neben diese wesentlichen Systeme zur Verbesserung des Wärmeschutzes im Gebäudebestand treten noch eine Vielzahl von Detail- und Sonderlösungen.

# 3.1 Durchführung wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen im Zuge von Instandsetzungs-, Erneuerungs- oder Modernisierungsmaßnahmen

Die Kopplung wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen an ohnehin anstehende Instandsetzungs- Erneuerungs- oder Modernisierungsmaßnahmen hat die zentrale Bedeutung. Der Sanierungsbedarf der Gemeinnützigen Wohnungswirtschaft wie auch für die Gesamtwohnungsbestände über die Städtebauförderung wird nach wie vor als sehr hoch eingeschätzt. Die Anmeldungen der Gemeinden im Städtebauförderungsprogramm übersteigen die vorhandenen Mittel. Im Bereich der Gemeinnützigen Wohnungsbaugesellschaften wurde jährlich eine wachsende Zahl von 175.000 (1978) bis 305.000 (1988) Wohnungen modernisiert. /Gesamtverband Gemeinnütziger Wohnungsunternehmen e. V., Modernisierungsstatistik, 1989/. Der Erneuerungs- und Instandsetzungsprozeß im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser ist augenfällig.

Hinzu tritt der Sanierungsbedarf in den neuen Bundesländern, in denen sich der Bauzustand in den letzten 10 Jahren erheblich verschlechtert hatte und ein hohes Gebäudedurchschnittsalter vorhanden ist (mehr als die Hälfte aller Wohnungen wurde vor dem 2. Weltkrieg errichtet). Es muß von einem Sanierungsbedarf ausgegangen werden, der sich auf rund 75 % der Wohngebäude erstreckt, deren Bauzustandsstufe geringe bis schwerwiegende Schäden aufweist. Die erforderlichen Instandsetzungsmaßnahmen erstrecken sich auf alle Außenbauteile (wärmetauschende Gebäudehülle) und die Modernisierung der Zentralheizungsanlagen bzw. Umrüstung von Einzelofen zu Sammelheizungsanlagen und die Verbesserung der sanitären Ausstattung. Jährlich müßten allein 5 % der Fassaden saniert werden, um die in der Vergangenheit unterlassene Fassaden-Instandhaltung zu kompensieren, rund 90 % der 28 Mio. m² Flachdächer auf industriellen Wohnbauten sind nach einer Erhebung im Auftrag des BMBau feuchte- und wärmetechnisch sanierungsbedürftig /BmBau/IBK, 1993/. Der Zusammenhang zwischen erforderlichen Instandhaltungsmaßnahmen und Maßnahmen zur Energieeinsparung ist offensichtlich /Hegner 1992/ / Ehm u.a. 1991/.

Es kommt darauf an, diese günstigen Zeitpunkte, zu denen ohnehin baulicher Aufwand entsteht, für die zusätzliche Anbringung eines optimalen Wärmeschutzes zu nutzen. Bisher wurden diese Modernisierungs- und Instandsetzungzeitpunkte nur äußerst bedingt auch für die Verbesserung des Wärmeschutzes am jeweiligen Bauteil genutzt. Im Verfahren der einfachen Stadterneuerung, den Dorferneuerungsprogrammen, der Modernisierungsprogramme der Länder, und in den wohnungspolitischen Sonderprogrammen wie den Aussiedler-Wohnungsbau, die Förderung von Dachgeschoßausbauten etc. werden die Erfordernisse der Energieeinsparung i. d. R. nicht integriert /Dehnen 1989/ /Baugesetzbuch 1987/. Die Stadtund Dorferneuerungsprogramme sehen i. d. R. auch die Möglichkeit der Anmeldung und Förderung von Maßnahmen, die der Energieeinsparung dienen vor, die Energieeinsparung wird jedoch nicht explizit genannt. Im Rahmen der Städtebauförderung sind keine Projekte der anmeldenden Kommunen bekannt, in denen explizit Wärmeschutz und moderne Heiztechnik verbessert werden sollten. Im Bereich der Dorferneuerung ist der Kreis der in die Förderung einbezogenen Bausubstanz sehr klein (historische, ortstypische Bebauung) und werden Energiesparmaßnahmen auch nur begrenzt gefördert /z. B. Richtlinien Hessen/.

Im Bereich des Gesamtverbandes Gemeinnütziger Wohnungsunternehmen sank der Anteil der modernisierten Wohnungen mit Maßnahmen im Bereich Wärme- und Schalldämmung seit 1978 bis 1987 sogar von rund 20 % auf rund 13 % ab, wobei diese Zahlen noch keine

Aussage über die Qualität der Dämmaßnahmen ergeben. Die Referenzgebäude in der Gebäudetypologie zeigen deutlich, daß die im Bereich der Wohnungsbaugesellschaften ergriffenen Dämmaßnahmen in der Dämmschichtdicke suboptimal sind. Bei Dachdämmungen liegen sie zwischen 4 und 12 cm, bei Außenwandwärmedämmungen bei max. 6 cm. Nach wie vor wird Isolierverglasung statt Wärmeschutz-Isolierverglasung eingebaut. Nach Auslaufen des 4,35 Mrd.-Förderprogrammes von Bund und Ländern sowie dem gesunkenen Energiepreisniveau verzeichnen die Anbieter von Dämmsystemen auch einen ausgesprochen verhaltenen Markt im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser /Auskunft: HECK-Dämmsysteme, STOTMEI-STER-Dämmsysteme 1989/.

Durch Maßnahmenkopplung können die Kosten für die Dämmung optimiert werden. Einige Positionen fallen ohnehin an, andere können sogar entfallen. Auf eine anstehende Erneuerung des Außenputzes mit Abschlagen des Altverputzes kann z. B. verzichtet werden, wenn stattdessen ein Wärmedämmverbundsystem auf den bestehenden Verputz aufgebracht wird. Für weniger tragfähige Putzuntergründe gibt es Schienenhalterungs-Systeme. Damit lassen sich bei Gesamtinvestitionskosten von 135,00-160,00 DM pro m² für ein 12 cm starkes Wärmedämmverbundsystem mit Polystyroldämmplatten Kosten von 70 - 90 DM pro m² einsparen, die nicht der Dämmung, sondern der Instandsetzung zuzuordnen sind.. Zusätzlich ist die Gerüststellung mit ca. 10,00 DM pro m² ohnehin auch bei der reinen Putzerneuerung erforderlich.

Ist eine Dachneueindeckung erforderlich, kann eine Dämmung zwischen den Sparren auf der vorhandenen Innenverkleidung oder begrenzten Dämmschicht mit einer Aufdoppelung des Sparrens und einer damit höheren Dämmschichtdicke kombiniert werden. Als Zusatzkosten zur ohnehin geplanten Maßnahme treten nur der Preis der Konterlatte für die Aufdoppelung (ca. 10,00 DM pro m²) sowie der zusätzliche Aufwand für Dämmstoff und Dämmung mit ca. 8,00 bis 12,00 DM in Erscheinung, so daß bei z. B. 130 m² Dachfläche mit einem Kostenmehraufwand von rund 2.600 DM der Wärmeschutzstandard noch einmal deutlich verbessert werden kann.

### 3.1.1 Erneuerungszyklen von Außenbauteilen

Die folgenden Erneuerungszyklen und -maßnahmen können für eine Kopplung mit wärmetechnischen Sanierungsmaßnahmen genutzt werden. Die Erneuerungszyklen sind orientiert an den Angaben des Gesamtverbandes der gemeinnützigen Wohnungswirtschaft und des BMdF.

- Außenputz	20 - 40 Jahre
- Sichtbeton	27 - 50 Jahre
- Dacheindeckung	16 - 50 Jahre
- Flachdachbahnen	13 - 20 Jahre
- Fußboden	20 - 30 Jahre
- Innenputz	40 Jahre
- Vorhangfasssade	25 - 30 Jahre
- Dachrinnen und Fallrohre	16 - 20 Jahre
- Estrich	27 - 80 Jahre
- Fenster und Türen	20 - 80 Jahre
- Rolläden	20 Jahre
- Verglasungen	13 Jahre
- Isolierverglasungen	13 - 27 Jahre
/BmBau 1987; Schmitz 1984/.	

Für die neuen Bundesländer ist davon auszugehen, daß die Bauteilerneuerungszeitpunkte für die Mehrfamilienhäuser mit Baujahr vor 1985 erreicht sind, hier hängt die Erneuerungsquote nicht vom physikalischen Zustand der Bauteile, sondern von den verfügbaren Kapitalmitteln, der Einkommensenwticklung (Mietzahlungsfähigkeit) und der Lösung der Eigentümerfrage ab. Die Bauteillebensdauer sinkt durch Luftverschmutzung deutlich ab. Dies ist in den Lebensdauerzyklen noch nicht berücksichtigt. Durch verbesserten Wärmeschutz und die damit verbundene Senkung des Luftverschmutzungsgrades (Gebäudeheizung emittiert über Dach in geringer Höhe) ist umgekehrt langfristig wieder eine Erhöhung der Bauteillebensdauern zu erwarten.

Für die Kombination von Wärmeschutz und Instandsetzungs- oder Modernisierungsmaßnahmen im Gebäudebestand bieten sich die folgenden Maßnahmen an:

- Außenputzerneuerung oder Teilerneuerung
- Instandsetzung von Bauten in Großtafelbauweise
- Außenanstrich
- Säuberung einer Klinkerfassade
- Neuverfugung einer Klinkerfassade
- Erneuerung der Platten einer Vorhangfassade
- Erneuerung oder Teilerneuerung des Innenputzes
- Erneuerung eines Holzfußbodens
- Einbringen von Parkettfußböden
- Sanierung von Kellermauerwerk gegen aufsteigende Feuchtigkeit
- Ersatz von einscheibenverglasten Fenstern
- Austausch einer defekten Isolierverglasung
- Erneuerung der Eindeckung bei geneigten Dächern
- Ausbau des Dachs zu Wohnzwecken

- Erneuerung der inneren Dachverkleidung
- Sanierung der Gaubenverkleidung
- Sanierung einer defekten Dachhaut eines Flachdachs
- Sanierung von Bauschäden in Dächern mit unzureichender Dampf- und Windsperre
- Aufsetzen eines Satteldaches auf ein Flachdach zur Abwehr von Regenschäden
- Sanierung von Wärmebrücken zur Abwehr von Feuchte- und Schimmelbildung in Wohnräumen
- Modernisierung der Sanitärräume
- Modernisierung von leerstehenden Fachwerkhäusern
- Modernisierung der Wohnungsbestände der fünziger und sechziger Jahre aus Gründen der Wohnqualitätsverbesserung
- Sanierung von Betonschäden, z.B. in der Großtafelbauweise des Geschoßwohnungsbaus

Die Novelle der WSchVO wird ab 1.1.1995 im Bauteilinstandsetzungsfall ("Erstmaliger Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Bauteilen") die folgenden Anforderungen stellen, die jedoch an der Baustelle nicht kontrolliert werden (keine Baugenehmigungs- oder Bauanzeigepflicht):

Tabelle: 3.1: WSchVO 1995 - Begrenzung des Wärmedurchgangs bei erstmaligem Einbau, Ersatz und bei Erneuerung von Bauteilen (≤ 20 % der Gesamtfläche der jeweiligen Bauteile)

Bauteil	Gebäude mit normalen Innentemperaturen
	max. k-Wert W/(m² K)
Außenwände, wenn außenliegende Platten o. plattenartige Bauteile oder Vormauerungen angebracht werden oder auf der Innenseite Bekleidungen oder Dämmschichten aufgebracht werden. Die Außenputzerneuerung ist ausgenommen.	≤ 0,4
Außenliegende Fenster, Fenstertüren, Dachfenster	± 1,8
Decken unter nicht ausbauten Dachraum und Decken (einschl. Dachschrägen), die die Räume nach oben und unten gegen Außenluft abgrenzen. Dächer jedoch nur, wenn die Dacheindeckung einschließlich vorhandener Dachverschalungen unmittelbar unter der Dachhaut erneuert wird. Weiterhin: beim Einbau von Bekleidungen in Form von Platten/plattenartigen Bauteilen (geschraubt/genagelt), beim Einbau von Dämmschichten.	0,3
Kellerdecken, Wände und Decken gegen unbeheizte Räume, sowie an das Erdreich grenzende Decken und Wände.	± 0,5
Außenwände bei Neuerstellung (Anbauten, Unterfangungen etc.) Die Anforderung gilt als erfüllt, wenn Mauerwerk in einer Wandstärke von 36,5 cm mit einer Wärmeleitfähigkeit von λ 0,21 W/(mK) ausgeführt wird (0,512 W/(m²K)).	<b>≼ 0,5</b>

Damit erstrecken sich die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung von 1995 im Wohngebäudebestand nur auf wenige Tatbestände, insbesondere die Verglasungsqualität, den Einbau von Vorhangfassaden, die in der Sanierung selten sind und dann ohnehin bereits mit Dämmung ausgeführt werden und ohnehin geplante Ausbau/Dämmaßnahmen. Dächer werden nur berührt, wenn neben der Dacheindeckung gleichzeitig eine darunterliegende Dachverschalung erneuert wird. Diesen Dachaufbau ist im Wohnungsbau sehr selten, er existiert im wesentlichen nur bei Schiefereindeckung auf Vordeckung oder Metalleindeckungen.

## 3.2 Katalog wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen

Der Katalog wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen wurde auf der Grundlage der Bauteilaufbauten der konkreten Beispielgebäude der Gebäudetypologie entwickelt. Für die vorhandenen Konstruktionen mit geringerem Wärmeschutzstandard (Bauteilkatalog) wurden jeweils
technisch und wirtschaftlich sinnvolle Dämmaßnahmen ausgewählt. Für den "Katalog
wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen" ist eine regionale Differenzierung und Ergänzung
wünschenswert, um die jeweiligen örtlichen Besonderheiten in der Bausubstanz abzubilden.
Solche, z. B. von den Ländern in Zusammenarbeit mit Kommunen oder Landkreisen herausgegebene wärmetechische Sanierungskataloge könnten in Zukunft einen hohen Stellenwert im
Rahmen der Energieberatung für die Verbraucherberatung innehaben. In Verbindung mit der
Aufstellung von Gebäudetypologien in Ländern, Städten, Landkreisen und Gemeinden wird
direkt vor Ort Transparenz über die auswählbaren Energiespartechniken pro Gebäudetyp
geschaffen. Damit werden die Umsetzungschancen für die Wärmedämmung im Gebäudebestand erhöht. Kataloge wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen bilden ein hervorragendes
Instrument der Ergieberatung.

### 3.2.1 Überblick über die Maßnahmen im TREND-Szenario

Der TREND-Katalog gibt Maßnahmen in üblicher Ausführungsqualität wieder. Diese erweisen sich als an den Untergrenzen für wirtschaftlich sinnvolle Dämmstoffstärken unter Zugrundelegung des Niedrigenergiepreisszenarios orientiert. Diese Maßnahmen sind suboptimal aus folgenden Gründen:

- Aus ökologischen Gründen sollte die Obergrenze für wirtschaftlich sinnvolle Dämmstoffstärken angestrebt werden.
- Vor dem Hintergrund der Unsicherheit der Energiepreisentwicklung muß auch mit höheren Energiepreisen gerechnet werden. In diesem Fall sind die TREND-Maßnahmen deutlich unwirtschaftlicher als weitergehendere Maßnahmen.
- Suboptimale Sanierungen verhindern auf lange Sicht weitergehendere Maßnahmen, da diese für einen langen Zeitraum nicht mehr wirtschaftlich durchgeführt werden können.

Tabelle 3.2: Überblick über die Maßnahmen des TREND-Maßnahmekatalogs

LÜFTUNG	Reduziert Luftwechsel	Nutzungsdau- er in Jahren
Abdichten von Fugen an den Fensterrahmen (Eigenlst.)	0,6 h <sup>-1</sup>	3
Lippendichtung in Fensterflügelrahmen einfräsen	um 0,5 h <sup>-1</sup>	. 15
Fugendichtung an allen Bauteilfugen mit Dichtbändern/Spritzdichtung	0,6-1	15
AUSSENWAND	Dämm- schichtdicke in cm	Nutzungsdau- er in Jahren
Vorhangfassade: EPS/MFDämmplatten, Hinterlüftung, Außenverkleidung	6	25
Thermohaut: Dämmplatten auf Altverputz, gewebearmierter Neuverputz	6	25
Innendämmung:Dämmplatten, Dampfsperre, Deckschicht	6	25
Kerndämmung: Einblasen von Dämmstoff in Luftschicht zweischaliger Außenwände	4-8	25
Heizkörpernischen dämmen: Dämmplatten mit Alu-Deckschicht	1-2	15
KELLER		
Kellerdecke: Unterseite mit Dämmplatten ohne Deckschicht bekleben	3	25
Keller dämmen: Wände beheizter u. Decken kalter Räume m. Dämmplatten, Dampfsperre u. Deckschicht versehen	. 3	25
Erdgeschoß-Fußboden erneuern: Dämmplatten, schwimmender Estrich	3	25
OBERGESCHOSS-DECKE		
Dachbodenfläche, Einblasdämmung, nicht begehbar	10	25
Dachbodenfläche mit Dämmplatten belegen (begehbar)	10	25
STEILDACH	•	
Dämmstoff in Dachschrägen u. Kehlbalken winddicht einbauen, Dampfsperre (Neueindeckung)	10	25
Dämmung zwischen/Unter Sparren (Ausbau, neue Innenverkleidung)	10	. 25
Einblasdämmung in Sparrenzwischenraum u. Kehlbalkenlage belüftet	10	25
Auf-Sparren-Dämmung, Dampfsperre, Holzschalung (neue Eindeckung)	8	25
FLACHDACH		
Kaltdach: Einblasdämmung in den Belüftungsraum, Sanierung der Dampfsperre	10	25
Flachdach (Warm), Wärmedämmung verstärken, neue Dachhaut	8	25
Warmdach: Umkehrdach, Dämmplatten auf alter Dachhaut, evtl. Kies-auflage	6	25

FENSTER/FENSTERTÜREN	k-Wert W(m²K)	g-Wert
Neue, isolierverglaste Einfachfenster mit Holzrahmen einbauen lassen	2,6	0,77
HEIZVERHALTEN	4	
Sparsames Heizverhalten: Absenken der Raumtemperatur um 1° Celsius	./.	1.

#### 3.2.2 Überblick über die Maßnahmen im SPAR-Szenario

Die Maßnahmen des SPAR-Katalog orientieren sich in ihrem Umfang am wirtschaftlichen Optimum auf der Grundlage des Hochpreisszenarios der Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre". Dies gilt für Investitionen im Jahr 1990. Aufgrund steigender Energiepreise würde sich das Optimum für in Zukunft auszuführende Maßnahmen nach oben verschieben. Von einer zeitlichen Dynamisierung der Maßnahmen wurde jedoch abgesehen. Es werden nur bereits heute am Markt verfügbare und wirtschaftlich rentable Maßnahmen beschrieben und in die Berechnung der Energiesparpotentiale einbezogen. Ein Ausblick auf weitergehende Maßnahmen ist in Kapitel 12 dargestellt.

Tabelle 3.3 gibt einen Überblick über die für die wärmetechnische Gebäudesanierung empfohlenen Wärmeschutzmaßnahmen mit ihren wichtigsten für die Berechnung des SPAR-Szenarios eingesetzten technischen und preislichen Kennziffern.

Tabelle 3.3: Überblick über die Maßnahmen im SPAR-Szenario

LÜFTUNG/VERBESSERUNG DER RAUMLUFTQUALITÄT		P = 1
Maßnahme	Reduzierte Luft- wechsel auf	Nutzungs- dauer in Jah- ren
Wärmerückgewinnungsanlage von Fachfirma einbauen lassen	0,3 h <sup>-1</sup>	15 .
AUSSENWAND		
Maßnahme	Dämmschicht- dicke in cm	Nutzungs- dauer in Jah- ren
Vorhangfassade: Dämmplatten, Hinterlüftung, Bekleidung, MFH = EPS, HH = EPS/MF	12	25
Thermohaut: Dämmplatten auf Altverputz, gewebearmierter Neuputz (NBL + 10 DM/m² Wetterschalensicherung bei Dreischichtplatten)	12	25
Innendämmung: Dämmplatten, Dampfsperre, Deckschicht	. 6	25

KELLER			4
Kellerdecke : Unterseite mit Dämmplatten ohne Deckschicht bekleben	6		25 -
Keller dämmen: Wände beheizter und Decken kalter Räume mit Dämmplatten, Dampfsperre (Wände) u. Deckschicht vers.	6		25
Erdgeschoß-Fußboden erneuern: Dämmplatten, schwimmender Estrich	5	40"	25
OBERGESCHOSS-DECKE		,	
Dachbodenfläche mit Dämmplatten belegen (begehbar)	20 ,	2	25
Dachboden: Dämmstoff mit Dachbodenfläche einblasen (nicht begehbar)	20	:	25
Schütt-Dämmung auf Dachboden (nicht begehbar)	20	Tree 1	25 <sup>.</sup>
Dachbodenfläche mit 10 cm Dämmplatten zusätzlich zur vorhandenen Dämmschicht abdecken (begehbar)	10		25
STEILDACH			
Dämmstoff in Dachschrägen u. Kehlbalken winddicht einbauen, Aufdoppelung, Dampfsperre (Neueindeckung)	20		25
Dämmung zwischen/unter Sparren (winddicht, Dampfsperre), bei Ausbau, neuer Innenbekleidung	20		25
Zusatzdämmung bei Neueindeckung in Schrägen / Kehlbalken (Aufdoppelung)	12 .		25
Auf-Sparren-Dämmung, Dampfsperre, Holzschalung (neue Eindeckung)	14	-	25
Zusatzdämmung: Dämmstoff in Belüftungsraum der Dachschräge u. auf Kehlbalkenlage einblasen (ausreichender Belüftungsquerschnitt verbleibt)	10-	2	25
wie vor	12 **	2	25
FLACHDACH			\$
Kaltdach: Dämmstoff in Belüftungsraum einblasen mit Sanierung der Dampfsperre (Zusatzdämmung)	20	2	25
Kaltdach: wie vor, jedoch verbleibender Belüftungsquerschnitt über 5 cm	20	2	25
Warmdach: Umkehrdach auf alter Dachhaut, XPS Platten, Kiesauflage	12		25
Warmdach: Dämmplatten auf vorh. Dachhaut, neue Dachabdichtung, Kies-auflage o. ä.	14	2	25
FENSTER-FENSTERTÜREN			
Maßnahme	k-Wert (W/m <sup>2</sup> K)	dauer	_
		ren	g
Neue Fenster mit Wärmeschutz-Isolierverglasung	1,5	25	0,69
Ersatz von Isolierverglasung durch Wärmeschutz-Isolierverglasung	1,5	15	0,69
Denkmalschutz: Fensterersatz durch neue Fenster mit Wärmeschutz-Isolierverglasung (Mehraufwand)	1,5	25	0,69
lierverglasung (Mehraufwand)			

Bei den Wärmeschutzmaßnahmen handelt es sich ausschließlich um marktgängige, handwerklich beherrschte Techniken. Energiespartechniken im Forschungstadium, wie z.B. TWD wurden nicht einbezogen. Auch Komponenten des solaren Bauens, wie der Wintergarten oder die Loggienverglasung, die unter bunderepublikanischen Klimabedingungen keinen erkennbaren Beitrag zur Energieeinsparung erbringen, wurden nicht berücksichtigt /IBP, Erhorn/-Gruber, Solarhäuser, Köln 1989; Fredlung, Taberg, Stockholm 1989; IBP Exeperimentelle Untersuchung, Holzkirchen 1986/. Für die TWD zeigt überdies eine Analyse der Forschungsberichte zu den bisher ausgeführten Gebäuden, daß die Transparente Wärmedämmung keine höheren Energieeinsparungen gegenüber der opaken Wärmedämmung erbringt. Die Heizwärmebedarfswerte liegen bei bestehenden Gebäuden wie im Neubau in gleicher Größenordnung, obgleich ein um den Faktor 7-10 teureres Außenwanddämmsystem eingesetzt wurde /ISE, Windberg 1993; ISE, Sonnenäckerweg 1992; ISFH, Solarhäuser Hameln, 1994; Freiburger Solarenergieführer 1993/. Der Katalog wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen für das SPAR-Szenario ist auch als Instrument zur Verbraucherinformation geeignet, wenn er um die Kosten und um physikalische Daten, sowie Regelquerschnitte (Detailzeichnungen) ergänzt wird. Eine Erweiterung des Kataloges sollte für die jeweils örtlich oder regional vorhandene Wohngebäudesubstanz die wesentlichen Bauteilaufbauten, die Verbesserungsmöglichkeiten durch Wärmeschutzmaßnahmen, eine Kostenorientierung als Instrument zur Preistransparenz, mögliche Restriktionen und besondere Ausführungshinweise beinhalten. Damit werden die Handlungsmöglichkeiten der Energieverbraucher deutlicher und ein hohes Maß an Entscheidungssicherheit bei der Auswahl wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen erreicht.

#### 3.3 Sachliche Restriktionen für die Ausführung wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen

Sachlich-bautechnische Restriktionen betreffen nicht die Gesamtheit der möglichen Wärmeschutzmaßnahmen an einem Gebäude und auch nicht alle Baualtersklassen. Mögliche Restriktionen bestehen zunächst nur für die älteren Baualtersklassen vor 1945 und betreffen hier vor allem Gebäude, die eine erhaltenswerte Fassade aufweisen. Sie beziehen sich fast überwiegend auf das Bauteil Außenwand. Sonstige Bauteile wie Dächer, Fenster, Kellerdecken/-Fußböden sind nur marginal in den älteren Baualtersklassen betroffen und können in der Regel durch Wahl von Dämmstoffen mit geringerer Wärmeleitfähigkeit qualitativ gleichwertig verbessert werden, wie bei den sonstigen Gebäudetypen. Zur Einschätzung des Umfanges möglicher Restriktionen aus dem Bereich der Denkmalpflege ist bedeutsam: In den NBL sind nur 2,5 % der Gebäudesubstanz Fachwerkbauten, die wiederum nicht insgesamt dem Sichtfachwerk zugeordnet werden können. In den ABL sind nur rund 4% der gesamten Gebäudeanzahl (auch Nichtwohnbau) als Denkmale eingetragen, rund 15 % der gesamten Gebäudesubstanz werden ganz oder teilweise von den Länder-Denkmalschutzgesetzen erfaßt. Bautechnische Restriktionen können wirken auf:

- Keine Dämmung eines Bauteils möglich (Sichtfachwerk, -mauerwerk, profilierte Ornamentfassaden).
- Dämmung möglich mit dünnerer Dämmschichtdicke und eingeschränkter Auswahl der Dämmaterialien (Fußboden z.B. wegen geringer lichter Raumhöhe).
- Kombination verschiedener Dämmsysteme am gleichen Bauteil eines Objektes (z.B. 0 Gründerzeithäuser: unterschiedliche Vor- und Rückfronten).
- Dämmung möglich bei hoher Sorgfalt der Ausführung (Innendämmung). 0
- Erfordrnis bestimmter Anbringungstechniken oder Dämmaterialien (z.B. bei histo-0 rischen Sparrenquerschnitten, Kappendecken).

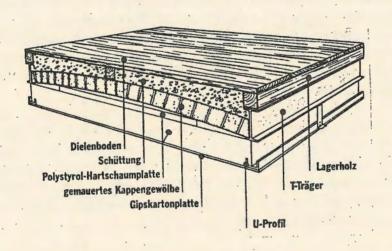
Außenwände von historischen, denkmalgeschützten Gebäuden oder Gebäuden mit aus sonstigen Gründen zu erhaltenden Sichtfassaden (Klinker, Sichtmauerwerk, Ornamentierungen der Gründerzeitbauten) sind nur in seltenen Fällen von außen wärmetechnisch zu verbessern. Dies gilt nur dann, wenn der historische Befund eine Bekleidung aus Putz oder Vorhang darstellt (z.B. Fachwerkgebäude in der Tübinger Altstadt), wenn aus Schadensgründen eine Bekleidung angebracht werden soll (z.B. Fritzlarer Hochzeitshaus denkmalgeschützte Sichtfachwerkfassade mit starken Regenfeuchteschäden) oder wenn die vorhandene Profilierung so stark geschädigt ist, daß bei einer notwendigen Reprofilierung unter Putz und Ornamenten ein Wärmedämmverbundsystem angebracht werden kann. Für den Sichtfachwerk- oder Sichtmauerwerksfall gilt, daß eine Innendämmung die einzig mögliche wärmetechnische Verbesserungsmaßnahme darstellt. Sie reduziert die mögliche Energieeinsparung gegenüber einer Außendämmung der Wand um 10-12 %. Insbesondere beim Fachwerkgebäude wird an die Sorgfalt der Ausführung von Innendämmungen (Dichtheit) eine hohe Anforderung gestellt, die zukünftig durch Weiterbildung und Zertifikate klarer herausgestellt werden muß. Bei Gründerzeitgebäuden gelten Restriktionen gegenüber der Außendämmung in der Regel nur für die Straßenfassade (Stuck etc.), hier ist eine Innendämmung mit Dämmung der Balkenauflagerzwischenräume im Deckenbereich sinnvoll, die auch die im ungedämmten Zustand vorhandene Tauwasserbelastung der eingemauerten Balkenköpfe senken kann. Die Hofseite oder Giebelwände sind demgegenüber nicht profiliert, häufig nicht verputzt und können von außen gedämmt werden.

Fenster lassen sich auch bei denkmalgeschützten, historischen Gebäuden ohne Beeinträchti-

gung des Erscheinungsbildes mit Wärmeschutz-Isolierverglasung ausstatten. Soll die ursprüngliche Einscheibenverglasung erhalten bleiben, so kann ein innerer oder äußerer Vorsatzflügel mit Wärmeschutzisolierverglasung angebracht werden.

Gegenüber der Dämmung von Kellerdecken oder EG-Fußböden existieren keine Restriktionen. Hier muß bei unebenen Deckenunterseiten evtl. die Befestigungungstechnik variiert werden. Lösungen existieren in Form von Abstandhaltern aus Dämmstoffstreifen, Lattungen, Abhängern, Anspritzdämmungen etc. Bei geringen lichten Raumhöhen im Keller oder bei der Fußbondenerneuerung können Dämmstoffe mit geringer Wärmeleitfähigkeit bei reduzierter Dicke die gleichen k-Werte erbringen, wie die in den Wärmebilanzrechnungen der Gebäudetypologie bei 5 cm Wärmedämmung mit  $\lambda$  0,04 W/(mK) angenommenen Werte. Die Grafik 3.1 zeigt zum Beispiel die Dämmung einer Kappendecke von unten, bei der die Polystyroldämmplatten in Abhänger (aus dem Gipskarton-Deckenbau) eingehangen wurden.

Grafik 3.1 Dämmung einer Kappendecke von unten mit Abhänger (Quelle: EXPO STADT, Kassel)



Die Dämmung von Dächer, Dachböden, Decken unterliegt auch bei denkmalgeschützten Gebäuden keinen Restriktionen, da die Dämmschicht unter den Deckschichten oder der Eindeckung angebracht wird. Überdies ist der vorhandene Wärmeschutz von Dächern/Decken bei historischen Gebäuden sehr ungünstig, so daß zur Vermeidung von unbehaglichem Innenraumklima Wärmeschutzmaßnahmen an diesem Bauteil nicht nur aus energetischen Gründen ergriffen werden müssen. Bei genügendem Sparrenzwischenraum kann durch Einblasdämmung sowohl die Eindeckung als auch die Innenbekleidung von Dachausbauten erhalten bleiben, wenn ein Belüftungsraum zwischen Dämmung und alter Eindeckung verbleibt. Die Dämmung zwischen den Sparren kann z.B. kombiniert werden mit einer Untersparrendämmung, wenn die Innenbekleidung erneuert wird. Bei Dachneueindeckungen bietet sich die Aufsparrendämmung an. Richtig ausgeführte Dachdämmaßnahmen liefern auch einen Beitrag zur Verlängerung der Sparrenlebensdauer durch Reduktion der Holzfeuchte- und Temperaturbelastungen.

## Kosten und Wirtschaftlichkeit wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen

### 4.1 Kosten wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen

Die Investitionskostenannahmen der 1988/89 für die Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" durch das IWU vorgelegten Studie wurden einer Aktualisierung und Überprüfung unterzogen:

- o Der Preisstand wird auf 1990 angeglichen.
- o Die Gesamtkosten der Maßnahmen und die zuwachsenden Kosten durch wärmetechnische Sanierung im Instandsetzungsfall werden durch detaillierte Kostenkalkulation aktualisiert /IKARUS, Bericht Enq. 03.1 und 03.2/.
- o Durch Kostenerhebung an wärmetechnisch sanierten Gebäuden von 6 Wohnungsbaugesellschaften und privaten Eigentümern wurde ein Preisspiegel abgerechneter Investitionskosten bezogen auf den Preistand 1990 erarbeitet.
- o Durch Kostenerhebung bei ausgeführten Niedrigenergiehäusern (Hessen, Schleswig-Holstein) werden die Mehrkosten der Niedrigenergiebauweise empirisch belegt.
- O Durch Quervergleich der Kostendaten mit der Baukostenliteratur wird eine weitere Plausibilitätskontrolle durchgeführt.

Die in die Berechnung eingehenden Investitionskosten sind damit auf breiter Basis abgestimmt und mit Praxiswerten validiert. Sie bilden eine verläßliche Grundlage für die Erhebung der Gesamtinvestitionskosten für eine Strategie der wärmetechnischen Gebäudesanierung in den alten und neuen Bundesländern. Tabelle 4.1 zeigt den Maßnahmekatalog für das TREND- und SPAR-Szenario mit dem angenommenen Investitionskosten, untergliedert in Gesamtkosten und Instandhaltungsanteil.

Kosten in DM/m² Bautelifläche	44 At	in the second	The special section is	The second		制 排 計		學過過		The Light		The Lings E			
Maßnahme	TREND E	FH	TREND N	FH .	TREND H	Н	SPAR EF	Н	SPAR MF	Н	Spar HH		EFH	MFH	НН
Maßnahmekatalog IWU		Instandh.	Summe	instandh.	Summe	instandh	Summe	Instandh.	Summe	instandh.	Summe	Instandh.		Zuwachs kosten	Zuwach kosten
是 国际产业的企业 化聚化合物 法经济证明	Partrairy				一	<b>推进建工。</b>	75 3 4	The state of the s			烈力(1)	NEW N			
Abdichten von Fugen (Eigenleistung	6	0	-	-		1	-	-	-	-				-	-
Lippendichtung einfräsen (Fachfirma)	15	0	15	0			-	-	-	-			-	-	-
Dichtbändern, Silikon, Rauhfaser-Aluminiumtapete	60	0	60	0	60	. 0	60	0	60	0	60	0	_		
Heizkörpernischen 2 cm Dämmplatten, ALUfolie	15	0	15	0	1		-	-	-	-			-	-	-
Kellerdecke 3/6cm (Fachfirma)	23	0	25	0	25	0	27,5	0		0	29,5	0	1,5	1,50	1,
Rellerwände 3/6 cm	41	16	43	18	43	18	45	18	47	18	47	16	1,33	. 1,33	1,3
Pußboden EG 3/5 cm (Fachfirma)	55	50	57	50	-	-	58	50	- 61	50		-	4	-	-
OG-Decke 10/20 cm (Dachboden, begehbar zu 70 %) OG-Decke 10/20 cm, Einblasdammung nicht	45	0	48	0	48	0	57	0	• 60	0	,	0	1,2	1,2	1,
pegehbar	20	0	19	0	19	0	40	0	39	0	39	0	2	2	-
Steildach Neueindeckung: 10/20 cm Dämmplatten (Schräge/Kehlba.), Aufdoppelung, Dampfsperre	198	163	213	179		_	217	163	233	179			1,90	2,00	- 2°
Steildach: Dämmung swischen/unter-Sparren 10/20 m, Dampfsperre	. 66	47	65	á	- \	_	75	47	. 74	41	_		0,90	0,90	i i
Steildach Eusatzdämmung 12 cm sur vorhandenen (Aufdoppelung), bei jüngeren Gebäudetypen	178	150	180	163			178	150	180	163			_		- Special
Steildach: Einblasdämmung 10 cm Zusatzdämmung	20	0	19	0	19	0	20	-	19	-	-	-			
Steildach Einblasdämmung 12 cm Zusatzdämmung	22	0	21	0	21	0	22	-	21	-	_	-			
Steildach: Einblasdämmung 10 cm	20	0	19	0	19	. 0	-	-	-	-	-	-			
Aufsparrendämmung 8/14 cm, Schalung, Dampfsperre	198	150	215	163	_	_	227	150	240	· 163	_	-	4,83	4,17	-
Flachdach-Kalt, 10/20 cm Einblasdämmung, Sanierung Dampfaperre	30	0	31	0	29	o	50	0	49	o	51	0	2	1,8	2,:
Nmkehrdach 6/12 cm XPS, Kiesauflage Flachdach-Warm, 8/14 cm Wärmedämmung verstärken,	83	40	96	46	96	46	115	40	131	46	131	46	4,00	4,38	4,3
neue Dachbaut	199	176	188	163	188	163	209	176	200	163	200	163	1,67	2,00	2,0
Flachdach: Innendämmung 3 cm. Dampfsper.	34	0	36	0	36	0	0	0	0	0	. 0	0	-	-	-
MDVS 6/12 cm EPS-Platten 20 kg; HH: nur Flächen ohne Fenster	144	99	144	. 114	159	114	158	. 99	159	114	179	114	2,33	2,5	3,3
NBL: WDVS 6/12 cm EPS-Platten 20 kg incl. Sicherung der Netterschale (50 % der Fälle)	-		. 154	124	169	124	_		169	124	189	124	_	2,5	3,3
Innendämmung 3/6 cm, Dampfsp., GKP	102	. 76	117	83	117	83	105	76	122	83	122	83	1,00	1,67	1,6
Kerndämmung 6 cm (SPAR: 12 cm WDVS) Vorhangfassade, 6/12 cm MF (Hochhaus) bzw: EPS	31	0	_	-	-	-	158	99	-	-	-	-		-	-
(BTM)	-	-	210	188	245	221	~	-	231	188	268	221		3,50	3,8
Penster: Vorsatzscheiben innen	120	0	110	0	110	0		-	-	-	-	-	-	-	-
Neue Penster mit ISO/WSISO-Verglasung	620	620	611	611	611	611	690	620	676	611	547	502	70	65	4
Vorhandene Verglasung durch WS-ISO ersetzen	-	-		-	_	_	280	210	248	183	206	150	70	65	5

7	

Kosten in DM/m² Bautelifläche Maßnahme	TREND E	FH	TREND A	A Comment of the Party of the P	TREND H	H -	SPAR E		SPAR MI	H	Spar HH		EFH	MFH	T
Maßnahmekatalog IWU		instandh.	Summe	instandh.	Summe		Summe	instandh.				Instandh	Zuwachs	Zuwachs	
Abluftanlage einbauen (Wohnhygiene, keine Energiseinsparung)	-		_				4000 + 25 variabel + 250 kWh Strom	25 variabel + 250 kWh	4000 + 25 variabel + 250 kWh Strom	+ 250 kWh	4000 + 25 variabel + 250 kWh Strom	4000 + 25 variabel + 250 kWh Strom			
Wärmerückgewinnungsanlage einbauen abzüglich Kosten einer Abluftanlage (Wohnhygiene)		-					6500 *n2/3 + 40 variabel 700 kMh Strom	*n2/3 + 40 variabel 700 kWh		*n2/3 + 40 variabel 700 kWh	40 variabel 700 kWh	6500 *n2/3 + 40 variabel 700 kWh Strom		4	
Gasbrennwertkessel sinbauen							12500		12500 + 0,15 DM pro m2 WF		pro m2	10000 + 0,05 DM/m2 WF			
Ölbrennwertkessel einbauen	_			-		-	14500		14500 + 0,15 DM/m2 WF	10000 DH + 0,05 DM/m2 WP	-				
Raumtemperatur um 1°C absenken	. 0	0	0	0	0	. 0	0	0	0	0	0	0			T
Niedertemperaturkessel (ohne Kostenansatz im START-Sustand)	-	-	-	-	_	-	_	-	-	_	_	_	-	_	-
Modernisierung, Fernwärmeübergabestation (ohne Kostenansatz im START-Zustand)	_	-	_	_	40.	_	_	_	_	-	-	_		**	1-

, T. P.

# 4.1.1 Diskussion der Investitionskostenannahmen im Abgleich mit der Kostenkalkulation im IKARUS-Projekt

Im Rahmen des IKARUS-Projektes wurde durch das Architekturbüro Gruson eine detaillierte Kostenkalkulation für eine Vielzahl von Wärmeschutzmaßnahmen bei Altbauten und für Neubauten (NEH-Bauweise) durchgeführt /IKARUS, Berichte Enq. 03.1 und 03.2/. Die Investitionskosten wurden auf Grundlage des Mengengerüsts der Gebäudetypologie (modulare Hüllelemente) kalkuliert und nach Einfamilienhäusern, Mehrfamilienhäusern und Hochhäusern getrennt ausgewiesen, wobei in Gesamtkosten und "SOWIESO"-Kosten (Instandhaltung) unterschieden wurde. Preisstand ist August 1989. Tabelle 4.2 gibt einen Überblick über die wesentlichen und mit dem IWU-Maßnahmekatalog vergleichbaren Maßnahmen im IKARUS-Projekt mit ihren Investitionskosten.

Für den Maßnahmekatalog des IWU wurden die Rahmendaten des IKARUS-Kostenkataloges incl. der Kalkulation von Baustelleneinrichtung und Architekten/Ingenieurleistungen übernommen. Preisstand ist 1990. Ebenfalls übernommen wurde die Differenzierung der Kosten für 3 Gebäudegrößenklassen (EFH, MFH, HH). Verbleibende leichte Kostenunterschiede resultieren aus den im folgenden dargestellten Differenzierungen der beiden Maßnahmekataloge; die Preisunterschiede stellen keine Widersprüche dar. Die Gemeinsamkeiten und begründeten Unterschiede in den Kostenannahmen von IKARUS-Bericht und IWU-Kosten-und -Maßnahmekatalog wurden am 07.10.1993 mit Prof. Rouvel, München einvernehmlich diskutiert.

- Die Dämmschichtdicken sind im IWU-Katalog jeweils um 1-3 cm reduziert, bei der Steildachdämmung jedoch 2-6 cm stärker gewählt. So wurde als Maßnahmentiefe im IKARUS-Katalog bei der Außenwand eine Dämmschichtdicke von 80/120 mm angenommen (IWU 60/120 mm im TREND/SPAR-Szenario), bei der Innendämmung 40/80 mm (IWU 30/60 mm), bei der Dach/Dachbodendämmung wurden 60/120 mm (IWU 100/200 mm), der Flachdachdämmung 80/120 mm (IWU 60-80/120-200 mm je nach bautechnischen Gegebenheiten), Kellerdecke 40/80 mm (IWU 30/60 mm), der k-Wert für Einfachfenster mit Wärmeschutz-Isolierverglasung wurde durch IKARUS mit 1,4 W/(m²K), durch das IWU mit 1,5 W/(m²K) angenommen. Dies hat Preisreduktionen im IWU-Maßnahmekatalog je nach Dämmstoff zwischen 1,00 und 4,00 DM pro m² und cm Dämmschichtdicke zur Folge.
- Die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe wurde im IWU-Katalog stets (außer: Umkehrdach) mit 0,04 W/(mK) angenommen, da dies die übliche Dämmstoffqualität ist und nur in begründeten Fällen davon abgewichen wird. Im IKARUS-Maßnahmekatalog werden für den überwiegenden Teil der Maßnahmen Dämmstoffe der Wärmeleitfähigkeit 0,035 und 0,03 W/(mK) angesetzt, die deutlich teurer sind. Die Mehrkosten betragen zwischen 1,50 und 4,00 DM pro cm Dämmschichtdicke und m², die kumulativ in Kombination mit den unterschiedlichen Dämmschichtdicken wirksam werden.
- Eine Reihe von Maßnahmen des IWU-Kataloges sind im IKARUS-Bericht nicht enthalten (Zwischen-Sparrendämmung, Zwischen/Unter-Sparren, Dachbodenfläche nicht begehbar, Einblasdämmungen, Umkehrdach im Erneuerungsfall). Umgekehrt gehen im IWU-Maßnahmekatalog Maßnahmen wie Transparente Wärmedämmung oder Wintergärten nicht ein, weil ihr Kosten-/Nutzenverhältnis für den Wohnungsbau zu ungünstig ist. Die Maßnahme der Fensterrahmenaufdoppelung wird ausgeschlossen, weil Zweifel an ihrer Haltbarkeit bestehen und die Maßnahme am Markt nur eine marginale Rolle spielt. Für die Maßnahmen Zwischensparren-/Untersparrendämmung,

Vorhangfassade und Zwischensparrendämmung/Aufdoppelung wurden in Anlehnung an die IKARUS-Kostenkalkulation die Maßnahmekosten kalkuliert. Die Kalkulation kann Tabelle 4.4 bis 4.5 entnommen werden.

- Für die Maßnahme Vorhangfassade wurden marktgängige Alternativen gebildet. Für das Einfamilienhaus wurde die Maßnahme aus Gründen zu hoher Gesamtkosten ausgeschlossen. Für Mehrfamilienhäuser unter der Hochhausgrenze kann ein Kostenvorteil von 20 % durch Einsatz von Polystyrolplatten ausgenutzt werden (IKARUS: Mineralfaser). Bei den Hochhäusern gibt es die Möglichkeit geschlossene Fassadenteilflächen mit EPS zu dämmen (kein Brandüberschlag möglich). Weiterhin wurde die Dämmstoffqualität preiswirksam auf 0,04 W/(mK) korrigiert und kostengunstige ALU-Unterkonstruktionssysteme angesetzt, so daß der Preis der ALU-Unterkonstruktion für das Hochhaus auf 45 DM/m² Bauteilfläche gesenkt werden konnte. Die Unterkonstruktion für das MFH ist mit der im IKARUS-Projekt gewählten Holz-Kreuzlattung sehr aufwendig, was sich auch in den zuwachsenden Kosten bei Erhöhung der Dämmschichtdicke auswirkt. Durch Wahl einer Holz-ALU-Konstruktion können die Kosten gesenkt werden. Die IKARUS-Studie setzt als Instandhaltungsanteil die Kosten einer Putzerneuerung an. Diesem Modell konnte nicht gefolgt werden, da es die gesamten Kosten der Außenbekleidung incl. Unterkonstruktion der Dämmaßnahme anlastet. Im IWU-Katalog wird hingegen davon ausgegangen, daß die Maßnahme "Vorhangfassade" nur dann ergriffen wird, wenn eine vorhandene Vorhangfassade erneuert wird, oder aus Gründen der Fassadengestaltung das Erscheinungsbild einer Vorhangfassade gewünscht ist. Für diesen Fall sind die Kosten der Bekleidung von den Maßnahmekosten der Dämmung abzuziehen.
- o Die Kosten für Einblasdämmungen in Kaltdächer, Dachböden und Sparrenzwischenräume sind in den Jahren 1992 bis 1994 stark gefallen, da durch beginnende Anbieterkonkurrenz bei Zellulosedämmstoffen die Materialpreise spürbar sanken. Bis 1992 gab es nur einen Anbieter von Zellulosedämmstoffen am deutschen Markt.
- o Beim Wärmedämmverbundsystem resultieren die geringen Kostenunterschiede aus den unterschiedlichen Dämmschichtdicken bzw. Wärmeleitfähigkeitsklassen der Dämmstoffe. Hier wurde für die neuen Bundesländer eine Variante unter der Annahme gebildet, die Wetterschalensicherung sei bei 50 % der Dreischichtplattenbauten erforderlich. Von den Kosten in Höhe von 20 DM/m² wurden entsprechend 10,00 DM/m² angesetzt.
- Die Kerndämmung wurde im IWU-Katalog nur für das Einfamilienhaus angesetzt. Damit entfällt gegenüber IKARUS die Gerüststellung. Ein weiterer Kostenunterschied resultiert aus dem Unterschied in den angesetzten Dämmstoffen: Mineralfaserflocken statt Perlite-Granulat.
- Für die Wohnungslüftungsanlagen gibt es im IKARUS-Bericht keine Kostenansätze. Die Ansätze der IWU-Studie /Altbaumodernisierung 1990/ wurden auf Preisstand 1990 angehoben und mit den Erfahrungswerten aus den laufenden Niedrigenergiehausprojekten abgeglichen. Gesenkt werden konnten aufgrund von Erfahrungswerten die Ansätze für den Jahresstromverbrauch der Anlagen. Da Wärmerückgewinnungsanlagen als Systeme für den Altbau noch kaum zur Verfügung stehen, wurden die Kostenansätze bei Mehrfamilienhäusern, mit dem Faktor n<sup>2/3</sup> (n = Anzahl der Wohneinheiten) gewichtet. Es wird von der Annahme sinkender Investitionskosten bei Markteinführung ausgegangen.
- O Die Investitionskosten für die Brennwertkesselanlagen (Öl-/Gaskessel) wurden aus laufenden Abrechnungen und Herstellerangaben entnommen. Sie sind in der IKARUS-Studie als Maßnahme nicht enthalten, da sie sich nur auf die Nutzenergieebene bezieht.

Es muß darauf hingewiesen werden, daß die Fortschreibung von Kostendaten aus Zeiträumen der Markteinführung von Systemen eher zu hohe Kostenwerte ergibt, da mit pauschalen Baukosten-Indexwerten fortgeschrieben wird. Auf Absatzausweitung und Rückgang von Angstzuschlägen in der Kalkulation beruhende Preisreduktionen werden so nicht erfaßt. Gleichwohl ist die Methodik der Baukostenindizes in Deutschland üblich und wird übernommen. Dies bedeutet für den vorliegenden Maßnahmekatalog (IKARUS wie IWU): In den Investitionskosten ist systematisch eine Sicherheitsmarge enthalten, sie sind eher zu hoch als zu niedrig angesetzt.

Die zuwachsenden Kosten durch Kombination von Instandhaltungsmaßnahmen mit einer wärmetechnischen Gebäudesanierung wurde mit den material-/dicken-/konstruktionsänderunsgbedingten Variationen aus der Kalkulation des IKARUS-Projektes entnommen. Zwischen IKARUS-Daten und der Studie des IWU für die Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" bestand bereits in diesem Bereich eine hohe Übereinstimmung. /Altbaumodernisierung, 1990/. Den Grafiken 4.1 bis 4.6 können die Kostenstrukturdaten für die Maßnahmen Wärmedämmverbundsystem, Warmdachsanierung, Aufsparrendämmung, Dämmung der Kellerdecke, Innendämmung der Außenwand und Vorhangfassade entnommen werden. Die Strukturdaten zeigen den geringen Anteil, den die Kosten der Dämmaßnahme an den Gesamtkosten im Instandsetzungsfall in der Regel haben. Weitere Strukturdaten befinden sich in den Anlagenbänden /IKARUS Enq 3.1 und 3.2/.

Die Maßnahmen im einzelnen und die diskutierten Kostenunterschiede zwischen IWU und IKARUS-Annahmen in den zuwachsenden Kosten bei Übergang zu höheren Dämmschichtdicken können den Tabellen 4.1 und 4.2 vergleichend entnommen werden.

Tabelle 4.2: Maßnahmekatalog und Investitionskosten im IKARUS-Projekt

•	TREND EF	TREND EFH		1	TREND HH		SPAR ZFE		SPAR MFH		SPAR RH		EFR	MPH	HH
Maßnahmekatalog IKARUS	Summe	Instandh	Summe	Instandh	fume	Instandh	- Fumme	Instandh	Sumo	Instandh	Stimme	Instandh	oder m <sup>1</sup> 0Lasqu	DM/cm/m <sup>3</sup> oder m <sup>3</sup> Glasqual it#t	DM/cm/m <sup>2</sup> oder m <sup>3</sup> Glasqual ität
Partite inference			CALL PARTY				the de day	Falls had	LI PROSE		Wild Teach			是被否定	Bildrey
Dämmung Kellerdecke 4/8 cm	39	0	41	0	41	0	. 51	0	. 54	- 0			3	3,25	-
Dämmung Tiefgaragendecke 6 cm Kellerfußboden, schwimmender Eementestrich 4/6	-	-	101	0	101	0	101		-	-				16,83	-
CNA	54	54		-			67	54	-	-			6,5	-	-
Kellerwand Innendämmung 4 cm, GKP, Dampfsperre Steildach Aufsperren-Dämmung 8/14 cm neue Eindeckung	207	150	217	163			242	150	253	163			5,83	6,00	-
Dachboden Dämmplatten 6/12 cm begehber	55	0	56	0			70		71	0			2,50	2,50	
Flachdach-kelt auf Bodenfläche 12 cm Flachdach-Warm, Umkehrdach 8/12 cm, vorh.	~	-	29	0	27	:.0	- 1,	-	29	0	27	0		2,42	2,25
Dechhaut	93	0	107	0	-	-	114	0	130	0	-	-	5,25	5,75	-
Flachdach-Warm, 8/12 cm Wärmedämmung verstärken, neue Dachhaut	199	176	188	163	-	- Tak	209	176		163	-	- 5-	2,5	2,5	
WDVS KPS, 8/12 cm	148	99	148	114			158	99	159	114			2,5	2,75	
WDVS-MF, 8/12 cm	-	-	-	-	190	102	-	-	-	-	217	102	-	-	6,75
Innendämmung 4/8 cm GKP, Dampfsperre Vorhangfassade MF, 8/12 cm,	103	74	118	83			109	74	•	83			1,5	1,5	-
Fasersementverkleidung	195	99	199	114	252	102	228	99		114	284	102	8,25	9,25	8
Kerndämmung 4 cm, Perlite	42	0		-	-	-	42	99		-	-	-	10,5	-	-
Transparente Warmedämmung	1162	99	815	114	-	-	1162	99	815	114	-	-	-	-	-
Fensteraustausch, Isolierglas/WS-ISOGLAS, Blendrahmenaufdoppelung, FVC	503	503	500	500	_	-	585	503	565	500	453	407	82	65	46
Fensteraustausch mit Blendrahmenaufdoppelung, FYC, Krypton,Dreischeiben	709	503	737	500		- >	709	503	737	500	_		206	237	
Neufenster ISO/WSISO-Verglasung	620	620	611	611	_	_	699	520	676	611	547	502	79	65	45
Fensterglastausch, Isolierverglasung/WSISOGLAS	206	206	183	183	150	150	278	206	- 248	103	206	150	72	65	56
Warmedämmfolien innen	25	0						-	**				25	_	_
Penster mit Rolläden nachrüsten	224	0	239	0			224	0	239	0			224	239	_
Anlehnhaus mit Isolierverglasung	1146						1146	0		-			1146		

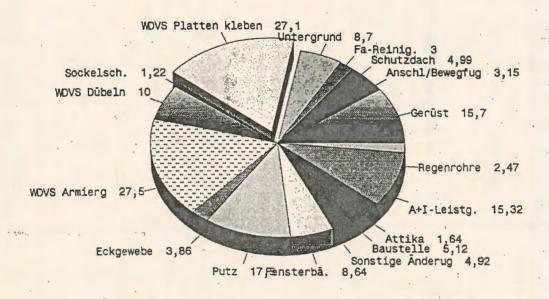
	IKARUS											
Bautell:	Außenw	and		***********			Außenwar	nd				
Objekt:	EFH/MFH	/HH										
Maßnahme:	Vorhang						Vorhangfo	assade				-
	EFH		MFH	1094	НН	7537			MFH ·		НН	
-	Dämmso	chichtdick	e									
Position	80 mm	120 mm	80	120	80	120	60	120	60	120	60	120
		P SA		Markey !			100	1000		The same		
Stahlrohrgerüst		_	10,09	10,09	11,7	11,7			.10,09	10,09	11,7	11,7
Gerüstabhängung -			2,79	2,79	5,6	5,6			2,79	2,79	5,6	5,6
Schutzdach			0,86	0,86	0,24	0,24			0,86	0,86	0,24	0,24
Gerüstvorhaltung			2,06	4,13	6,14	8,77			2,06	2,06	6,14	6,14
Vorh. VH-Fassade abnehmen, abtransportieren incl. Muldengebühr		1	0	. 0	0				24,5	24,5	24,5	24,5
Fassadenreinigung Hochdruck			0	0	0	0			0	0	0	0
Untergrundvorbereitung		-	3,5	3,5	3,5	3,5			3,5	3,5	3.5	3,5
Grundierung			0	0	0	0			0	0	0	C
Kreuzlattung e=0,59/0,305 m, imprägn.HH: ALU-UK			25,6	37,5	65	72			22	25,3	45	46,3
Zulage Randverstärkung			0	0	-	2,1			Ö	0	-	2,5
Wärmedämmung MF Dämmstoffhalter Anbringung			22,8	34,1	22,8	34,1		•	18.2	27,2	21	33
Fassadenbkleidung Kleinformat			61,9	61,9	61,9	61,9			61,9	61,9	***************************************	61,9
Sockelabschluß .			3,2	3,2	4,1	4,1		,	3,2	3,2	4,1	4,1
Eckwinkel			5,22	5,22	4,82	4,82			5,22	5,22	4,82	4,82
Entlüftungsprofile "			2,23	3,51	1,93	3,05			2,23	3,51	1,93	3,05
Fensterleibung verkleiden			11,5	13,86	11,92	14,42			11,5	13,86	11,92	14,42
Bewegungsfugen			0,98	0,98	1,06	1,06			0,98	0,98	1,06	1,06
Fensterbänke erneuern			8,61	10,42	10,18	12,27	. 1		8,61	10,42	10,18	12,27
Regenfallrohre			2,47	2,47	0	C			2,47	2,47	0	
Flachdachattika			1,64	1,93	2,64	3,17			1,64	1,93	2,64	3,17
Sonstiges			6,62	7,86	8,62	9,71			6,29	7,01	7,74	8,55
Baustelleneinrichtung 4 %			6,88	8,17	8,96	10,10			6,54	7,29	8,05	8,89
A+I-Leistungen 1,07			20,43	23,93	18,87	20,97			21,68	23,85	18,65	20,39
Summe dewon Instandbaltung			199 114	236 114		284 102	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •		210 188	231 188		266 221

	IKARUS										
Bautell:	STEILDAC	Н									
Objekt:	EFH/MFH	/HH									
Maßnahme:	AUFSPAR	RENDÄMN	AUNG				ZWISCHEN/	UNTER-S	PARREN		
	EFH	113 m2	MFH	471 m2	HH -		EFH		MFH		HH
	Dämmsc	hichtdicke	e ".			•					
Position 2	80 mm	140 mm	80 mm	140 mm	-		100	200	100	200	
								bere bereit			
tahlrohrgerüst	15,15	15,15	24,31	24,31			0	0	0	0	
achdecker-Fanggerüst	7,52	7,52	3,79	3,79		-17	0	0	0	0	
lte Eindeckung abnehmen	26,5	26,5	25,2	25,2			0	0	0	0	
chubhözer Traufe einbauen	4,14	6,14	2,97	4,39			0	0	0	0	
PS-GKP-Platten unter Sparren 4 cm; incl. Dampfsperre	0	0	0	0		3	0	37,9	0	36,9	
värmedämmung 10/16 cm MF- Wischensparren	0	0	0	0			17,9	24,3	16,9	23,3	
Aufsparrendämung aus EPS	45,5	67,5	43,2	64,1			0	0	0	0	-
RP-Innenverkleidung der Bachflächen (nur bei TREND); incl. Bampfsperre Bantospannoann dirusionsorren							38		36		
einbauen	0	. 0	0	- 0			0	0	0	0	
Suschläge für Ausschnitte etc.	7,81	10,16	3,31	4,31			7,81	10,16	3,31	4,31	
Conter-/Ziegellattung	19,4	20,4	18,4	19,4			0	0	0	0	
Setondachsteineindeckung	30,7	30,7	29,2	29,2			0	0	0	0	
Frockenfirst	6,96	6,96	4,76	4,76			0	. 0	0	0	
ulage Ortgang	4,69	4,69	1,41	1,41		1.7	0	0	0	0	
ulage für sonstige Anschlüsse	10,74	10,74	10,22	10,22			0	0	0	0	
laschnerarbeiten	21,5	28	20,4	26,6			0	0	0	0	
Saustelleneinrichtung 3/4 %	6,02	7,03	7,49	8,71		:	1,91	2,17	2,25	2,58	
A+I-Leistungen 1,07	0	0	22,78	26,34			. 0	0	6,9	7,9	
-	207	241	217	250			65	75	65	75	barran an a
dayon Instandheltung	150						87	47	41	41	

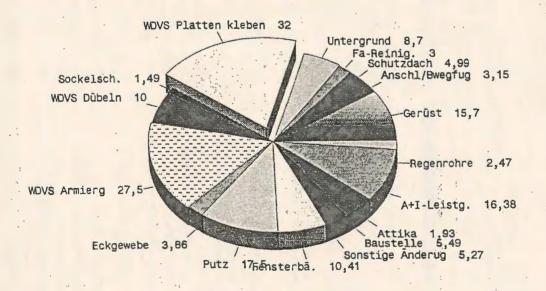
	ikarus						(Carl		0.00		
Sautell:	STEILDAC	Н			***************************************	***************************************					
Objekt:	EFH/MFH/	/HH									
Maßnahme:	AUFSPAR	RENDĂM						SPARREN	u. AUFDO		
	EFH	113 m2	MFH -	471 m2	HH		EFH		MFH		HH
	Dämmsc	hichtdicke									
Position	80 mm	140 mm	80 mm	140 mm	-	-	100	200	100	200	
tahlrohrgerüst	15,15	15,15	24,31	24,31			15,15	15,15	24,31	24,31	
achdecker-Fanggerüst	7,52	7,52	3,79	3,79			7,52	7,52	3,79	3,79	
Alte Eindeckung abnehmen	26,5	26,5	25,2	25,2			26,5	26,5	25,2	25,2	
chubhözer Traufe einbauen	4,14	6,14	2,97	4,39			0	0	0	0	
Aufdoppelung 60 mm Verstärkung der Konterlattung 40/80, MK Mat + Lohn	0	O	0	0			3,9	3,9	3	3	
ärmedämmung 20 cm MF- wischensparren u. Aufdoppelung	0	0	0	0	184 <sub>m</sub>		17,9	28,5	16,9	27,5	
Aufsparrendämung aus EPS	45,5	67,5	43,2	64,1			0	. 0	.0	0	_
oder Sanierung durch ALU- Rauhfasertapete o.ä.	. 0	0	0	0			13,5	13,5	12,50	12,50	
Interspannbahn diffusionsoffen Pinbauen	. 0	0	0	0			14	14	13	13	
Suschläge für Ausschnitte etc.	7,81	10,16	3,31	4,31			0	0	0	0	
Konter-/Ziegellattung	19,4	20,4	18,4	19,4			19,4	20,4	18,4	19,4	
Betondachsteineindeckung	30,7	30,7	29,2	29,2			30,7	30,7	29,2	29,2	
Prockenfirst	6,96	6,96	4,76	4,76		,	6,96	6,96	4,76	4,76	
Sulage Ortgang	4,69	4,69	1,41	1,41			4,69	4,69	1,41	1,41	
Zulage für sonstige Anschlüsse	10,74	10,74	10,22	10,22			10,74	10,74	10,22	10,22	-
Plaschnerarbeiten	21,5	28	20,4	26,6			21,5	28	20,4	26,6	
Saustelleneinrichtung 3/4 %	6,02	7,03	7,49	8,71			5,77	6,32	7,32	8,04	
A+I-Leistungen 1,07	0	C	22,78	26,34			0	0	22,27	24,47	
	207	241	217				198	217	213	233	
dayon Justandhaltung	150						165	163		179	

Grafik 4.1: Kostenstruktur für ein Wärmedämmverbundsystem mit 8 bzw. 12 cm Dämmschichtdicke (Gebäudesanierung)

Kostenstruktur WDVS 8 cm Stärke MFH 1094 m² Wand, Angaben in DM/m² Summe 148 DM/m², Instandhaltung 114 DM/M²



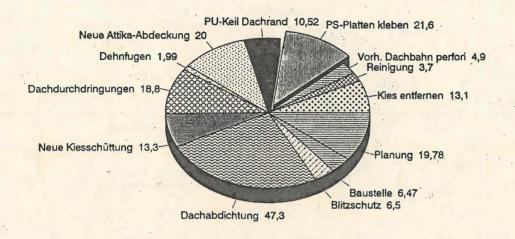
Kostenstruktur WDVS 12 cm Stärke
MFH 1094 m² Wand, Angaben in DM/m²
Summe 159 DM/m², davon Instandsetzung 114 DM/m²



Quelle: IKARUS-Projekt, Prof. L. Rouvel, Bericht Enq.03.1, Kostenermittlung für wärmetechnische Maßnahmen an der Gebäudehülle, Textband, München, Mai 1993

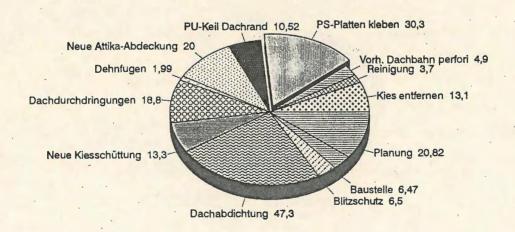
Grafik 4.2: Kostenstruktur für eine Flachdachsanierung mit 8 bzw. 12 cm Dämmschichtdicke (Gebäudesanierung)

Kostenstruktur Flachdach, Warmdach 8 cm Stärke MFH 374 m² Dachfläche, Angaben in DM/m² Summe 188 DM/m², davon Instandsetzung 163 DM/m²



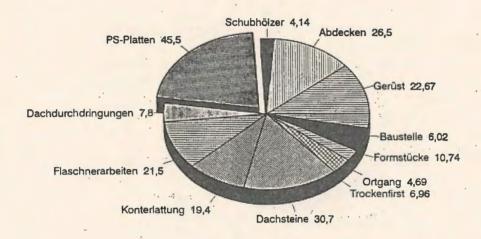
Quelle: IKARUS

Kostenstruktur Flachdach, Warmdach 12 cm Stärke MFH 374 m² Dachfläche, Angaben in DM/m² Summe 198 DM/m², davon Instandsetzung 163 DM/m²



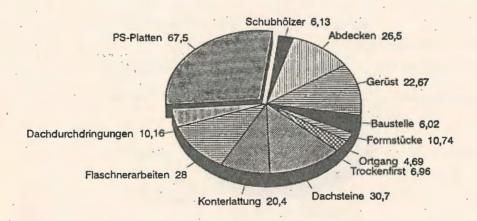
Grafik 4.3: Kostenstruktur für eine Aufsparrendämmung mit 8 bzw. 14 cm Dämmschichtdicke (Gebäudesanierung)

Kostenstruktur Aufsparrendämmung 8 cm Stärke EFH 113 m² Dachfläche, Angaben in DM/m² Summe 207 DM/m², davon Instandsetzung 150 DM/m²



Quelle: IKARUS

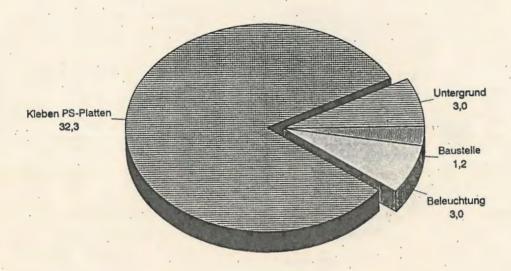
Kostenstruktur Aufsparrendämmung 14 cm Stärke EFH 113 m² Dachfläche, Angaben in DM/m² Summe 242 DM/m², davon Instandsetzung 150 DM/m²



Quelle: IKARUS-Projekt, Prof. L. Rouvel, Bericht Enq.03.1, Kostenermittlung für wärmetechnische Maßnahmen an der Gebäudehülle, Textband, München, Mai 1993

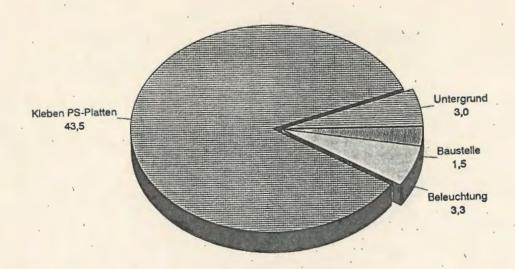
Grafik 4.4: Kostenstruktur für eine Kellerdeckendämmung mit 4 bzw. 8 cm Dämmschichtdicke (Gebäudesanierung)

Kostenstruktur Dämmung Kellerdecke 4 cm Stärke EFH 68 m² Kellerdecke, Angaben in DM/m² Summe 39 DM/m²



Quelle: IKARUS

Kostenstruktur Dämmung Kellerdecke 8 cm Stärke EFH 68 m² Kellerdecke, Angaben in DM/m² Summe 51 DM/m²



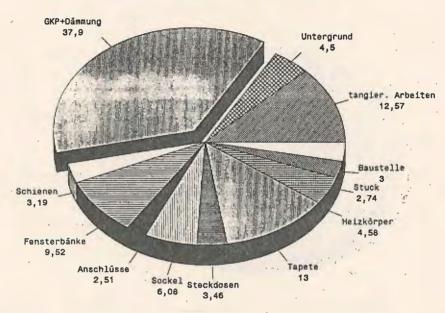
Quelle: IKARUS-Projekt, Prof. L. Rouvel, Bericht Enq.03.1, Kostenermittlung für wärmetechnische Maßnahmen an der Gebäudehülle, Textband, München, Mai 1993

Grafik 4.5: Kostenstruktur für eine Innendämmung mit 4 bzw. 8 cm Dämmschichtdicke (Gebäudesanierung)

## Kostenstruktur Innendämmung EFH

4 cm Dämmstärke PS-GKP Angaben in DM/m2

Summe: 103 DM/m2

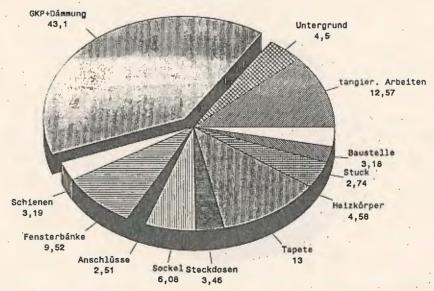


Quelle: IKARUS

# Kostenstruktur Innendämmung EFH

8 cm Dämmstärke PS-GKP Angaben in DM/m2

Summe: 109 DM/m2

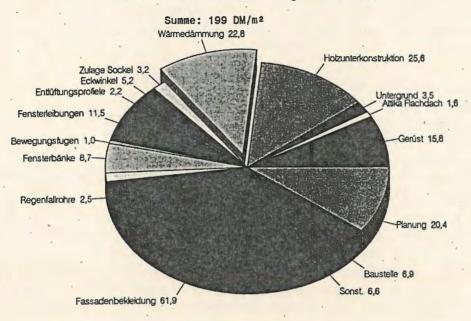


Quelle: IKARUS-Projekt, Prof. L. Rouvel, Bericht Enq.03.1, Kostenermittlung für wärmetechnische Maßnahmen an der Gebäudehülle, Textband, München, Mai 1993

Grafik 4.6: Kostenstruktur für eine Vorhangfassade mit 8 bzw. 12 cm Dämmschichtdicke (Gebäudesanierung)

## Kostenstruktur Vorhangfassade MFH, Altbau

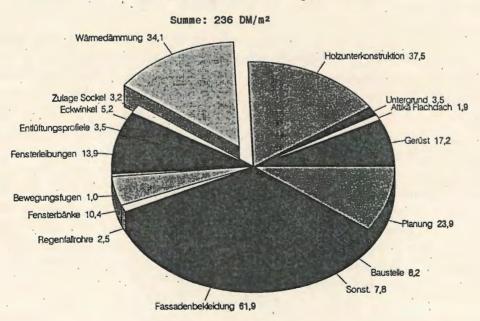
8 cm Dāmmstārke Minfaser Angaben in DM/m2



Quelle: IKARUS

## Kostenstruktur Vorhangfassade MFH, Altbau

12 cm Dämmstärke Minfaser Angaben in DM/m2



Quelle: IKARUS-Projekt, Prof. L. Rouvel, Bericht Enq. 03.1, Kostenermittlung für wärmetechnische Maßnahmen an der Gebäudehülle, Textband, München, Mai 1993

# 4.1.2 Empirische Erhebung von Kosten ausgeführter Maßnahmen im Wohngebäudebestand

An insgesamt 69 Ein- und Mehrfamilienhäusern von Privateigentümern und 5 Wohnungsbaugesellschaften in den Räumen Hannover, Kassel-Marburg, Frankfurt-Mannheim und Stuttgart-Tübingen wurden die Investitionskosten ausgeführter wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen erhoben und auf den Preisstand 1990 umgerechnet. Es handelt sich um die folgenden Maßnahmen:

- o Außenwanddämmung mit dem Wärmedämmverbundsystem (4-12 cm)
- o Außenwanddämmung mit der Vorhangfassade (6-8 cm)
- o Innendämmung der Außenwand (2-5 cm)
- o Dachdämmung (Dachboden, Steildach, 6-12, 18, 28 cm)
- o Kellerdeckendämmung (3-5, 10 cm)
- o Fenstererneuerung mit herkömmlicher Isolier- und mit Wärmeschutzisolierverglasung in Einfachrahmen.

Für die Maßnahmen wurden die Gesamtkosten aus den vorliegenden Schlußrechnungen und in einigen Fällen (THERMA-Bauten) aus Projektdokumentationen ermittelt. In einigen Fällen konnten aus den Originalabrechnungen auch die Kostenstruktur hinsichtlich der Instandhaltungskosten- und der zuwachsenden Kosten für die Wärmedämmung ermittelt werden. Die Tabelle 4.7 zeigt die Ergebnisse der Investitionskostenerhebung im Überblick (ohne MWST, Preisstand 1990).

Die Ergebnisse der Erhebung stützen die Kostenannahmen des IWU und des IKARUS-Maßnahmekataloges. Die Grafiken 4.7 bis 4.10 zeigen die Streubreiten und Mittelwerte der abgerechneten Investitionskostenwerte. Die folgende tabellarische Gegenüberstellung der Mittelwerte der Investitionskostenerhebung mit den Werten des IWU-Maßnahmekataloges belegen die Realitätsnähe der Investitionskostenannahmen, die auch unter Berücksichtigung der höheren Dämmschichtdicken im IWU-Kostenkatalog bestehen bleibt. Beim WDVS müßte der zuwachsende cm Dämmschichtdicke pro m² Bauteilfläche 5,50 DM betragen, um die im Maßnahmekatalog angesetzten Investitionskosten zu erreichen. Real liegen die zuwachsenden Kosten bei diesem System bei 2,00 bis 2,50 DM/cm/m². Die Preise für die Kellerdeckendämmung zeigen Gleichstand für gleiche Dicken, wobei in den erhobenen Preisen in 30 % der Fälle die Kosten einer Deckenbekleidung einbezogen sind und häufiger teurere und für diesen Anwendungsfall weniger übliche Dämmstoffe (Schaumglas, Mineralfaser 0,035 W/(mK)) das Preisniveau mitbestimmen. Der Preisunterschied der Dachbodendämmung liegt bei 10 DM/m<sup>2</sup> bei unterschiedlicher Dicke. Die zuwachsenden Kosten liegen für Einblasdämmungen bei ca. 2,00 DM/m<sup>2</sup> und cm Dicke und für Polystyrolplatten bei 1,20-1,50 DM/cm/m<sup>2</sup>, so daß bei Berücksichtigung des Dämmschichtdickenunterschiedes Preisgleichstand herrscht. Die erhobenen Kosten der Dachschrägendämmung können sich nur auf 4 Fälle stützen und deuten damit nur eine Tendenz an. Die Kostenerhebung für Fenstererneuerung mit Isolier- bzw. Wärmeschutzisolierverglasung belegt, daß die IWU/IKARUS-Kostenkataloge die Investitionskosten nicht unterschätzen. Die mittleren Kosten der Wärmeschutzisolierverglasung incl. Fenstererneuerung über 23 Mehrfamilienhäuser liegen deutlich unter den Kosten der in den Maßnahmekatalogen angesetzten Investitionskosten.

Tabelle 4.6: Vergleich der Investitionskostenannahmen (Gesamtkosten incl. Instandsetzungsanteil) des IWU-Maßnahmekataloges mit erhobenen Investitionskosten an 69 Wohngebäuden; Preisstand 1990, ohne MWST.

	·	
	Mittelwerte abgerechneter Kosten in DM/m² Bau- teilfläche	IWU-SPAR-Maßnahme- katalog MFH in DM/m² Bauteilfläche
WDVS 4-12 cm Dicke (IWU 12 cm Dicke)	125,58	159,00
Kellerdeckendämmung 2-10 cm Dicke, in ca. 30 % der Fälle incl. Bekleidung (IWU 6 cm, ohne Bekleidung)	30,88	29,50
Dachboden nicht begehbar, Platten 4-12 cm (IWU 20 cm Einblasdämmung)	28,43	39,00
Dachboden begehbar, 6-12 cm (IWU 20 cm)	50,71	60,00
Dachschräge 10-12 cm Däm- mung + Verkleidung (IWU 20 cm Zwischen/Untersparren)	53,50	75,00
Neufenster Isolierverglasung	517,00	611,00
Neufenster Wärmeschutz-Iso- lierverglasung	574,00	676,00

Tabelle 4.7: Investitionskosten ausgeführter wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen an Ein- und Mehrfamilienhäusern, Preistand 1990

		oung a						
Objekt / Bauteil	Standort	Haustyp	Bau-	An-	Wohnfl. ges./	k-Werte		Investitionskosten
			jahr	zahi	gedämmte	vorher	nachher	Preisstand 1990
				WE	Flächen			pro m2 Bauteilfläche
					m²	W/(m2*K)	W/(m <sup>2*</sup> K)	ohne MWST.
Landhaushöhe 23	Tübingen	EFHD	1950	2	112/163			
WDVS 15 cm MF					194,0	1,414	0,247	244,30 DM
Neue Fenster					31,8/45	2,600	1,500	
Dachdämmung 28 cm					53,6/109,8	1,910	0,135	
Kellerdeckendämmung					83,4	1,120	0,335	
Kaiserschlag 60	Darmstadt	RHD	1956	2	162,5			
WDVS 12 cm					130,0	1,420	0,350	166,06 DM
Bodelschwingstr. 1 - 3	Forchheim	GMHD	1956	12	611,0			
WDVS 12 cm					573,6	1,560	0,273	154,10 DM
Neue Fenster					87,5	3,000	1,700	470,00 DM
Bodelschwingstr. 5 - 7	Forchheim	GMHD	1956	12	611,0			
WDVS 12 cm					573,6	1,560	0,273	161,50 DM
Neue Fenster					89,1	3,000	1,700	494,60 DM
Friedrich-Ebert-Str. 50-54	Marburg	GMHE	1960	24	1590,0			
WDVS 6 cm					1367,1	0,803	0,362	111,20 DM
Neue Fenster			1		271,6	5,200	2,600	497,10 DM
Dachdämmung					539,5	1,087	0,213	53,60 DM
Kellerdecke 4 cm					489,5	1,058	0,514	39,00 DM
An der Zahlbach 39	Marburg	GMHD	1957	12	734,0			
WDVS 6 cm	*				490,0	0,803	0,362	116,10 DM
Neue Fenster					98,0	5,200	2,600	572,60 DM
Dachdämmung 12 cm					130,0	1,087	0,213	61,40 DM
Kellerdecke 4 cm					103,0	1,058	0,514	31,90 DM
An der Zahlbach 45 / 47	Marburg	GMHD	1957	2*12	734,0			
WDVS 6 cm					734,6	0,803	0,362	155,40 DM
Neue Fenster		,		·	153,2	5,200	2,600	605,20 DM
Dachdämmung 12 cm					275,0	1,087	0,213	61,40 DM
Kellerdecke 4 cm					234,0	1,058	0,514	31,90 DM
Potsdamer Str. 2	Marburg	GMHF	1969	24	2221,0			
WDVS 6 cm					1686,1	1,174	0,425	111,20 DM
Am Richtsberg 78	Marburg	GMHF	1971	24	2221,0			
WDVS 6 cm					1421,7	1,174	0,425	159,70 DM
Orangeriestr. 28- 32	Ludwigshafen	GMHE	1959	30	1784,4			
WDVS 4 cm					1830,0	1,234	0,552	128,40 DM
Am Hipperich 105 - 109	Mainz	GMHF	1971	32	2483,0			
WDVS 6 cm	•				1901,0	1,338	0,441	135,90 DM
Neue Fenster					395,4	5,200	2,600	243,20 DM
Am Judensand 73 - 79	Mainz	GMHE	1961	32	1809,0			
WDVS 6 cm					1524,0	1,165	0,425	145,80 DM
Neue Fenster					350,8	5,200	2,600	223,50 DM
Siegfriedweg 14	Hannover	КМНС	1937	4	226,0			
WDVS 5 cm					193,7	1,674	0,541	165,76 DM
Dachdämmung 6 cm					145,5	0,950	0,371	41,21 DM
Kellerdecke 5 cm					145,5	0,846	0,411	20,60 DM

Schulwinkel 5	Hannover	KMHD	1956	6	400,0			
WDVS 5 cm			1000		282,4	1,979	0,570	173,48 DM
Neue Fenster				¥	91,6	5,200	2,800	632,48 DN
Dachboden 6 cm					176,2	1,411	0,425	41,21 DN
Richthofenstr. 6	Hannover	KMHD	1952	6	590,0	1,411	0,425	41,21 DK
WDVS 6 cm	riamovei	KIVIND	1932	- 0		2,000	0.501	
Neue Fenster			1		240,0 117,4	2,009 5,200	0,501 2,800	167,76 DM
Dachschräge 6 cm	1				242,5	2,492	0,526	27,14 DN
Hamsunstr, 20	Hannover	KMHE	1961	8	467,0	2,402	0,020	27,1401
WDVS 5 cm	namover	KIVITIE	1901	0	372,1	1,715	0,545	189,30 DM
Neue Fenster		1	1-1				2,800	709,08 DN
Dachdämmung 6 cm					103,5 162,0	5,200	0,370	28,15 DM
Kellerdecke 5 cm	,				162,0	0,850 0,841	0,410	23,90 DM
	Hannavar	KANE	1001	10		0,041	0,410	23,30 DIV
Osterwalder Wende 21 WDVS 6 cm	Hannover	KMHE	1961	10	557,0	1.740	0.493	177,07 DN
Dachdämmung 6 cm	.1				350,8	1,749	0,483	20,92 DM
Kellerdecke 5 cm		-			157,2	0,945	0,370	24,50 DN
	Kanad	KANIG	1000	- 10	157,2	0,841	0,410	
Goethestr. 86	Kassel	KMHC	1923	12	738,0	4 570	0.400	100 77 DW
WDVS 6 cm	-				541,7	1,576	0,469	120,77 DN
Neue Fenster			H		99,8	5,200	1,500	50.00 DM
Dachdämmung 12 cm		-			289,4	0,737	0,222	50,28 DM
Kellerdecke 4 cm	-				289,4	0,657	. 0,397	25,08 DM
Schwabstr. 20	Kassel	KMHD	1952	6	309,0			
WDVS 8 cm EPS	-				304,0	1841,000	0,391	107,22 DM
Neue Fenster					45,6	5,200	2,600 -	P
Dachdämmung 12 cm		-			152,9	2,088	0,281	68,26 DM
Kellerdecke 6 cm					100,0	2,162	0,510	17,70 DM
Menzelstr. 32	Kassel	KMHE	1962	8	650,0			4
WDVS 8 cm	1				614,0	1,841	0,391	- 118,90 DM
Neue Fenster					134,0	5,200	2,600	1
Dachdämmung 6 cm	begehbar				194,0	3,072	0,516	1
Kellerdecke 4 cm					194,0	0,923	0,480	
Neckarweg 18-23	Kassel	KMHD	1951	36	1874,0			
WDVS 8 cm					1512,6	1,992	0,400	155,80 DM
Neue Fenster	1	1.		•	260,0	5,200	2,000	876,13 DM
Dachdämmung 12 cm	Aufsparren				990,0	1,040	0,245	232,70 DM
Kellerdecke 5 cm					835,8	1,708	0,545	34,40 DM
Bromeisstr. 59	Kassel	GMHE	1966	24	1843,0			
Vorhangfassade 8 cm	ALU-UK				1968,0	1,477	0,372	260,57 DM
Neue Fenster					334,4	5,200	2,000	440,32 DM
Dachboden/Wände 6 cm	Verbundpl.				342,0	0,536	0,295	42,30 DM
Kellerdecke 6 cm	Verbundpl.	,			306,4	1,051	0,454	42,83 DM
Rehbockstr. 26A	Hannover	КМНВ	1890	12	927,0			4
Außenwanddämmung					695,7	1,814	0,327	145,11 DM
Neue Fenster			1	1	139,2	5,200	1,300	528,59 DM
Dachdämmung					291,4	1,966	0,271	67,24 DM
Kellerdeckendämmung	1				222,1	1,213	0,373	62,32 DN
Meldauer Berg 205	Verden	KMHE	1963	4	272,0			
WDVS 8 cm	"	F			235,0	1,590	0,380	213,67 DM
Neue Fenster				•	62,9	5,200	2,600	368,19 DM
Dachboden 8 cm begehbar					184,4	1,150	0,330	79,01 DM
Kellerdecke 5 cm					184,4	1,390	1,120	31,28 DM

Rodbraken 5A	Hannover	KMHF	1969	6	360,0	1 42 1		14 to 1
Vorhangfassade 8 cm	Tal Hover	IXIVII	1303	- 0	182,8	1,383	0,450	478,02 DN
Neue Fenster		1	-		85,6		2,600	580,99 DN
Dachdämmung		-	-		161,3	1,366	0,178	0,00 DN
Kellerdeckendämmung					161,3	0,692	0,178	25,85 DN
Fontanestrasse 6-8	Ludwigshofen	GMHE	1959	8	4660	0,032	0,071	20,00 01
WDVS 6 cm	Ludwigshafen	GMINE	1909	0	3469,0	1 270	0.440	235,80 DN
	Mark and an	KAND	4050			. 1,378	0,449	235,80 DN
Falkenstr, 2	Wiesbaden	KMHD	1953	. 9	586,0			
WDVS 6 cm					389,9	2,063	0,504	176,51 DN
Neue Fenster					58,4	5,200	2,700	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Dachdämmung		-	-		225,5	2,992	0,539	98,49 DN
Kellerdecke 5 cm			-		283,8	2,125	0,816	67,40 DN
Goyastr. 5 - 7	Leipzig	KMHC	1939	. 12	724,8	1		A
WDVS MF 12 cm	0,035 W/(mK)	-			858,7	1,420	0,280	208,58 DN
Neufenster WS-ISO		1				5,200	1,500	*
Kellerdecke 10 cm	0,035 W/(mK)				210,0	1,210	0,270	86,85 DN
Parlamentstr. 17-19	Frankfurt	KMHC.	1925	38	2676,0			, st
WDVS 6 cm					910,0	1,550	1,080	112,33 DN
Isolierglasfenster Neu	,				156,8	5,100	2,900	403,48 DN
Klingenw/KonAdenaStr.	Geißlingen	KMHD	1956	12+24	2313,0			
Vorhangfassade 6 cm					1900,0	1,570	0,480	112,36 DN
Dachboden 6 cm	n. begehbar				779,0	1,060	0,480	16,64 DN
Berliner Str. 16-26	Ratzeburg	KMHD	1956	54	2359,0			,
Vorhangfassade 3 cm	:				2033,0	1,510	0,700	112,46 DM
Isolierglasfenster Neu						5,200	3,020	767,20 DN
Städt. Woh-Bau-Gesilsch.	Straubing	KMHD	1956	20	1279,0			
Vorhangfassade 6 cm					. 1015	-C"		122,26 DN
Kellerdecke 5 cm	Heratekta				256,0			38,24 DN
Dachboden 6 cm	begehbar .				320,0			68,37 DN
Blücherstr. 1-3	Kassel	KMHD	1954	19	1383,0			
WDVS	8 cm			- 10	1383,2			116,94 DN
Dachboden	12 cm				345,0			48,43 DN
Kellerdecke	4 cm				250,0			23,60 DN
Blücherstr. 8/10/12	Kassel	KMHD	1951	30	1673,3			
WDVS	8 cm	KWIIID	1301	30	1220,0	-		103,25 DN
Dachboden	12 cm				400,0			43,85 DN
Kellerdecke	4 cm				312,0			31,91 DN
Blücherstr. 11	Kassel	KMHD	1955	11				. 01,01 01
WDVS	8 cm	KIVITID	1900		641,6			. 100 07 DA
Dachboden	12 cm				665,0			100,87 DN
Kellerdecke	4 cm				191,0			49,57 DN
		KANID	1050		162,0			24,41 DN
Blücherstr. 18/20 WDVS	Kassel	KMHD	1953	. 20	1072,7		· · · ·	
	8 cm				810,0		-	104,76 DN
Dachboden	12 cm	*			240,0			42,23 DN
Kellerdecke	4 cm				200,0			32,94 DN
Bungestrasse 8	Kassel	KMHE	1968	8	. 581,2			
WDVS	8 cm			-	435,0		+-	106,38 DN
Dachboden	12 cm				162,0			54,43 DN
Kellerdecke.	4 cm				130,0			25,81 DN
Gerstäcker Str. 9-12	Kassel '	KMHE	1958	19	1337,1			1 197
WDVS	8 cm				1206,0			111,67 DN
Dachboden	12 cm				118,0	,		51,41 DN
Kellerdecke	4 cm				134,0			23,76 DN

Hohnemannstr. 19, Steinäcker 33-39	Kassel	КМНЕ	1965	30	1961,1		127	
WDVS	8 cm	KIVITE	1903	30	2748.0			104,87 DM
Dachboden	12 cm		1-		917,0			47,74 DM
Kellerdecke	4 cm				866,0			24,95 DM
Hohnemannstr. 15/15A/17	Kassel	KMHE	1964	19				24,85 DIVI
WDVS	8 cm	KIVIFIE	1304	19	1100,0			110,59 DM
Dachboden	12 cm		-		490,0	. ,	(+) (+)	53,78 DM
Kellerdecke	4 cm	•			430,0			24,95 DM
Hohnemannstr, 13	-	KMHE	1965	6				24,30 DIVI
WDVS	Kassel 8 cm	KIVITE	1905	0	990,0			105,73 DM
Dachboden	12 cm	-	-	;	287,0	. 4.5		52,70 DM
Kellerdecke	4 cm				245,0			23,22 DM
Kasselfeld 4-8	Kassel	KMHE	1968	18	1218,6			20,22 010
WDVS	8 cm	KIVIFIE	1900	10	1476,0			107,78 DM
Dachboden	12 cm	- 14			435,0			42,66 DM
Kellerdecke	4 cm				411,0			31,54 DM
		VALUE	1000				-	31,34 DIVI
Knaustwiesen 3A WDVS	Kassel 8 cm	KMHE	1962	6	403,7 492,0			122,47 DM
		KANID	1054	0.4				122,47 DIVI
Jahnstr. 30-36	Kassel*	KMHD	1954	34	2001,1			400 04 DM
WDVS	8 cm				1350,0	-		106,81 DM
Dachboden	12 cm				345,0			45,90 DM
Kellerdecke	4 cm			- 12	595,0		2054	30,78 DM
Körnerstr. 8/10	Kassel	KMHD	1953	18	1165,3	4 4	2,1,1	
WDVS	8 cm				775,0			98,55 DM
Dachboden	12 cm				325,0			42,77 DM
Kellerdecke	4 cm				280,0			31,54 DM
Rückertstr, 18/20	Kassel	KMHD	1956	12	632,0			
WDVS	6 cm				634,0			73,55 DM
Dachboden	12 cm				197,0		V.	15,77 DM
Mörikestr. 2A	Kassel	KMHE	1959	6	354,0	•		
WDVS	6 cm				360,0			74,74 DM
Dachboden	12 cm			,	137,0			17,60 DM
Mombachstr. 64/66	Kassel	KMHD	1954	13	644,7	1		1 100
WDVS	6 cm				560,0	-		71,60 DM
Dachboden	12 cm				55,0			16,96 DM
Emmerichstr. 12	Kassel	KMHD	1953	9	384,9	*		
WDVS	6 cm				510,0			71,50 DM
Mühlenbergstr. 2-18	Baunatal	KMHE	1961	54	3093,4			1
WDVS 8 cm				,	2992,0	1,470	0,400	115,90 DM
Neufenster .	,				701,0	5,200	2,600	665,50 DM
Kellerdecke 5 cm EPS		Section Control of the Control			980,0	1,360	0,510	32,00 DM
dito GKP-Verkleidung	,				157,0	1,36	0,5	54,00 DM
OG-Decke 6 cm					1014,0	1,420	0,600	35,60 DM
Fasanenhof 60,62	Kassel	KMHD	1955	14	928,9			
WDVS -	6 cm				720,0			59,10 DM
Dachboden	12 cm			1	385,0			32,80 DM
Kellerdecke	4 cm				200,0			23,10 DM
Gausstr. 18-22	Kassel	KMHD	1951	14	735,0			, , ,
WDVS	6 cm				668,0			68,80 DM
Dachboden	12 cm				410,0			23,40 DM
Kellerdecke	4 cm				269,0			23,50 DM

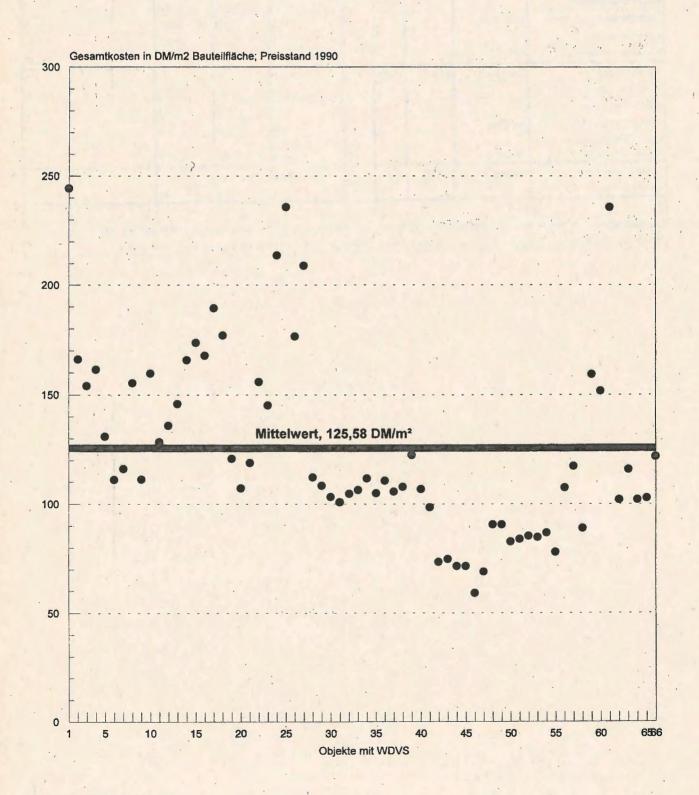
Huttenplatz 9,11	Kassel	КМНВ	1924	8	654,9			
WDVS	6 cm				1066,0			90,50 DM
Dachboden	12 cm				305,0			47,09 DM
Kellerdecke	4 cm				327,0			25,06 DM
Huttenplatz 9,11	Kassel	КМНВ	1924	8	669,9			
WDVS	6 cm				414,0			90,61 DM
Dachboden	12 cm				170,0			49,25 DM
Kellerdecke	4 cm				170,0			25,06 DM
Huttenplatz 10,12	Kassel	КМНВ	1924	_ 8	669,9			
WDVS	6 cm	:	1021		425,0			82,84 DM
Dachboden	12 cm				228,0			46,66 DM
Kellerdecke	4 cm	1			172,0			23,54 DM
Huttenplatz 6,8	Kassel	KMHD	1951	20	1356,3			20,0 , 0.11
WDVS	6 cm	TOWNE	1301	20	1050,0		-	83,92 DM
Dachboden	12 cm	-			350,0			46,87 DM
Kellerdecke	4 cm				330,0			23,54 DM
Goethestr. 84,86		KMHD	1054	40				20,04 DIVI
	Kassel	KMHU	1951	16	1495,5			05 40 DM
WDVS	6 cm				1525,0			85,43 DM
Dachboden (Callanda No.	12 cm		-1		430,0			48,60 DM
Kellerdecke	4 cm				465,0			24,41 DM
Friedrich-Ebert-Str. 173/179	1	KMHC	1924	16	1208,5			
WDVS	6 cm				1085,0			84,78 DM
Dachboden	12 cm				157,0			47,74 DM
Kellerdecke	4 cm				181,0			24,84 DM
Goethestr. 88-94 A	Kassel	KMHC	1923	28	2442,2			1
WDVS	6 cm	'.	,		2000,0			86,94 DM
Dachboden	12 cm				545,0			47,30 DM
Kellerdecke	4 cm				665,0			. 24,62 DM
Hamann-Allee	Verden	EFHD	1950	2	292,0			
WDVS 6 cm					79,0	1,420	0,450	78,00 DM
Riegeläcker	Leonberg	GMHF	1973					
WDVS 8 cm					2150,0			88,60 DM
Weidenhäuser Str.	Marburg	КМНА	1918	2	160,0			
Vorhangfassade 3 cm MF	i i				282,0	1,850	0,780	117,30 DM
Fuchsstr. 15	Tübingen	EFHC	1936	1	240,0			
WDVS (Selbsthilfe) 10 cm	Tektalan				197,5	1,294	0,302	107,40 DM
Neue Fenster					11,0	2,600	1,500	
Nordweg 2-6	Wiederitzsch	KMHD	1958	24	1676,0			
WDVS 7 cm.	NBL				1146,0			159,35
Neufenster WS-ISO					302,4	5,20	2,00	587,45
Dachboden 3 cm MF	Trockenestrich				440,0			52,80
Kellerdecke 6 cm	Schaumglas				350,0			57,33
Stöntzscher Str. 24-29	Pegau-NBL	KMHE	1965	48	2541,0			
WDVS 6 cm	EPS		1000		1758,1			151,80
Neufenster WS-ISO					556,0	5,20	1,50	545,30
Dachboden 6 cm	EPS				814,2	3,20	1,00	33,35
Kellerdecke 6 cm	EPS			-	814,2		-	33,35
Dahlienstr. 59-73		CMHE	1079	90				00,00
	Leipzig-NBL	GMHF	1978	80	4146,0			, 025.70
WDVS 7 cm EPS		-	-	-	. 3000,0		0.00	235,70
Neufenster WS-ISO	Entelolo				654,0	5,20	2,00	660,40
Dachboden 5 cm MF	Estrich				1040,0			26,04
Kellerdecke 6 cm	Schaumglas				840,0			36,47
Treppenhausdämmung	5 cm				1712,0			73,55

Energiespar-Testhaus	München	EFHC	1937	1	110,0	1		13.	
WDVS 8 cm					211,0	1,260	0,320	1.	102,00
Neufenster WS-ISO			,		13,8	3,500	1,600	-	. 3
Dachdämmung 12 cm	EPS Aufsp.				131,2	1,400	0,300		212,00
Kellerdecke 5 cm					* 57,0	3,000	0,600		17,40
Kesselmodernisierung	NTK				15 kW				90,20
Am Erlenberg 14	Darmstadt	EFHC	1936	2	239,0				
WDVS 15 cm					245,2	1,37	0,22		121,70
Kellerdecke 10 cm					121,7	1,2	0,23		50,20
Mehrpreis WS-ISO	nur Glas				64,1	2,6	1,3		52,60
Dach Zwisch-Sparren, nur Einblasdämmung	28 cm				165,8	1,35	0,17		43,80
Todenhäuser Str.	Kassel	EFHF	1972	1	182,0				
WDVS 6 cm					159,3	1,3	0,44		102,70
					-				

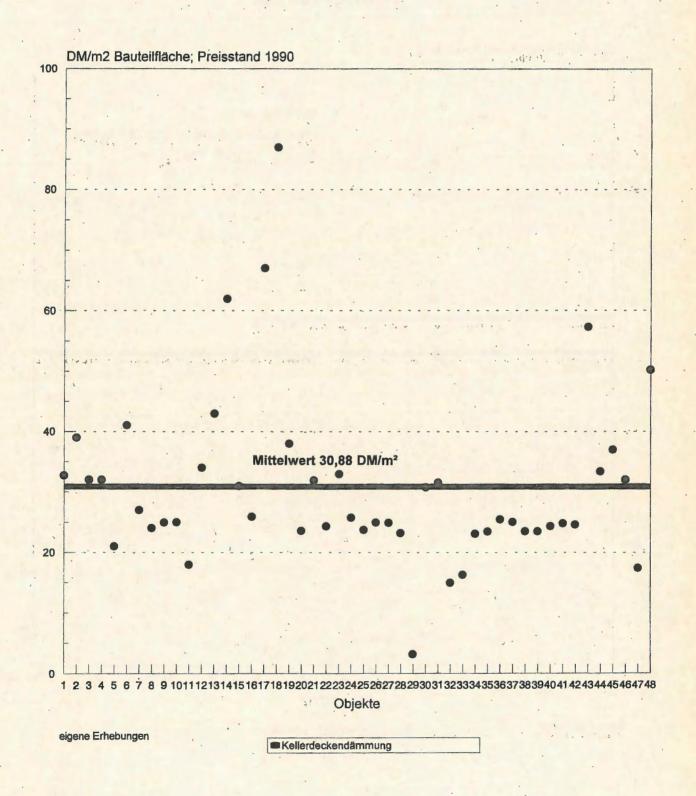
Quellen: eigene Erhebung 1993; IBP, Das Münchner Energiespar-Testhaus, Berichte 20/1988, Stuttgart 1988; BMBau, Schriftenreihe 05.007, Realisierung des THERMA-Wettbewerbs, Bonn 1977, IfB, Bewährung der THERMA-Bauten, Hannover 1991

Grafik 4.7; Wärmedämmverbundsystem - Mittelwerte der Investitionskosten ausgeführter Objekte

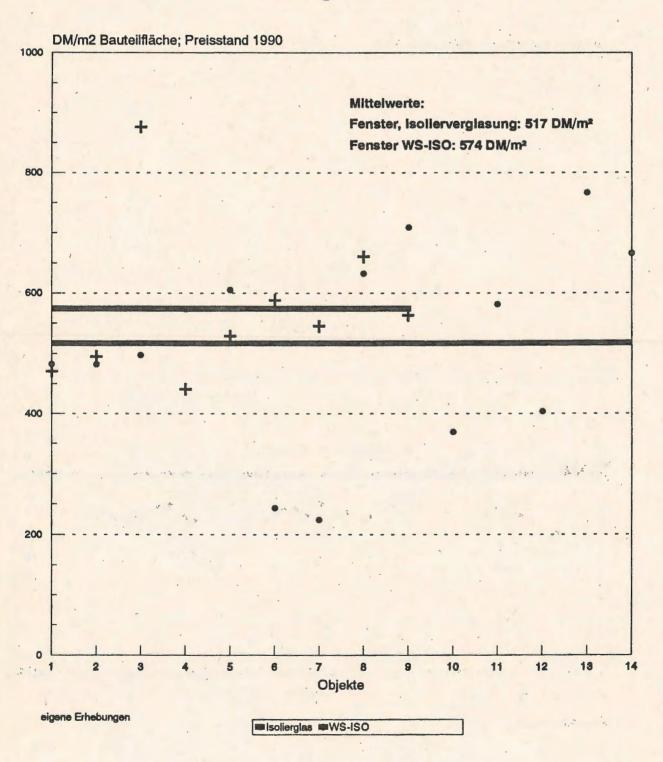
# Investitionskosten wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen Wärmedämmverbundsystem 4-12 cm Dicke, 66 Wohngebäude



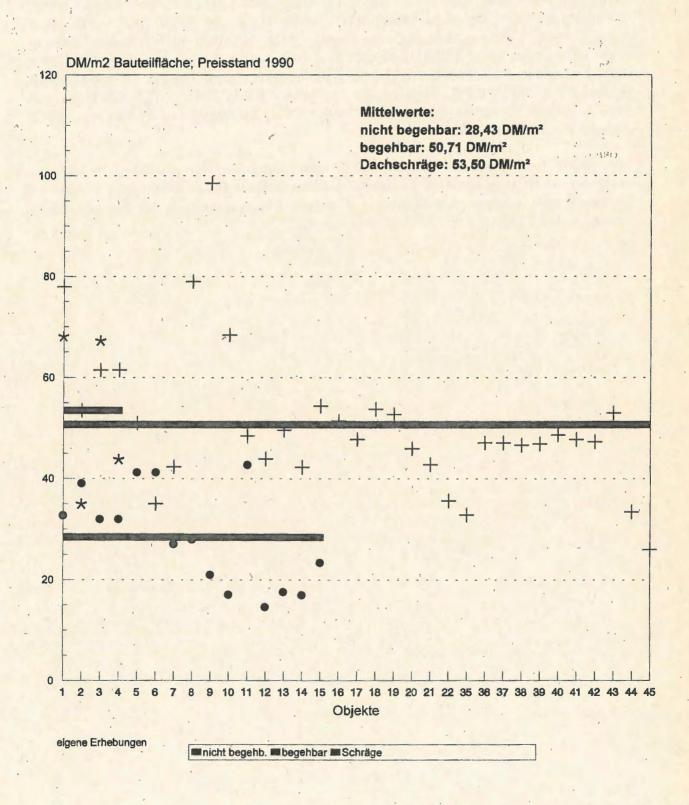
# Investitionskosten wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen Kellerdeckendämmung 2-10 cm, 48 Wohngebäude



# Investitionskosten wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen Neue Einfachfenster mit Isolier- und WS-ISO-Verglasung, 23 Wohngebäude



# Investitionskosten wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen Dachbodendämmung 6-28 cm, 63 Wohngebäude



#### 4.1.3 Kostendaten in der Baukostenliteratur

Die Kostenangaben in der Literatur zur Altbaumodernisierung und Instandsetzung sowie dem Neubau wurden auf Grundlage der folgenden Literaturstellen sowie durch Recherchen bei einzelnen Dämmstoffherstellern bestimmt: /Schmitz 1985/, /Fahrenholtz 1993/, /Schmitz 1985, 1986, 1990, 1993/94/, /IfB 1986/, /IfB o.J./, /IBK 1988/, /HECK 1989/, /LOBA 1990/, /Kerschberger 1989/, /Hermann 1990/, /RWE 1992/, /S.T.E.R.N. 1990/, /IKE + FfB 1986/, /Kerschberger, Weidlich, Bauschadenssanierung 1992/, /Weidlich 1989/, /Bremer Energiebeirat 1989/, /GhK 1988/ /IKARUS-Projekt, Enq. 03.1 und 03.2/ /Voelckner Baupreise 1992/, /Bauratgeber München 1990/, /Institut für Bauökonomie, Bauök-Papiere 51, 1988/, /LBB, Bauteilkosten 1992/, /LBB, Projektstudie Blockbau 0,8 Mp 1992/, /BKB Gebäudekosten 1993/, /ZNWB, Sanierung von Schulen 1990/, /ISW, Sanierung von Wohnungen 1992/, /Schulz, Preisspiegel 1993/.

Mit diesen, breit gestreuten Angaben kann eine Einordnung der gewählten Investitionskostenannahmen vorgenommen werden. Die Daten aus der Baukostenliteratur wurden auf Preisstand 1990 umgerechnet. Sie zeigen eine hohe Übereinstimmung mit den kalkulierten Kosten in den IKARUS/IWU-Maßnahmekatalogen.

Tabelle 4.8 Baukostenliteratur - Preise wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen, Preisstand 1990, ohne MWST

Preise wärmetechnischer			The state of the s	
Teilleistungen aus der Bau	ıkostenli	teratur		almien, e
MaBnahmekatalog WINGEN		Kostenkatalog LB	BiOkolog Bauen	
	Preise/m² Bauteilfläche o.Mwst. 1990		Preise/m² Bauteilfläche o.Mwst. 1990	1988 m.MWST.
Holzfenster Isolierverglasung incl. Ausbau, Abfuhr 1,75x2,5 m, mehrflüglig	513,74 DM	NEUBAU		
		Außenwand KSV 17,5 cm		
dito über 2,5 m² mehrfl.	535,75 DM		76,81 DM	80,00 DN
dito, 1,00x1,75 m einflügelig	491,72 DM	KSV 24 cm	96,01 DM	100,00 DA
PVC-Fenster Isolierglas, 1,75x2,5 m mehrfl., incl. Ausbau und Abfuhr	572,45 DM	Ziegelsteine 24 cm Klinker	124,81 DM	130,00 DA
dito über 2,5 m², mehrfl.	609,14 DM	Lehm-Quaderbau 35 cm	268,83 DM	280,00 DN
dito 1,0x1,75 m, einflüg.	557,77 DM	Leichtlehm Ständer 35 cm	259,23 DM	270,00 DN
Feststehende Verglasung ISO-Glas 1-2 m²	300,90 DM	LHIZ 24 cm	100,81 DM	105,00 DN
		Außenputz Mineralputz	49,93 DM	52,00 DN
Innenputz, Kalkputz	38,90 DM	Lehmputz	67,21 DM	70,00 DN
Wärmedämmverbundsystem, 6 cm, geldebt und verdübelt EPS/MF	106,42 DM	Innenputz mineralisch	39,36 DM	41,00 DN
Wand reinigen Dampfstrahlen	11,01 DM	Kalkgipsputz (Altbau)	46,08 DM	48,00 DA
		Kalkgipsputz, Altputz		
Sanieren von Oberflächenrissen, innen	20,55 DM	abschlagen	57,61 DM	60,00 DN
Habbaldalduna I Profits May Fista	90 72 DM	Korkdämmung 8 cm hinter	30,72 DM	32,00 DM
Holzbekleidung, innen, Profilbretter Fichte		Verkleidung		32,00 DN
Tapeten Rauhfaser	11,74 DM	Wärmedämmung in Gefache	24,96	26,00 DN
Wandfliesen, geklebt Holzbalkendecke: Wārmedämmung zwischen /Hölzern, 4-8 cm MF		MF 12 cm	34,56	36,00 DN
dito MF 8-12 cm		Kork 8 cm	34,56	36,00 DN
dito PS 4-8 vm		Kork 12 cm	46,08	48,00 DN
dito, PS 8-12		Zelluloseschüttung 10 cm	22,08	23,00 DN
dito, Zellusloseschüttung 8-12 cm		Korkschüttung 10 cm	33,60	35,00 DM
dito, einblasen 4-8 cm	27,15 DM	Zelluloseschüttung 8 cm	28,80	30,00 DM
dito, einblasen 8-12 cm	,	Korkschüttung 8 cm Altbau, Dampfsperre	32,64	34,00 DM
Flachdachdāmmung XPS 10 cm		Innendämmung Gipsfaserverbundpl., 4 cm Dämmung/ Lattung	64,33	87,00 DN
lito, FOAMGLAS 10 cm	91,74 DM	dito auf Ansetzbinder	30,72	32,00 DN
Flachdach-Dachhaut 3-lagige Bitumenpappe	77,06 DM	Innen: Holzweichfaserpl. 20 mm, verspacht.	27,84	29,00 DM
lito, Kunststoffbahn fixiert		10 mm Dicke	27,84	29,00 DN
Jmkehrdach 10 cm Dämmung, Kies		20 mm Dicke	28,80	30,00 DM
Malergerüst		10 mm incl. Lattung	25,92	27,00 DM
		20 mm incl. Lattung	27,84	29,00 DM

# Preise wärmetechnischer Sanlerungsmaßnahmen Teilleistungen aus der Baukostenliteratur

	Preise/m² Bauteilfläche o.Mwst. 1990	1993, mittlere Preise		Preise/m² Bauteilfläche o.Mwst. 1990
FLACHDACH:			STEILDACH-VORARBEITEN	
Kiesschüttung 50 mm	13,17 DM	17,94 DM	Bitumenbahn R 333	11,83 DM
Dachoberfläche reinigen, Deckanstrich	3,31 DM	4,51 DM	Lattung entfern.	11,65 DM
Wärmedämmung rollbar EPS 20 SE, vollflächig in Bitumen incl. Verklebung der Naht und Stoßüberlappungen:			Dacheindeckung abnehmen	25,10 DM
40 mm	20,31 DM		Dachlattung	9,31 DM
60 mm	22,39 DM		Unterspannbahn	14,49 DM
80 mm	26,32 DM		Vollschalung 24 mm auf Sparren	39,38 DM
100 mm	28,73 DM	39,15 DM	Konterlattung	.7,11 DM
Wärmedämmung XPS Platten lose verlegen (Umkehrdach):	0,00 DM	,	Eindeckung: Dachsteine	30,03 DM
60 mm	34,05 DM		dito: Blberformat	61,64 DM
80 mm	44,47 DM		dito. Hohlpfanne	64,37 DM
100 mm	53,88 DM		dito. Schieferdeckung	149,06 DM
120 mm	63,39 DM	86,37 DM	Biberschwanzziegel	63,44 DM
PU-Rollbahnen m. Bitumendachbahn mit Adhāsivkleber:			WĀRMEDĀMMUNG STEILDACH	
40 mm	40,04 DM	54,56 DM	MF-Randleistenmatte	
60 mm	45,96 DM	62,62 DM	8 cm Zwi-Spar.	20,95 DM
80 mm	51,60 DM	70,31 DM	the state of the s	21,59 DM
100 mm	56,28 DM	76,69 DM		23,68 DM
			PS-Auf-Sparren:	
Mineralfaserdämmplatten 040 unkaschiert (mech. Befestigung mit Abdichtung):	·		EPS 8 cm	23,60 DM
60 mm	19,05 DM	25,96 DM	EPS 10 cm	28,53 DM
80 mm	24,45 DM		EPS 12 cm	33,45 DM
100 mm	29,00 DM	The same of the sa	Konteriatte 4/6	8,18 DM
120 mm	33,51 DM	45,66 DM	VORHANGFASSADE	
einschwemmen:			Sockelabschluß 3*6 cm	9,66 DM
40 mm	42,34 DM		dito 3*7 cm	9,75 DM
60 mm	56,93 DM		dito. 3*9 cm	10,25 DM
80 mm	69,00 DM		Kreuziattung 6/8,3/7	27,06 DM
100 mm	82,96 DM		UK für Keramikpl.	96,88 DM
120 mm	99,87 DM	136,08 DM	kleinf. Bekleidung	108,99 DM
			Keramikbeldeidung	117,39 DM
Attikaeinfassung incl. Abdichtung, Hartschaumkeil	44,36 DM	60,44 DM	Wärmedämmung MF 5 cm	27,02 DM
	0,00 DM		dito 6 cm	30,12 DM
			dito 8 cm	35,06 DM

# Preise wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen Teilleistungen aus der Baukostenliteratur

Maßnahmen Schulzdereisspiege			
es There's	Preise/m² Bauteilfläche o.Mwst. 1990		Preise/m² Bauteilfläche o.Mwst. 1990
Kerndämmschüttung Hyperlite	16,61 DM	FLACHDACHDĀMMUNG	
,	•		
GKP-Beplankung 12,5 mm	26,65 DM	Flachdachda. PS 20 SE kasch., geklebt, 4 cm	20,33 DM
Innendämmung GKP incl. 10 cm ISOVER-Platten	22,03 DM	dito 6 cm	24,76 DN
dito, 8 cm ISOVER	18,41 DM	dito 8 cm	27,36 DM
STEILDACHDÄMMUNG		dito 10 cm	31,23 DM
Dämmkeil 035 WLG zwischen Sparren 8 cm	19,16 DM	dito 12 cm	32,90 DA
dito 10 cm	21,23 DM	geklebt, 4 cm	35,31 DM
dito 12 cm	25,62 DM	dito 6 cm	48,64 DM
dito 14 cm	30,09 DM	dito 8 cm	59,59 DM
Dämmkeil WLG 040, zwischen Sparren 10 cm	15,86 DM	dito 10 cm	72,83 DM
dito 12 cm	19,06 DM	Flachdach Dampfsperre, Schweißbahn	20,04 DN
dito 14 cm	22,19 DM	Flachdach Untergrundvorbereitung	6,66 DN
Innenputz ausbessern	39,11 DM	Flachdach-Dachhaut, Bitumenbahn V13	16,61 DM
VORHANGFASSADE	•	dito G 200 DD Heißbitumen	11,70 DN
nur UK Lattung 24x48 mm V2A Schrauben	3,75 DM	dito Schweißbahn V 60 S 4	19,47 DN
dito 40x60 mm	5,69 DM	dito Polymerbahn, Schweißbahn PYE G 200 S 4	25,24 DM
nur Dämmung WLG 040: ISOVER SPF1, 4 cm	12,06 DM		
dito 5 cm		AUSSENMAUERWERK o.PUTZ	NEUBAU
dito 6 cm		KSV 17,5 cm	73,13 DN
dito 8 cm		KSV 24 cm	94,27 DN
dito 10 cm		HLZ 24 cm WLG 0,7	79,79 DN
VHF nur Dämmung WLG 040: Styrodur 4 cm	24,13 DM	HLZ 30 cm WLG 0,7	111,46 DM
dito 5 cm	28,68 DM	POROTON MG II, 30 cm	115,76 DM
dito 6 cm	33,57 DM	dito 36,5 cm	138,30 DM
dito 8 cm	43,11 DM	KLB Klimaleichtblock 30 cm	95,75 DM
dito 10 cm	52,23 DM	dito 36,5 cm	115,63 DM
dito 12 cm	62,42 DM	Bisotherm 30 cm	100,06 DM
VHF Faserzementverkleidung 40x40 mm	78,13 DM	Bisotherm 36,5 cm	139,47 DM
dito Großtafel 253x128	116,60 DM	Gasbeton G 4 Platten/Blöcke 30 cm	111,45 DM
Fassadenheideidung Profilholz	29 99 DM	dito 36.5 cm	124.85 DM

# Preise wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen Teilleistungen aus der Baukostenliteratur

#### THERM AddanGen Preise/m² Preise/m² Bauteilfläche 1975 mit Bauteilfläche 1975 mit MWST **MWST** o.Mwst. 1990 o.Mwst 1990 ObjeKt Frankfurt 38 WE, 2870 m2 Wohnfläche Objekt Straubing, 20 WE 1280 m2 WF Vorhangfassade 6 cm Dämmung incl. UK 78,23 DM 122,26 DM Leitergerüst 6,30 DM 9,85 DM und Bekleidung kleinformat Kellerdecke 5 mm Heratekta EPS 9,10 DM 14,22 DM (spezifisch teurer Dämmstoff !!) 24,47 DM 38,24 DM Altputz abschlagen, abfahren Dachdämmung 6 cm begehbar 71,88 DM 112,33 DM (Spanplatten auf Lagerhölzern) 43,75 DM 68,37 DM Dämmit WDVS 6 cm Summe davon Dämmung 6 cm incl. 57,00 DM 89,08 DM Außenputz Objekt Geisslingen, 2 Gebäude mit 24 2,99 DM 4,67 DM und 12 WE, 2313 m2 WF davon Gewebstreifen 7,54 DM 71,90 DM 112,36 DM davon Eckwinkel u Fensterkanten 11,78 DM Vorhangfassade komplett 21,10 DM 1,09 DM 13,50 DM Sockelanschluß 1,70 DM 6 cm Dämmplatten incl. Anbringung 33,68 DM 3,26 DM 21,55 DM 5,09 DM Unterkonstruktion Regenschutzleisten Isolierglas-Fenster Einfachrahmen 258,18 DM 403,48 DM Berkleidung kleinformat 23,44 DM 36,63 DM 176 Stck. 104x145 cm 3,82 DM 5,97 DM Fensterbankabdeckung Objekt Ratzburg 54 WE 2648 m2 Wohnfläche 4,62 DM 7,22 DM Laibungsverkleidung Vorhangfassade komplett, 6 cm MF-Dāmmung 112,46 DM Sturzverkleidung 1,36 DM 71.96 DM 2,13 DM davon Ecken 1,75 DM 2,73 DM äußere Eckprofile 1,05 DM 1.64 DM 0,89 DM 2,30 DM innere Eckprofile 0,57 DM davon Kantenprofile 1,47 DM 1,16 DM 0,74 DM davon Laibungen 7,93 DM 12,39 DM Putzanschluß 0,31 DM 0,48 DM davon Gesimsblenden 7,49 DM 11,71 DM Regenabweisprofile 3,08 DM zzgl Fallrohre auswechseln 2,71 DM 4,24 DM Lüftungsprofile 1,97 DM 6,43 DM isolierglas-Fenster, incl. Ausbau 490,92 DM 767,20 DM Gerüst 10,05 DM Nebenkosten, Arch.honorar 25,75 DM 40,24 DM

Teilleistungen aus d	The same of the same of	Parameter services and the			
<b>AOEFORMESES MUSICIO</b>	E (Band	Baublo	logisch")		
	Preise/m² Bauteilfläche o.Mwst. 1990	1992 o. MwSt.		Preise/m² Bautsilfläche o.Mwst. 1990	1992 o. MwSt.
STEILDACH/DECKEN	-0		WANDVERKLEIDUNGEN		
Zellulose einblasen, 120 mm, zwi.Sparren	32,79 DM	37,00 DM	Holzweichfaserplatten, 2 cm, Innendammung	25,70 DM	29,00 DA
Zellulose einblasen, 140 mm, zwi.Sparren	34,74 DM		Holzweichfaserplatten, 2 cm, zwischen Lattung, malerfertig verspachteit	37,22 DM	42,00 DR
Zellulose einblasen, 180 mm, zwi.Sparren	41,56 DM	46,90 DM	Holzweichfaserplatten, 2 cm, zwischen Sparren auf Anschlagleiste	17,28 DM	19,50 DN
Zellulose einblasen, in Holzbalkendecken	38,02 DM	42,90 DM	Holzweichfaserplatten unter Decken, 1,5 cm, geklebt und verspachteit	22,42 DM	25,30 DN
Zellulose einblasen, 80 mm, abgehä. Decken	23,66 DM		Holzweichfaserplatten auf Holzständer, 1,6	20,47 DM	23,10 DN
Zellulose einblasen, 80 mm, Innenwände	25,97 DM	29,30 DM	Holzweichfaserplatten auf Sparren, 2,2 cm	22,60 DM	25,50 DA
Zellulose einbl <mark>asen, 100 mm, i.</mark> Außenwände	31,37 DM	35,40 DM	Holzweichfaserplatten, bituminiert, 1,9 cm, auf Unterkonstr. montieren	27,38 DM	30,90 DN
Zellulose einblasen, 120 mm, i. Außenwände	34,47 DM	38,90 DM	Holzweichfaserplatten, bituminiert, 2,2 cm, auf Sparren	39,53 DM	44,60 DI
Korkschrot in Hohlräume in Decken u.Wänden einfüllen, 15 cm	58,23 DM	65,70 DM	Holzfaserdämmplatten, 2*6 cm, auf Dachschalung	70,46 DM	79,50 DA
Blähton zwi.Sparren, d=20 cm	37,22 DM	42,00 DM	Holzfaserdämmplatte, zweilagig, Dach, 5,6 cm	35,36 DM	39,90 DN
Blähton zwi. Holzdeckenbalken, d=20 cm	36,34 DM	41,00 DM	Holzwolleleichtbauplatte, 5 cm, auf Sparren	22,86 DM	25,80 DN
ZELLULOSE-EINBLASDÄMMUNG W	ÄNDE		Holzwolleleichtbauplatte, grobwollig, 2,5 cm, an Decken und Wänden	22,60 DM	25,50 DN
Zellulose gesprüht, 6 cm, in nnenwände	18,61 DM	21,00 DM	Holzwolleleichtbauplatte, feinwollig, 2,5 cm, an Decken und Wänden	25,79 DM	29,10 DN
Zellulose gesprüht, 8 cm, in nnenwände	23,04 DM		Holzwolleleichtbauplatte, strukturiert, 2,5 cm, an Decken und Wänden	28,18 DM	31,80 DN
Zellulose gesprüht, 10 cm, in nnenwände	25,61 DM	28,90 DM	DÄMMSTOFFE IN DACH/WÄNDEN		
KORKDĀMMUNG			Kokosfilzmatte in Holzkonstr., 3,5 cm	21,27 DM	24,00 DM
Korkplatten für Wände, 8 cm, in Holzständerwerk einbauen	48,74 DM	55,00 DM	Jutefilz, 0,7 cm, in Holzkonstr. einbauen	13,74 DM	15,50 DN
Korkplatten für Wände, 10 cm, in Holzständerwerk einbauen	52,29 DM		Schafwolldämmflies, 10 cm, zwischen	49,63 DM	56,00 DN
Korkplatten für Wände, 2*6 cm, in Holzständerwerk einbauen	61,42 DM	69,30 DM			
Korkplatten zwi. Sparren, 12 cm	67,62 DM	76,30 DM	(		
Korkplatten auf Sparren, 12 cm Schilfrohrplatten, 3*5 cm, inn	52,64 DM	59,40 DM			
lolzständerwerk einbauen	62,92 DM	71,00 DM	, .		
Schilfrohrplatten zwischen Sparren, pt5 cm	56,72 DM	64,00 DM			

Preise wärmetechni Teilleistungen aus		
		ennteratur
Massante are evaluate	en	
	Preise/m² Bauteilfläche o.Mwst. 1990	ži.
Entel Brindenburg (SVA)		
WDVS 6 cm auf IMI-Typen	139,70 DM	
Dachdāmmung 10 cm	18,80 DM	
LBB-ProjeksudioWoloroniwetti 2594m-Wonnillen, visuvjahororo		(MFH)
Kunststoffenster ISO	412-445,00 DM	
EPS-WDVS 8 cm	105 DM	
Innendämmung GKP 3 cm	46,40 DM	
Spanplatten auf Decken verlegen	53,40 DM	
Kellerdecke EPS 4 cm o. Bekleidung	28,60 DM	- whi with
Betondachsteine	93,06 DM	
Rauhfaser Anstrich	11,62 DM	

Quellen: BMBau, Schriftenreihe 05.007, Realisierung des Wettbewerbes THERMA, Bonn 1977; Thomas Voelckner, Baupreise, München 1992; Schmitz, u.a., Baukosten 1993/94, Wingen-Verlag, Essen 1993; LBB, Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung, Projektstudie Weiterentwicklung Blockbau 0,8 Mp, Aachen 1992; dasselbe, Bauteilkosten im ökologisch orientierten Bauen, Aachen 1992; Land Brandenburg Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr, Modernisierung und Instandsetzung in industrieller Bauweise errichteter Wohnbauten, Potsdam 1992; Institut für Stadtenwicklung und Wohnen des Landes Brandenburg, Sanierung von Wohnungen und Vitalisierung von Siedlungen des industriellen Wohnungsbaus, Potsdam 1992; Gerd Fahrenholtz, Handbuch für den Dachdeckermeister, Bochum 1993; Josef Schulz, Preisspiegel, Rohbau/Ausbau/Umbau, Oberhausen 1993

# 4.1.4 Zukünftig zu erwartende Preisentwicklung für wärmetechnische Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand

Das Preisniveau des Maßnahmekataloges für das TREND- und SPAR-Szenario ist auf eine mengenmäßig mittlere Leistung mit normalen bis leichten Erschwernissen bezogen. Die Kostenangaben orientieren sich an mittleren bis unteren Preisen, da zu erwarten ist, daß mit einer Verstetigung und Vergrößerung des wärmetechnischen Sanierungsvolumens die gegenwärtig anzutreffenden sehr großen Preisspannen bis zu 80 % bei gleichen Gewerken deutlich sinken werden. Dies deutet sich bereits in dem Preisniveau für das Wärmedämmverbundsystem bei der Wohnungsbaugenossenschaft 1889 e.G., Kassel an. Die Objekte 33 bis 49 dieser Wohnungsbaugenossenschaft in der Tabelle 4.7 weisen ein vergleichsweise niedriges Kostenniveau auf. Dies geht vor allem darauf zurück, daß die Genossenschaft ab 1984 ihre Bestände systematisch und für die Handwerker in jährlich kalkulierbaren, nennenswerten Größenordnungen wärmetechnisch saniert hat. Gegenüber zögerlichen Einzelmaßnahmen mit geringen Quadratmeterzahlen wirken hier die Masseneffekte und die Erfahrung bei Ausschreibenden und Handwerkern deutlich und nachweisbar auf eine Kostensenkung hin. Es kann von folgenden Entwicklungen ausgegangen werden:

- o Mit einer Zunahme des Auftragsvolumens können sich die Handwerksfirmen auf die Fertigungstechniken im Bereich der wärmetechnischen Gewerke einstellen.
- o Eine Verstetigung des Auftragsvolumens macht betriebliche Vorinvestitionen kalkulierbarer und rentabler.
- o Ein kontinuierliches Auftragsvolumen in Wärmeschutzmaßnahmen wird die Zunahme von Fähigkeiten in der Bauausführung bewirken. Während die Lohnkostenanteile für Dämmaßnahmen gegenwärtig in der Größenordnung von 60 bis 83 % liegen /Schmitz 1984/ ist künftig mit einer Senkung zu rechnen.
- Sogenannte "Angstzuschläge" bei der Preisbildung, die heute starke Preisunterschiede bewirken können und bei allen Forschungsprojekten mit erhöhten, für den ausführenden und gewährleistenden Handwerker noch unüblichen, Dämmschichtdicken nachweisbar sind, werden durch eine zunehmende Anbieterkonkurrenz abgebaut.
- o Ein vergrößertes Auftragsvolumen für wärmetechnische Sanierungsmaßnahmen wird auf örtlicher Ebene auch die Preistransparenz über Wärmeschutzmaßnahmen verbessern.
- Verstärkte Anbieterkonkurrenz (ab 1992 z.B. spürbar beim Dämmstoff aus Zellulose)
   wird eine Preisdegression für verschiedene Dämmstoffe und Maßnahmen erzeugen.
- o Zeitsparende Techniken werden den Lohnkostenanteil senken. Allein die 1994 erfolgte Entwicklung eines Dämmstoffhalter-Schußgerätes für Vorhangfassadendämmplatten senkt die ohnehin schon geringen Verlegekosten in diesem Bereich weiter.
- Technische Neuentwicklungen bei konventionellen Dämmsystemen werden Materialund Lohnaufwand senken. So ist z.B. beim WDVS mittelfristig der Ersatz des Armierungsgewebes durch faserarmierte Spachtelmassen möglich, die als Unterputz ohnehin aufgebracht werden müssen.

Gegenwärtig ist für die Wärmeschutz-Isolierverglasung bereits ein spürbares Absinken der Mehrkosten zu verzeichnen. Sie können 1993 gerade noch auf 50 DM pro m² beziffert werden. In einzelnen Marketing-Aktionen wird Wärmeschutz-Isolierverglasung bereits zum Preis herkömmlicher Isolierverglasung angeboten. Die Inbetriebnahme neuer Bandstraßen der Glashersteller und die Mengeneffekte nach Inkrafttreten der Novelle WSchVO werden ein weiteres Sinken der Mehrkosten bewirken.

Wärmeschutz-Zusatzkosten bei Kopplung von Wärmeschutzmaßnahmen an den Bauteilerneuerungszyklus.

Die Kosten der wärmetechnischen Sanierungsmaßnahmen werden gesplittet ausgewiesen: Die Gesamtkosten verringern sich um den Kostenanteil für Instandhaltung, wenn Wärmeschutzmaßnahmen im Gebäudebestand in Verbindung mit Instandsetzungs- oder Modernisierungsmaßnahmen ausgeführt werden. Nur wenn keine weiteren nennenswerten baulichen Mehrkosten entstehen, sind Wärmeschutzmaßnahmen auch unabhängig vom Instandhaltungszyklus auszuführen (z. B. Einblasdämmung Flachdach, Steildach). Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung werden nur die Zusatzkosten der Dämmung angesetzt.

Bei Kopplung von Instandsetzungs- mit Wärmeschutzmaßnahmen kann eine Verbesserung des Wärmedämmstandards mit geringsten Zusatzkosten realisiert werden:

- Kosten für die Baustelleneinrichtung, Gerüststellung, Beiputzen nach Fenstererneuerung, Neuverputz oder Teilerneuerung des Verputzes, Abnahme von Fassadenplatten, Abfuhr von Bauschutt, Außenanstrich, Sanierung der Flachdachhaut, Innenverkleidung von Wänden, Kellerdecken und Dächern sind Bestandteile der Gebäudeinstandsetzung. Diese Kosten werden der Instandhaltung zugeordnet und sind in den Tabellen 4.1 ausgewiesen. Die Baustelleneinrichtung wurde anteilig den Kosten der Energieeinsparung zugeordnet.
  - Durch die Dämmaßnahme können bei verschiedenen Bauteilen auch einzelne konventionelle Sanierungsschritte und damit Kosten vermieden werden, die bei reiner Instandsetzung entstanden wären. Vermeidbare Sanierungsschritte sind von Fall zu Fall: Abschlagen oder Teilerneuern des Außen- oder Innenputzes, Entfernung alter Dachdichtungsbahnen bei Flachdächern, Teile der Betonsanierung oder die Reduzierung von Stemmarbeiten, Spachtelungen, Sanierung von Rissen und die Fugensanierung. Diese möglichen Kosteneinsparungen wurden in den Katalogen der wärmetechnischen Sanierungsmaßnahmen nicht berücksichtigt, stellen also für die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen ein Sicherheitspotential dar. Dies gilt auch für die Vermeidung erhöhter Kosten durch nicht schadensgerechte Gebäudesanierung: Die Zusatznutzen von Wärmedämmaßnahmen im Bereich der Substanzerhaltung und Bauschadensbeseitigung können zur Vermeidung von Mehrfachkosten führen. Dies ist bei der Betonsanierung oder der Riß- und Fugensanierung der Fall, wenn über einen langfristigen Zeitraum evtl. mehrfach erforderliche Instandsetzungsmaßnahmen vermieden werden können. So steht z. B. wiederholten Malerarbeiten zur Sanierung von Putzrissen an der Außenwand in der Höhe von zwei bis dreimaligen Kosten in Höhe von jeweils 35 DM/m<sup>2</sup> in einem längeren Zeitraum eine einmalige Investition für ein Wärmedämmverbundsystem in Höhe von 150,00 DM/m<sup>2</sup> gegenüber, die das Problem dauerhaft beseitigen kann. Auch solche möglichen Kostengutschriften für Wärmeschutzmaßnahmen wurden in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt.

Das Prinzip der Maßnahmenkopplung ist bereits bei der Heizkesselerneuerung in der Praxis anzutreffen.

# 4.2 Wirtschaftlichkeit wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen

# 4.2.1 Wirtschaftlichkeit als Beurteilungskriterium für energiesparende Maßnahmen

Für die Träger von Investitionsentscheidungen über Energiesparmaßnahmen ist es wichtig, über geeignete Auswahlmethoden und -kriterien zu verfügen. Neben den Problemen technischer Effizienz stehen bei heizungstechnischen oder bautechnischen Maßnahmen zur Wärmebedarfsreduzierung Fragen der Wirtschaftlichkeit zur Debatte. Technisch effiziente Formen der Energieverwendung und Einsparpotentiale werden oft nicht realisiert, weil der Investor keine Kenntnis hat oder sich unsicher ist, ob sich diese Investitionen für ihn einzelwirtschaftlich lohnen. Neben anderen wichtigen Hemmnissen ist diese mangelnde Kenntnis oder Beurteilungsfähigkeit der Vorteilhaftigkeit von Energiesparinvestitionen ein wichtiger Grund, weshalb größere Potentiale für eine rationelle Energienutzung nicht ausgeschöpft werden.

Nachfolgend werden Fragen der Beurteilung der Vorteilhaftigkeit von Investitionen rationeller Energienutzung und ihrer Finanzierungsprobleme unter vornehmlich betriebswirtschaftlichen Aspekten behandelt: die einzelnen Verfahren beziehen sich nur auf diejenigen Kosten und Nutzen, die quantifizierbar bzw. monetär bewertbar und dem jeweiligen Projekt/-Investitionsvorhaben verursachergerecht zurechenbar sind. Die Grenzen des Maßstabes "einzelwirtschaftliche Rentabilität" können kurz wie folgt zusammengefaßt werden:

- a) Wirtschaftlichkeitsrechnungen können entgegen häufig anzutreffender Ansicht keine exakten Werte für zukünftige Kosten und künftigen Nutzen von Investitionen liefern. Alle Aussagen sind mit Unsicherheiten behaftet, die auf der unvollständigen Kenntnis künftiger Entwicklungen (z. B. Zins, Energiepreise) beruhen. Nur innerhalb dieser "Bandbreite" die im übrigen u. U. bis zu ± 15 % der urspr. bestimmten Kosten ausmachen kann kann eine Wirtschaftlichkeitsrechnung überhaupt verläßliche Aussagen machen.
- b) Für die Bestimmung der Wirtschaftlichkeit gibt es unterschiedliche methodische Ansätze (Kapitalwertmethode, Methode des internen Zinssatzes, ...), die zu unterschiedlichen Rangfolgen bei der relativen Beurteilung verschiedener Investitionsvarianten führen können. Insbesondere entstehen durch unterschiedliche Nutzungsdauern der Investitionsalternativen Verzerrungen beim Vergleich der verschiedenen Methoden. Die Entscheidung für ein bestimmtes Wirtschaftlichkeitskriterium wird nach Zielsetzungen und Werthaltungen des Investors getroffen und kann zu unterschiedlichen Entscheidungen führen.
- c) Ansätze für die ökonomische Beurteilung von wärmetechnischen Maßnahmen werden auch häufig falsch, unvollständig oder methodisch unzureichend gemacht. Solche Fehler sind zwar prinzipiell vermeidbar, aber so weit und systematisch verbreitet, daß Vorsicht bei der Betrachtung von Wirtschaftlichkeitsrechnungen geboten erscheint.
- d) Selbst bei methodisch einwandfreiem Vorgehen, realistischer Abschätzung aller eingehenden Parameter und sorgfältiger Analyse kann eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsrechnung häufig keine Entscheidung zwischen unterschiedlichen Investitionsalternativen liefern. In vielen Fällen liegen nämlich die Ergebnisse der betriebswirt-

schaftlichen Rechnung für verschiedene Alternativen so nah nebeneinander, daß das Wirtschaftlichkeitskriterium allein keine vernünftige Entscheidung erlaubt. Insbesondere ist dies häufig bei der Bestimmung "optimaler" Investitionskennwerte, z. B. der "optimalen Dämmstoffdicke", der Fall: hier ergeben sich in sehr vielen Fällen extrem flach ausgebildete Kostenoptima, so daß angesichts der Unsicherheiten vieler Kalkulationsparameter von einem exakt bestimmbaren Optimum nicht die Rede sein kann. Vielmehr gibt es einen ganzen Bereich "relativ optimaler" Maßnahmen, unter denen nun eine Entscheidung nach anderen als wirtschaftlichen Kriterien vorzunehmen ist.

- e) Auch in der Praxis werden Investitionsentscheidungen häufig gerade nicht nach betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten gefällt, sondern nach ganz anderen Kriterien. Fragen wie Finanzierbarkeit von Investitionen, ästhetische Gesichtspunkte, tradierte Verhaltensmuster oder Komfort- oder Repräsentationswünsche sind häufig entscheidende Motive für Investitionen. Für diese Gesichtspunkte ist es u. U. nicht oder nur schwer möglich, sie monetär auszudrücken oder eine Monetarisierung wird gar nicht gewünscht.
- f) Neben den unter e) angesprochenen "subjektiven" Maßstäben, die neben der Wirtschaftlichkeit Einfluß auf Investitionsentscheidungen haben, gibt es durchaus "objektive" Kriterien, die neben der Wirtschaftlichkeit von großer Wichtigkeit sind. Darunter fallen z. B.:
  - Komforterhöhungen (z. B. angenehmeres Raumklima, bequemere Bedienung), die sich meist nicht oder nur schwer finanziell quantifizieren lassen.
  - Sicherheitsgesichtspunkte (z. B. höhere Versorgungssicherheit durch höhere eigene Reserven an Energieträgern).
  - Umweltkriterien (z. B. geringere Emission und damit Schutz der menschlichen Gesundheit und der betroffenen Ökosysteme).
  - Wertsteigerungen (z. B. Erhalt und Konservierung von Bausubstanz, künstlerische Gestaltung).
  - Soziale Auswirkungen (z. B. Schaffung von Kommunikationsbereichen, Verbesserung des Wohnumfeldes).

All diese - sicher bedeutenden - Gesichtspunkte sind einer rein ökonomischen Betrachtung nur schwer zugänglich und werden in aller Regel auch bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen nicht berücksichtigt. Selbst wenn es (unter großem Aufwand!) gelingt, einige dieser Gesichtspunkte monetär auszudrücken, so sind doch immer noch wichtige Eigenschaften der Alternativen nicht gleich und müssen deshalb zur Auswahl als solche als Kriterien herangezogen werden. Wirtschaftlichkeitsrechnungen führen nur unter "ceteris paribus"-Bedingungen zu verläßlichen Reihenfolgen.

g) Volkswirtschaftliche Kriterien müssen nicht immer im Einklang mit der betriebswirtschaftlichen Rechnung stehen. Z. B. ist bei betriebswirtschaftlicher Kostengleichheit zwischen einer Variante mit hohen Energiekosten z. B. durch Bezug von Erdöl) und

einer Variante mit hohen Kapitalkosten (z. B. durch Erneuerung der Heizanlage) volkswirtschaftlich die letzte Alternative sehr viel wünschenswerter, da die entstehenden Kosten in diesem Fall vollständig der nationalen Wirtschaft zugute kommen, während sie im ersten Fall größtenteils für importierte Rohstoffe ausgegeben werden müssen. Dieser Zusammenhang hat wiederum Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt dies unterstreicht das volkswirtschaftliche Interesse an energetischen Sanierungsmaßnahmen über die einzelwirtschaftlichen Rentabilitätsgrenzen hinaus und macht u. a. deutlich, weshalb finanzielle Förderprogramme für Energiesparinvestitionen volkswirtschaftlich sinnvoll sein können und nicht als verlorene Subventionen aufgefaßt werden dürfen.

### 4.2.2 Kritik statischer Berechnungsmethoden

Die Kostenvergleichsrechnung berücksichtigt nur die anfallenden Kosten ohne die Nutzen (d.h. hier die Energieeinsparung) zu betrachten. Es ist jedoch in den meisten Fällen der Realität nicht möglich, ausschließlich unter Berücksichtigung der Kosten die vorteilhafteste Investitionsmöglichkeit herauszufinden. Hierzu sind zusätzliche Informationen über die erwarteten Erträge (eingesparte Energiekosten) notwendig. Die eigentliche Zielgröße ist bei einer privatwirtschaftlichen Energieinvestition der Nettonutzen, der über die Kosten hinausgehende Erlöse zur Voraussetzung hat.

Die Gewinnvergleichsrechnung stellt Kosten und Erlöse eines Investitionsobjekts einander gegenüber und prüft, ob bzw. wann die Investition gewinnträchtig ist. Notwendige Informationen zur Anwendung dieses Verfahrens sind außer den Kosten auch die zu erwartenden Erlöse. Während bei der Gewinnvergleichsrechnung zwar die Zielgröße privatwirtschaftlicher Investitionstätigkeit, der Gewinn, Verwendung findet, gründet diese Methode ihre Ergebnisse auf einen mehr oder weniger willkürlich langen (oder kurzen) Zeitraum, auf den Kosten und Erlöse bezogen sind. Spätere Veränderungen (z.B. durch Reparaturen, Preisänderungen) finden keine Berücksichtigung. Auch diese Methode ist daher unvollständig und nur sehr eingeschränkt aussagefähig.

Die Amortisationsrechnung versucht einige zu grobe Vereinfachungen zu vermeiden, und vergleicht die voraussichtliche Nutzungsdauer einer Anlage mit dem Zeitraum der Amortisation des in der Anlage investierten Geldes, d. h. dem Zeitraum, in dem das investierte Geld an den Investor zurückgeflossen ist. Es wird der Zeitraum ermittelt, in dem sich die Investitionsausgaben aus den Erträgen (hier: Energieeinsparungen) zurückzahlen lassen. Bei der "dynamischen Amortisationszeit" ist die Verzinsung des eingesetzten Kapitals eingeschlossen, bei der "statischen Amortisationszeit" nicht. In beiden Fällen findet die Zeit nach dem Amortisationszeitpunkt keine Berücksichtigung; wenn ein bestimmtes Investitionsobjekt sich gegenüber einem anderen schneller amortisiert, sagt dies jedoch nicht viel über dessen Vorteilhaftigkeit während der gesamten Lebensdauer der Anlage.

Insgesamt berücksichtigen die statischen Methoden zur Berechnung der privatwirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit von Investitionen nur wenige Faktoren, die in der Realität von Einfluß sind. Sie vernachlässigen wichtige Größenrelationen und bilden daher die Realität nur unvollständig ab. Ihre Ergebnisse sind daher nur dann wichtig, wenn diese Größen berechtigterweise vernachlässigt werden können.

### 4.2.3 Dynamische Methoden zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit

Die dynamischen Methoden beziehen das zeitliche Auseinanderfallen von Einnahmen und Ausgaben (bzw. Einzahlungen und Auszahlungen) in die Berechnung der Vorteilhaftigkeit einer Investition ein, während die Kosten- und Gewinnvergleichsrechnung die Zeitkomponente vollständig außer acht lassen, und die Amortisationsrechnung den Zeitraum der Nutzung einer Investition lediglich bis zum Zeitpunkt des Kapitalrückflusses einbezieht.

Bei der Kapitalwertmethode ist das Kriterium der Kapitalwert einer Investition. Jede Zahlung oder Einnahme wird mit dem Kapitalzinssatz zurückgezinst auf den Bezugszeitpunkt, das Ergebnis ist der Barwert. Der Kapitalwert ist die Summe der Barwerte aller Zahlungen (kapitalisierter Gewinn oder Verlust). Der Kapitalwert ist somit die Differenz aller mit dem kalkulatorischen Zinssatz auf den einheitlichen Bezugszeitpunkt abgezinsten erwarteten Einnahmen und Ausgaben des Investitionsobjekts.

Ein Investitionsvorhaben ist dann absolut vorteilhaft, wenn sein Kapitalwert gleich Null oder größer als Null ist; d. h. der Wert der abdiskontierten Überschüsse übersteigt die Anschaffungsausgaben (bzw. die Verzinsung des investierten Geldes übersteigt den marktüblichen Zins). Eine Investition ist vorteilhafter als alternative Vorhaben, wenn sein Kapitalwert größer ist als die Kapitalwerte der Investitionsalternativen.

Wesentliche Problem bestehen darin, den "richtigen" Kalkulationszinssatz zu finden und die unterschiedliche Preisentwicklung wichtiger Faktoren wie der Energiekosten adäquat zu berücksichtigen.

Bei der internen Zinsfußmethode wird die Kapitalwertfunktion nach dem Zinssatz aufgelöst; es wird derjenige Zins ermittelt, der den Kapitalwert der Investition gerade gleich Null werden läßt. Der interne Zinsfuß zeigt die Effektivverzinsung (interne Rendite) einer Investition. Ein Investitionsvorhaben ist vorteilhaft, wenn der interne Zinsfuß mindestens so groß ist wie der Kalkulationszinsfuß ist (der einen geforderten Mindestzinssatz, z. B. den Kapitalmarktzins, angibt).

Die Annuitätenmethode ist ebenfalls äquivalent zur Kapitalwertmethode. Unter Berücksichtigung der Zinsen wird der Kapitalwert in über die Nutzungsdauer gleich hohe jährliche Kosten umgerechnet. Die Höhe dieser jährlichen Zahlungen heißt Annuität. Die Annuität berechnet sich aus dem Kapitalwert durch Multiplikation mit dem Annuitäts- oder Wiedergewinnungsfaktor, der nur von der Kalkulationszinssatz und der Nutzungsdauer abhängt. Der Kapitalwert wird also auf die Zahl der Nutzungsperioden der Investition verteilt (periodisiert). Es wird der durchschnittliche Jahresgewinn oder -verlust (d. h. die Einkommensänderung) ermittelt, der sich während der Nutzungsdauer der Investition unter Berücksichtigung des Kalkulationszinses ergibt. Dazu werden alle Einnahmen und Ausgaben in zwei Zahlungsreihen umgewandelt, auf den Bezugszeitpunkt diskontiert und mit dem Wiedergewinnungsfaktor multipliziert.

Ein Investitionsvorhaben ist vorteilhaft, wenn die Annuität nicht negativ ist, bzw. bei mehreren Investitionen, wenn seine Annuität größer als die der Investitionsalternativen ist.

Da bei der Annuitätenmethode durchschnittliche jährliche Zahlungsgrößen (Durchschnittsgewinn bzw. -kosten pro Jahr) ermittelt werden, sind die Ergebnisse anschaulicher als bei der Kapitalwertmethode.

Alle dynamischen Methoden unterstellen eine Wiederanlagemöglichkeit des freiwerdenden Geldes, eine Voraussetzung, die der Realität oft nicht entspricht. Wenn sich die Investitionsalternativen hinsichtlich Nutzungsdauer und Kapitalbindung unterscheiden, müssen außerdem

die "Differenzinvestitionen" unterstellt werden, um die Alternativen vergleichbar zu machen.

In der Wirklichkeit beeinflussen die unterschiedlichen Informationsmöglichkeiten (Information über die zu erwartenden Einnahmen-/Ausgabenveränderungen und deren Komponenten sowie über Kalkulationszinssätze, Inflationsraten, Nutzungsdauer der Anlage etc.) die Möglichkeit der Methoden in großem Ausmaß (insbesondere ist der Informationsbedarf der verschiedenen Methoden unterschiedlich). In der Realität liegen meist weder alle erwünschten Informationen vor, noch sind sie vollständig ermittelbar (mangelnde Zurechenbarkeit von Kosten und Erlösen, mangelnde Vorhersehbarkeit der Höhe und des Zeitpunktes ihres Eintreffens etc.). Ihre Anwendung liefert daher nur mehr oder weniger verläßliche Indikatoren für die privatwirtschaftliche Vorteilhaftigkeit einer Investition. Unter den beschriebenen Restriktionen liefern die dynamischen Verfahren, insbesondere die Kapitalwert- und Annuitätenmethode praktikable Möglichkeiten zur Beurteilung der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit von Investitionsvorhaben, da sie die zeitliche Struktur von Einnahmen und Ausgaben zu erfassen versuchen und daher eine genauere Beurteilung der Wirtschaftlichkeit erlauben als die vorher geschilderten statischen Verfahren.

# 4.2.4 Bewertungsmaßstab: Kosten für die eingesparte Kilowattstunde Endenergie

Als Beurteilungskriterium für die Wirtschaftlichkeit wird in dieser Studie die Annuitätenmethode verwendet, die äquivalent ist zur Kapitalwertmethode (vgl. 4.2.3). Dabei werden die durch die Sparmaßnahme entstehenden zusätzlichen Investitionskosten I (d. h. die Mehrkosten gegenüber der normalen Instandsetzung) auf jährliche Kapitalkosten umgelegt, die über die Nutzungsdauer der Maßnahme konstant sind. Die gesamten Jahreskosten ergeben sich aus den Kapitalkosten, den durchschnittlichen jährlichen Energiekosten sowie gegebenenfalls Zusatzkosten (z. B. Wartungskosten oder Hilfsenergie):

 $K_s = a \cdot I + P \cdot E_s + Z$ 

K<sub>s</sub> = durchschnittliche Jahreskosten nach der Sparmaßnahme

a = Annuitätsfaktor

I = Investitionskosten für die Sparmaßnahmen (nur Mehrkosten)

P = Preis für die Energieeinheit im Durchschnitt über die Nutzungsdauer

E. = jährlicher Energieverbrauch nach Durchführung der Maßnahme

Z = eventuelle jährliche Zusatzkosten

Ohne die Sparmaßnahme wären die Jahreskosten:

 $K_0 = P \cdot E_0$ 

K<sub>o</sub> = durchschnittliche Jahreskosten ohne Maßnahmen E<sub>o</sub> = jährlicher Energieverbrauch ohne Maßnahmen

Die Maßnahme ist wirtschaftlich, wenn eine Kosteneinsparung erzielt wird, also K, < Ko.

Dies ist äquivalent zu

$$P > P_{Ein} = \frac{a \cdot I + Z}{E_{Ein}}$$

 $P_{Ein}$  hat die anschauliche Bedeutung des "Preises für die eingesparte Einheit Energie". Eine Maßnahme ist also genau dann wirtschaftlich, wenn der Preis  $P_{Ein}$  für die eingesparte Kilowattstunde Energie geringer ist als der zukünftige über die Nutzungsdauer gemittelte Preis P für die bezogene Kilowattstunde Energie.

Diese Darstellung hat folgende Vorteile:

- Als unmittelbarer Vergleichswert für einen tatsächlichen Energiepreis ist der "Preis für die eingesparte Kilowattstunde Energie" eine anschaulichere Größe als Kapitalwerte oder gesamte Jahreskosten.
- In die Berechnung des Beurteilungswertes P<sub>Ein</sub> gehen als Annahme über die zukünftige Entwicklung nur die Kapitalmarktzinsen ein (sowie gegebenenfalls Preissteigerungen für eventuelle Zusatzkosten Z), <u>nicht</u> dagegen die Energiepreissteigerung. Damit kann der "Preis für die eingesparte Energie" verläßlicher berechnet werden als Kapitalwerte bzw. mittlere jährliche Gesamtkosten.
- o Die unsichere zukünftige Energiepreisentwicklung steckt ausschließlich in der Vergleichsgröße P, dem mittleren zukünftigen Energiepreis. Die aus der Berechnung von  $P_{Ein}$  hergeleitete Aussage: "Die Maßnahme ist wirtschaftlich ab einem mittleren zukünftigen Energiepreis von  $P = P_{Ein}$ " ist damit vergleichsweise unempfindlich gegenüber Veränderungen bei den Annahmen.
- Der "Preis für die eingesparte Einheit Energie", P<sub>Ein</sub>, ist ein Beurteilungskriterium für die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme, anhand dessen nicht nur alternative Maßnahmenlösungen, sondern auch völlig unterschiedliche Maßnahmen aus verschiedenen Bereichen miteinander verglichen werden können. Da P<sub>Ein</sub> außerdem eine Vergleichsgröße für den Preis der bezogenen Energie ist, können anhand dieser Größe Einsparmaßnahmen mit verschiedenen Energiebereitstellungstechnologien verglichen werden.

## 4.2.5 Rahmendaten für die Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die in der vorliegenden Studie verwendeten Rahmendaten entsprechen für die SPAR-Maßnahmekette der im Anlagenband dokumentierten Gebäude, wie für die Berechnung der
optimalen Dämmschichtdicken den Vereinbarungen, die von der Enquete-Kommission
"Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" für das im Jahr 1989 erstellte Studienpaket
getroffen wurden. Sie wurden auf das Jahr 1990 umgerechnet. Für die TREND-Maßnahmenkette wurden die Annahmen der Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" für das
Szenario "ohne Steuern" übernommen. Die Annahmen im einzelnen:

Grundsätzlich wird mit realen Preisen gerechnet. Der reale Kapitalzins beträgt 4 % p.a. Für die Umrechnung auf nominale Verzinsungen wird eine Inflationsrate von 2,5 % p.a. angenommen. Für die Entwicklung der realen Energiepreise (Bezugsjahr 1990) wurden folgende Annahmen unterstellt (Trend-Entwicklung):

Tabelle 4.9: Annahmen zur Entwicklung der Energiepreise für Heizenergie im TREND-SZENARIO bei realen Preisen. Preisstand 1990

Zins. eigen	Zins fremd	Wartung			
0,015	0,04	0,02			
Energieträger	Einheit	Heizwert	DM/Ein- heit	Grundpreis	Preissteige rung
HEIZÖL-EL	Liter.	10	0,493	0	0,016
ERDGAS	m <sup>3</sup>	10	0,612	0	0,018
BRAUNKOHLE	dz	558,25	43,990	0	0,011
FERNWÄRME	kWh	1.0	0,079	0	0,018
Tagstrom	kWh	1.0	0,297	0	-0.009
STROM (Heizen)	kWh	1.0	0,126	0	-0,005
BRENNSTOFF	kWh	1,0	0,055	0	0,011

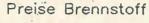
Für das Sparszenario wurden deutlich höhere Energiepreise unterstellt. Grafik 4.11 zeigt die Unterschiede in der Preisentwicklung für einen gemittelten Heizenergieträger "Brennstoff" zwischen dem Hochpreisszenario der Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" und den Annahmen des jetzigen Studienpaketes, das für die Variantenrechnungen die CO<sub>2</sub>-Steuer/Abgabevorschläge der EG-Kommission übernommen hat. Es zeigt sich, daß die beiden Steuervorschläge eng beieinander liegen und damit keine Alternativen darstellen. Der Endenergiepreis würde bis zum Jahr 2018 auf ein Niveau steigen, das 1982 in Deutschland in der letzten Energiepreiskrise bereits existierte und damals bereits nicht ausreichte, um nennenswerte energiesparende Investitionen im Wohngebäudebestand auszulösen. Aus diesem Grund wurde als scharfe Abgrenzungslinie für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen innerhalb der Objekte der Gebäudetypologie das Hochpreiszenario (1989) für die SPAR-Maßnahmekette gewählt.

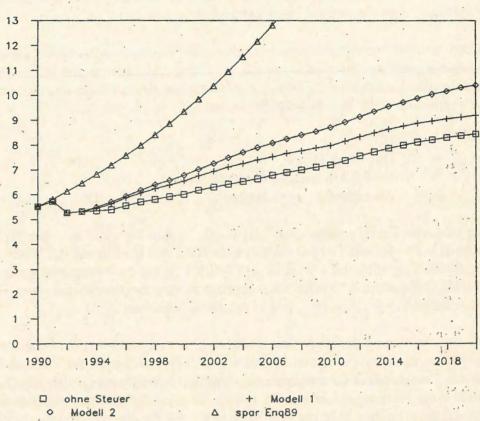
Tabelle 4.10: Annahmen zur Entwicklung der Energiepreise für Heizenergie im SPAR-SZENARIO bei realen Preisen. Preisstand 1990

Zins. eigen	Zins fremd	Wartung			
0,015	0,04	0,02			
Energieträger	Einheit	Heizwert	DM/Einheit	Grundpreis	Preissteige rung
HEIZÖL-EL	Liter	10	0,493	0	0,065
ERDGAS	m <sup>3</sup>	10	0,612	0	0,065
BRAUNKOHLE	dz	558,25	43,990	0	0,05
FERNWÄRME	kWh	1.0	0,079	0	0,05
Tagstrom	kWh	1.0	0,297	0	0.015
STROM (Heizen)	kWh	1.0	0,126	0	0,033
BRENNSTOFF	kWh	1,0	0,055	0	0,065

Die Angaben sind jeweils als Endpreise für die Haushalte zu verstehen.

Grafik 4.11: Entwicklung des Preises für Heizenergieträger nach den Annahmen der Enquete-Kommission 
"Schutz der Erdatmosphäre" 1990 (ohne Steuer, EG-Steuermodelle 1 und 2), sowie nach dem 
Hochpreisszenario der Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" 1989





Unter diesen Annahmen wären bei der SPAR-Entwicklung und einer Beheizung mit Brennstoff (Mittelwerte) im Jahr 1990 Energiesparmaßnahmen, die eine Nutzungsdauer von 25 Jahren haben, bis zu einem Preis von ca. 11 Pf. für die "eingesparte Kilowattstunde Energie" wirtschaftlich, bis 1993 würde die Wirtschaftlichkeitsschwelle auf 13 Pf/kWh steigen.

### 4.3 Optimale Dämmstoffstärken im Gebäudebestand

Bei nachträglichen Wärmeschutzmaßnahmen tritt immer wieder das Problem auf, welche Dämmstoffstärken sinnvollerweise zu wählen sind. Weit verbreitet ist die Praxis, die Dämmstoffdicken an der Untergrenze des gerade noch Vertretbaren zu halten. In diesem Abschnitt soll untersucht werden, welche Dicken für eine nachträgliche Dämmung aus betriebswirtschaftlicher Sicht gewählt werden sollten.

Hierzu wurden für verschiedene Maßnahmentypen die Investitionskosten ermittelt sowie die Energieeinsparung berechnet, jeweils in Abhängigkeit von der Dämmstoffstärke. Die Investitionskosten setzen sich jeweils zusammen aus einem Fixkostenanteil sowie einem Anteil, der proportional zur Dämmschichtdicke ist:

 $I(d) = I(0) + i \cdot d$ 

d = Dämmstoffdicke

I(d) = Investition bei Dämmstoffdicke d

i = Zusatzkosten pro Längeneinheit zusätzlicher Dämmstoffdicke.

Die jährliche Energieeinsparung E(d) wurde in Abhängigkeit von der Dämmstoffstärke berechnet, wobei jeweils Gebäude aus dem Bestand vor Einführung der Wärmeschutzverordnung zugrundegelegt wurden (k-Wert ca. 1,4 W/(m²K)). Bereits suboptimal gedämmte Bauteile mit wesentlich besseren k-Werten sind ohnehin in den meisten Fällen unter der Bedingung der wirtschaftlichen Rentabilität nicht energetisch sanierbar.

Für die Berechnung der Endenergieeinsparung wurde eine moderne Ölheizung zugrundegelegt. Für die Berechnung der Kosten wurde von den Preisszenarien der Enquete-Kommission 1989 für den Energieträger Öl ausgegangen, dem dort vereinbarten realen Kapitalzinssatz von 4 % sowie einer Nutzungsdauer von 25 Jahren für nachträgliche Dämmaßnahmen.

Aus diesen Angaben wird der Kapitalwert  $K_{Ein}(d)$  für die während der Nutzungsdauer eingesparten Energiekosten berechnet:

$$K_{Ein} (d) = E(d) - \sum_{t=1}^{n} \frac{P(t)}{(1+p)^{t}}$$

$$= E(d) - P(0) - \frac{1+s}{p-s} - (1 - (\frac{1+s}{1+p})^{n})$$

$$= E(d) - k$$

 $K_{Ein}(d)$  = Kapitalwert der eingesparten Energiekosten

E(d) = jährlich eingesparte Endenergie

n = Nutzungsdauer p = Kapitalzinssatz

 $s = j \ddot{a}hrliche Energiepreissteigerung (s \neq p)$ 

P(t) = Preis für die eingesparte Energieeinheit im t-ten Jahr nach der Maßnahme

k = Kapitalwert für Energiekosten für eine Energieeinheit pro Jahr

In den Abbildungen 4.1 bis 4.3 sind für verschiedene Maßnahmen die Kostenkurven I(d) und  $K_{Ein}(d)$  über der Dämmstoffdicke aufgetragen. Die Berechnungen beruhen auf den Annahmen der Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" und sind von daher

konservativ, da sich die zuwachsenden Investitionskosten reduziert haben. Während I(d) linear ist, geht  $K_{\text{Ein}}(d)$  proportional zu E(d) in eine Sättigung über (mehr als der Verlust durch das Bauteil kann nicht eingespart werden). Die gesamte Kosteneinsparung K(d) ergibt sich dann aus

$$K(d) = K_{Ein}(d) - I(d)$$

$$= k \cdot E(d) - i \cdot d - I(0)$$

Diese Kurve ist ebenfalls in den Abbildungen dargestellt. K(d) hat ein Maximum bei einer Dämmstoffstärke d<sub>opt</sub>, dem betriebswirtschaftlichen Optimum. Die Lage dieses Optimums hängt bei gegebenen Rahmendaten im wesentlichen von den spezifischen Investitionskosten i für eine zusätzliche Längeneinheit Dämmstoffdicke ab. Das Optimum hängt dagegen nicht von dem Fixkostenanteil I(0) ab, der die Kurve nur nach oben oder unten verschiebt. Die Abhängigkeit vom ursprünglichen k-Wert des ungedämmten Bauteils besteht in einer Verschiebung entlang der Dickenachse, denn der durch die Dämmaßnahme erzielbare wirtschaftlich optimale k-Wert ist von der Ausgangssituation unabhängig.

Damit ist der Faktor i die bestimmende Einflußgröße für die Berechnung der optimalen Dämmstoffstärken. Nach Analyse der Maßnahmenkataloge (vgl. Abschnitt 3.2 und 4.1) lassen sich die Maßnahmen in 3 verschiedene Gruppen einteilen, innerhalb derer die Zusatzkosten für einen zusätzlichen cm Dämmstoff ungefähr gleich sind. Als typische Repräsentanten dieser Maßnahmengruppen sollen folgende Maßnahmen dargestellt werden:

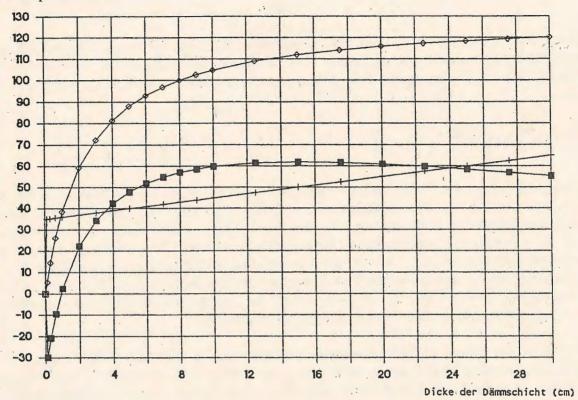
- a) <u>Steildachwärmedämmung mit Mineralwolle</u>
  Ein zusätzlicher cm Dämmstoff kostet 1 DM pro m<sup>2</sup> Dachfläche (80 Pf für den Dämmstoff und 20 Pf Zusatzkosten bei der Anbringung)
- b) Außendämmung einer Wand mit einem Wärmedämmverbundsystem aus Styropor Ein zusätzlicher em Dämmstoff kostet 2,50 DM pro m² Wandfläche (1,00 DM für den Dämmstoff und 1,50 DM Zusatzkosten bei der Anbringung)
- c) Innendämmung einer Außenwand mit Verbundplatten aus Styropor, Dampfsperre und Gipsplatte

Ein zusätzlicher cm Dämmstoffdicke kostet 6,80 DM pro m² Wandfläche. Neben den Kosten für den Dämmstoff (1,00 DM) und den zusätzlichen Kosten für die Anbringung (67 Pf) wurde hier auch der Barwert der zu zahlenden Miete bzw. der entgangenen Mieteinnahmen für den durch die Wärmedämmung verlorenen Innenraum berücksichtigt (5,13 DM).

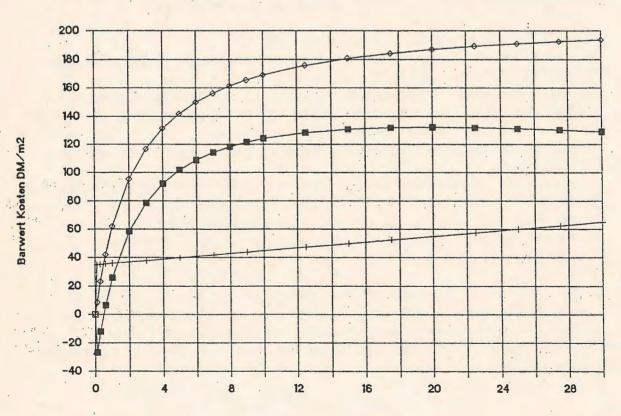
Für die drei Fälle sind in den folgenden drei Abbildungen die Kostenkurve I(d), K<sub>Ein</sub> (d) sowie die Gesamtkostenkurve K(d) wiedergegeben und zwar jeweils oben unter den Annahmen des Referenzpreisszenarios und unten unter den Annahmen des Hochpreisszenarios der Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" für den billigsten Energieträger Heizöl.

Abbildung 4.1: Referenzpreisszenario

Wirtschaftlichkeit einer Steildachdämmung mit Mineralwolle



#### Hochpreisszenario

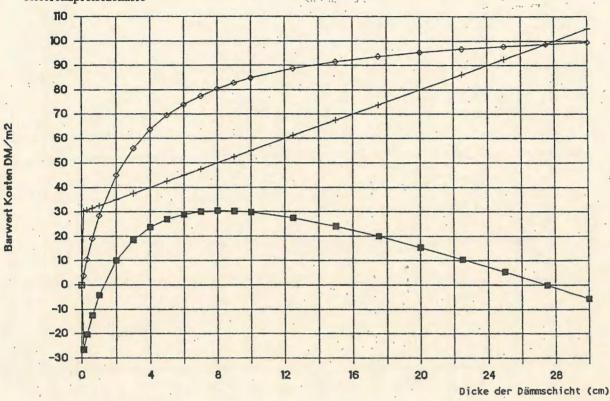


Netto-Einsparung (Energiekosteneinsparung abzügl. Investitionskosten)

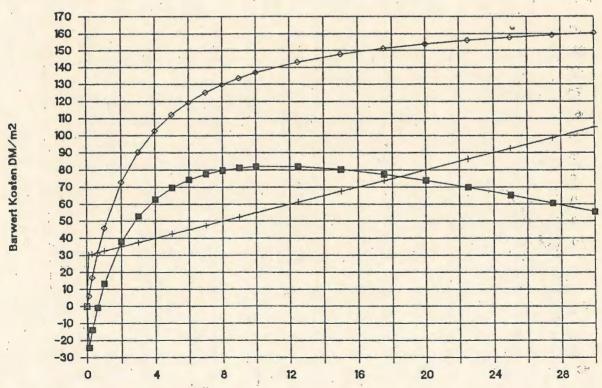
+ Investitionskosten

♦ Energiekosten-Einsparung

Abbildung 4.2: Wirtschaftlichkeit einer Thermohaut aus Polystyrol Referenzpreisszenario





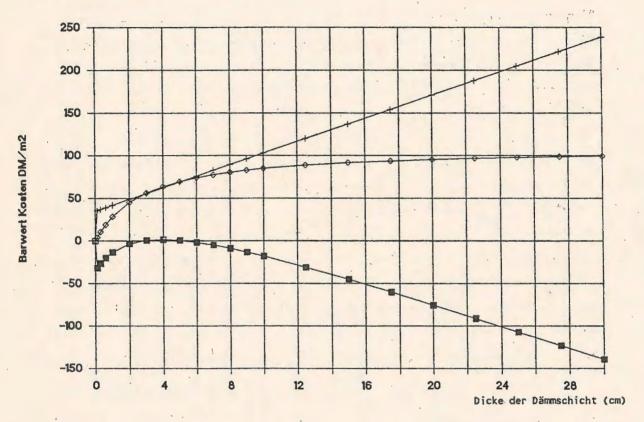


Netto-Einsparung (Energiekosteneinsparung abzügl. Investitionskosten) Investitionskosten

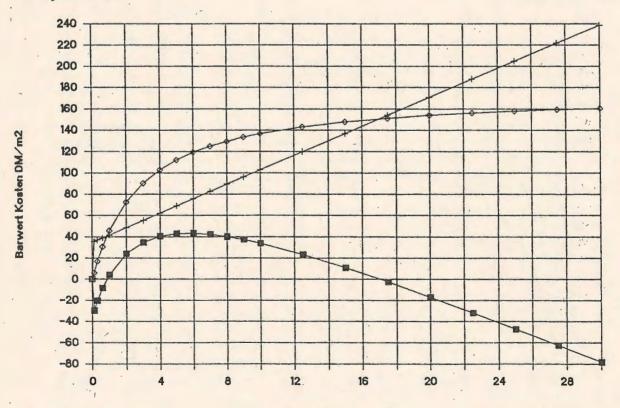
♦ Energiekosten-Einsparung

55,11

Abbildung 4.3: Wirtschaftlichkeit einer Innendämmung Referenzpreisszenario



#### Hochpreisszenario



Netto-Einsparung
(Energiekosteneinsparung abzügl.
Investitionskosten)

- + Investitionskosten
- Energiekosten-Einsparung

Die Gesamtkostenkurve K(d) verläuft jeweils im Bereich des Optimums sehr flach. Vor dem Hintergrund der unsicheren Preisentwicklungen müssen Dämmstoffstärken, bei denen die gesamte Kosteneinsparung nur um wenige Prozent vom Optimum abweicht, aus betriebswirtschaftlicher Sicht als gleichwertig angesehen werden. Damit erhält man als Ergebnis nicht nur einen optimalen Punkt, sondern eine Spannbreite von Dämmstoffstärken, die wirtschaftlich sinnvoll sind. Bei einer tolerierten Abweichung von 3 % vom optimalen Betriebsergebnis gibt Tabelle 4.11 eine Übersicht über die Spannweite wirtschaftlich sinnvoller Dämmstoffstärken.

Tabelle 4.11: Wirtschaftlich sinnvolle Dämmstoffstärken

Referenzpreisszenario	minimal sinnvolle Dämmstoffstärke (cm)	optimale Dämm- stoffstärke (cm)	maximal sinnvolle Dämmstoffstärke (cm)
Steildachdämmung mit Mineralwolle	9,7	14,7	21,8
Außendämmung einer Wand mit Wärmedämmver- bundsystem/Styropor	5,5	8,8	12,0
Innendämmung mit Ver bundplatte/Styropor	2,3	3,9	5,9

Hochpreisszenario	minimal sinnvolle Dämmstoffstärke (cm)	optimale Dämm- stoffstärke (cm)	maximal sinnvolle Dämmstoffstärke (cm)
Steildachdämmung mit Mineralwolle	13,4	19,5	27,9
Außendämmung einer Wand mit Wärmedämmver- bundsystem/Styropor	7,8	. 11,3	15,9
Innendämmung mit Ver bundplatte/Styropor	3,8	5,7	8,3

Aus der Übersicht in Tabelle 4.11 ist zu erkennen, daß heute übliche Dämmstoffstärken sich im Bereich der aus betriebswirtschaftlicher Sicht minimal sinnvollen Dämmstoffstärken befinden, und zwar unter Zugrundelegung einer unteren Preisentwicklung für den billigsten Energieträger Heizöl. Diese Dämmstoffstärken wurden den Maßnahmen der Maßnahmenkette TREND zugrundegelegt. Die Orientierung an der Untergrenze ist aber aus folgenden Gründen nicht sinnvoll:

- O Bei höheren Energiepreisen sind diese geringen Dämmstoffstärken deutlich außerhalb der Spanne der betriebswirtschaftlich sinnvollen Dicken. Dies ist ebenfalls aus Tabelle 4.11 zu erkennen.
- o Innerhalb der Spanne betriebswirtschaftlich praktisch nicht unterscheidbarer Maßnahmen sollten die ökologisch sinnvollsten ausgewählt werden:

Bei einer zu der wirtschaftlichen Betrachtung analogen Erstellung der Primärenergiebilanz (während der Nutzungsdauer eingesparte Primärenergie abzüglich Primärenergieaufwand bei der Herstellung) ergibt sich für den energieaufwendigen Dämmstoff Styropor eine optimale Dämmstoffstärke von 33 cm, die aus dieser Sicht sinnvollen Dämmstoffstärken liegen zwischen 17 und 60 cm /Feist 1986, vgl. Kapitel 9./. Bei anderen Dämmstoffen liegen diese Werte noch höher. Entsprechende Ergebnisse erhält man für die Emissionsbilanzen. Aus ökologischen Gründen sollte man sich daher an der aus betriebswirtschaftlicher Sicht maximal sinnvollen Dämmstoffstärke orientieren.

Die für die SPAR-Maßnahmenkette gewählten Dämmstoffstärken (20 cm Mineralwolle im Dach, 12 cm Thermohaut, 6 cm Innendämmung) entsprechen den maximal sinnvollen Dämmstoffstärken im Referenzpreisszenario und gleichzeitig etwa den optimalen Dämmstoffstärken des Hochpreisszenarios. Sie sind damit nicht nur bei einer hohen Energiepreisentwicklung, sondern auch bei einer geringen Energiepreissteigerung betriebswirtschaftlich sinnvoll. Sie liegen aber noch keineswegs an der Obergrenze für in Zukunft wirtschaftlich sinnvolle Dämmstoffstärken und noch weit entfernt vom ökologischen Optimum.

5 Berechnung der objektbezogenen Einsparpotentiale der Referenzgebäude der Gebäudetypologie

### 5.1. Untersuchungsmethode

### 5.1.1 Beschreibung des Energiebilanzmodells STATBIL

Für die Berechnung der Gebäude-Energiebilanzen wurde das Programm ENBIL eingesetzt.

ENBIL (und das zugrundeliegende Bilanzmodell STATBIL) verwendet für die Bestimmung des Wärmeverbrauchs eines Gebäudes ein Einkapazitätenmodell. Alle wärmespeichernden Massen des Gebäudes werden entsprechend ihrem Gewicht für die thermische Trägheit des Baus in einem Punkt, dem "Zentrum des Gebäudes", zu einer äquivalenten inneren Wärmekapazität zusammengefaßt. Ein solches Vorgehen ist in jedem Fall dann gerechtfertigt, wenn die Entladezeitkonstanten und die Temperaturen der unterschiedlichen Speichermassen nicht zu stark voneinander verschieden sind. Aber auch bei relativ starken Temperaturunterschieden lassen sich bei Verwendung entsprechender Gewichte sehr gute Werte für die monatlichen und ganzjährigen Energiebilanzen erhalten.

Daß die Verwendung von Einkapazitätenmodellen für die Simulation des thermischen Verhaltens von Gebäuden recht gut mit den Messungen übereinstimmende Ergebnisse liefert, konnte Bernd Steinmüller in seiner Dissertation /Steinmüller 1981/ eindrucksvoll beweisen. Sogar der Verlauf der mittleren Innentemperatur unter verschiedenen äußeren Randbedingungen kann mit einem solchen Modell, wenn die zugehörige Differentialgleichung numerisch schrittweise integriert wird, gut simuliert werden.

Bei der praktischen Anwendung in der Energieberatung geht es jedoch gar nicht um die Simulation des thermischen Verhaltens eines Gebäudes im Detail. Vielmehr werden Angaben über die Energiebilanz des Hauses über längere Zeiträume benötigt, um die Wirksamkeit verschiedener Energiesparmaßnahmen abschätzen zu können. Hier kann ein Einkapazitätenmodell gute Dienste leisten: selbst wenn die Simulation des Zeitverhaltens im Detail Abweichungen von den Meßwerten aufweist, so sind doch die zeitlich gemittelten Werte für die Energiebilanz in guter Übereinstimmung mit der Realität. Der Vergleich mit dynamischen Rechenprogrammen in einer Parameterstudie lieferte dieses Ergebnis /Feist 1989/.

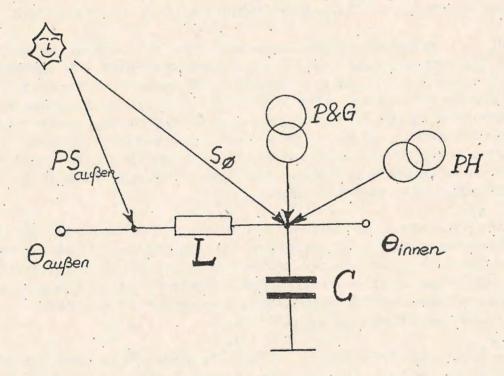
Für die zum Zweck der Energiebedarfsbestimmung zu erstellenden Energiebilanzen ist daher die Verwendung eines Einkapazitätenmodells in aller Regel ausreichend. Grenzen dieses Modells liegen beispielsweise bei der Behandlung von Gebäuden mit zwei oder mehr Temperaturzonen, deren Regelverhalten deutlich voneinander abweicht. Hier sollte je Zone eine gesonderte Kapazität vorgesehen werden - dies vermag STATBIL nicht zu leisten. Wohl können solche Bilanzen jedoch mit ein paar Tricks näherungsweise aus Bilanzen von je einer der zwei oder mehr Zonen zusammengesetzt werden.

#### Das Gebäudemodell

Abb. 5.1 zeigt das Grundmodell eines Gebäudes als Einkapazitätennetzwerk. Die gesamte Wärmekapazität des Hauses ist auf die einzige innere Wärmekapazität C konzentriert. Diese Kapazität wird mit der einzigen Temperaturzone des Hauses identifiziert. Sie ist somit immer

genau auf die jeweilige mittlere Raumtemperatur T<sub>i</sub> aufgeladen. Diese mittlere Raumtemperatur ist weder die Raumlufttemperatur noch die Strahlungstemperatur der Raumumfassungsflächen, sondern ein geeigneter Mittelwert hiervon. I. a. wird diese Temperatur mit der empfundenen Temperatur, die eine im Raum befindliche Person wahrnimmt, recht gut übereinstimmen. Bei gut außengedämmten Häusern stimmen alle genannten Temperaturen meist fast überein.

Abb. 5.1: Das Gebäude als Einkapazitätenmodell (Zeichenerklärungen im Text)



Die Wärmeverlustströme, welche das Gebäude verlassen, lassen sich zu einem gemeinsamen Wärmeverluststrom  $P_{\nu}$  zusammenfassen. Dieser Verlustwärmestrom wird über den äquivalenten bezogenen Wärmeverlust L (der im elektrischen Analogon einem Leitwert entspricht) an die Außenluft abgegeben. Es gilt also:

$$P_{V} = L \cdot (T_{i} - T_{a}) - P_{S} \tag{1}$$

dabei sind T<sub>i</sub> und T<sub>a</sub> die Innen- bzw. Außentemperaturen und P<sub>s</sub> die Verringerung des Wärmeverlustes durch auf die Außenoberfläche der nichttransparenten Bauteile auftreffende Solarstrahlung. Die Zusammensetzung des bezogenen Gesamtwärmeverlustes L (Maßeinheit W/K) aus Summe von k-Werten mal Flächen der Bauteile plus ausgetauschtem Raumluftvolumen mal Wärmekapazität der Luft wird später erläutert, ebenso die Bestimmung von P<sub>s</sub>. Hier genügt der Hinweis, daß diese beiden Werte zu jedem Zeitpunkt durch die äußeren Randbedingungen (Außentemperatur und Strahlung) sowie die Eigenschaften des Gebäudes festliegen und berechnet werden können.

Wir werden künftig die aktuelle mittlere Rauminnentemperatur mit T := T<sub>i</sub> abkürzen.

Neben dem in (1) ausgedrückten Wärmeverluststroms kommen dem Gebäude weitere drei

Energieströme als Gewinn zu:

#### Das solare Strahlungsangebot S

Durch die transparenten Bauteile gelangt solare Strahlungsenergie in die Räume. Sie kann zu jedem Zeitpunkt als Summe der effektiven Fensteröffnungen mal den jeweiligen spezifischen Strahlungsleistungen in Richtung der Öffnungen ermittelt werden. Das solare Energieangebot ist so als Wärmestrom S<sub>o</sub> zu jedem Zeitpunkt vorgegeben.

#### Innere Wärmequellen Pp&G

Zu jedem Zeitpunkt werden im Gebäude durch den Aufenthalt von Personen, den Betrieb von Geräten und die Bereitung von Warmwasser Abwärmeströme freigesetzt. Der Wärmestrom P<sub>P&G</sub> tritt als weitere "Gratisenergie" zum solaren Angebot hinzu.

#### Heiz(nutz)leistung PH

Je nach Betriebsart des Heizsystems kommt zu den genannten Wärmeströmen noch aktive Heizleistung P<sub>H</sub> hinzu.

#### Die Speicherbilanz

Alle vier oben beschriebenen Wärmeströme treffen im Einkapazitätenmodell am Knotenpunkt der Gebäudewärmekapazität C zusammen. Der Speicherenergieinhalt E der Wärmekapazität wird durch die Speichergleichung

$$E = C \cdot T \tag{2}$$

beschrieben. Differenzieren von (2) nach der Zeit t liefert die Energiebilanz des Speichers:

$$\frac{dE}{dt} = C \cdot \frac{dT}{dt}$$
 (3)

Der Energieerhaltungssatz (oder 1. Hauptsatz der Thermodynamik) sagt aus, daß diese Speicherenergiebilanz mit der Summe der dem Speicher zugeführten Energie identisch sein muß:

$$C \cdot \frac{d T(t)}{d t} = P_H(t) + S_o(t) + P_{P&G}(t) - P_V(t)$$
 (4)

Dies ist die dem Einkapazitätenmodell zugrundeliegende Bilanzgleichung. Da Solarangebot S<sub>o</sub> und innere Wärmequellen von der Innentemperatur T nicht abhängen und die Abhängigkeit von P<sub>v</sub>(t) nach (1) eingesetzt werden kann, ergibt sich als Modellgleichung

$$C \cdot \frac{dT(t)}{dt} = P_{H}(t) + S_{o}(t) + P_{P\&G}(t) - L \cdot (T(t) - T_{a}(t)) + P_{S}(t)$$
 oder
$$C \cdot \frac{dT(t)}{dt} = -L \cdot T(t) + (P_{H}(t) + S_{o}(t) + P_{P\&G}(t) + L \cdot T_{a}(t) + P_{S}(t))$$
 (5)

eine inhomogene, lineare Differentialgleichung erster Ordnung für die Rauminnentemperatur

Diese Gleichung kann nun zur Grundlage der Simulation des Zeitverhaltens des Einkapazitä-

tenmodells gemacht werden, indem (5) numerisch in Abhängigkeit von den Inhomogenitäten zeitschrittweise integriert wird (wie bei Steinmüller). Durch die besondere Einfachheit der Gleichung kann sie jedoch auch für einen überblickbaren Zeitraum mit einfachen Inhomogenitäten analytisch exakt gelöst werden. Eine solche Lösung liegt dem Gang der Berechnung bei STATBIL zugrunde.

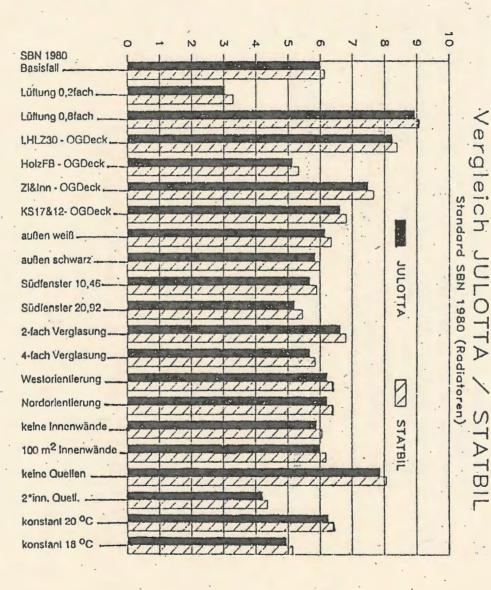
Um Gleichung (5) zu einer Bestimmungsgleichung für den Verlauf der täglichen Innentemperatur T (bzw. der Heizleistung  $P_{H}(t)$ ) zu machen, muß der Zeitverlauf von Solareinstrahlung  $S_{o}(t)$ , innerer Wärmeleistung  $P_{P\&G}(t)$  sowie Außentemperatur  $T_{a}$  und  $P_{S}$  bekannt sein. Der genaue Zeitverlauf dieser Größen ändert sich nun von Tag zu Tag und Jahr zu Jahr beträchtlich. Andererseits stellt sich jedoch heraus, daß kurzfristige Änderungen der Größen innerhalb weniger Stunden kaum einen Einfluß auf die Energiebilanz haben, da sie durch die thermische Trägheit des Gebäudes "weggemittelt" werden. Für die Aufstellung einer Energiebilanz spielt daher der exakte Zeitverlauf der Größen kaum eine Rolle, solange die Tagessummen und Tagesmittelwerte richtig getroffen werden und kurzfristige Wärmelasten (wie z. B. Einstrahlungsspitzen) nicht unzulässig verschmiert werden. Bei der Erstellung von monatlichen Bilanzen mit STATBIL stellte es sich heraus, daß bereits ein einfaches Verlaufsmodell für die Inhomogenitäten an einem Modelltag ausreicht, um hinreichend genaue Werte für den Heizenergieverbrauch zu erhalten.

Eine ausführliche Beschreibung des Energiebilanzprogramms STATBIL findet sich in /Feist-Zolper/.

STATBIL wurde im Rahmen von Parameterstudien mit dynamischen Rechenprogrammen verglichen /Feist 1989/.

Ein über mehrere Jahre erprobtes international verwendetes dynamisches Rechenprogramm ist JULOTTA, das am Technischen Institut der Universität Lund entwickelt wurde /Källblad 1986/. Das gut dokumentierte Modell war Gegenstand internationaler Programmvergleiche, und nach den vorliegenden Erfahrungen bildet JULOTTA das thermische Gebäudeverhalten recht gut ab.

Abbildung 5.2 zeigt Vergleichsrechnungen zwischen STATBIL und JULOTTA für die Jahresenergieverbräuche einer Reihe von Varianten zu einem Gebäude, das in der Basisausführung der schwedischen Baunorm von 1980 entspricht. Alle Abweichungen bewegen sich im Bereich von 2 bis 4 %. Diese sind im wesentlichen auf jahreszeitliche Speichereffekte zurückzuführen. In Bezug auf die Wirkung von Wärmeschutzmaßnahmen besteht eine sehr gute Übereinstimmung.



1. 1

## 5.1.2. Definition der Zustände IST, UR, START für die Wärmebilanzrechnungen

Zur Ermittlung der Energiekennzahl und der Einsparpotentiale durch heizungstechnische und bauliche Maßnahmen werden für jedes Objekt eine Reihe von Varianten betrachtet. Diese Varianten werden in folgender Weise definiert:

- IST: kennzeichnet den momentanen baulichen und heizungstechnischen Zustand sowie die gegebene Nutzungsstruktur. Zu diesem Zustand gehört der gemessene Energieverbrauch. Unsichere Daten (in Bezug auf die Nutzung, evtl. auch der Heizanlage) sind so abzuschätzen, daß der berechnete und der gemessene Energieverbrauch innerhalb einer Toleranzgenauigkeit übereinstimmen.
- UR: Der UR-Zustand ist der bauliche Originalzustand (soweit zu ermitteln). Im UR-Zustand gibt es keine nachträglichen energetischen Sanierungen. Der UR-Zustand stimmt mit dem IST-Zustand überein, wenn keine nachträglichen energetischen Sanierungen durchgeführt wurden. Dieser Zustand wird deshalb gebraucht, weil die nachträglichen Energiesparmaßnahmen des zufälligen Objekts nicht bei allen Objekten der genannten Klasse des zugehörigen Gebäudetyps durchgeführt wurden. Die Heizungsanlage ist eine moderne Öl- oder Gas-Zentralheizung. Die Nutzung entspricht der Standard-Nutzung.
- START: Die Fenster sind (heute weitgehend übliche) Isolierglasfenster, sonst ist START mit UR identisch. START ist Ausgangszustand für die Maßnahmenketten.

### 5.1.3 Standardbedingungen

#### 5.1.3.1 Standardnutzung

Mit Ausnahme des IST-Zustands wurde für alle Gebäude eine einheitliche Standard-Nutzung zugrundegelegt. Dadurch wird der Vergleich verschiedener Gebäude unter einheitlichen Rahmenbedingungen ermöglicht. Ferner soll die Standardnutzung möglichst durchschnittliche reale Bedingungen widerspiegeln, um einerseits mögliche Energieeinsparungen und deren Wirtschaftlichkeit realistisch einschätzen zu können, und um andererseits auf der Basis dieser Rahmendaten die gesamte Heizenergiebilanz für die Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland erstellen zu können.

In diesem Abschnitt werden die getroffenen Annahmen dargestellt und begründet. Es zeigte sich, daß die Hochrechnung des Energieverbrauchs auf der Basis der untersuchten Gebäudetypen mit diesen Rahmendaten unerwartet genau dem in der Energiebilanz der Bundesrepublik ausgewiesenen Heizenergieverbrauch der Haushalte entsprach. Eine nachträgliche Anpassung der Annahmen über die durchschnittliche Nutzung war nicht erforderlich.

#### Raumtemperaturen

Die notwendige Raumtemperatur bewohnter Gebäude ist abhängig vom Behaglichkeitsempfinden des Nutzers. Je nach Tätigkeit und Kleidung liegt der als angenehm empfundene Bereich zwischen 18 und 21° C in Wohnräumen. I. a. werden bei nicht anstrengender, aber bewegter körperlicher Tätigkeit 20° C ausreichend empfunden.

Detaillierte Untersuchungen über derzeit übliche Raumtemperaturen fehlen. Daher mußten Annahmen über die bei den Energiebilanzen zugrundezulegenden Temperaturen getroffen werden. Zur Einschätzung standen rund 1600 Fragebögen von Ein/Zweifamilienhausbesitzern zur Verfügung, für die individuelle Gutachten erstellt wurden. Aus der Bearbeitung der Energiegutachten lassen sich folgende Trends deutlich ablesen:

- ein erheblicher Teil des Gebäudes wird eingeschränkt bis selten beheizt
- die Temperatur des ständig beheizten Teils liegt selten über 20° C.

Für die Standardnutzung wurde daher angenommen, daß jeweils ein Drittel der Wohnfläche mit 20, 18 und 15° C beheizt wird. Die mittlere Raumtemperatur liegt dann bei 17,5° C.

Diese Annahmen beziehen sich zunächst nur auf Ein- und Zweifamilienhäuser. Für Mehrfamilienhäuser wurde die mittlere Temperatur mit 18° C um 0,5° C höher angesetzt, da hier der Anteil teilbeheizter Flächen im Verhältnis zu den ständig beheizten Flächen geringer ist.

Die entsprechenden Werte wurden für die NBL um 0,5 °C höher angesetzt, da hier gegenwärtig im Geschoßwohnungsbau bei zentraler Beheizung und mangelnder Regelfähigkeit zwangsweise höhere Temperaturen gefahren wurden.

Diese Standard-Temperaturen gelten nur für zentrale Heizsysteme. Als Standard-Heizung wurde jedoch eine zentrale Beheizung unterstellt (s. u.), so daß die Standardbedingungen miteinander kompatibel sind. Bei dezentralen Heizsystemen sind die durchschnittlichen Temperaturen geringer. Dies wurde für den Abgleich mit der Energiebilanz 1990 berücksichtigt.

Die oben angegebenen Temperaturen gelten für den Tag. Darüber hinaus wurde eine achtstündige Nachtabsenkung unterstellt.

# Innere Wärmequellen

Die Höhe der inneren Wärmequellen wurde in Bezug auf Personenbelegung der Wohnungen, Wasserverbrauch und Ausstattung mit Haushaltsgeräten vom heutigen Durchschnitt abgeleitet, erwartete zukünftigen Veränderungen wurden jedoch mit einbezogen. Die Annahmen entsprechen der Standardnutzung im "Leitfaden Energiebewußte Gebäudeplanung" /HMUB-IWU 1990/. Im einzelnen wurden folgende Annahmen getroffen:

Die Wärmeabgabe pro Person beträgt im Durchschnitt (Erwachsene und Kinder) 80 W, die durchschnittliche tägliche Anwesenheitszeit beträgt 12 Stunden. Daraus ergibt sich eine Dauerleistung von 40 W pro Person.

Es wurde angenommen, daß die Haushalte eine sehr gute Ausstattung mit elektrischen Geräten aufweisen. Die Geräte selbst werden jedoch deutlich sparsamer, da die heute am Markt angebotenen Geräte effizienter sind als die im Bestand vorhandenen Haushaltsgeräte. Im Hinblick auf eine in Zukunft verstärkte Bemühung um die Energieeinsparung gehen wir darüber hinaus davon aus, daß sich die Verbräuche zukünftiger Geräte in Zukunft eher an den sparsamsten heute am Markt angebotenen Geräten orientieren werden. Der Stromverbrauch liegt dann im Durchschnitt bei 700 kWh pro Person und Jahr (vgl. /Ebel 1989/). Davon fallen 75 % in beheizten Räumen an, sind also maximal als Abwärme nutzbar. Daraus ergibt sich eine Dauerleistung von 60 W pro Person.

Es soll hier noch einmal betont werden, daß es wichtig ist, gerade die Abwärme der elektrischen Geräte nicht zu überschätzen, wie dies häufig geschieht. Da die inneren Wärmequellen den Heizenergiebedarf vermindern, werden so leicht die verbleibenden Heizenergieverbräuche nach weitgehender Durchführung von Energiesparmaßnahmen unterschätzt. Paradoxerweise führt dann ein verschwenderischer Umgang mit Strom zu (relativ) höheren Einsparungen bei der Heizenergie. Zu einer konsequenten Einsparstrategie gehört aber erst recht der rationelle Umgang mit dem hochwertigen Energieträger Strom, zumal gerade im Bereich der Haushaltsgeräte die Erschließung der Einsparpotentiale in hohem Maße wirtschaftlich ist /Feist 1987/, /Ebel 1989/.

In der Energiebilanz häufig vergessen wird der Heizenergiebedarf für das Erwärmen des Kaltwassers, der aber bei einem guten Wärmeschutzstandard nicht mehr zu vernachlässigen ist. Dieser Effekt wirkt wie eine negative innere Wärmequelle. Bei Verwendung wassersparender Armaturen, die in Zukunft zum selbstverständlichen Standard gehören sollten, entspricht der Heizenergiebedarf für das Kaltwasser einer "Wärmequelle" mit einer Dauerleistung von -30 W pro Person.

Für die inneren Quellen zusammen ergibt sich damit eine Dauerleistung von 70 W pro Person. Bei einer durchschnittlichen Personenbelegung der Wohngebäude von 35 m² pro Person bei Mehrfamilienhäusern und 45 m² pro Person bei Ein- und Zweifamilienhäusern beträgt die Dauerleistung 2 W pro m² Wohnfläche bei Mehrfamilienhäusern und 1,6 W pro m² Wohnfläche bei Einfamilienhäusern.

Diese Wärmegewinne sind auch während der Heizperiode nicht in vollem Umfang nutzbar.

Der Anteil der nutzbaren Wärmegewinne wird im Einzelfall im Energiebilanzprogramm berechnet (vgl. 5.1.1).

# 5.1.3.2 Standardheizung

Um die Vergleichbarkeit der baulichen Gebäudezustände zu gewährleisten sowie um klare Randbedingungen für die Beurteilung des Einspareffekts baulicher Energiesparmaßnahmen zu setzen, wurde für alle Gebäudetypen ein einheitliches Standard-Heizsystem definiert. Dieses wurde zugrundegelegt für die Zustände UR und START (vgl. 5.1.2.) sowie für alle Gebäudezustände, die durch die Durchführung von baulichen Energiesparmaßnahmen von den Originalzuständen abgeleitet sind.

Das für die vorliegende Studie definierte Standard-Heizsystem entspricht einer modernen Öloder Gas-Zentralheizung. Bei fernwärmebeheizten Gebäuden wurde eine modernisierte Fernwärmeübergabestation unterstellt. Zentrale Öl- und Gasheizungen sind heute die häufigsten Heizsysteme. Es ist zu erwarten, daß die dezentralen Heizsysteme in Zukunft weitgehend vom Markt verdrängt werden. Innerhalb von 10-15 Jahren werden darüber hinaus alle alten Heizanlagen mit hohen Betriebs- und Bereitschaftsverlusten durch neue ersetzt sein, deren Nutzungsgrade dem heutigen Marktangebot entsprechen. Während des Hauptuntersuchungszeitraums dieser Studie wird somit die hier beschriebene Standardheizung das dominierende Heizsystem sein.

Im einzelnen wurden für das Standard-Heizsystem folgende Vereinbarungen getroffen:

Kesselwirkungsgrad: 90 %
Bereitschaftsverlust-Beiwert: 0,8 %
Vorlauftemperatur: 70 °C
Rücklauftemperatur: 55 °C

k\*-Wert der Leitungen: 0,3 W/(mK)

Zentrale Regelung

# Fernwärmeübergabestation:

Wärmetauscherwirkunsgrad: 95 %
Bereitschaftsverluste: 0,5 %
Vorlauftemperatur: 90°C
Rücklauftemperatur: 70°C

k\*-Wert der Leitungen: 0,3 W/(mK)

Zentrale Regelung

Die Warmwasserbereitung wird nicht mitgerechnet, da in dieser Studie nur der Heizenergiebedarf untersucht wird.

Diese Annahmen über die Heizsysteme haben folgende Auswirkungen:

Die Endenergieverbräuche sind geringer als im Durchschnitt heutiger zentraler Heizungssysteme. Dementsprechend sind auch die durch bauliche Energiesparmaßnahmen erzielbaren Endenergieeinsparungen geringer als bei durchschnittlichen heutigen Heizsystemen. Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen wird dadurch u. U. etwas

ungünstiger beurteilt als es den gegenwärtigen Umständen entspräche.

- Da die Standardheizung geringere Bereitschaftsverluste aufweist als eine durchschnittliche heutige Zentralheizung, tritt die relative Endenergieeinsparung (bezogen auf den Verbrauch ohne Energiesparmaßnahmen) deutlicher hervor.

Neben dem Endenergieverbrauch der Gebäude wird aus der Energiebilanz auch der Nutzenergiebedarf berechnet. Die Hochrechnungen der Einsparpotentiale auf den gesamten Gebäudebestand in Kap. 8 werden für den Nutzenergiebedarf durchgeführt. Die Nutzenergieverbräuche der Gebäudetypen sowie die statistische Verteilung der verschiedenen Heizanlagen sind die Grundlage für die Berechnung des Endenergiebedarfs für die Raumheizung sowie für die Berechnung der zusätzlichen Einsparpotentiale durch heizungstechnische Maßnahmen.

# 5.1.4 Die Maßnahmenketten Trend und Spar

Es werden zwei Maßnahmenketten definiert:

- TREND: Kette von Gebäudevarianten, die durch sukzessive ausgeführte Sparmaßnahmen am Gebäude aus dem START-Zustand hervorgehen. Die Qualität der Maßnahmen entspricht dem Trend. Nichts ist darüber gesagt, in welchem Umfang diese Maßnahmen tatsächlich durchgeführt werden.

Wenn der IST-Zustand nicht mehr dem UR- oder START-Zustand entspricht, wird der IST-Zustand in baulicher Hinsicht einem der TREND-Zustände nahekommen. In Bezug auf Heizanlage und Nutzung sind die TREND-Varianten jedoch mit dem START-Zustand identisch. Insbesondere werden folgende Maßnahmen berücksichtigt:

- Neufenster mit Isolierverglasung
- kleinere Maßnahmen (z. B. Heizkörpernischen dämmen)
- Dachdämmung (Dachboden, Flachdach, Steildach)
- Kellerdecken und/oder Kellerwanddämmung
- Außenwandwärmedämmung (Außen/Innen-/Kerndämmung)
- Absenken der Raumtemperatur um 1 Grad Celsius.

Die Maßnahmen sind in Abschnitt 3.2/4.1 dokumentiert.

- SPAR: Kette von Gebäudevarianten, die durch sukzessive ausgeführte Sparmaßnahmen am Gebäude aus dem START-Zustand hervorgehen. Die Qualität der Maßnahmen entspricht dem heute technisch und wirtschaftlich erreichbaren Standard.

Alle SPAR-Varianten gehen von der Standardheizung und Standardnutzung aus, sind also in Bezug auf Heizungsanlage und Nutzungsstruktur mit dem START-Zustand identisch.

Insbesondere werden folgende Maßnahmen berücksichtigt:

- Dachdämmung (Dachboden, Flachdach, Steildach).
- Kellerdeckendämmung, Dämmung der Kellerwände, Fußbodenerneuerung.
- Außenwandwärmedämmung (Außen-/Innen-/Kerndämmung mit Thermohaut kombiniert).
- Ersatz der Isolierverglasung durch Wärmeschutzisolierverglasung.
- Einbau einer Lüftungsanlage ohne/mit Wärmerückgewinnung.
- Absenken der Raumtemperatur um 1 Grad Celsius.

Die Maßnahmen sind in Abschnitt 3.2/4.1 dokumentiert.

# - Temperaturabsenkung:

Zur Quantifizierung der möglichen Energieeinsparung durch Verzicht auf Energiedienstleistungen wird die Raumtemperatur gegenüber der Standardnutzung um 1 K abgesenkt.

Dies wird für drei Zustände durchgeführt:

- für den Zustand START
- für den Endzustand der Maßnahmenkette TREND
- für den Endzustand der Maßnahmenkette SPAR.

# 5.2 Dokumentation der untersuchten Gebäude

Die Gebäude sind mit ihren Maßnahmenketten, den damit verbundenen Investitionskosten, den erzielbaren Einsparungen sowie der wirtschaftlichen Bewertung der Maßnahmen vollständig tabellarisch dokumentiert.

Die Haustypenmatrix in Kapitel 2. gibt einen Überblick über die Gesamtheit der in die Untersuchung einbezogenen Gebäudetypen und die jeweils wirtschaftlich erzielbaren Nutzenergieeinsparpotentiale bei einem (zukünftigen) Endenergiepreis von 13 Pf/kWh.

Das Vorgehen wird am Beispiel eines großen Mehrfamilienhauses der Baualtersklasse E (GMHE) aus den alten Bundesländern demonstriert. Dargestellt sind die Zustände IST, UR, START sowie die Maßnahmenketten TREND und SPAR.

In Tabelle 5.1 sind die SPAR-Maßnahmen für dieses Gebäude im Überblick dargestellt.

Gebäude-Dokumentation GMHE I Objektdaten

# IST - Zustand



Haustyp : Großes Mehrfamilienhaus

Umbautes Volumen: 11510 Kubikmeter

Wohnfläche : 3534 m²

Raumhöhe 2.50 m

Luftwechsel : 0.60 1/h

Hüllflächen	Fläche / m²	k-Wert/ W/(m2K)
Dach und Dachgeschoßdecke Außenwände erdberü. Bauteile, Kellerdecke Außenwände vor Heizkörpern gesamte Fensterfläche Nachts: Rolladen / Klappladen	479.58 3134.59 459.24 115.20 687.03 687.03	0.800 1.760 1.010 2.140 Tag: 5.200 Nacht: 5.200
Wärmebrücken (lineare)	Gesamtlänge / m	WBrüKoeff/ W/(mK)
Wärmebrücke-Perimet Wärmebrücke-Laibung Wärmebrücke-Balkon	135.99 1726.50 172.00	0.046 0.067 0.389
Solarenergie durch Fenster	Flächen / m²	Gesamtdurchlaß
Fensterfl. Sůd / Ost / Nord	26.6 646.1 14	0.4800
Wärmes Daten zur Nutzung	peicherkapazi. =	180200 Wh/K
Tagsolltemperatur = 18.00 °C Nachtsolltemperatur = 15.00 °C Maximaltemperatur = 24.00 °C Leistung Pers/Geräte = 7100 °C Dauer Nachtabsenk. = 8.0 h Wochenendabsenkung : N		
DATEN der HEIZANLAGE	•	
Kesselleistung = 370000 W Bereitschaftsverl. = 0.100 % Länge Heizleitungen= 85.60 m Vorlauftemperatur = 90.00 °C Zentrale Regelung : J	Bereitschaftsabs	chaltung: J en) = 0.300 W/m/K
Daten zur Warmwasserbereitung Warmwasser wird mitgerechnet : J		
WW-Verbrauch (60°C) = 4100 l/d Anteil Durchlaufer = 100.00 % Dez. Speichervolum = 0.000 m^2 k-Wert Speicher 0.000 W/m²/l Länge Zuleitungen = 1.000 m	Wirkungsgr. Durch Dez. Speicherobe	hlauf= 99.00 % rflä.= 0.00 m² her = 60.0 °C

# ENBIL-Energiebilanz

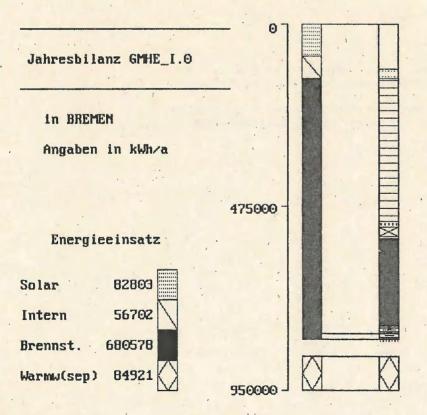
Referenzobjekt GMHE\_I Institut Wohnen und Umwelt 64285 Darmstadt

# Der Energieeinsatz

	Folgende Energieströme werden dem Haus zugefüh	rt (in kWh/a)	(in %):
	Einstrahlung der Sonne durch die Fenster (nur Heizzeit) Wärmequellen im Innern des	82803	10
y	Gebäudes (Personen, Geräte) Brennstoff in der Heizanlage	56702	7
	(Öl, Gas, Kohle,)	680578	83
	Summe Energieeinsatz	820083	100

# Die Energieverluste

Die Wärmeverluste verteilen sich wie folgt	(in kWh/a)	(in %):
Lüftungswärmeverlust Dach und oberste Geschoßdecken Wärmeleitung durch die Außenwand	119873 25517 366925	15 3 45
Grundfläche, Kellerdecke und -wände Verluste durch die Heizkörpernischen	15425 24595	2
Wärmeverluste durch die Fensterscheiben Wärmeverluste durch Wärmebrücken Warmwasser aus der Zentralheizung	237609 12560	29 2 0
Verluste der Heizanlage  Summe Energieverluste	17581 820083	2
Squille Biter Die Action Ce	020003	100



# Energieverluste

	Luftwe.	119873
	Dach	25517
	Wand	366925
IIII	Keller	15425
X	HKNische	24595
	Fenster	237609
	I Cita (CI	0
		0
		0
		0
	Perimet	416
	Laibung	7694
	Balkon	4450
	Warmw(gekop)	0
	Leitungen	9174
	Kessel	6697
	Stillstand	1710
	Warmw (sep)	84921
LXZ	mar new (ach)	0.1561

Referenzobjekt GMHE\_I Verbrauchsbeurteilung

Der Brennstoffverbrauch des Gebäudes liegt im Referenzfall durchschnittlich bei 680578 kWh FERNWÄRME pro Jahr. Zusätzliche Brennstoffe wurden dem Hauptenergieträger zugerechnet.

Dieser Verbrauch entspricht in Energieeinheiten (kWh) umgerechnet 680578 Kilowattstunden FERNWÄRME pro Jahr.

Die Energiekennzahl Heizung

(Endenergieverbrauch pro Jahr bezogen auf die Wohnfläche) beträgt 193 kWh/(m²a).

#### Brennstoffkosten

Für FERNWÄRME liegt der Berechnung ein heutiger (1994) Durchschnittspreis von brutto 0.079 DM/kWh zugrunde.

Die Brennstoffkosten betragen daher momentan 53766 DM/Jahr. Für die nächsten 25 Jahre wird eine durchschnittliche Teuerung von real 1.30 % pro Jahr für FERNWÄRME angenommen. Die durchschnittlichen Brennstoffkosten OHNE Energiesparmaßnahmen betragen dann im Mittel der nächsten 25 Jahre real 62227 DM/Jahr. Dieser Vergleichswert ist für den Wirtschaftlichkeitsvergleich mit den auf den folgenden Seiten beschriebenen ENERGIESPARMASSNAHMEN zugrundgelegt (es wird Energie zu künftigen Preisen eingespart).

#### Kapitalkosten für Sparmaßnahmen

Für das eingesetzte Kapital sind Zinsen und Tilgung zu bezahlen. Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung wurde angenommen, daß die nachfolgenden Energiesparmaßnahmen zu den Bedingungen eines Darlehens mit derzeit 8.2 % effektivem nominalen Jahreszins, d.h. mit einem Realzins von 4.00 %, finanziert werden.

#### Schadstoffbilanz

Durch die Energiebereitstellung und durch den Energieverbrauch vor Ort ergeben sich folgende Emissionen von zwei wichtigen Schadstoffarten.

Schwefeldioxid (SO2) ist ein Hauptverursacher des s.g. sauren Regens. Kohlendioxid (CO2) ist das wichtigste Treibhausgas.

Emissionen SO2: 136.1 kg/a Emissionen CO2: 181.0 t/a Gebäude-Dokumentation
Objektdaten GMHE\_U

# UR - Zustand

Haustyp : Großes Mehrfamilienhaus

Umbautes Volumen: 11510 Kubikmeter

Wohnfläche : 3534 m²

Raumhöhe : 2.50 m

Luftwechsel : 0.60 1/h

Hüllflächen	Fläche / m²	k-Wert/ W/(m2K)
Dach und Dachgeschoßdecke	479.58	0.800
Außenwände	3134.59	1.760
erdberü. Bauteile, Kellerdecke	459.24	1.010
Außenwände vor Heizkörpern	115,20	2.140
gesamte Fensterfläche	687.03	Tag: 5.200
Nachts: Rolladen / Klappladen	687.03	Nacht: 5.200
Wärmebrücken (lineare)	Gesamtlänge / m	WBrüKoeff/ W/(mK)
Wärmebrücke-Perimet	135.99	0.046
Wärmebrücke-Laibung	1726.50	0.067
Wärmebrücke-Balkon	172.00	0.389
Solarenergie durch Fenster	Flächen / m²	Gesamtdurchlaß
Fensterfl. Süd / Ost / Nord	26.6 646.1 14	4.3 0.4800
Daten zur Nutzung Wärmesp	peicherkapazi. =	180200 Wh/K
Tagsolltemperatur = 18.00 °C Maximaltemperatur = 24.00 °C Dauer Nachtabsenk. = 8.0 h	Nachtsolltemperat Leistung Pers/Ger Wochenendabsenkur	räte = 7100 W
DATEN der HEIZANLAGE	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
Kesselleistung = 370000 W Bereitschaftsverl. = 0.800 % Länge Heizleitungen= 85.60 m Vorlauftemperatur = 70.00 °C Zentrale Regelung : J	Kesselwirkungsgra Bereitschaftsabs k*-Wert (Leitung Rücklauftemperat	chaltung: N en) = 0.300 W/m/K
Daten zur Warmwasserbereitung	Warmwasser wird	mitgerechnet : N

# ENBIL-Energiebilanz

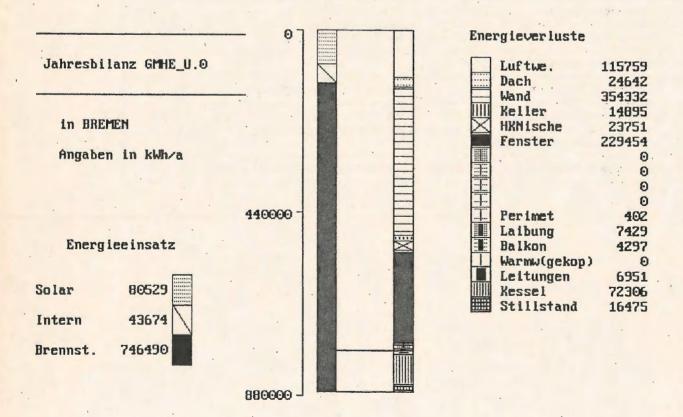
Referenzobjekt GMHE\_U Institut Wohnen und Umwelt 64285 Darmstadt

Der Energieeinsatz

Folgende Energieströme werden dem Haus zugeführt (in	kWh/a) (in %)
Einstrahlung der Sonne durch die Fenster (nur Heizzeit) 8052	29 9
Wärmequellen im Innern des Gebäudes (Personen, Geräte) 4367	74 5
Brennstoff in der Heizanlage (Öl, Gas, Kohle,) 74649	90 86
Summe Energieeinsatz 87069	100

# Die Energieverluste

Die Wärmeverluste verteilen sich wie folgt	(in kWh/a)	(in %)
Lüftungswärmeverlust Dach und oberste Geschoßdecken Wärmeleitung durch die Außenwand Grundfläche, Kellerdecke und -wände Verluste durch die Heizkörpernischen Wärmeverluste durch die Fensterscheiben Wärmeverluste durch Wärmebrücken Warmwasser aus der Zentralheizung Verluste der Heizanlage	115759 24642 354332 14895 23751 229454 12129 0	13 3 41 2 3 26 1 0
Summe Energieverluste	870692	100



Referenzobjekt GMHE\_U Verbrauchsbeurteilung

Der Brennstoffverbrauch des Gebäudes liegt im Referenzfall durchschnittlich bei 74649 m^3 ERDGAS pro Jahr. Zusätzliche Brennstoffe wurden dem Hauptenergieträger zugerechnet.

Dieser Verbrauch entspricht in Energieeinheiten (kWh) umgerechnet 746490 Kilowattstunden ERDGAS pro Jahr.
Die Energiekennzahl Heizung

(Endenergieverbrauch pro Jahr bezogen auf die Wohnfläche) beträgt

211 kWh/(m²a).

#### Brennstoffkosten

Für ERDGAS liegt der Berechnung ein heutiger (1994) Durchschnittspreis von brutto 0.612 DM/m<sup>3</sup> zugrunde.

Die Brennstoffkosten betragen daher momentan 45685 DM/Jahr. Für die nächsten 25 Jahre wird eine durchschnittliche Teuerung von real 1.30 % pro Jahr für ERDGAS angenommen.

Die durchschnittlichen Brennstoffkosten OHNE Energiesparmaßnahmen betragen dann im Mittel der nächsten 25 Jahre real 52875 DM/Jahr. Dieser Vergleichswert ist für den Wirtschaftlichkeitsvergleich mit den auf den folgenden Seiten beschriebenen ENERGIESPARMASSNAHMEN zugrundgelegt (es wird Energie zu künftigen Preisen eingespart).

# Kapitalkosten für Sparmaßnahmen

Für das eingesetzte Kapital sind Zinsen und Tilgung zu bezahlen. Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung wurde angenommen, daß die nachfolgenden Energiesparmaßnahmen zu den Bedingungen eines Darlehens mit derzeit 8.2 % effektivem nominalen Jahreszins, d.h. mit einem Realzins von 4.00 %, finanziert werden.

#### Schadstoffbilanz

Durch die Energiebereitstellung und durch den Energieverbrauch vor Ort ergeben sich folgende Emissionen von zwei wichtigen Schadstoffarten.

Schwefeldioxid (SO2) ist ein Hauptverursacher des s.g. sauren Regens. Kohlendioxid (CO2) ist das wichtigste Treibhausgas.

Emissionen SO2: 3.0 kg/a Emissionen CO2: 156.0 t/a Gebäude-Dokumentation
Objektdaten GMHE\_T

# TREND - Maßnahmekette

Haustyp : Großes Mehrfamilienhaus

Umbautes Volumen: 11510 Kubikmeter

Wohnfläche : 3534 m²

Raumhöhe : 2.50 m

Luftwechsel : 0.60 1/h

Hüllflächen	Fläche / m²	k-We	rt/ W/(m2K)
Dach und Dachgeschoßdecke Außenwände erdberü. Bauteile, Kellerdecke Außenwände vor Heizkörpern gesamte Fensterfläche Nachts: Rolladen / Klappladen	479.58 3134.59 459.24 115.20 687.03 687.03	Tag: Nacht	2.600
Wärmebrücken (lineare)	Gesamtlänge / m	WBrüK	oeff/ W/(mK)
Wärmebrücke-Perimet Wärmebrücke-Laibung Wärmebrücke-Balkon	135.99 1726.50 172.00	1	0.046 0.067 0.389
Solarenergie durch Fenster	Flächen / m²	Ge	samtdurchlai
Fensterfl. Süd / Ost / Nord	26.6 646.1 14	1.3	0.4300
Wärmes Daten zur Nutzung	peicherkapazi. =		180200 Wh/K
Tagsolltemperatur = 18.00 °C Maximaltemperatur = 24.00 °C Dauer Nachtabsenk. = 8.0 h	Nachtsolltemperat Leistung Pers/Ger Wochenendabsenkur	räte =	
DATEN der HEIZANLAGE			
	Kesselwirkungsgra Bereitschaftsabsc k*-Wert (Leitunge Rücklauftemperatu	chaltu en) =	0.300 W/m/1
Daten zur Warmwasserbereitung	Warmwasser wird	mitger	echnet : N

# ENBIL-Energiebilanz

Referenzobjekt GMHE\_T Institut Wohnen und Umwelt 64285 Darmstadt

# Der Energieeinsatz

Folgende Energieströme werden dem Haus zugefüh	rt (in kWh/a)	(in %):
Einstrahlung der Sonne durch die Fenster (nur Heizzeit)	68176	9 .
Wärmequellen im Innern des Gebäudes (Personen, Geräte)	43272	6
Brennstoff in der Heizanlage (Öl, Gas, Kohle,)	622507	85
Summe Energieeinsatz	733955	100
Die Energieverluste		
Die Wärmeverluste verteilen sich wie folgt	(in kWh/a)	(in %):

	Lüftungswärmeverlust	114047	16
	Dach und oberste Geschoßdecken	24277	. 3
	Wärmeleitung durch die Außenwand	349091	48
	Grundfläche, Kellerdecke und -wände	14675	: 2
	Verluste durch die Heizkörpernischen	23399	3
	Wärmeverluste durch die Fensterscheiben	° 113030	15
	Wärmeverluste durch Wärmebrücken	11949	2
	Warmwasser aus der Zentralheizung	0	0
	Verluste der Heizanlage	83487	11
==			=======
	Summe Energieverluste	733955	100

# Jahresbilanz GMHE\_T.0 in BREMEN Angaben in kWh/a Energieeinsatz Solar 68176 Intern 43272 Brennst. 622507

# Energiever luste

		Luftwe.	114047
		Dach	24277
10.		Wand	349091
-	$\overline{\mathbb{I}}$	Keller	14675
Ì	X	HKNische	23399
		Fenster	113030
ı			0
	E		. 0
		7	0
	1		0
		Perimet	396
1	$\Pi$	Laibung	7320
	1	Balkon	4234
i		Warmw(gekop)	0
		Leitungen	6204
		Kessel	59891
		Stillstand	17392
		,	

Der Brennstoffverbrauch des Gebäudes liegt im Referenzfall durchschnittlich bei 62251 m^3 ERDGAS pro Jahr. Zusätzliche Brennstoffe wurden dem Hauptenergieträger zugerechnet.

Dieser Verbrauch entspricht in Energieeinheiten (kWh) umgerechnet 622507 Kilowattstunden ERDGAS pro Jahr.
Die Energiekennzahl Heizung

(Endenergieverbrauch pro Jahr bezogen auf die Wohnfläche) beträgt  $176 \text{ kWh/}(\text{m}^2\text{a})$ .

#### Brennstoffkosten

Für ERDGAS liegt der Berechnung ein heutiger (1994) Durchschnittspreis von brutto 0.612 DM/m^3 zugrunde.

Die Brennstoffkosten betragen daher momentan 38097 DM/Jahr. Für die nächsten 25 Jahre wird eine durchschnittliche Teuerung von real 1.30 % pro Jahr für ERDGAS angenommen. Die durchschnittlichen Brennstoffkosten OHNE Energiesparmaßnahmen betragen dann im Mittel der nächsten 25 Jahre real 44093 DM/Jahr. Dieser Vergleichswert ist für den Wirtschaftlichkeitsvergleich mit den auf den folgenden Seiten beschriebenen ENERGIESPARMASSNAHMEN zugrundgelegt (es wird Energie zu künftigen Preisen eingespart).

#### Kapitalkosten für Sparmaßnahmen

Für das eingesetzte Kapital sind Zinsen und Tilgung zu bezahlen. Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung wurde angenommen, daß die nachfolgenden Energiesparmaßnahmen zu den Bedingungen eines Darlehens mit derzeit 8.2 % effektivem nominalen Jahreszins, d.h. mit einem Realzins von 4.00 %, finanziert werden.

#### Schadstoffbilanz

Durch die Energiebereitstellung und durch den Energieverbrauch vor Ort ergeben sich folgende Emissionen von zwei wichtigen Schadstoffarten.

Schwefeldioxid (SO2) ist ein Hauptverursacher des s.g. sauren Regens. Kohlendioxid (CO2) ist das wichtigste Treibhausgas.

Emissionen SO2: 2.5 kg/a Emissionen CO2: 130.1 t/a

Beratungsobjekt

GMHE T

Nr	Wir empfehlen Ihnen, die folgenden ENERGIESPAR-Maßnahmen durchzuführen:	Investi- tions - kosten ( DM )	Nutz- ungs- dauer (Jahre )
1	Dämmung des Flachdachs (Kaltdach) mit 10 cm Einblasdämmstoff (Fachfirma)	13908	25
	Summe Investitionskosten aller Maßnahmen	13908	

#### Energieeinsparung

Die Durchführung aller Energiesparmaßnahmen 1 bis 1 reduziert den Brennstoffverbrauch und die erforderliche Kesselleistung :

- \* gesamte Brennstoffeinsparung
- 1386 m^3 ERDGAS
- 2 % des heutigen Verbrauchs
- \* Einspareffekt in Prozent \* Ihr Verbrauch beträgt dann noch
- 60865 m^3 ERDGAS \* Wärmebedarf des Hauses (Kesselleistung) 271 - 331 Kilowatt (kW)

# Schadstoffbilanz

Nach der Durchführung der o.g. Energiesparmaßnahmen ändert sich die Schadstoffbilanz:

2.4 kg Neue Emissionen SO2: 2.2% Einsparung Neue Emissionen CO2: 127.2 t 2.2% Einsparung

## Wirtschaftlichkeit Einzelmaßnahme

Durch die Einzelmaßnahme Nr. 1 wird jährlich eine 13862 kWh erreicht. Endenergieeinsparung von Dafür aufgewendete jährliche Kapitalkosten (Zins und Tilgung) für die Investitionen 890 DM/Jahr. \* BEWERTUNG: Durch die Maßnahme Nr. 1 läßt sich eine Kilowattstunde wirtschaftlich einsparen, wenn der mittlere Energiepreis des verwendeten Endenergieträgers höher ist als 6.4 Pfennig/kWh.

# Wirtschaftlichkeit Gesamtpaket

Mit den Energiesparmaßnahmen 1 bis 1 ergeben sich insgesamt im Mittel der nächsten 25 Jahre folgende jährliche Kosten: \* Kapitalkosten (Zins und Tilgung

für die Investitionen, gerechnet

* Thre Endenergiekosten reduzieren sich auf		DM/Jahr DM/Jahr
SUMME: Gesamtkosten Ohne Energiesparmaßnahmen betragen	44002	DM/Jahr
Ihre Brennstoffkosten weiterhin (siehe vorne)	44093	DM/Jahr

Der Vergleich zeigt: durch die Energiesparmaßnahmen ergibt sich eine durchschnittliche Einsparung von

92 DM/Jahr

Beratungsobjekt

GMHE T

	Nr	Wir empfehlen Ihnen, die folgenden ENERGIESPAR-Maßnahmen durchzuführen:	Investi- tions - kosten ( DM )	Nutz- ungs- dauer (Jahre )
1 .	- 1	Maßnahmen wie schon in vorhergehenden Energiesparpaketen beschrieben	13908	E E
	2	Kellerdeckendämmung (Fachfirma) von der Unterseite mit 3 cm Dämmplatten	11481	25
		Summe Investitionskosten aller Maßnahmen	25389	

#### Energieeinsparung

Die Durchführung aller Energiesparmaßnahmen 1 bis 2 reduziert den Brennstoffverbrauch und die erforderliche Kesselleistung :

- \* gesamte Brennstoffeinsparung
- 2035 m^3 ERDGAS 3 % des heutigen Verbrauchs
- \* Einspareffekt in Prozent
- \* Ihr Verbrauch beträgt dann noch 60216 m^3 ERDGAS
- \* Wärmebedarf des Hauses (Kesselleistung) 268 328 Kilowatt (kW)

#### Schadstoffbilanz

Nach der Durchführung der o.g. Energiesparmaßnahmen ändert sich die Schadstoffbilanz:

2.4 kg = 3.3% Einsparung Neue Emissionen SO2: Neue Emissionen CO2: 125.9 t = 3.3% Einsparung

# Wirtschaftlichkeit Einzelmaßnahme

Durch die Einzelmaßnahme Nr. 2 wird jährlich eine Endenergieeinsparung von 6489 kWh erreicht. Dafür aufgewendete jährliche Kapitalkosten (Zins und Tilgung) für 735 DM/Jahr. die Investitionen \* BEWERTUNG: Durch die Maßnahme Nr. 2 läßt sich eine Kilowattstunde wirtschaftlich einsparen, wenn der mittlere Energiepreis des verwendeten Endenergieträgers höher ist als 11.3 Pfennig/kWh.

# Wirtschaftlichkeit Gesamtpaket

Mit den Energiesparmaßnahmen 1 bis 2 ergeben sich insgesamt im Mittel der nächsten 25 Jahre folgende jährliche Kosten: \* Kapitalkosten (Zins und Tilgung

für die Investitionen, gerechnet über die Nutzungsdauer der Maßnahmen)

1625 DM/Jahr \* Ihre Endenergiekosten reduzieren sich auf 42652 DM/Jahr

SUMME: Gesamtkosten 44277 DM/Jahr Ohne Energiesparmaßnahmen betragen Ihre Brennstoffkosten weiterhin (siehe vorne) 44093 DM/Jahr

Der Vergleich zeigt: durch die Energiesparmaßnahmen entsteht eine durchschnittliche Mehrbelastung von 184 DM/Jahr

.117

Beratungsobjekt

GMHE T

	Nr	Wir empfehlen Ihnen, die folgenden ENERGIESPAR-Maßnahmen durchzuführen:	Investi- tions - kosten ( DM )	Nutz- ungs- dauer (Jahre )
1 -	2 3 4	Maßnahmen wie schon in vorhergehenden Energiesparpaketen beschrieben Thermohaut auf den Außenwänden (Fachfirma): 6 cm PS-Dämmplatten aufbringen; Neuverputz * Thermohaut: Abzüglich ohnehin anfallen- der Kosten für Neuverputz der Außenwand	25389 517436 -409637	25 25
		Summe Investitionskosten aller Maßnahmen	133188	

#### Energieeinsparung

Die Durchführung aller Energiesparmaßnahmen 1 bis 4 reduziert den Brennstoffverbrauch und die erforderliche Kesselleistung:

\* gesamte Brennstoffeinsparung

29945 m<sup>3</sup> ERDGAS 48 % des heutigen Verbrauchs

\* Einspareffekt in Prozent \* Ihr Verbrauch beträgt dann noch

32306 m^3 ERDGAS

\* Wärmebedarf des Hauses (Kesselleistung) 150 - 184 Kilowatt (kW).

#### Schadstoffbilanz

Nach der Durchführung der o.g. Energiesparmaßnahmen ändert sich die Schadstoffbilanz:

Neue Emissionen CO2: 1.3 kg = 48.1% Einsparung Neue Emissionen CO2: 67.5 t = 48.1% Einsparung

#### Wirtschaftlichkeit Einzelmaßnahme

Durch die Einzelmaßnahmen 3 bis 4 wird jährlich eine Endenergieeinsparung von 279099 kWh erreicht. Dafür aufgewendete jährliche Kapitalkosten (Zins und Tilgung) für die Investitionen 6900 DM/Jahr. BEWERTUNG: Durch die Maßnahmen 3 bis 4 läßt sich eine Kilowattstunde wirtschaftlich einsparen, wenn der mittlere Energiepreis des verwendeten Endenergieträgers höher ist als 2.5 Pfennig/kWh.

#### Wirtschaftlichkeit Gesamtpaket

Mit den Energiesparmaßnahmen 1 bis 4 ergeben sich insgesamt im Mittel der nächsten 25 Jahre folgende jährliche Kosten:

* Kapitalkosten (Zins und Tilgung für die Investitionen, gerechnet		
über die Nutzungsdauer der Maßnahmen)	8526	DM/Jahr
* Ihre Endenergiekosten reduzieren sich auf	22883	DM/Jahr
SUMME: Gesamtkosten	21400	DM/Jahr
Ohne Energiesparmaßnahmen betragen	31400	DM/ Ualit
Ihre Brennstoffkosten weiterhin (siehe vorne)	44093	DM/Jahr

Der Vergleich zeigt: durch die Energiesparmaßnahmen ergibt sich eine durchschnittliche Einsparung von 12685 DM/Jahr

- 118

Beratungsobjekt

GMHE T

	Nr	Wir empfehlen Ihnen, die folgenden ENERGIESPAR-Maßnahmen durchzuführen:	Investitions - kosten ( DM )	Nutz- ungs- dauer (Jahre )
1 -	5	Maßnahmen wie schon in vorhergehenden Energiesparpaketen beschrieben Sparsames Heizverhalten: Absenken der Raumtemperatur um 1 Grad Celsius	133188	25
		Summe Investitionskosten aller Maßnahmen	133188	

#### Energieeinsparung

Die Durchführung aller Energiesparmaßnahmen 1 bis 5 reduziert den Brennstoffverbrauch und die erforderliche Kesselleistung :

\* gesamte Brennstoffeinsparung

33010 m^3 ERDGAS

\* Einspareffekt in Prozent

53 % des heutigen Verbrauchs

29240 m^3 ERDGAS

\* Ihr Verbrauch beträgt dann noch \* Wärmebedarf des Hauses (Kesselleistung) '150 - 184 Kilowatt (kW)

#### Schadstoffbilanz

Nach der Durchführung der o.g. Energiesparmaßnahmen ändert sich die Schadstoffbilanz:

Neue Emissionen SO2: 1.2 kg = 53.0% Einsparung Neue Emissionen CO2: 61.1 t = 53.0% Einsparung

#### Wirtschaftlichkeit Einzelmaßnahme

Durch die Einzelmaßnahme Nr. 5 wird jährlich eine Endenergieeinsparung von 30655 kWh erreicht. Dafür aufgewendete jährliche Kapitalkosten (Zins und Tilgung) für die Investitionen 0 DM/Jahr. \* BEWERTUNG: Durch die Maßnahme Nr. 5 läßt sich eine Kilowattstunde wirtschaftlich einsparen, wenn der mittlere Energiepreis des verwendeten Endenergieträgers höher ist als 0.0 Pfennig/kWh.

# Wirtschaftlichkeit Gesamtpaket

Mit den Energiesparmaßnahmen 1 bis 5 ergeben sich insgesamt im Mittel der nächsten 25 Jahre folgende jährliche Kosten:

* Kapitalkosten (Zins und Tilgung für die Investitionen, gerechnet über die Nutzungsdauer der Maßnahmen) * Ihre Endenergiekosten reduzieren sich auf	8526 20711	DM/Jahr DM/Jahr
SUMME: Gesamtkosten	29237	DM/Jahr
Ohne Energiesparmaßnahmen betragen Ihre Brennstoffkosten weiterhin (siehe vorne)	44093	DM/Jahr
Der Vergleich zeigt: durch die Energiesparmaßnahmen ergibt sich eine durchschnittliche Einsparung von	14856	DM/Jahr

Gebäude-Dokumentation
Objektdaten GMHE\_S

# SPAR - Maßnahmekette

Haustyp : Großes Mehrfamilienhaus

Umbautes Volumen: 11510 Kubikmeter

Wohnfläche : 3534 m²

Raumhöhe : 2.50 m

Luftwechsel : 0.60 1/h

Hüllflächen	Fläche / m²	k-Wert/ W/(m <sup>2</sup> K)
Dach und Dachgeschoßdecke Außenwände erdberü. Bauteile, Kellerdecke Außenwände vor Heizkörpern gesamte Fensterfläche Nachts: Rolladen / Klappladen	479.58 3134.59 459.24 115.20 687.03	0.800 1.760 1.010 2.140 Tag: 2.600 Nacht: 2.600
Wärmebrücken (lineare)	Gesamtlänge / m	WBrüKoeff/ W/(mK)
Wärmebrücke-Perimet Wärmebrücke-Laibung Wärmebrücke-Balkon	135.99 1726.50 172.00	0.046 0.067 0.389
Solarenergie durch Fenster	Flächen / m²	Gesamtdurchlaß
Fensterfl. Süd / Ost / Nord	26.6 646.1 14	0.4300
Wärmesp Daten zur Nutzung	peicherkapazi. =	180200 Wh/K
Tagsolltemperatur = 18.00 °C Maximaltemperatur = 24.00 °C Dauer Nachtabsenk. = 8.0 h	Nachtsolltempera Leistung Pers/Ge Wochenendabsenku	räte = 7100 W
DATEN der HEIZANLAGE		
Kesselleistung = 370000 W Bereitschaftsverl. = 0.800 % Länge Heizleitungen= 85.60 m Vorlauftemperatur = 70.00 °C Zentrale Regelung : J	k*-Wert (Leitung	chaltung: N en) = 0.300 W/m/K
Daten zur Warmwasserbereitung	Warmwasser wird	mitgerechnet : N

#### ENBIL-Energiebilanz

Referenzobjekt GMHE S Institut Wohnen und Umwelt 64285 Darmstadt

Der Energieeinsatz

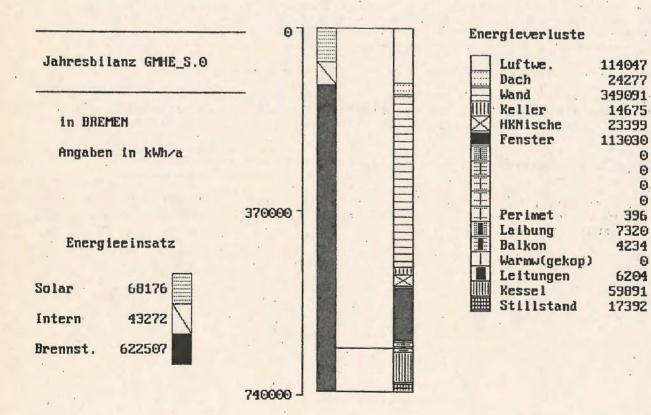
Summe Energieverluste

act moratectinates		11 3	
Folgende Energieströme werden dem Haus zugeführ	t (in kWh/a)	(in	8):
Einstrahlung der Sonne durch die Fenster (nur Heizzeit) Wärmequellen im Innern des	68176	9	
Gebäudes (Personen, Geräte) Brennstoff in der Heizanlage	43272	6	
(Öl, Gas, Kohle,)	622507	85	_
Summe Energieeinsatz	733955	100	
Die Energieverluste		- 1	
Die Wärmeverluste verteilen sich wie folgt	(in kWh/a)	(in	8).:
Lüftungswärmeverlust	114047	16	, ,
Dach und oberste Geschoßdecken Wärmeleitung durch die Außenwand	24277 349091	48	
	14675	2	
Verluste durch die Heizkörpernischen	23399	. 3	
Wärmeverluste durch die Fensterscheiben	113030	15	
Wärmeverluste durch Wärmebrücken	11949	2	
Warmwasser aus der Zentralheizung	. 0	0	*.
Verluste der Heizanlage	83487	11	

===================

0

733955



Der Brennstoffverbrauch des Gebäudes liegt im Referenzfall durchschnittlich bei 62251 m^3 ERDGAS pro Jahr. Zusätzliche Brennstoffe wurden dem Hauptenergieträger zugerechnet.

Dieser Verbrauch entspricht in Energieeinheiten (kWh) umgerechnet 622507 Kilowattstunden ERDGAS pro Jahr.

Die Energiekennzahl Heizung

(Endenergieverbrauch pro Jahr bezogen auf die Wohnfläche) beträgt 176 kWh/(m²a).

#### Brennstoffkosten

Für ERDGAS liegt der Berechnung ein heutiger (1994) Durchschnittspreis von brutto 0.612 DM/m^3 zugrunde.

Die Brennstoffkosten betragen daher momentan 38097 DM/Jahr. Für die nächsten 25 Jahre wird eine durchschnittliche Teuerung von real 5.00 % pro Jahr für ERDGAS angenommen.

Die durchschnittlichen Brennstoffkosten OHNE Energiesparmaßnahmen betragen dann im Mittel der nächsten 25 Jahre real 69208 DM/Jahr. Dieser Vergleichswert ist für den Wirtschaftlichkeitsvergleich mit den auf den folgenden Seiten beschriebenen ENERGIESPARMASSNAHMEN zugrundgelegt (es wird Energie zu künftigen Preisen eingespart).

#### Kapitalkosten für Sparmaßnahmen

Für das eingesetzte Kapital sind Zinsen und Tilgung zu bezahlen. Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung wurde angenommen, daß die nachfolgenden Energiesparmaßnahmen zu den Bedingungen eines Darlehens mit derzeit 8.2 % effektivem nominalen Jahreszins, d.h. mit einem Realzins von 4.00 %, finanziert werden.

. 3

#### Schadstoffbilanz

Durch die Energiebereitstellung und durch den Energieverbrauch vor Ort ergeben sich folgende Emissionen von zwei wichtigen Schadstoffarten. Schwefeldioxid (SO2) ist ein Hauptverursacher des s.g. sauren Regens. Kohlendioxid (CO2) ist das wichtigste Treibhausgas.

Emissionen SO2: 2.5 kg/a Emissionen CO2: 130.1 t/a

Beratungsobjekt

GMHE S

Nr	Wir empfehlen Ihnen, die folgenden ENERGIESPAR-Maßnahmen durchzuführen:	Investitions - kosten ( DM )	Nutz- ungs- dauer (Jahre )
1	Dämmung des Flachdachs (Kaltdach) mit 20 cm Einblasdämmstoff; (Fachfirma)	23499	25
	Summe Investitionskosten aller Maßnahmen	23499	

#### Energieeinsparung

Die Durchführung aller Energiesparmaßnahmen 1 bis 1 reduziert den Brennstoffverbrauch und die erforderliche Kesselleistung:

\* gesamte Brennstoffeinsparung

1691 m<sup>3</sup> ERDGAS 3 % des heutigen Verbrauchs

\* Einspareffekt in Prozent \* Ihr Verbrauch beträgt dann noch

60560 m^3 ERDGAS

\* In verblade hetragt dam noch even word in sendas

\* Wärmebedarf des Hauses (Kesselleistung) 269 - 329 Kilowatt (kW)

#### Schadstoffbilanz

Nach der Durchführung der o.g. Energiesparmaßnahmen ändert sich die Schadstoffbilanz:

Neue Emissionen SO2: 2.4 kg = 2.7% Einsparung Neue Emissionen CO2: 126.6 t = 2.7% Einsparung

## Wirtschaftlichkeit Einzelmaßnahme

Durch die Einzelmaßnahme Nr. 1 wird jährlich eine
Endenergieeinsparung von 16907 kWh erreicht.
Dafür aufgewendete jährliche Kapitalkosten (Zins und Tilgung) für die Investitionen 1504 DM/Jahr.
\* BEWERTUNG: Durch die Maßnahme Nr. 1 läßt sich eine Kilowattstunde wirtschaftlich einsparen, wenn der mittlere Energiepreis des verwendeten Endenergieträgers höher ist als 8.9 Pfennig/kWh.

# Wirtschaftlichkeit Gesamtpaket

Mit den Energiesparmaßnahmen 1 bis 1 ergeben sich insgesamt im Mittel der nächsten 25 Jahre folgende jährliche Kosten:

\* Kapitalkosten (Zins und Tilgung für die Investitionen, gerechnet über die Nutzungsdauer der Maßnahmen)

über die Nutzungsdauer der Maßnahmen) 1504 DM/Jahr \* Ihre Endenergiekosten reduzieren sich auf 67329 DM/Jahr

SUMME: Gesamtkosten 68833 DM/Jahr
Ohne Energiesparmaßnahmen betragen
Ihre Brennstoffkosten weiterhin (siehe vorne) 69208 DM/Jahr

Der Vergleich zeigt: durch die Energiesparmaßnahmen ergibt sich eine durchschnittliche Einsparung von 375 DM/Jahr

Energiesparpaket 2

Beratungsobjekt

GMHE S

	Nr	Wir empfehlen Ihnen, die folgenden ENERGIESPAR-Maßnahmen durchzuführen:	Investi- tions - kosten ( DM )	Nutz- ungs- dauer (Jahre )
1 -	2	Maßnahmen wie schon in vorhergehenden Energiesparpaketen beschrieben Kellerdeckendämmung (Fachfirma) von der Unterseite mit 6 cm Dämmplatten	23499 13548	25
		Summe Investitionskosten aller Maßnahmen	37047	

#### Energieeinsparung

Die Durchführung aller Energiesparmaßnahmen 1 bis 2 reduziert den Brennstoffverbrauch und die erforderliche Kesselleistung:

\* gesamte Brennstoffeinsparung

2633 m<sup>3</sup> ERDGAS 4 % des heutigen Verbrauchs

\* Einspareffekt in Prozent \* Ihr Verbrauch beträgt dann noch

59618 m^3 ERDGAS

\* Wärmebedarf des Hauses (Kesselleistung) 266 - 326 Kilowatt (kW)

#### Schadstoffbilanz

Nach der Durchführung der o.g. Energiesparmaßnahmen ändert sich die Schadstoffbilanz:

2.4 kg Neue Emissionen SO2: = 4.2% Einsparung Neue Emissionen CO2: 124.6 t = 4.2% Einsparung

## Wirtschaftlichkeit Einzelmaßnahme

Durch die Einzelmaßnahme Nr. 2 wird jährlich eine Endenergieeinsparung von 9423 kWh erreicht. Dafür aufgewendete jährliche Kapitalkosten (Zins und Tilgung) für 867 DM/Jahr. die Investitionen \* BEWERTUNG: Durch die Maßnahme Nr. 2 läßt sich eine Kilowattstunde wirtschaftlich einsparen, wenn der mittlere Energiepreis des verwendeten Endenergieträgers höher ist als 9.2 Pfennig/kWh.

#### Wirtschaftlichkeit Gesamtpaket

Mit den Energiesparmaßnahmen 1 bis 2 ergeben sich insgesamt im Mittel der nächsten 25 Jahre folgende jährliche Kosten:

\* Kapitalkosten (Zins und Tilgung

für die Investitionen, gerechnet über die Nutzungsdauer der Maßnahmen) DM/Jahr 2371 \* Ihre Endenergiekosten reduzieren sich auf 66281 DM/Jahr 68652 DM/Jahr SUMME: Gesamtkosten Ohne Energiesparmaßnahmen betragen 69208 DM/Jahr Ihre Brennstoffkosten weiterhin (siehe vorne)

Der Vergleich zeigt: durch die Energiesparmaßnahmen ergibt sich eine durchschnittliche Einsparung von

556 DM/Jahr

124

Beratungsobjekt

GMHE S

Nr	Wir empfehlen Ihnen, die folgenden ENERGIESPAR-Maßnahmen durchzuführen:	Investi- tions - kosten ( DM )	Nutz- ungs- dauer (Jahre )
1 - 2	Maßnahmen wie schon in vorhergehenden Energiesparpaketen beschrieben Thermohaut auf den Außenwänden 12 cm PS-Dämmplatten aufbringen; Neuverputz * Thermohaut: Abzüglich ohnehin anfallender Kosten für Neuverputz der Außenwand	37047 571336 -409637	25 25
	Summe Investitionskosten aller Maßnahmen	198746	

#### Energieeinsparung

Die Durchführung aller Energiesparmaßnahmen 1 bis 4 reduziert den Brennstoffverbrauch und die erforderliche Kesselleistung :

\* gesamte Brennstoffeinsparung

34783 m^3 ERDGAS

\* Einspareffekt in Prozent

56 % des heutigen Verbrauchs

\* Ihr Verbrauch beträgt dann noch

2746:7 m^3 ERDGAS

\* Wärmebedarf des Hauses (Kesselleistung) 131 - 159 Kilowatt (kW)

#### Schadstoffbilanz

Nach der Durchführung der o.g. Energiesparmaßnahmen ändert sich die Schadstoffbilanz:

Neue Emissionen SO2: 1.1 kg = 55.9% Einsparung Neue Emissionen CO2: 57.4 t = 55.9% Einsparung

#### Wirtschaftlichkeit Einzelmaßnahme

Durch die Einzelmaßnahmen 3 bis 4 wird jährlich eine Endenergieeinsparung von 321502 kWh erreicht. Dafür aufgewendete jährliche Kapitalkosten (Zins und Tilgung) für 10351 DM/Jahr. die Investitionen BEWERTUNG: Durch die Maßnahmen 3 bis 4 läßt sich eine Kilowattstunde wirtschaftlich einsparen, wenn der mittlere Energiepreis des verwendeten Endenergieträgers höher ist als 3.2 Pfennig/kWh.

## Wirtschaftlichkeit Gesamtpaket

Mit den Energiesparmaßnahmen 1 bis 4 ergeben sich insgesamt im Mittel der nächsten 25 Jahre folgende jährliche Kosten:

Kapitalkosten (Zins und Tilgung für die Investitionen, gerechnet über die Nutzungsdauer der Maßnahmen)

DM/Jahr 12722 \* Ihre Endenergiekosten reduzieren sich auf 30537 DM/Jahr

SUMME: Gesamtkosten 43260 DM/Jahr Ohne Energiesparmaßnahmen betragen 69208 DM/Jahr

Ihre Brennstoffkosten weiterhin (siehe vorne)

Der Vergleich zeigt: durch die Energiesparmaßnahmen ergibt sich eine durchschnittliche Einsparung von 25949 DM/Jahr

Beratungsobjekt

GMHE S

Nr	Wir empfehlen Ihnen, die folgenden ENERGIESPAR-Maßnahmen durchzuführen:	Investi- tions - kosten ( DM )	Nutz- ungs- dauer (Jahre )
1 - 4	Maßnahmen wie schon in vorhergehenden Energiesparpaketen beschrieben Vorhandene Verglasung durch Wärmeschutz- verglasung ersetzen (k-Wert 1.5 W/m²K) * Verglasung: Abzüglich ohnehin anfallen- der Ersatzkosten von Isolierglasscheiben	198746 170383 -125726	1 <b>5</b> 15
	Summe Investitionskosten aller Maßnahmen	243403	

#### Energieeinsparung

Die Durchführung aller Energiesparmaßnahmen 1 bis 6 reduziert den Brennstoffverbrauch und die erforderliche Kesselleistung:

\* gesamte Brennstoffeinsparung

40223 m<sup>3</sup> ERDGAS 65 % des heutigen Verbrauchs

\* Einspareffekt in Prozent
\* Ihr Verbrauch beträgt dann noch

22028 m<sup>3</sup> ERDGAS

\* Wärmebedarf des Hauses (Kesselleistung) 110 - 134 Kilowatt (kW)

#### Schadstoffbilanz

Nach der Durchführung der o.g. Energiesparmaßnahmen ändert sich die Schadstoffbilanz:

Neue Emissionen SO2: 0.9 kg = 64.6% Einsparung Neue Emissionen CO2: 46.0 t = 64.6% Einsparung

#### Wirtschaftlichkeit Einzelmaßnahme

Durch die Einzelmaßnahmen 5 bis 6 wird jährlich eine Endenergieeinsparung von 54400 kWh erreicht. Dafür aufgewendete jährliche Kapitalkosten (Zins und Tilgung) für die Investitionen 4016 DM/Jahr. BEWERTUNG: Durch die Maßnahmen 5 bis 6 läßt sich eine Kilowattstunde wirtschaftlich einsparen, wenn der mittlere Energiepreis des verwendeten Endenergieträgers höher ist als 7.4 Pfennig/kWh.

#### Wirtschaftlichkeit Gesamtpaket

Mit den Energiesparmaßnahmen 1 bis 6 ergeben sich insgesamt im Mittel der nächsten 25 Jahre folgende jährliche Kosten:

*	Kapitalkosten (Zins und Tilgung	
	für die Investitionen, gerechnet	
	über die Nutzungsdauer der Maßnahmen)	
*	Ihre Endenergiekosten reduzieren sich a	auf

16739 DM/Jahr 24489 DM/Jahr

SUMME: Gesamtkosten Ohne Energiesparmaßnahmen betragen Ihre Brennstoffkosten weiterhin (siehe vorne) 41228 DM/Jahr 69208 DM/Jahr

Der Vergleich zeigt: durch die Energiesparmaßnahmen ergibt sich eine durchschnittliche Einsparung von

27980 DM/Jahr

Beratungsobjekt

GMHE S

N	vr	Wir empfehlen Ihnen, die folgenden ENERGIESPAR-Maßnahmen durchzuführen:	Investi- tions - kosten ( DM )	Nutz- ungs- dauer (Jahre )
1 -	6	Maßnahmen wie schon in vorhergehenden Energiesparpaketen beschrieben	243403	
	7	Wärmerückgewinnungsanlage von Fachfirma einbauen lassen (Zuluft/Abluft)	227160	15
	8	*Wärmerückgewinnungsanlage: Abzüglich Ko- stenanteil für Wohnhygieneverbesserung	-141150	15
4	4111	Summe Investitionskosten aller Maßnahmen	329413	

#### Energieeinsparung

Die Durchführung aller Energiesparmaßnahmen 1 bis 8 reduziert den Brennstoffverbrauch und die erforderliche Kesselleistung :

\* gesamte Brennstoffellsparens

\* Zusätzlicher Hilfsenergieverbrauch

74 \* des heutigen Verbrauchs

. 46456 m^3 ERDGAS

\* Einspareffekt in Prozent 74 % des heutigen Ve \* Ihr Verbrauch beträgt dann noch 15795 m^3 ERDGAS

\* Wärmebedarf des Hauses (Kesselleistung) 86 - 104 Kilowatt (kW)

#### Schadstoffbilanz

Nach der Durchführung der o.g. Energiesparmaßnahmen ändert sich die Schadstoffbilanz:

Neue Emissionen SO2: 0.6 kg = 74.6% Einsparung 33.0 t = 74.6% Einsparung Neue Emissionen CO2:

#### Wirtschaftlichkeit Einzelmaßnahme

Durch die Einzelmaßnahmen 7 bis 8 wird jährlich eine 62330 kWh erreicht. Endenergieeinsparung von Zus. Hilfsener. 5940 kWh kostet 2042 DM/Jahr Dafür aufgewendete jährliche Kapitalkosten (Zins und Tilgung) für 7736 DM/Jahr. die Investitionen BEWERTUNG: Durch die Maßnahmen 7 bis 8 läßt sich eine Kilowattstunde wirtschaftlich einsparen, wenn der mittlere Energiepreis des verwendeten Endenergieträgers höher ist als 15.7 Pfennig/kWh.

#### Wirtschaftlichkeit Gesamtpaket

Mit den Energiesparmaßnahmen 1 bis 8 ergeben sich insgesamt im Mittel der nächsten 25 Jahre folgende jährliche Kosten:

* Kapitalkosten (Zins und Tilgung für die Investitionen, gerechnet über die Nutzungsdauer der Maßnahmen) * Ihre Endenergiekosten reduzieren sich auf		DM/Jahr DM/Jahr
SUMME: Gesamtkosten	44076	DM/Jahr
Ohne Energiesparmaßnahmen betragen Ihre Brennstoffkosten weiterhin (siehe vorne)	69208	DM/Jahr

Der Vergleich zeigt: durch die Energiesparmaßnahmen ergibt sich eine durchschnittliche Einsparung von

25132 DM/Jahr

Beratungsobjekt

GMHE S

Nr	Wir empfehlen Ihnen, die folgenden ENERGIESPAR-Maßnahmen durchzuführen:	Investitions - kosten ( DM )	Nutz- ungs- dauer (Jahre )
1 - 8 9	Maßnahmen wie schon in vorhergehenden Energiesparpaketen beschrieben Gas-Brennwertkessel einbauen lassen (incl. Schornsteinsanierung) * Brennwertkessel: Abzüglich der Kosten für einen ohnehin fälligen Kesselersatz	329413 26727 -5258	15 15
	Summe Investitionskosten aller Maßnahmen	350882	

#### Energieeinsparung

Die Durchführung aller Energiesparmaßnahmen 1 bis 10 reduziert den Brennstoffverbrauch und die erforderliche Kesselleistung:

\* gesamte Brennstoffeinsparung .

50321 m<sup>3</sup> ERDGAS 80 % des heutigen Verbrauchs

\* Einspareffekt in Prozent

11930 m^3 ERDGAS

\* Ihr Verbrauch beträgt dann noch 1:
\* Wärmebedarf des Hauses (Kesselleistung)

ing) 86 - 104 Kilowatt (kW).

#### Schadstoffbilanz

Nach der Durchführung der o.g. Energiesparmaßnahmen ändert sich die Schadstoffbilanz:

Neue Emissionen SO2: 0.5 kg = 80.8% Einsparung Neue Emissionen CO2: 24.9 t = 80.8% Einsparung

#### Wirtschaftlichkeit Einzelmaßnahme

Durch die Einzelmaßnahmen 9 bis 10 wird jährlich eine
Endenergieeinsparung von 38644 kWh erreicht.
Dafür aufgewendete jährliche Kapitalkosten (Zins und Tilgung) für
die Investitionen 1931 DM/Jahr.
BEWERTUNG: Durch die Maßnahmen 9 bis 10 läßt sich eine Kilowattstunde wirtschaftlich einsparen, wenn der mittlere Energiepreis
des verwendeten Endenergieträgers höher ist als 5.0 Pfennig/kWh.

#### Wirtschaftlichkeit Gesamtpaket

Mit den Energiesparmaßnahmen 1 bis 10 ergeben sich insgesamt im Mittel der nächsten 25 Jahre folgende jährliche Kosten:

\* Kapitalkosten (Zins und Tilgung für die Investitionen, gerechnet

über die Nutzungsdauer der Maßnahmen) * Ihre Endenergiekosten reduzieren sich auf		DM/Jahr DM/Jahr
SUMME: Gesamtkosten Ohne Energiesparmaßnahmen betragen	41711	DM/Jahr
Thre Brennstoffkosten weiterhin (siehe vorne)	69208	DM/Jahr

Der Vergleich zeigt: durch die Energiesparmaßnahmen ergibt sich eine durchschnittliche Einsparung von 27497 DM/Jahr

Tabelle 5.1: Ergebnisse der wärmetechnischen Sanierungsschritte des Maßnahmenkatalogs SPAR für das Referenzgebäude GMHE

Маßпаһте	Investi- tionskosten tausend DM	davon In- standhal- tung tausend DM	Endener- giever- brauch MWh/a	Nutzener- gieverbr. MWh/a	kumu- lierte Endener- gie- Einsp.	Einsp. Nutzen- ergie	Kosten der ein- gesp. Energie Pfg. kWh	ENER- GIE KENN- WERT (Nutz-) kWh m²a
START-Zustand	0 .	. 0	623	539		1		153
Dämmung des Flachdachs mit 20 cm Einblasdämm- stoff im Belüftungsraum	23,5		606	524	3 %	3 %	8,9	148
Kellerdeckendämmung: 6 cm Dämmplatten	13,5		596	516	4 %	4 %	9,25	146 .
Wärmeschutzverbundsystem auf den Außenwänden: 12 cm Dämmplatten, Putz	<b>57</b> 1	410	275	. 227	56 %	58 %	3,2.	64
Vorhandene Isoliervergla- sung durch Wärmeschutz- verglasung ersetzen	170	. 126	220	176	66 %	67 %	7,4	50
Wärmerückgewinnungs- anlage einbauen	227	141*	157	121	74 %	78 %	15,7**	34
Brennwertkessel für Gas einbauen	27	5	119 ,	121	.80 %	78 %	5,0	34

Anteil für Verbesserung der Raumluftqualität durch Einbau einer Abluftanlage

# Empirische Überprüfung der nachgewiesenen Einsparungen durch wärmetechnische Sanierungen im Gebäudebestand

In die Untersuchung der Energieeinsparungen durch ausgeführte wärmetechnische Sanierungsmaßnahmen konnten 65 Wohngebäude, davon 18 Ein/Zweifamilienhäuser und 47 Mehrfamilienhäuser einbezogen werden. Die Baujahre der Objekte liegen zwischen 1900 und 1971, der Sanierungszeitpunkt zwischen 1977 und 1991. Die Vorgehensweise:

- Erhoben wurden die Gebäudedaten: Hüllflächen, k-Werte, Heizanlagendaten, Nutzerdaten und die Heizenergieverbräuche durch die Abrechnungen der Heizkostenerfassungsfirmen oder Öl-/Gasrechnungen. In einigen Fällen konnte nicht die ganze Bandbreite der Gebäudedaten (Geometrie, wärmetechnischer Zustand, Nutzung) erhoben werden.
- o Erhebung von Objektdaten bei 5 ausgewählten Wohnungsbaugesellschaften (siehe 4.1.2), die über den Verband der Südwestdeutschen Wohnungswirtschaft e.V. angesprochen wurden. Hier wurden die gesamten Datensätze der Mehrfamilienhäuser und der Heizenergieverbrauch (Endenergie) durch Verbrauchsabrechnungs-Nachweis vor und nach der Sanierungsmaßnahme erhoben.
- o Erhebung von Daten bei Gebäudeeigentümern (Einfamilien-/Zweifamilienhäuser). Hier wurden Gebäudedaten und Heizkostenabrechnungen abgefragt. Für die E/ZFH wurde zusätzlich eine kleine Zahl von Fragebögen verschiedener Energieberatungsaktionen von Städten, Landkreisen und EVU im Raum Hessen/Niedersachsen ausgewertet, die Rückschlüsse auf ausgeführte Energiesparmaßnahmen und den Energieverbrauch ermöglichten.
- Durch Sichtung der Literatur im Bereich der Bauforschung. Hier wurde als Mangel der bundesrepublikanischen Bauforschung deutlich, daß es nur wenige Untersuchungen zu nachgewiesenen Einsparungen durch wärmetechnische Sanierungen im Gebäudebestand gibt. In diese Studie konnten nur 3 deutsche Untersuchungsergebnisse einbezogen werden.

Die Verbrauchsdaten wurden um den Warmwasserenergieverbrauch reduziert, der durch Wärmebilanzrechnung (ENBIL) oder nach VDI 2067 bestimmt wurde und mit den Heizgradtagszahlen klimabereinigt. Bei einigen Objekten mit Verbrauchsangaben über lange Zeitreihen wurde ein Jahresmittelwert gebildet. Die Schweizer Wohngebäude (Standort Zürich) erforderten eine Umrechnung von Brutto- auf Nettogrundrißfläche. Sie wurde nach VDI 3807, Tabelle 2 vorgenommen.

Bei den einbezogenen Objekten lag überwiegend eine Gesamtsanierung vor. Hier kann der Einzelbeitrag der jeweiligen Energiesparmaßnahmen ausschließlich durch Wärmebilanzrechnung bestimmt werden. Bei wenigen Objekten konnte der Einfluß von Einzelmaßnahmen auch durch Messung nachgewiesen werden. Tabelle 6.1 zeigt, daß die Ergebnisse der Bilanzrechnungen sehr gut mit den erhobenen Werten übereinstimmen und damit ebenfalls eine verläßliche Orientierungshilfe bieten.

Für eine größere Anzahl von Gebäuden konnten keine Wärmebilanzrechnungen durchgeführt werden, da die erforderlichen detaillierten Datensätze (Hüllfläche, Nutzungs-, Heizungs- und Warmwasserdatensatz) bei Wohnungsbaugesellschaften oder Einzeleigentümern nicht zu beschaffen waren oder die Literaturfundstellen über die Maßnahmenbeschreibungen und verbrauchsbezogenen Daten keine präzisen Hüllflächen- und Nutzungsdaten enthielten.

Die Tabelle 6.1 zeigt die Ergebnisse über alle 65 Wohngebäude im Überblick. Dargestellt sind jeweils die gemessenen und die berechneten Verbrauchswerte, die spezifischen End-Energiekennwerte in kWh/m<sup>2</sup> Wohnfläche und Jahr sowie die Einsparquote in Prozent. In einigen Fällen (Zürich, Limmatstrasse) wurden die Nutzenergiekennwerte des Zustandes nach der Sanierung auf Endenergie umgerechnet (Jahresnutzungsgrad 0.7). Die Maßnahmen sind mit Kurzbezeichnung vermerkt. Bei 26 Gebäuden wurde neben den Wärmeschutzmaßnahmen zeitgleich eine Heizkesselmodernisierung oder Umstellung von Ofen- auf Zentralheizung vorgenommen, deren Effekt meßtechnisch nicht von den Wärmeschutzmaßnahmen getrennt werden kann. Bei 14 EFH und 11 MFH konnte der Heizenergieverbrauch vor der Sanierung nicht bestimmt werden, weil ein Eigentümerwechsel stattgefunden hatte oder im Zuge der Sanierung eine Umstellung von Ofen- auf Zentralheizung erfolgt war oder keine Kenntnis der Verbräuche der ofenbeheizten Gebäude besteht. In diesen Fällen ermöglichen jedoch die spezifischen Verbrauchswerte nach der Sanierung eine Einschätzung des Sanierungserfolges. Sie ordnen sich in der Höhe plausibel in den Bereich der Objekte mit gemessenen Werten ein. Um eine Einsparquote zu bestimmen, wurde der Heizenergieverbrauch dieser Gebäude in ihrem ursprünglichen Zustand mit Ofenheizung unter den gleichen Nutzungsbedingungen wie im IST-Zustand mit dem Wärmebilanzprogramm ENBIL berechnet und der rechnerische Verbrauchswert als Bezugsgröße genommen. Die für die Berechnung angenommenen Innentemperaturen lagen zwischen 14°C/12°C und 20,4°C/18,5°C (Tag/Nacht), in der Regel jedoch deutlich unter 20 °C. Die im IST-Zustand durch Anpassungsrechnung im Bilanzverfahren bestimmten Innentemperaturen wurden auch auf den ursprünglichen Zustand ohne Zentralheizung oder ohne modernisierten Kessel übertragen. Hier wird davon ausgegangen, daß innerhalb der Gebäudelebensdauer eine Heizungsumstellung von Ofen auf Zentralheizung ohnehin erfolgt, also auch ohne Wärmeschutzmaßnahmen die Komforterhöhung einer gleichmäßigen Beheizung der Wohnungen eingetreten wäre. Bei den Einfamilienhäusern liegen auch im ursprünglichen Zustand die berechneten Innentemperaturen deutlich unter 20 °C, so daß keine Überschätzung des ursprünglichen (berechneten) Verbrauchs erfolgt.

An den 65 untersuchten Ein- und Mehrfamilienhäusern konnten in Abhängigkeit von Maßnahmeumfang und Maßnahmequalität umfangreiche Heizenergieeinsparungen zwischen 15 und 77 % nachgewiesen werden. Die Höhe der erzielten Heizenergieeinsparung ist vom Maßnahmeumfang abhängig. Der Standard der bei den 65 Objekten ausgeführten Dämmaßnahmen liegt, von wenigen Ausnahmen abgesehen, unter dem Standard des Maßnahmekataloges für das SPAR-Szenario, er ist mit dem TREND-Szenario vergleichbar. Die auf diesem Niveau nachgewiesenen Heizenergieeinsparungen weisen eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Wärmebilanzrechnungen innerhalb der Gebäudetypologie auf (TREND-Maßnahmekette).

Die Grafiken 6.1 bis 6.3 zeigen die erzielten Einsparungen über alle Objekte im Überblick.

Nachoewiesene E	Nachgewiesene Energieeinsparungen an 65 Wohngebäuden														
Objekt / Bauteil	Standort	Gebäu	Bau-	An-	Wohnfläc	Endenergi	ebedarf He	zwärme/ Nut	zenergiever	lust über B	auteil	k-Wert		Einsparung	
		detyp	jahr	zahl	Bauteil-	vor der Sa	-		nach der S			vorher	nachher	gerechnet	
	,			WE	fläche	Rechnung		essen	Rechnung	geme	ssen			(gemesser	
					m²	kWh/a		kWh/(m²*a)	kWh/a	kWh/a	kWh/(m²*a)	W/(m2*K)	W/(m2*K)	%	
Friedrich-Ebert-Str. 50-54	Marburg	GMHE	1960	24	1590.0	331492	316197	198.9	163681	159•989	- 100.6			49	
WDVS 6 cm			d" ,		1367.1	69152			35409			0.803	0.362		
Neue Fenster					272.0	96149			55486			5.200	2.600		
Dachdämmung					539.5	39924			9029			1.087	0.213		
Kellerdeckendämmung					489.5	17629			9885			1.058	0.514		
Ofen,Etagen/Zentralhzg.	NTK	1				91699			34589		•				
An der Zahlbach 45 / 47	Marburg	GMHD	1957	2*12	734.0	264649	258689	352.4	149995	151-860	206.9		-	4	
WDVS 6 cm					734.6	34881			18879			0.803	0.362	2	
Neue Fenster					175.0	51987			31208	-		5.200	2:600		
Dachdämmung 12 cm		24.			. 275.0	72212			16989			1.087	0.213		
Kellerdecke 4 cm					234.0	- 33792			19710			1.058	0.514		
Potsdamer Str. 2	Marburg	GMHF	1969	24	2221.0	458968	448197	201.8	374100	364-406	164.1			1	
WDVS 6 cm					1686.1	126192			47861			1.174	0.425		
Am Richtsberg 78	Marburg	GMHF	1971	24	2221.0	426748	422900	190.4	380878	376-571	169.6			,1	
WDVS 6 cm					1421.7	128375			43842			1.174	0.425		
Orangeriestr. 28-32(*)	Luwigs-	GMHE	1959	30	1805.0	447321	Ofen	247.8	343033	329-550	182.6		- Act	2	
WDVS 4 cm	hafen	Geb-te	il		1360.0	134401			67967			1.234	0.552		
Heizkesselmod.	NTK .										·				
Am Hipperich 105 - 109	Mainz	GMHF	1971	32	2483.0	725633	706940	284.7	521400	503•450	202.8		1	2	
WDVS 6 cm					1901.0	165944			54298			1.338	0.441		
Neue Fenster					409.0	153798			76337		-	5.200	2.600		
Heizkesselmod.						185502			134640				1		
Am Judensand 73 - 79 (*)	Mainz	GMHE	1961	32	1809.0	367369	Ofen	203.1	272710	Ofen	150.8			2	
WDVS 6 cm	-				1524.0	69854			25836			1.165	0.425		
Neue Fenster	1				350.8	84396			42783			5.200	2.600		
Bornumerstr. 8 (*)	Hannover	КМНС	1936	6	322.0	71843	Ofen	223.1	38879	38-589	119.8	1	*3	4	
WDVS 5 cm					209.9	31944	A		10213		,	2.165	0.584		
Neue Fenster					47.7	16677			11126			5.200	2.800		
Dachdämmung 6 cm	1				140.7	8988			4349		1 11	0.950	0.371	_	
Kellerdecke 5 cm					. 140.7	7039			3048		1.	1.488	0.520		

INGINETUCCING 4 CITI		8 1					1			, ,	Linderleigie	1.700	0.400	
Umstellung Ofen/Zentralheizung									,					
(Limmatstr. 6/14/19 sind														1
baugleich)														
Limmatstr. 19 (Nutzenergie)	Zürich	<b>GMHB</b>	1908	10	850.0		179563	211.3		61667	72.5			55.4
Dachdammung 5 cm, GKP											94.3	1,4-5,8	0.460	
Kellerdecke 4 cm											Endenergie	1.700	0.460	
Außenwand ID 4 cm/KD 8cm												1,3-1,6	0.770	•
EG-Außwand UR-Zustand									:			0.960	0.960	
3-fach Verglasung												3.500	2.100	
Umstellung Ofen/Zentralhzg.								•		,				
Limmatstr. 14 (Nutzenergie)	Zürich	<b>GMHB</b>	1908	10	850.0		179563	211.3		31111	36.6			77.3
Dachdämmung 8 cm, GKP											48.0	1,4-5,8	0.340	
Kellerdecke 6 cm											Endenergie	1.700	0.460	
Alle Außenwände: ID 6 cm,												0,96-1,6	0.500	
KD 8 cm, Dachwand 16 cm Dä.													0.500	
3-fach Verglasung									·			3.500	1.500	
Umstellung Ofen/														
Zentralhzg./Gaswärmepumpe/														
modulare Reglung									и_					
Siegfriedweg 14	Hannover	KMHC	1937	4	226.0	51237	49179	217.6	44589	43727	193.5		•	. 11.1
WDVS 5 cm					193.7	18018			8262			1.674	0.541	
Dachdämmung 6 cm					145.5	7427			4115			0.950	0.371	
Kellerdecke 5 cm					145.5	3307			2279			0.846	0.411	
Schulwinkel 5	Hannover	KMHD	1956	6	400.0	105716		253.7	82082	80452	201.1			20.7
WDVS 5 cm					282.4	33484			12925		•	1.979	0.570	
Neue Fenster					91.6	26799			19339			5.200	2.800	
Dachdämmung 6 cm					176.2	13990			5647			1.411	0.425	
Richthofenstr. 6 (*)	Hannover	KMHD	1952	6	590.0	138359		235.0	71630	69645	118.0	-		49.8
WDVS 6 cm .					240.0	34184			9957			2.009	0.501	
Neue Fenster					117.4	39424			24953			5.200	2.800	
Dachschräge 6 cm					242:5	39031	21.5		967			2.492	0.526	* 2
Umstellg. Ofen/Zentralhzg.							-			, 14				
Hamsunstr. 20	Hannover	KMHE	1961	8	467.0	138593	-	292.8	95109	94648	202.7			30.8
WDVS 5 cm					372.1	48958			20163	14		1.715	0.545	
	0	4 1	5		2 4 4 4						III.			

10008

103.5

162.0

162.0

179563

211.3

27297

5646

3128

65278

99.8

Endenergie

76.8

1,4-5,8

1.700

5.200

0.850

0.841

2.800

0.370

0.410

0,46-5,8

0.460

Limmatstr. 6 (Nutzenergie)

Dachdämmung 5 cm, GKP

Kellerdecke 4 cm

Neue Fenster

Dachdämmung 6 cm

Kellerdecke 5 cm

Zürich

**GMHB** 

1908 10

850.0

52.8

Osterwalder Wende 21	Hannover	VMHE	1901	10	22/.0	1495/6	14/045	200.1	9/012	95*004	170.7			35.6
WDVS 6 cm					350.8	52198			15114			1.749	0.483	
Dachdämmung 6 cm	begehb.				157.2	11828			4823			0.945	0.370	•
Kellerdecke 5 cm					157.2	5263			2672			0.841	0.410	
Goethestr. 86 (*)	Kassel	KMHC	1923	12	738.0	164798	Ofen	223.3	114998	113-370	153.6	1		31.2
WDVS 6 cm					541.7	60096			22463		111	1.576	0.469	
Neue Fenster					99.8	35234		- 1	12766			5.200	1.500	
Dachdämmung 12 cm	begehbar/u	inter Spa	er.	200	289.4	14480			5479			0.737	0.222	
Kellerdecke 4 cm					289.4	6454		*	4899			0.657	0.397	
Gasetagenheizung	Thermen		1			23453			35756					
Schwabstr. 20	Kassel	KMHD	1952	6	309.0	84975	Ofen	275.0	45493	44.846	145.1			47.2
WDVS 8 cm EPS					304.0	29796			9197			1841.0	0.391	
Neue Fenster					45.6	14961	-		10990			5.200	2.600	
Dachdämmung 12 cm					152.9	20139		7.00	3982			2.088	0.281	
Kellerdecke 6 cm			•		100.0	8525		-	2954			2.162	0.510	
Umst. Ofen/Zentralhzg.	NTK					11643			4878			-		
Menzelstr. 32-40	Kassel	KMHE	1962	8	2845.0	607095	604000	213.4	-	321-210	112.9			47.1
WDVS 8 cm					1280.4	- 1		_	-			1.841	0.391	
Neue Fenster					507.5							5.200	2.600	
Dachdämmung 6 cm	begehbar				971.0	-						3.072	0.516	
Kellerdecke 4 cm					971.0				-			0.923	0.480	•
Fernwärmeumst.														
Ahornweg 8,10	Kassel-	KMHF	1972	12	892.0		272050	305.0		156-000	175.0			42.6
WDVS 4 cm (1980)	Vellmar													
Isolierverglasung														
Schlehenweg 15	Kassel	GMHE	1963	18	1041.6		444364	427.0		310-222	297.8			30.3
Vorhangfassade 4 cm														
Verbundfenster						-						. 5.200	. 2.500	
Kellerdecke 4 cm												4 -		
OG-Decke 6 cm														•
dito	dito	dito	1963	18	1041.6		310222	. 297.8		264-649	254.1			14.7
zusätzlich Kesselmodern.	279 kW		1							,				
reduzierte Brennerleistung	186 kW											A	•	:
MichSchnabrich-Str.	Kassel	GMHE	1962	18	1041.6		452525	434.5		199-198	191.0			56.0
Neufenster ISO							:					5.200	2.800	
Vorhangfassade 5 cm MF												1.480	0.520	
Mühlenbergstr. 12,14	Baunatal	KMHE	1961	12	687.4		237960	346.0		92-134	134.0			61.3
WDVS 8 cm	,											1.470	0.400	
Neufenster			÷ .						•			<b>5.200</b>	2.600	
Kellerdecke 5 cm									15.0			1.360	0.510	·
OG-Decke 6 cm												1.420	0.600	•
									3					-

557.0

the company of the second of t

Osterwalder Wende 21

Kesselmodernisierung

AND BURELLE OF

Hannover KMHE 1961

147645

265.1

97012

95•064

170.7

133

35.6

	-
	S
·	u

Neckarweg 18-23 (*)	Kassel	KMHD	1951	36	308.0	72712	Ofen	236.1	42259	41•704	135.4			42.6
WDVS 8 cm			Ī		208.8	28644	1		6907			1.992	0.400	
Neue Fenster			1		43.3	14892	91		6878			5.200	.2.000	
Dachdämmung 12 cm	Aufsparren				164.5	11315	1		3201			1.040	0.245	
Kellerdecke 5 cm					139.3	7867	. 1		3014			1.708	0.545	:
Kesselmodernisierg.	NTK				19 1	5		Pa.						
Bromeisstr. 59	Kassel	<b>GMHE</b>	1966	24	1843.0	545881	525035	284.9	236513	224•765	122.0			. 57.2
Vorhangfassade 8 cm	ALU-UK				1755.9	230246			62671			1.477	0.372	
Neue Fenster					352.2	152694			64573			5.200	2.000	
Dachboden/Wände 6 cm	Verbundpl.				318.0	14214			8602			0.536	0.295	
Kellerdecke 6 cm	Verbundpl.				318.0	13936			6619			1.051	0.454	
Umstellg. Ofen/Zentral	NTK					101319			47831	-				
Burgstr. 20 (Fachwerk) (*)	Melsun-	КМНВ	1850	3	161.0	44537	Ofen	276.6	23959	23•360	145.1			47.5
Innenwanddämm. 5 cm	gen				163.0	21370			7608			2.026	0.655	
Neue Fenster					18.8	6183			3766			5.200	2.800	
Dachdämmung					112.3	6747			3856			0.950	0.480	
Kellerdeckendämmung		- 4	1		:-112.3	4236			2370			1.193	0.590	
Neukessel	NTK					6544			5213					
Rehbockstr. 26A (*)	Hannover	КМНВ	1890	12	927.0	210892	Ofen	227.5	66678	63-888	68.9			69.7
WDVS 10 cm					695.7	85274			3419			1.814	0.327	
Neue Fenster WS-ISO					139.2	47028			14087			5.200	1.300	
Dachdämmung 14 cm					291.4	37220			6147			1.966	0.271	
Kellerdecke 10 cm	2 ~				222.1	8750			3224			1.213	0.373	
Neukessel/BHKW						26245			3251					
Meldauer Berg 205	Verden	KMHE	1963	4	272.0	121355	126790	466.1	59837	66•370	244.0			47.7
WDVS 8 cm	5.3				235.0	31986			7526			1.590	0.380	
Neue Fenster					62.9	30600			15449	1 7		5.200	2.600	
Dachboden 8 cm begehbar	fo.				184.4	19831			5746			1.150	0.330	
Kellerdecke 5 cm			-		184.4	11985			9751			1.390	1.120	
Rodbraken 5A	Hannover	KMHF	1969	6	360.0	74977	73600	204.4	36357	35•100	97.5			52.3
Vorhangfassade 6 cm					182.8	20341			7433			1.383	0.450	
Neue Fenster			-		85.6	31148	- 2		18183			5.200	2.600	
Dachdämmung 20 cm					161.3	15416			2345	5.34		1.366	0.178	
Kellerdecke 5cm					161.3	3905			2444			0.692	0.371	
Bodelschwingstr. 1 - 3 (*)	Forch-	GMHD	1956	12	611.0	200740	Ofen	328.5	134275	123-236	201.7			38.6
WDVS 12 cm	heim				573.6	38988			12892			1.560	0.273	
Neue Fenster	:				107.0	17696			15182			3.000	1.700	
Ofen/Zentralhzg.	BWK		. %		į.		4:		.1 .			96 kW	46 kW	

A more and a more and

Falkenstr. 2 (*)	Wiesba-	KMHD	1953	9	586.0	134055	Ofen	228.8	53990	53-020	90.5			60.4
WDVS 6 cm	den		911		389.9	47006	140.	4	13527			2.063	0.504	
Neue Fenster					58.4	17232			10540			5.200	2.700	
Dachdämmung	-				225.5	38283	7		8124			2.992	0.539	
Kellerdecke 5 cm					283.8	17113			7741			2.125	0.816	
Kesselmodernisierg.	BWK					17246		-	11759					
Goyastr. 5 - 7	Leipzig	KMHC	1939	12	724.8	175500	Ofen	242.1	46600	59434	82.0			: : 66.1
WDVS MF 12 cm					858.7				13345			1.420	0.280	
Dachdämmung										1		0.650	0.260	
Kellerdecke 10 cm 0,035 W/(mK)					210.0				2857			1.210	0.270	
Umstell. Ofen/Zentralhzg.														
Waldstraße 75 - 79	Leipzig	KMHC	1939	18	1557.0	415844		267.1	172800	146358	94.0			64.8
WDVS MF 12 cm					987.0							1.290	0.280	
Dachdämmung					620.0							0.650	0.260	-
Kellerdecke 10 cm 0,035 W/(mK)		7			619.2							1.210	0.270	
Umstell. Ofen/Zentralhzg.														
Waldstraße 71 - 73	Leipzig	KMHC	. 1939	12	836.0	189300		226.4	51300	69388	83.0			63.3
WDVS MF.12 cm				-	649.4	68617	- 2		-	1 5 1		1.290	0.280	
Dachdämmung					345.0	15571						0.650	0.260	
Neufenster WS-ISO	1				120.4	21749						2.600	1.730	
Kellerdecke 10 cm 0,035 W/(mK)					344.8	14493						1.210	0.270	* at
Umstell. Ofen/Zentralhzg.														
Max-Planck-Str. 36 - 42	Leipzig	KMHC	1939	24	1437.1	316000		219.9		107782	75.0			65.9
WDVS MF 12 cm	. *	-			11647.0							1.420	0.280	
Dachdämmung						1						0.650	0.260	
Kellerdec: 10 cm 0,035 W/(mK)					564.5	1						1.220	0.270	
Umstell. Ofen/Zentralhzg.					*	1		14.		,		4		
Parlamentstr. 17-19	Frankfurt	KMHC	1925	38	2676.0		784068	293.0		535•200	200.0			31.7
WDVS 6 cm (Teilfl.)					910.0	-	-	-		**	-	1.550	1.080	
Isolierglasfenster Neu			-		156.8							5.100	2.900	,
Bergstrasse 34	Bassers-	KMHD	1958	7	768.0	1	106885	139.2		56-162	73.1			3 47.5
Vorhangfassade 6 cm	dorf CH		•							,		0.980	0.410	
Dach 12 cm												-	0.300	
Keller 5 cm	A -			-		ŧ						-	0.410	
Neufenster WS-ISO	1											2.800	1.800	
Kesselmod. 150/60 kW										r		150 kW	60 kW	
Klingenw/Kon,-AdenaStr.	Geiß-	KMHE	1961	12+	2313.0	w =	809550	350.0	Qui.	441•783	191.0			45.4
Vorhangfassade 6 cm	lingen				1900.0							1.570	0.480	
Dachboden 6 cm nicht beg.					779.0							1.060	0.480	
Fernwärmeübergabestation ange	paßt .													:
Berliner Str. 16-26	Ratze-	KMHD	1956	54	2359.0	1	938882	:. 398.0		549-647	233.0			41.5
Vorhangfassade 3 cm	burg				2033.0							1.510	0.700	
Isolierglasfenster Neu					-							5.200	3.020	
Am Weinberg	Bad	KMHD	1955	3	290/320	77141	75000	234.0	31533	36•700	114.0			51.3

WDVS 8 cm	Hersfeld				299							1.700	0.390	
Neufenster					68.2							5.200	2.600	
Dachdämmung 8 cm					136.0							1.660	0.390	
Kesselmodernisierung	NTK													
Voßbergstr. 3	Berlin	KMHD	1954	24	1827.0		548100	300.0		458•577	251.0			16.3
WDVS 5 cm		,							4			1.910	0.570	
Dachboden 5 cm		-										0.900	0.420	
Landwehrstr. 44	Bremen	<b>GMHD</b>	1956	32	1736.0		526008	303.0		361-088	208.0			31.4
WDVS/VHF 5 cm							1					1.540	0.530	
Neufenster (80 %)				'								5.230	3.020	
Dachboden 5 cm Kork						-						1.010	0.500	
Thüringer Str. 3	Ludwigs-	GMHE	1962	45	2547.0		514494	202.0		435•537	171.0	•		15.3
Vorhangfassade 4 cm	hafen											1.490	0.970	
ISO-Glas in Altrahmen												5.230	3.020	
Tiroler Str. 32-40	Hamburg	KMHD	1952	12	733.0		225031	307.0		197•177	269.0			12.4
Neufenster ISO		1									•	5.230	2.860	
Dachschräge 8.cm												0.790	0.470	
Kellerdecke 4 cm												1.910	0.520	
RobWeixler-Str. 13	Kempten	KMHD	1959	.25	1847.0		435892	236.0		304•755	165.0			30.1
Vorhangfassade 6 cm							*					1.250	0.440	
Dachboden 5 cm begehb.												1.360	0.580	
Fensterdichtung														
Kesselmodernisierung	Konstanttk.										,149.			
GHochstrasse	Hanau	KMHC	1926	3	249/349		105000	422.0	41476 o.W	38•000	109.0			74.2
WDVS 10 cm												1.030	0.290	
Umkehrdach 11 cm												0.780	0.240	
Kellerdecke 5 cm				. "								1.500	0.400	
ISO/WS-ISO-Verglasung							1					5.200	2.100	
Kesselmodernisierung	NTK						•							
Hamann-Allee	Verden	EFHD	1950	2		107540	105730	362.0	83014	79•180	271.0			25.1
WDVS 6 cm Teilflä.					79.0	16330		1.44	7518		Re	1.420	0.450	
Energiespar-Testhaus	München	EFHE	1937	1	110.0		38445	349.5		13•684	124.4			64.4
WDVS 8 cm					211.0			*				1.260	0.320	
Neufenster WS-ISO	1				13.8							3.500	1.600	
Dachdämmung 12 cm	EPS Aufsp				131.2				•			1.400	0.300	
Kelleraußenwände 5 cm	XPS				57.0							• 3.000	-0.600	
Kesselmodernisierung	NTK		3 . 4 %		15 kW		N.							
Todenhäuser Str.	Kassel	EFHF	1972	1	182.0	-	. 34240	188.0		27.640	152.0			19.1
WDVS 6 cm					159.3		. 1:					1.300	0.440	

_
4
-

Landhaushöhe 23 (*)	Tübingen	EFHD	1950	2	112/163	25932		231.5	8273	9•012	55.3			76.1
WDVS 15 cm					194.0	10228			3191			1.414	0.247	
Neue Fenster					31,8/45	5002			4805	•		2.600	1.500	
Dachdämmung 28 cm				5	3,6/109,8	6194			1055			1.910	0.135	
Kellerdecke					83.4	2826			707			1.120	0.335	
Friedrichsweg 3 (*)	Boden-	EFHB	1890	1	140.0	35072		250.5	22100	21.420	153.0			38.9
WDVS 8 cm	werder				163.8	22981			14068			2.614	0.420	
Neue Fenster				-	14.4	3208			1931			5.200	2.600	
Dachdämmung 10 cm					72.0	3008			1115			0.800	0.267	
Großenheidornerstr. 26 (*)	Wunsdorf	EFHB	1900	2	260.0	69650		267.9	38388	37-017	142.4			46.9
WDVS 2-3cm Kerndämm.					135.1	12040			6795			1.135	0.652	
Neue Fenster					40.3	7353			4060			5.200	2.600	
Dachdämmung 18 cm					144.0	4926			1093			0.800	0.174	
Wickengebirgsstr. 15 (*)	Bad Oeyn-	EFHC	1930	2	240.0	42672		177.8	32556	31-226	130.1			26.8
Innendämmung 2 cm	hausen				159.2	9949			7032			1.377	0.944	
Neue Fenster					42.4	9497			4927			5.200	2.600	
Dachdämmung 10 cm					202.2	10125			. 2742			1.163	0.303	
Luther Weg 71 (*)	Wunsdorf	EFHC	1921		189.0	55874		295.6	35358	37•005	195.8			33.8
WDVS 6 cm (20%)					19.7	10836		~	9430			1.317	1,126	-
Neue Fenster					20.7	8619			4384	-		5.200	2.600	
Dachdämmung 5 cm					157.3	17001			6436			1.350	0.502	
Kellerdecke 10 cm					94.5	3859			1291			1.020	0.336	
Am gr. Weserbogen 28 (*)	Bad Oeyn-	EFHC	1936	1	146.0	52529	fee	359.8	29251	27•841	190.7			47.0
Innendämmung 7 cm	hausen				117.2	17465	HI E I		7683			1.746	0.575	
Neue Fenster					16.0	6349			5173	1.149		5.200	3.740	*
Dachdämmung 12 cm					118.4	14930	- 1		2966			1.550	0.274	
Kellerdecke 9 cm					73.5	2391			1100			0.800	0.328	
Schanzenkamp 15 (*)	Bücke-	EFHC	1939	1	188.0	52567		279.6	25309	24.450	130.1			53.5
WDVS 6 cm	burg				107.7	8897			3668			1.024	0.404	
Neue Fenster					47.0	14875			8274			5.200	2.600	
Dachdämmung 10 cm					150.8	8945			3832			0.800	0.333	
Kellerdecke 3 cm					185.4	7300			5100			1.061	0.721	
Burkamp 6 (*)	Röding-	EFHC	1935	2	270.0	61679		228.4	44798	42•299	156.7			31.4
Kerndämmung 5 cm	hausen	,			275.6	22359			8279	^		1.289	0.444	
Neue Fenster					38.0				6574			5.200	2.600	
Dachdämmung 20 cm					159.0	9352			1801		13	0.960	0.170	
Jahnstraße 13 (*)	Bodenwerd	EFHC	1929	2	212.0	45962		216.8	33899	32•306	. 152.4		4	29.7
Kerndämmung 6 cm					198.8	14810			5120			1.211	0.387	
Neue Fenster			1		30.8	7841			4563			5.200	2.600	** * ***
Dachdämmung 10 cm					122.5	8883	2		3096			1.215	0.394	141

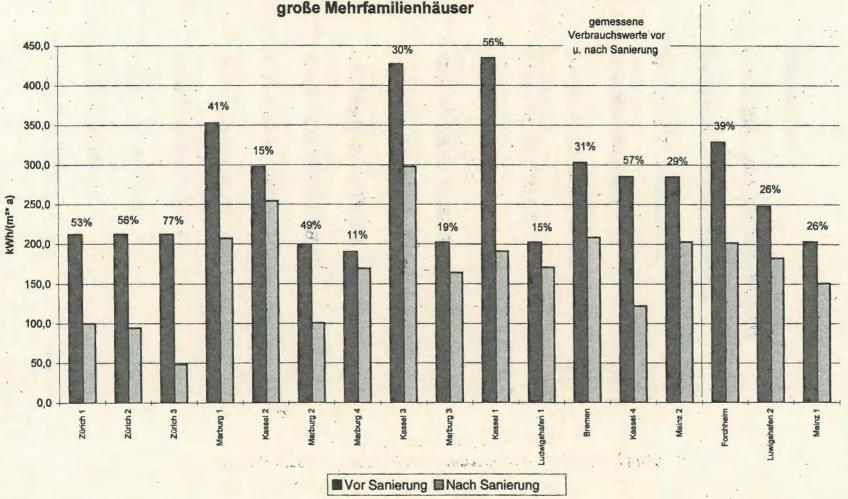
The state of the state of the state of

I again the state of the state

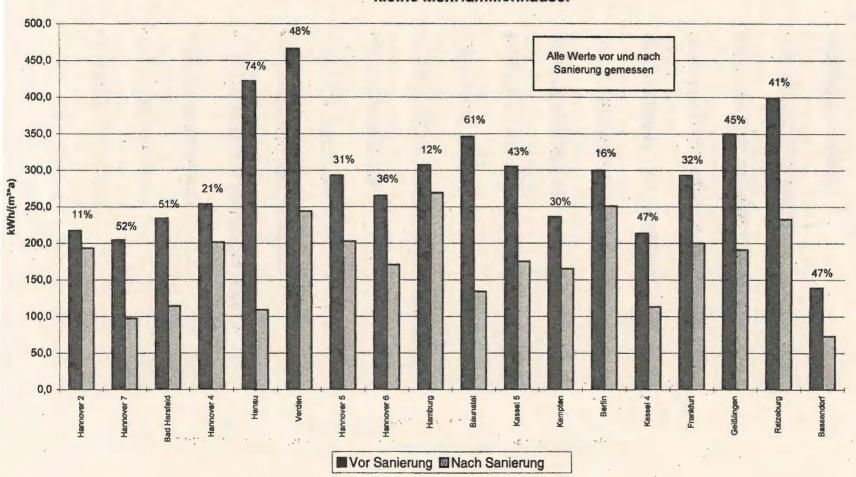
Reihenstraße 7 (*)	Bad Oeynh	EFHD	1951	2	235.0	66013		280.9	45632	43-935	187.0			33.4
Kerndämmung 11 cm	Vormauer.				166.5	13062			5998			0.942	0.389	
Neue Fenster	,				19.4	6734			4078	ž.		5.200	2.600	
Dachdämmung 10 cm	*				203.9	24053			5821			1.450	, 0.314	
Dornenweg 4 (*)	Bad Oeyn-	EFHE	1963	1	175.0	45118		257.8	2435	23•176	132.4			48.6
WDVS 4 cm	hausen				240.9	11600			7031			0.722	0.419	
Neue Fenster					46.6	13046			7207	,	-	5.200	2.500	
OG-Dämmung 10 cm					120.2	9641			2458			1.250	0.303	
Neukessel Öl Gebläse	20 kW													
Einfamilienhaus	Mannheim	EFH	1936	2	64									
WDVS-MF 6 cm					145		33110	517.3		22920	358.1	1.96	0.55	30.8
Nelkenstr. 31 (*)	Boden-	EFHE	1964		152.0	36040		237.1	27969	26.746	176.0			25.8
WDVS 5 cm (75%)	werder				155.6	16864			8581			1.601	0.800	
Neue Fenster		-			31.9	8026			4147			5.200	2.600	
Dachdämmung 10 cm						3887	•		1409			0.832	0.292	
Tannenbergweg 16 (*)	Burg-	EFHF	1972	1	160.0	26617		166.4	23592	22•575	141.1			15.2
Kerndämmung 5 cm	wedel				136.4	6647	*		. 2656			1.093	0.416	1
Neue Fenster					28.0	5563			3100			5,2/4,2	2.600	
Dachdämmung 10 cm					135.4	6345			1868			1.940	0.302	
Sperberhorst 35 (*)	Wunsdorf	EFHF	1976	1	125.0	32845		262.8	23138	22.800	182.4			30.6
Innendammung 10 cm					75.0	6408			2983			0.882	0.357	
Dachdämmung 15 cm					54.4	7348			1088			1.550	0.228	

(\*) = berechnete Werte Quellen: eigene Erhebung 1993; IBP, Das Münchner Energiespar-Testhaus, Berichte 20/1988, Stuttgart 1988; BMBau, Schriftenreihe 05.007, Realisierung des THERMA-Wettbewerbs, Bonn 1977, IfB, Bewährung der THERMA-Bauten, Hannover 1991, Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 12, 1984, Schweizer Energie-Fachbuch 1994, St. Gallen 1994, wksb 13/1981, Büro Naumann&Stahr, Auswertung, Energetische Sanierung im Gebiet Goyastrasse, Leipzig 1994

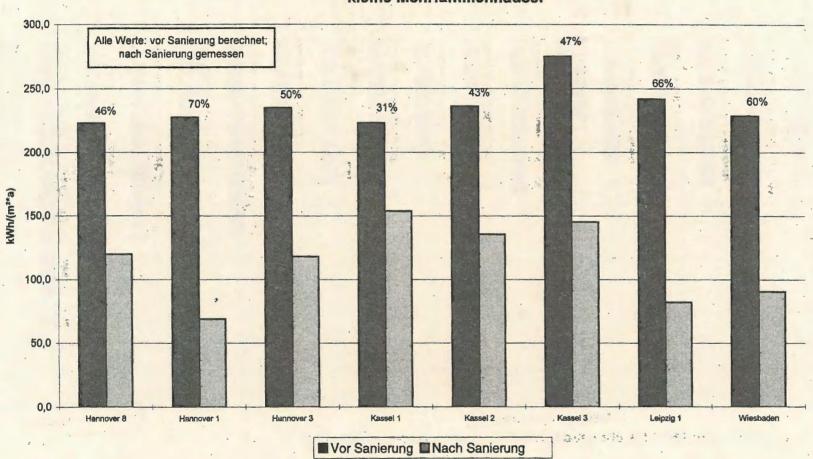
Nachgewiesene Heizenergieeinsparungen im Gebäudebestand große Mehrfamilienhäuser



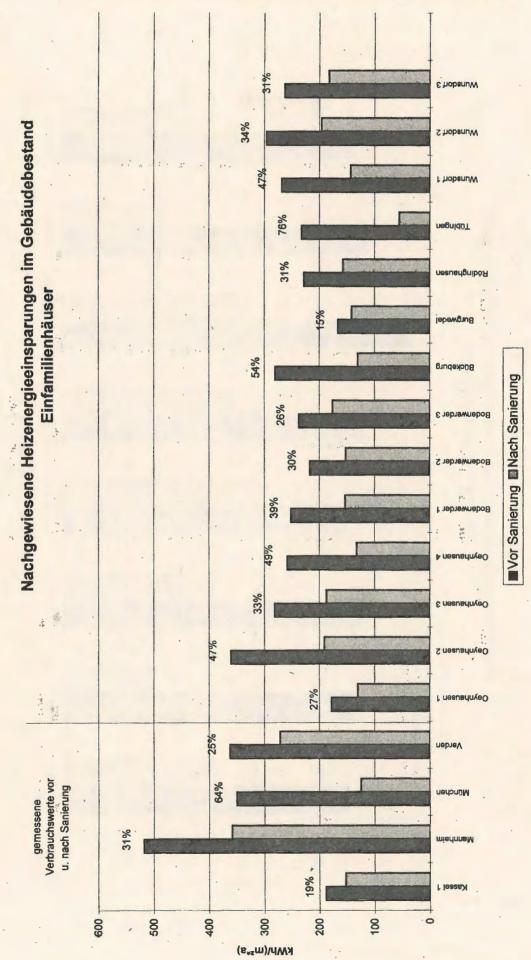
# Nachgewiesene Heizenergieeinsparungen im Gebäudebestand kleine Mehrfamilienhäuser



# Nachgewiesene Heizenergieeinsparungen im Gebäudebestand kleine Mehrfamilienhäuser



Grafik 6.3: Nachgewiesene Heizenergieeinsparungen im Gebäudebestand - Einfamilienhäuser



1. 19 di 1967

Um den Einfluß von Maßnahmeumfang und der Maßnahmequalität (Dämmschichtdicken, Verglasungsqualität) zu bestimmen, wurden die Gebäude in zwei Gruppen mit unterschiedlicher wärmetechnischer Sanierungsqualität eingeteilt. Hierzu wurden diejenigen Einfamilienhäuser ausgeschieden, bei denen der Verbrauch über Fragebogen in Energieberatungsaktionen ermittelt worden war.

Gruppe 1: Bis zu 3 Dämm- und/oder heizungstechnische Maßnahmen. Dämmschichtdicken unter 6 cm, Isolierverglasung.

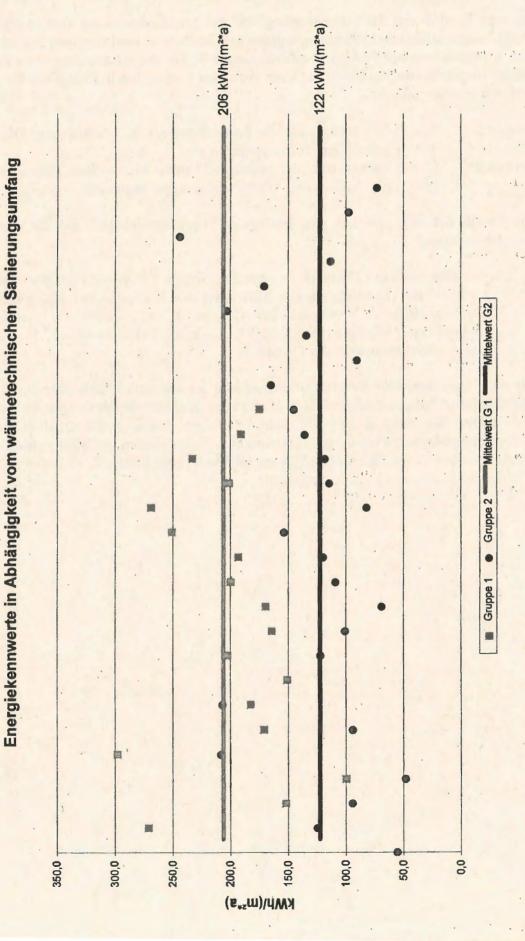
Gruppe 2: Über 3 Dämm- und/oder heizungstechnische Maßnahmen. Dämmschichtdicken über 6 cm, Isolier- und Wärmeschutzisolierverglasung.

Die Grafik 6.4 zeigt deutlich den Einfluß der Maßnahmequalität auf die erzielte Heizenergieeinsparung:

Der Mittelwert der Energiekennwerte der Gruppe 1 liegt nach der Sanierung bei 206 kWh/m²/Jahr (Endenergie), der Mittelwert der Gruppe 2 bei 122 kWh/m²/a. Der durchschnittliche Verbrauch der Gruppe 2 liegt durch die weitergehenden Energiesparmaßnahmen um 84 kWh/m²/Jahr oder 41 % unter dem Durchschnittsverbrauch der Gruppe 1.

Für die Beurteilung der Verbrauchsunterschiede ist wesentlich, daß sich die Qualität der Maßnahmen in Gruppe 2 noch nicht in allen Fällen deutlich von der Gruppe 1 abhebt und die Maßnahmen der Gruppe 2 noch nicht in vollem Umfang die Qualität des SPAR-Maßnahmekataloges aufweisen. Die Dämmschichtdicken sind in nur 3 Fällen auf 8-12 cm bei der Außenwand, in 10 Fällen auf 12-28 cm im Dach (zwei Fälle: 18, 28 cm) und in 7 Fällen Wärmeschutz-Isolierverglasung eingesetzt.

Grafik 6.4: Energiekennwerte in Abhängigkeit vom wärmetechnischen Sanierungsumfang



Besonders interessant hinsichtlich der nachgewiesenen Einsparung bei Einzelmaßnahmen sind die in wissenschaftlichen Meßprogrammen detailliert analysierten Objekte

- o Zürich, Limmatstrasse (MFH),
- o München, Energiespartesthaus (EFH).

#### Bei den Objekten

- o Verden, Hamann-Allee (EFH),
- o Kassel, Todenhäuserstrasse (EFH),

wurde jeweils nur die Außenwanddämmung durchgeführt, so daß hier die Einsparung der Maßnahme direkt zugeordnet werden kann.

Im Falle des Münchner Energiespartesthauses wurde zunächst eine Heizkesselmodernisierung durchgeführt, um die Einsparung dieser Einzelmaßnahme zu bestimmen. Nach einer Heizperiode mit modernisiertem Heizkessel wurde die gesamte Gebäudehüllfläche gedämmt. Die Nutzung durch drei Personen blieb gleich. Die gesamte Einsparung liegt bei 64 Prozent, der Beitrag der Heizkesselmodernisierung bei nur 10 Prozent (Grafik 6.6) /IBP, Testhaus 1988/.

Bei den Objekten Verden und Kassel (ZFH, EFH) wurde jeweils nur die Außenwand als Einzelmaßnahme gedämmt, die Nutzung blieb unverändert. Die Einsparungen durch ein 6 cm dickes Wärmedämmverbundsystem liegen bei 25 bzw. 19 Prozent. Das Zweifamilienhaus in Verden wurde 1979/80 mit 6 cm Wärmedämmverbundsystem auf 60 % der Außenwandfläche wärmegedämmt. Diese Einzelmaßnahme verbesserte den k-Wert auf 79 m² Wandfläche von 1,42 auf 0,45 W/(m²K). Die Endenergieeinsparung betrug im Mittel von 11 Jahren 2.655 m³ Erdgas oder 25 %, der Endenergiekennwert sank von 362 kWh/m² auf 271 kWh/m² Wohnfläche incl. Warmwasser. Von den Gesamtkosten der Maßnahme in Höhe von 172,00 DM pro m² Bauteilfläche entfielen nur 56,00 DM/m² auf die zusätzliche Anbringung des WDVS im Rahmen einer ohnehin anstehenden Putzerneuerung. Das ZFH Verden ist in Tabelle 6.2 und Grafik 6.5 ausführlich dokumentiert.

Der Baublock Zürich-Limmatstrasse wurde bereits 1978-1980 wärmetechnisch saniert. Die drei dokumentierten Gebäude mit je 10 Wohneinheiten sind baugleich und wurden bewußt mit unterschiedlicher Maßnahmetiefe saniert, um die Effekte zu dokumentieren.

- Gebäude 1: Keine Maßnahmen außer Dachausbau mit 5 cm Dämmung und Kellerdeckendämmung mit 4 cm Stärke, Heizungsumstellung auf WW-Zentralheizung mit Kessel.
- Gebäude 2: Teildämmung der oberen Stockwerke mit 4-6 cm Dämmschichtdicken, Kellerdeckendämmung 4 cm, Dreifachverglasung, Heizungsumstellung auf WW-Zentralheizung mit Kessel.
- Gebäude 3: Dämmung der gesamten Gebäudehülle mit 8-16 cm Dämmschichtdicke, Kellerdeckendämmung 6 cm, Dreifachverglasung, Heizungsumstellung auf WW-Zentralheizung, Gaswärmepumpe als Wärmeerzeuger, modulare Regelungsanlage.

Bei der wissenschaftlichen Begleitung wurde der Nutzenergieverbrauch der Wohnungen gemessen:

Gebäude 1: 75,1 kWh/m²/Jahr (-40 %) Gebäude 2: 71,0 kWh/m²/Jahr (-43 %) Gebäude 3: 35,8 kWh/m²/Jahr (-71 %)

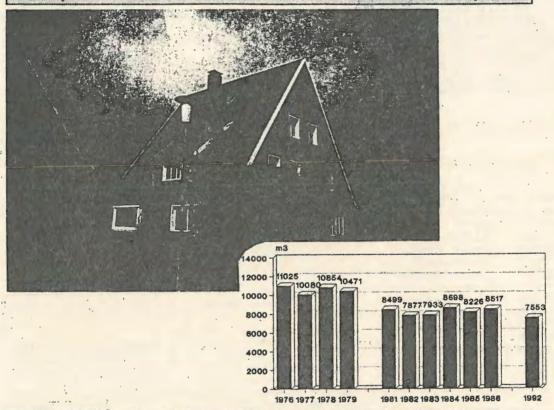
Die Einflüsse der beim Gebäude 3 verbesserten Wärmeschutzmaßnahmen und des größeren Maßnahmeumfanges sowie der besseren Regelungsmöglichkeiten der Nutzer bilden sich deutlich in der höheren Nutzenergieeinsparung ab.

Control of the Contro

the same of the sa

Grafik 6.5: Wärmedämmung der Außenwände bei einem Zweifamilienhaus 1979/80

# Zweifamilienhaus mit 25 % Einsparung durch Außenwandwärmedämmung (WDVS 6 cm, auf 60 % der Fassadenfläche)



 Gesamtinvestition:
 13.595,30 DM
 172,00 DM/m²

 davon WDVS:
 6.199,72 DM
 78,00 DM/m²

 - davon Außenputz:
 1.768,99 DM
 22,00 DM/m²

 - WDVS-Rest
 4.430,73 DM
 56,00 DM/m²

79 m² gedämmte Wandfläche, 292 m² Wohnfläche

Brennstoffeinsparung $\phi$  2.655 m³/JahrVerbrauch vorher $\phi$  10.573 m³ = 362 kWh/m²/aVerbrauch nachher $\phi$  7.918 m³ = 271 kWh/m²/a

Brennstoffkosteneinsparung/Jahr.

- bei 50 Pf./m³ Erdgas 1.328 DM/a - bei 100 Pf./m³ Erdgas 2.655 DM/a

Quelle: eigene Erhebung

Tabelle 6.2: Objektdaten. Zweifamilienhaus Verden/Aller im sanierten Zustand

#### Gebäude-Dokumentation Objektdaten EWM\_IST



Haustyp : Einfamilienhaus

Baualtersklasse : EW M I

Umbautes Volumen: 898 Kubikmeter

Wohnfläche : 292 m<sup>2</sup>

Raumhöhe : 2.50 m

Luftwechsel: 1.02 1/h

Hüllflächen	Fläche / m²	k-We	rt/ W/(m <sup>2</sup> K)	
Dach und Dachgeschoßdecke Außenwände erdberü. Bauteile, Kellerdecke Außenwände vor Heizkörpern gesamte Fensterfläche Nachts: Rolladen / Klappladen sonstige: Altbau sonstige: Dach Vorb sonstige: Eingang-T sonstige: Wand Vorb	99.75 69.40 141.80 22.80 55.40 78.62 24.15 7.00 10.15	Tag: Nacht	0.450 1.300 0.810 2.000 2.900 2.900 0.450 0.450 3.500 2.000	
Wärmebrücken (lineare)	Gesamtlänge / m	WBrüK	peff/ W/(mK)	
Wärmebrücke-Perimeter	46.00		1.120	
Solarenergie durch Fenster	Flächen / m²	Ge	samtdurchlaß	
Fensterfl. Süd / Ost / Nord	11.4 36.9	7.1	0.7000	
Wärmespeicherkapazi. = 648000 Wh/K Daten zur Nutzung				
Tagsolltemperatur = 20.86 °C Maximaltemperatur = 24.00 °C Dauer Nachtabsenk. = 8.0 h	Nachtsolltempera Leistung Pers/Ge Wochenendabsenku	räte =	17.86 °C 350 W N	
DATEN der HEIZANLAGE				
Kesselleistung = 66120 W Bereitschaftsverl. = 5.113 % Länge Heizleitungen= 38.50 m Vorlauftemperatur = 60.00 °C Zentrale Regelung : J	Bereitschaftsabse k*-Wert (Leitunge	chaltumen) =	90.0 % ng: N 0.240 W/m/K 40.00 °C	
Daten zur Warmwasserbereitung	Warmwasser wird	mitger	echnet : J	
WW-Verbrauch (60°C) = 250 l/d Speichervol.zentr. = 0.19 m <sup>2</sup> Speichertemp.zentr. = 60.00 °C Nutzbare Verluste = 20.00 % Länge Zirkulation = 0.00 m Dauer Zirk.Unterb = 2.00 h Länge Zuleitungen = 12.00 m	k-Wert Speich. zo Dämmhülle Leitund Durchmesser Zirk	ent. = gen = leit.= ust =	0.30 W/m <sup>2</sup> /K 0.000 m 0.030 m	

Brennstoffverbrauch zur Anpassung = 79180 kWh ERDGAS Quelle: eigene Erhebung Grafik 6.6:

Energiespar-Modellhaus in München - Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung der Modellsanierung

wischen 1985 und 1988 wurde ein Münchner Einfamilienhaus durch die dortigen Stadtwerke mit Wärmedämmung und moderner Heiztechnik ausgestattet. Das Gebäude, 1937 errichtet (110 m² Wohnfläche), ist durch Zufall in Baustil und alter vergleichbar mit dem vorgestellten Jenaer Wohngebäude, Durch das Fraunhofer-Institut für Bauphysik wurden die Einsparerfolge genau vermessen. Die Ergebnisse sind äußerst interessant, belegen sie doch, daß durch die bereits heute verfügbaren Dämm- und Heiztechniken der Heizenergieverbrauch im Gebäudebestand deutlich gesenkt werden kann:

Lag der Verbrauch vor der Sanierung bei 4 100 m³ Erdgas, verbrauchte die 3köpfige Familie danach nur noch 1 465 m³ Erdgas in der ersten Heizperiode 1987/88. Dabei ist die beheizte Fläche sogar gestiegen, weil die ehemalige Terrasse im Erdgeschoß nunmehr als Wohnraum ausgebaut ist und beheizt wird.

#### Die Energiesparmaßnahmen:

- 8 cm Wärmedämmung der Außenwände (Wärmedämmverbundsystem)
- 12 cm Dämmung auf den Sparren
- 5 cm Kellerdämmung
- Wärmeschutzisolierverglasung in Holzrahmen
- Klappläden
- Gasniedertemperaturkessel mit atmosphärischer Feuerung.

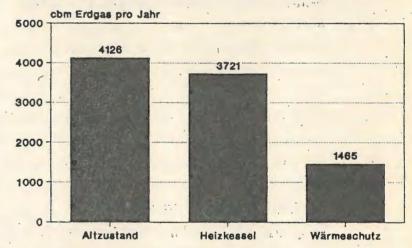
Das Prinzip: Die Gebäudehülle wird mit einem "Mantel" aus Dämmstoffen und hochwertiger Verglasung versehen. Der verbliebene Restwärmebedarf wird dann durch einen möglichst hochwertigen Heizkessel mit geringen Energieverlusten gedeckt, der auch die Warmwasserbereitung übernimmt. In diesem Fall hätte die Einsparung noch um ca. 10 % größer sein können, wenn statt des Niedertemperaturkessels ein Brennwertkessel eingebaut worden wäre.

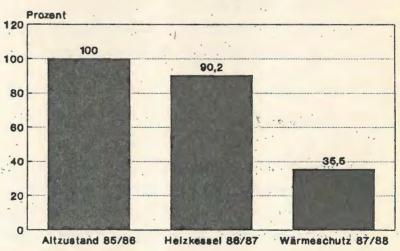
Die Messungen ergaben übrigens einen nur geringen Energieverbrauch für die Warmwasserbereitung: Nur 130 m³ Erdgas pro Jahr werden für die Warmwasserbereitung einer dreiköpfigen Familie benötigt. Es ist klar, daß sich in solchen Fällen keine Solaranlage auf dem Dach lohnt. Spart sie doch höchstens 50 Prozent hiervon ein (65 m³). 35 DM jährlicher Warmwasserkosteneinsparung stehen Investitionskosten von 9 000 bis 12 000 DM gegenüber. Das zeigt: In erster Linie sind ein guter Wärmeschutz der Außenbauteile und moderne Heiztechnik wichtig, wenn der Heizenergieverbrauch im Gebäudebestand gesenkt werden soll.

Die Familie berichtet auch von einer gestiegenen Wohnbehaglichkeit im Haus. Durch die äußeren Dämmschichten wird die Innenoberflächentemperatur der Außenbauteile angehoben. Diese wärmende Hülle ist eine wichtige Bedingung für das menschliche Behaglichkeitsempfinden.

# ENERGIESPAR-MODELLHAUS IN MÜNCHEN







Erdgaseinsparung im Münchener Testhaus

Quelle der Daten: IBP-Berichte, Das Münchner Energiespar-Testhaus, Stuttgart 1988; eigene Darstellung

# 7 Energieeinsparung beim Neubau

# 7.1 Bedeutung des Neubaus

Häufig wird argumentiert, daß Bemühungen um die Energieeinsparung bei Neubauten unwichtig seien, weil nur noch wenige Gebäude neu errichtet würden und deren wärmetechnischer Standard den Energieverbrauch in Deutschland kaum beeinflüssen würde. Diese Einschätzung ist aus mehreren Gründen unzutreffend:

- Nach den Szenarien haben die bis zum Jahr 2030 errichteten Neubauten dann einen Anteil von über 30% an der gesamten Wohnfläche. Daher ist deren Energieverbrauch durchaus bedeutend für den Gesamtverbrauch.
- Eine spätere wärmetechnische Nachbesserung von Neubauten gestaltet sich technisch und ökonomisch sehr viel ungünstiger als bei bestehenden Gebäuden: Der wärmetechnische Standard der neuen Häuser ist nämlich in jedem Fall besser als der Durchschnitt der Altbauten wenn auch i.a. nicht gut genug. Daher lohnt es sich trotz beträchtlicher Einsparmöglichkeiten kaum noch, nachträgliche Verbesserungen durchzuführen. Werden die Neubauten also nicht von Anfang an mit optimalem Standard errichtet, so gibt es kaum noch Gelegenheit, Versäumtes mit vernünftigem Aufwand nachzuholen. In Abschnitt 7.6 wird gezeigt, daß der heute technisch sinnvolle und ökonomisch vertretbar Neubau-Standard der des Niedrigenergiehauses ist. Jeder Neubau, der mit schlechterem wämetechnischen Standard gebaut wird, ist eine auf Jahrzehnte entgangene Gelegenheit ("lost opportunity").
  - Wichtig ist die Energieeinsparung beim Neubau aber auch in ihrer Vorbild- und Lernfunktion für die wärmetechnische Verbesserung des Altbaubestandes. Insbesondere die heute in großer Vielzahl gebauten Niedrigenergiehäuser dokumentieren augenfällig, daß Energieeinsparungen von über 50% gegenüber dem noch üblichen Durchschnitt mit vergleichsweise einfachen Mitteln zuverlässig realisierbar sind. Die meisten der beim Niedrigenergie-Hausbau eingesetzten Energiesparmaßnahmen lassen sich auf die energietechnische Sanierung von bestehenden Gebäuden übertragen.

# 7.2 Neubau-Typologie

Für eine quantitative Behandlung der Energieeinsparmöglichkeiten beim Neubau wird im folgenden die unter 2.4.5 dargestellte Neubau-Gebäudetypologie vorgestellt, die einen großen Teil der derzeit und in Zukunft neu gebauten Wohngebäude abdeckt. Als typische Vertreter der Neubauten werden in den letzten Jahren tatsächlich realisierte Häuser verwendet; es handelt sich um Objekte aus dem hessischen Niedrigenergiehaus-Programm. Dies hat den entscheidenden Vorteil, daß bei den betreffenden Gebäuden die zum Niedrigenergiehausstandard

gehörenden Einsparungen nicht nur theoretisch ermittelt, sondern im bewohnten Haus meßtechnisch über mehrere Jahre nachgewiesen sind. Auch die Kosten für die Realisierung des Niedrigenergiehaus-Standards sind für diese Objekte genau bekannt.

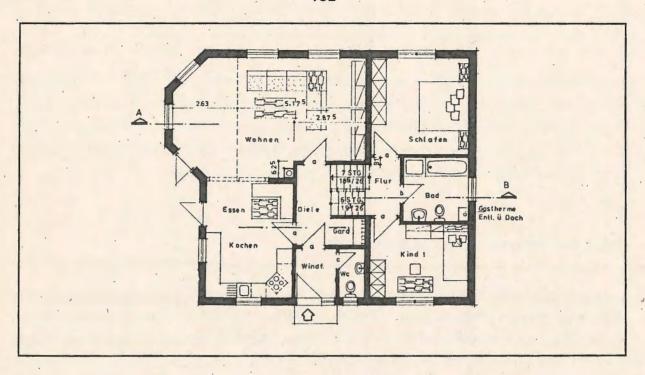
Unterschieden werden hier nur drei Gebäudetypen, die repräsentativ für die überwiegende Anzahl der künftigen Wohnungsneubauten sein dürften: Freistehende Einfamilienhäuser, Reihen(mittel)häuser und Mehrfamilienhäuser im sozialen Wohnungsbau. Für jeden dieser drei Typen wird ein Vertreter dokumentiert und das Energieeinsparpotential durch verschiedene energietechnische Ausführungsstandards untersucht (vgl. Abschnitt 7.3).

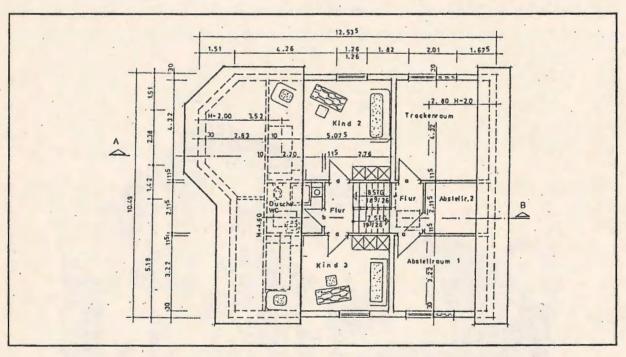
#### 7.2.1 Freistehende Einfamilienhäuser

Als typisches Einfamilienhaus der achtziger und neunziger Jahre kann ein anderthalbgeschossige Haus in Fulda (Abb. 7.1) mit 167 m² Wohnfläche dienen. Abb. 7.2 zeigt die Grundrisse von Erd- und Dachgeschoß sowie die zugrunde liegenden Flächendaten. Dieses Haus wurde 1990/91 im Rahmen des Niedrig-Energie-Förderprogramms des Landes Hessen erbaut und ist seither bewohnt. Im Gebäude wurden mit Forschungsmitteln des Hessischen Umweltministeriums zwei Jahre lang Meßdaten zum Energieverbrauch und den Raumtemperaturen erfaßt.



Abb. 7.1 Foto: Einfamilienhaus in Fulda (als Niedrigenergiehaus)





Ab. 7.2 Grundrisse: Einfamilienhaus in Fulda

## 7.2.2 Reihenhäuser

Typische Reihenhäuser findet man im Baugebiet "Kranichstein K7" der Stadt Darmstadt. Hier wurden zwischen 1989 und 1994 insgesamt mehr als 80 Wohneinheiten errichtet, die meisten davon als Niedrigenergiehäuser. In diesem Baugebiet waren auch zusätzliche ökologische

Kriterien zu erfüllen: So verfügen alle Häuser über Gründächer, teilweise wurde Regenwassernutzung vorgesehen und die versiegelten Flächen wurden begrenzt. Die Abb. 7.3 bis 7.6 zeigen typische Reihenhäuser aus diesem Baugebiet. Davon ist in Abb. 7.6 eine Reihenhauszeile der Architekten Prof. Bott/Ridder/Westermeier mit 11 Wohneinheiten mit Niedrigenergiehaus-Standard. Nach dem Vorbild dieser Zeile wurde 1990/91 im selben Baugebiet das Passivhaus Darmstadt errichtet (Abb. 7.7). Dieses seit Oktober 1991 von vier Familien bewohnte reihenhausähnliche Mehrfamilienhaus wurde mit extrem gutem Dämmstandard und hoher passiv solarer Energienutzung konzipiert. Das hessische Umweltministerium förderte den Bau und finanzierte ein umfangreiches wissenschaftliches Begleitprogramm. Mit Mitteln der Wüstenrot Stiftung Deutscher Eigenheimverein hat das Ingenieurbüro ebök/Tübingen ein zweijähriges Meßprogramm durchgeführt, das die projektierte extreme Energieeinsparung durch den hier verwendeten Baustandard in vollem Umfang bestätigte [Feist/Werner 1994]. Für dieses Objekt liegt eine detaillierte energietechnische Optimierung vor, zahlreiche unterschiedliche bauliche Varianten wurden in Hinblick auf Energieeinsparung, Umweltschutz, Kosten-Nutzen-Vehältnis und Praktikabilität untersucht [Feist 1993]. Die Meßdaten aus dem Passivhaus bilden die Grundlage für einen systematischen Theorie-Praxis-Vergleich zwischen den Ergebnissen der thermischen Gebäudesimulation und tatsächlichen Meßwerten. Die weitgehende bauliche Ähnlichkeit des Hauses mit der oben erwähnten Niedrigenergiehauszeile im gleichen Baugebiet legt es nahe, die Grundrisse eines solchen Reihenmittelhauses für die folgenden Analyse zu verwenden (Abb. 7.8).



Abb. 7.3 Niedrigenergie-Reihenhauszeile im Gebiet Darmstadt-Kranichstein; Bauherrengruppe 1 mit Architekten Mundt und Weißensee



Abb. 7.4 Niedrigenergie-Reihenhauszeile im Gebiet Darmstadt-Kranichstein; Bauherrengruppe 2 mit Architekten Gitter und Hamacher

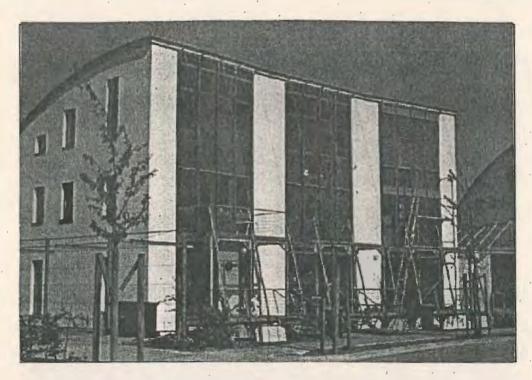


Abb. 7.5 Niedrigenergiehäuser im Gebiet Darmstadt-Kranichstein;
Bauherrengruppe 5 "Carsonkurve"; Architekten Mundt und Weißensee



Abb. 7.6 Niedrigenergie-Reihenhauszeile im Gebiet Darmstadt-Kranichstein; Bauherrengruppe 3; Architekten Prof. Bott/Ridder/Westermeyer

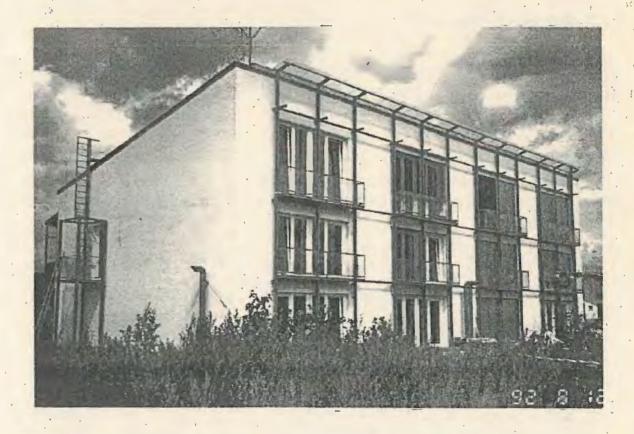


Abb. 7.7 Passivhaus Darmstadt Kranichstein; Architekten Prof. Bott/Ridder/Westermeyer

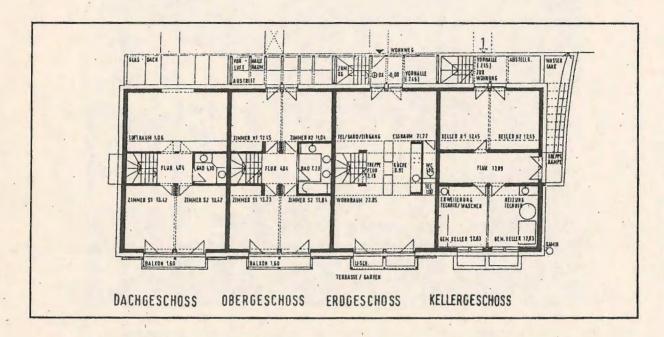


Abb. 7.8 Grundrisse Passivhaus Darmstadt Kranichstein

## 7.2.3 Mehrfamilienhäuser

Als typischer Vertreter im Geschoßwohnungsbau kann ein Mehrfamilienhaus in Dietzenbach (Abb. 7.10) dienen. Es handelt sich um ein Objekt mit 19 Eigentumswohnungen, einer Praxis und Gemeinschaftsräumen. Die gesamte Wohn- und Nutzfläche beträgt 1991 m². Nach Baubeginn im August 1990 wurde dieses Niedrigenergiehaus zwischen Juni 1991 und Januar 1992 bezogen. Das Haus wurde als konventioneller Mauerwerksbau mit außenliegender Wärmedämmung und mineralischem Außenputz errichtet. Die Wärmeversorgung erfolgt über einen Fernwärmeanschluß; die gesamte Baukonzeption richtete sich nach ökologischen Gesichtspunkten.

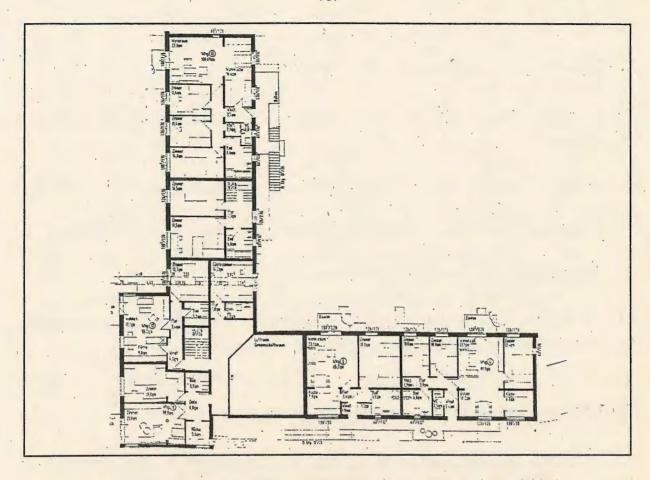


Abb. 7.9 Grundriß Mehrfamilien-Niedrigenergiehaus in Dietzenbach; Architekten: Baufrösche Kassel



Abb. 7.10 Foto: Mehrfamilien-Niedrigenergiehaus in Dietzenbach; Architekten: Baufrösche Kassel

#### 7.3 Wärmetechnische Standards bei Neubauten

Für die Neubau-Gebäudetypen werden in dieser Studie folgende wärmetechnischen Standards unterschieden:

- Standard nach der seit 1.1.1984 verbindlichen II.Wärmeschutzverordnung [WschVO 1982]
- Standard nach der ab 1.1.1995 verbindlichen novellierten Wärmeschutzverordnung [WschVO-No 1994]
- Niedrigenergiehaus-Standard [Feist/Klien 1989].

Für das Reihenmittelhaus wird außerdem als zusätzlicher Standard der des Passivhauses betrachtet. Die vier Standards werden im folgenden definiert.

# 7.3.1 Standard nach II. Wärmeschutzverordnung (1982)

Definierend für diesen Standard sind die Anforderungen der seit 1.1.1984 verbindlichen II. Wärmeschutzverordnung. Dabei kann zwischen der Erfüllung einer Anforderung an einen höchstzulässigen mittleren k-Wert (k<sub>m</sub>-Wert; Regelverfahren) und der Einhaltung einzelner Wärmedurchangskoeffizienten der Bauteile (Bauteilverfahren) gewählt werden.

#### 7.3.1.1 Das Regelverfahren: Höchstzulässiger k...-Wert

Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient der Gebäudehülle (k<sub>m</sub>-Wert) ist definiert durch das hüllflächengewichtete Mittel der k-Werte der Außenbauteile:

$$k_m := (k_w A_w + k_E A_E + 0.8 k_D A_D + 0.5 k_G A_G) / (A_w + A_E + A_D + A_G).$$

In Abhängigkeit vom Oberflächen- zu Volumen-Verhältnis A/V muß der so ermittelte  $k_m$ -Wert nach der Verordnung kleiner als

$$k_{m,max} = 0.45 \text{ W/(m}^2\text{K}) + 0.165 \text{ W/(m}^3\text{K}) / (A/V)$$

sein.

#### 7.3.1.2 Das Bauteilverfahren: Einzelanforderungen an Bauteile der Hüllfläche

Alternativ war es nach der Verordnung auch zulässig, statt der Anforderung  $k_m \le k_{m,max}$  folgende Einzelanforderungen zu erfüllen:

$$k_{W+F} = (k_W A_W + k_F A_F)/(A_W + A_F) \le 1,2 \text{ W/(m}^2 \text{K})$$

{bei Gebäuden, deren Grundriß ein Quadrat mit der Seitenlänge 15 m nicht umschreibt}

bzw.

$$k_{W+F} = (k_W A_W + k_F A_F)/(A_W + A_F) \le 1.5 \text{ W/(m}^2\text{K})$$

{bei Gebäuden, deren Grundriß ein Quadrat mit der Seitenlänge 15 m umschreibt}

sowie

 $k_D \le 0.3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  und  $k_G \le 0.55 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ .

# 7.3.1.3 Gebäude mit Standard nach II. Wärmeschutzverordnung

Die überwiegende Anzahl der Gebäude, die zwischen 1984 und 1994 in Westdeutschland gebaut wurden, werden wärmetechnisch in etwa dem Standard der II. Wärmeschutzverordnung entsprechen. Für Abweichungen gegenüber diesem Standard werden mehrere Argumente ins Feld geführt:

- · Abweichung zu schlechterem Standard:
- Die Anforderungen der Verordnung wurden in allen Bundesländern nur "auf dem Papier" überprüft, d.h. der rechnerische "Wärmeschutznachweis" war Teil der Baugenehmigungsunterlagen. In Bayern wurde selbst diese formale Prüfung ausgesetzt. Von daher ist nicht geprüft worden, ob die Bauteile schlußendlich wirklich dem rechnerisch angegebenen Standard genügt haben: In Einzelfällen wurde auch wirklich berichtet, daß z.B. teilweise Mauersteine schlechterer Qualität, kein Dämmörtel bzw. nur dünnere oder teilweise fehlende Dämmschichten angebracht wurden.
- Der rechnerische Nachweis der Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgte trotz präziser Angaben in der einschlägigen DIN 4108 häufig fehlerhaft mit zu optimistischen Ergebnissen für die k-Werte: So war es beispielsweise weit verbreitet, für den k-Wert des Daches nur die gedämmten Bereiche zwischen den Sparren anzusetzen, die schlechter dämmenden Sparrenbereiche dagegen zu vernachlässigen.
- Die Kenntnisse über wirksamen Wärmeschutz waren in der betreffenden Zeit weder bei den Architekten noch beim Baugewerbe sehr verbreitet. Auch die Wärmeschutz-

verordnung selbst schweigt sich über Qualitätsmerkmale guter Wärmedämmung weitgehend aus: Weder wird die Wärmebrückenproblematik dargestellt und Vorschläge zur Reduzierung von Wärmebrücken gemacht, noch wird die dringend erforderliche Luftdichtheit von Leichtbauteilen behandelt.

· Abweichungen zu besserem Standard

3011 10

Auch in Deutschland wurden in der Vergangenheit oft die bestehenden Wärmeschutzanforderungen übererfüllt: So sind z.B. oftmals insbesondere in Einfamilienhäusern
besser dämmende Steine und/oder dickere Außenwände gebaut worden, als es der
geltenden Vorschrift entspricht. Auch wurden mit steigender Tendenz Wärmeschutzverglasungen eingesetzt und es gab einen Anteil von Neubauten in Fertigbauweise, die
im Wärmeschutz eher dem Standard der novellierten Wärmeschutzverordnung von
1995 entsprachen - allerdings waren diese Gebäude überwiegend relativ undicht.
Vereinzelt gab es sogar erste Objekte, die bereits dem Niedrigenergiestandard (vgl.
7.3.3) entsprachen.

Unserer Einschätzung nach haben sich die Abweichungen zum Schlechteren wie zum Besseren insgesamt in der Vergangenheit etwa die Waage gehalten. Dies bestätigen auch die Gebäudeaufnahmen und Wärmebilanzrechnungen zu Neubauten im Rahmen von regionalen Energieberatungsaktionen. Im folgenden werden für die drei in Abschnitt 7.2 dokumentierten Gebäudetypen die baulichen Konstruktionsmerkmale für den Standard nach II. Wärmeschutzverordnung angegeben. Zugrundegelegt wurde dabei der Nachweis nach dem Regelverfahren (7.3.1.1). Auch für Einfamilienhäuser erfolgte der Nachweis erfahrungsgemäß nämlich meist in dieser Weise.

#### 7.3.1.3.1 Freistehendes Einfamilienhaus nach II. Wärmeschutzverordnung

Tab. 7.1 dokumentiert die Wärmedurchgangskoeffizienten, die für die Außenbauteile des Referenz-Einfamilienhauses nach der II. Wärmeschutzverordnung hätten eingehalten werden müssen: Im Dach sind 0,49 W/(m²K) durch eine 8 cm dicke Dämmung zwischen den Sparren (Sparrenanteil 15%) erreichbar, die Wand könnte mit 24 cm Leichthochlochziegeln mit Wärmedämmörtel (k<sub>w</sub>=0,83 W/(m²K)) errichtet werden, auf der Kellerdecke zum unbeheizten Keller reichen die üblichen 4 cm Trittschalldämmung aus (k<sub>G</sub>=0,68 W/(m²K)). Gelüftet wird durch Fensterlüftung (energiewirksamer Luftwechsel 0,6 h-1).

Tab. 7.1 Einfamilienhaus in Fulda Variante WschVo '82					
Umbautes Volumen/ m³	521	and the second of the second o			
Hüllflächenbauteil	Fläche / m <sup>2</sup>	k-Wert / W/(m <sup>2</sup> K)			
Dach	136,60	0,490			
Außenwände	138,70	0,830			
Außenwände vor Heizkörpern	6,00	0,830			
Kellerdecke	116,10	0,680			
gesamte Fensterfläche	22,80	2,6			
LÜFTUNG	Luftvolumen/m <sup>3</sup>	Luftwechsel / h <sup>-1</sup>			
beheiztes Luftvol.	417,5	0,6			
Rückwärmzahl	Keine Wärmerückgewinn.	energieäqui. Luftwechsel 0,6 h <sup>-1</sup>			
Solarenergienutzung durch Fen-		effektiver Energiedurchlaß /			
sterflächen	Fläche / m <sup>2</sup>	%			
Süd-Fensterfläche	8,70	0,38			
Ost/West-Fensterfläche	14,10	0,38			
Nord-Fensterfläche	0,0	0,38			
Innere Wärmequellen	Innere Wärmequellen				
Dauerleistung innere Quellen /W		. 592			

# Energiekennwert Heizwärme: 154 kWh/(m²a)

Die (wie durchweg in dieser Studie) mit dem Einkapazitätenmodell ENBIL berechnete Energiebilanz dieser Variante führt bei Standardbeheizung mit 20° Tagsoll- und 17° Nachtsolltemperatur auf einen Energiekennwert Heizwärme von 154 kWh/(m²a). Der Jahresheizwärmebedarf dieses Hauses mit 167 m² Wohnfläche liegt daher insgesamt bei 25600 kWh/a.

# 7.3.1.3.2 Reihenmittelhaus nach ILWärmeschutzverordnung

Typische Reihenhäuser, die der II. Wärmeschutzverordnung genügen, finden sich ebenfalls im unter 7.2.2 beschriebenen Baugebiet in Darmstadt. In Tabelle 7.2 finden sich die charakteristischen Hüllflächen-Kennwerte, wenn das in 7.2.2 beschriebene Reihenhaus nach den Anforderungen dieser Verordnung gebaut worden wäre:

In diesem Fall hätte im Dach eine 8 cm dicke Wärmedämmung zwischen den Sparren (Sparrenanteil 15%) ausgereicht ( $k_D$ =0,5 W/( $m^2$ K)), die Außenwände wären als beidseitig verputzte Leicht-Hochlochziegel-Wände (24 cm Mauerwerk) mit einem k-Wert von 0,98 W/( $m^2$ K) errichtet worden, die Normal-Beton-Kellerdecke hätte über die üblichen 4 cm Trittschalldämmung keinen zusätzlichen Wärmeschutz erhalten ( $k_G$ =0,673 W/( $m^2$ K)). Die Fenster sind Holzfenster mit Standard-Zweischeiben-Isolierverglasung ( $k_F$ =2,6 W/( $m^2$ K); g=76%). Das Haus würde durch Fensterlüftung gelüftet (angenommener mittlerer energiewirksamer Luftwechsel: 0,6 h<sup>-1</sup>).

Die mit ENBIL berechnete Energiebilanz dieser Variante führt bei Standardbeheizung (20° Tagsoll- und 17° Nachtsolltemperatur) auf einen Energiekennwert Heizwärme von 153 kWh/(m²a). Der Jahresheizwärmebedarf des Hauses mit 156 m² Wohnfläche liegt bei insgesamt 23800 kWh/a.

Tab 7.2 Reihenmittelhaus	Kranichstein	Variante WschVo '82
Umbautes Volumen/ m <sup>3</sup>	684	
Hüllflächenbauteil	Fläche / m²	k-Wert / W/(m <sup>2</sup> K)
Dach	79,08	0,500
Außenwände	78,81	0,980
Kellerdecke	. 76,73	0,673
gesamte Fensterfläche	41,66	2,6
LÜFTUNG	Luftvolumen/m <sup>3</sup>	Luftwechsel / h-1
beheiztes Luftvol.	437	0,6
Rückwärmzahl	Keine Wärmerückgewinn.	energieäqui. Luftwechsel 0,6 h <sup>-1</sup>
Solarenergienutzung durch Fensterflächen	Fläche / m²	effektiver Energiedurchlaß / %
Süd-Fensterfläche	30,40	0,45
Ost/West-Fensterfläche	0,00	0,45
Nord-Fensterfläche	. 11,30	0,45
Innere Wärmequellen		
Dauerleistung innere Quellen	/W	297

Energiekennwert Heizwärme: 153 kWh/(m²a)

#### 7.3.1.3.3 Mehrfamilienhaus im sozialen Wohnungsbau nach II. Wärmeschutzverordnung

Auch für das Mehrfamilienhaus würde nach der II. Wärmeschutzverordnung eine Dämmung von 8 cm zwischen den Sparren (k-Wert 0,5 W/(m²K)) und eine Leicht-Hochlochziegel Außenwand mit 24 cm (mit Dämmörtel, k-Wert 0,83 W/(m²K)) ausreichen. Für die Kellerdecke reicht eine 4 cm starke Trittschalldämmung (WLG 045) auf der Betondecke aus ( $k_g$ =0,73 W/( $m^2$ K)). Wieder wird von der Verwendung von Zweischeiben-Isolierverglasung ( $k_F$ =2,6 W/( $m^2$ K), g=77%) ausgegangen. Bei Fensterlüftung beläuft sich der energiewirksame mittlere Luftwechsel auf 0,6 h<sup>-1</sup>.

Die ENBIL-Energiebilanz dieser Variante bei Standardbeheizung ergibt einen Energiekennwert Heizwärme von 124 kWh/(m²a). Der Jahresheizwärmebedarf dieses Hauses mit 1991 m² Wohnfläche liegt daher insgesamt bei 247500 kWh/a.

Tab. 7.3 Mehrfamilienhaus Dietzenbach Variante WschVo '8			
Umbautes Volumen/ m <sup>3</sup>	7612	19 Wohnungen	
Hüllflächenbauteil	Fläche / m <sup>2</sup>	k-Wert / W/(m <sup>2</sup> K)	
Dach	580,0	0,500	
Außenwände	1700,0	0,830	
Kellerdecke	619,5	0,730	
Außenwände vor Heizkörpern	123,0	0,830	
gesamte Fensterfläche	307,1	2,600	
LÜFTUNG	Luftvolumen/m <sup>3</sup>	Luftwechsel / h <sup>-1</sup>	
beheiztes Luftvol.	4977,5	0,6	
Rückwärmzahl	Keine Wärmerückgewinn.	energieäqui. Luftwechsel 0,6 h <sup>-1</sup>	
Solarenergienutzung durch	,	effektiver Energiedurchlaß /	
Fensterflächen	Fläche / m <sup>2</sup>	%	
Süd-Fensterfläche	108,6	0,38	
Ost/West-Fensterfläche	155,8	0,38	
Nord-Fensterfläche	42,7	0,38	
Innere Wärmequellen			
Dauerleistung innere Quellen /W	Dauerleistung innere Quellen /W		

Energiekennwert Heizwärme: 124 kWh/(m²a)

# 7.3.2 Standard nach novellierter Wärmeschutzverordnung (1995)

Auch die novellierte Wärmeschutzverordnung [NovWschVO 1995] kennt zwei wahlweise Nachweisverfahren: Den Nachweis über den Jahres-Heizwärmebedarf (→ 3.2.1) als Regelverfahren und die Einhaltung von maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen der Gebäudehülle bei kleinen Wohngebäuden mit bis zu zwei Vollgeschossen und nicht mehr als drei Wohneinheiten.

#### 7.3.2.1 Nachweis über den Jahres-Heizwärmebedarf

Bei diesem Nachweis werden zunächst die Transmissionswärmeverluste  $Q_T$  aller Bauteile der Gebäudehülle bestimmt:

$$Q_T = 84 \text{ kKh} \left( k_W A_W + k_F A_F + 0.8 k_D A_D + 0.5 k_G A_G + k_{DL} A_{DL} + 0.5 k_{AB} A_{AB} \right).$$

Hinzu kommen die Jahreslüftungswärmeverluste QL

$$Q_L = 84 \text{ kKh } (0.8 \text{ h}^{-1} \text{ V}_L \text{ f}_{Anlage}),$$

wobei  $V_L$  =0,8 V das anrechenbare Luftvolumen des Gebäudes und  $f_{Anlage}$  ein Maß für die Effizienz des verwendeten Lüftungssystems ist: Bei Fensterlüftung ist  $f_{Anlage}$ =1, für reine Abluftanlagen 0,95 und für Wärmerückgewinnungsanlagen mit Rückwärmezahl  $\eta_w$  gleich 0,8 (65%/ $\eta_w$ ).

Die solaren Wärmegewinne  $Q_s$  werden durch Summation der mit den Gesamtenergiedurchlaßgraden  $g_i$  multiplizierten Strahlungsangebote  $I_j$  über alle Fensterflächen  $A_{F,j,i}$  mit einem objektunabhängigen konstanten Verschattungs- und Ausnutzungsgrad von 46% bestimmt:

$$Q_s = \sum_{i=1}^{n} 0,46 I_j g_i A_{F,j,i}$$

Dabei ist  $I_{Sud}$ =400 KWh/(m²a);  $I_{West/Ost}$ =275 kWh/(m²a) und  $I_{Nord}$ =160 kWh/(m²a). Als nutzbare interne Wärmegewinne dürfen bis höchstens  $Q_I$ = 8,0 kWh/(m³a) V in Ansatz gebracht werden.

Der Jahres-Heizwärmebedarf Q<sub>H</sub> nach der Verordnung wird aus den zuvor bestimmten Verlusten und Gewinnen wie folgt ermittelt:

$$Q_H = 0.9 (Q_T + Q_1) - (Q_1 + Q_S);$$

die dabei vorgenommene Reduzierung der Verluste mit einem Faktor 0,9 wird als Berücksichtigung eines "Gleichzeitigkeitsfaktors" gerechtfertigt. Der so bestimmte "Jahres-Heizwärmebedarf Q<sub>H</sub> nach der Verordnung" ist ein reiner Rechenwert, der der Festlegung der Anforderungen dient. Für diesen Wert besteht nicht der Anspruch, daß er mit den nach genaueren Verfahren bestimmten Heizwärmebedarfswerten oder gemessenen Jahresverbrauchswerten übereinstimmt; in der Regel weicht er von solchen realistisch bestimmten Werten sogar recht erheblich ab - insbesondere auch von den hier im folgenden mit der ENBIL-Bilanz ermittelten Kennwerten. Eine Kritik der wesentlichen vergröbernden Annahmen des Rechengangs nach der novellierten Wärmeschutzverordnung findet sich in [Feist 1993].

Der Jahresheizwärmebedarf Q'<sub>H</sub>=Q<sub>H</sub>/V je m³ beheiztes Bauwerksvolumen wird dann durch die Vorschrift in Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis begrenzt; es muß sein

$$Q'_{H} \le Q'_{H,max} = 13,82 \text{ kWh/(m}^3\text{a}) + 17,32 \text{ kWh/(m}^2\text{a})(A/V).$$

#### 7.3.2.2 Nachweis über vereinfachtes Verfahren

Für kleine Wohngebäude mit bis zu zwei Vollgeschossen und nicht mehr als drei Wohneinheiten gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn folgende maximale Wärmedurchgangskoeffizienten nicht überschritten werden:

 $k_W \leq 0.5 \text{ W/(m}^2\text{K})$ 

 $k_{F,eq} \le 0.7 \text{ W/(m}^2\text{K})$  {äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient der Fenster.  $k_{eq} = k_F - gS_F$ }

sowie

 $k_D \le 0.22 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  und  $k_G \le 0.35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ .

#### 7.3.2.3 Gebäude mit Standard nach novellierter Wärmeschutz-VO 1995

Realisierte Gebäude nach diesem Standard gibt es naturgemäß (Gültigkeit der Verordnung ab Januar 1995) noch wenig. Im folgenden werden die Baukonstruktionen vorgestellt, die bei den drei Gebäudetypen ausgewählt werden müßten, um die Anforderungen nach dieser Verordnung einzuhalten.

## 7.3.2.3.1 Freistehendes Einfamilienhaus nach novellierter Wärmeschutzverordnung '95

Ein k-Wert im Dach von 0,24 W/(m²K) ist z.B. durch die Verwendung von schmalen (5 cm) und hohen (18 cm) Sparren möglich, wobei die Zwischenräume (Achsabstand 65 cm) vollständig mit Dämmstoff ausgefüllt werden. Der Außenwand-k-Wert k<sub>w</sub>=0,51 W/(m²K) wird erreicht durch 36,5 cm porosierte Leicht-Hochlochziegel mit Spezial-Dämmörtel (gesamte Konstruktionsdicke 39 cm) - oder durch eine Kalksandsteinwand (17,5 cm) mit außenliegendem Wärmedämmverbundsystem von 6 cm Dicke (Gesamtdicke dann 26 cm). Die Kellerdecke erhält zusätzlich unter der 4 cm Trittschalldämmung weitere 6 cm Wärmedämmung (k<sub>G</sub>=0,38 W/(m²K)).

Tab. 7.4 Einfamilienhaus in	n Fulda Variante	novellierte WschVo '95		
Umbautes Volumen/ m <sup>3</sup>	521			
Hüllflächenbauteil	Fläche / m <sup>2</sup>	k-Wert / W/(m <sup>2</sup> K)		
Dach	136,60	0,240		
Außenwände	138,70	0,510		
Außenwände vor Heizkörpern	6,00	0,510		
Kellerdecke	116,10	. 0,380		
gesamte Fensterfläche	. 22,80	1,7		
LÜFTUNG	Luftvolumen/m <sup>3</sup>	Luftwechsel / h-1		
beheiztes Luftvol.	417,5	0,6		
Rückwärmzahl	Keine Wärmerückgewinn.	energieäqui. Luftwechsel 0,6 h <sup>-1</sup>		
Solarenergienutzung durch		effektiver Energiedurchlaß /		
Fensterflächen	Fläche / m²	. %		
Süd-Fensterfläche	8,70	0,34		
Ost/West-Fensterfläche	14,10	0,34		
Nord-Fensterfläche	0,0	0,34		
Innere Wärmequellen				
Dauerleistung innere Quellen /W	592			

Energiekennwert Heizwärme: 93 kWh/(m²a)

Für die Fenster werden Zweischeiben-Wärmeschutzverglasungen eingesetzt, wobei für den erforderlichen k-Wert von 1,7 W/(m²K) geringe Scheibenabstände (12 mm) und Halbleiter-Beschichtungen ausreichen.

Der Energiekennwert Heizwärme beläuft sich für diese Variante nach der ENBIL-Wärmebilanz auf 93 kWh/(m²a). Dies ist ungefähr die Größenordnung der Wärmeverbräuche von Gebäuden nach der bis Ende 1990 gültigen schwedischen Baunorm SBN 1980 [SBN 1980], es handelt sich noch nicht um ein Niedrigenergiehaus.

# 7.3.2.3.2 Reihenmittelhaus nach novellierter Wärmeschutzverordnung '95

Eine Zwischensparren-Dämmung von 15 cm Dicke bei einem Sparrenanteil von 12% führt auf einen k-Wert für das Dach von 0,3 W/(m²K). Die Außenwände können 30 cm porosierte Leichthochlochziegel (Spezial-Wärmedämmmörtel) mit einem k-Wert 0,68 W/(m²K) sein. Bei Parkett- oder Teppichbelag kann der k<sub>G</sub>-Wert 0,55 W/(m²K) für die Kellerdecke mit einer auf 6 cm verstärkten Trittschalldämmung erreicht werden. Die Holzfenster erhalten Wärmeschutzverglasungen mit k-Wert von 1,7 W/(m²K) (Halbleiter-Beschichtung).

Tab. 7.5 Reihenmittelhaus Kranichstein Variante nov. WschVo '95					
Umbautes Volumen/ m <sup>3</sup>	684	t the section of			
Hüllflächenbauteil	Fläche / m <sup>2</sup>	k-Wert / W/(m <sup>2</sup> K)			
Dach	79,08	0,300			
Außenwände	78,81	0,680			
Kellerdecke	76,73	0,550			
gesamte Fensterfläche	41,66	1,7			
LÜFTUNG	Luftvolumen/m <sup>3</sup>	Luftwechsel / h <sup>-1</sup>			
beheiztes Luftvol.	. 437	0,6			
Rückwärmzahl	Keine Wärmerückgewinn.	energieäqui. Luftwechsel 0,6 h <sup>-1</sup>			
Solarenergienutzung durch		effektiver Energiedurchlaß /			
Fensterflächen	Fläche / m <sup>2</sup>	%			
Süd-Fensterfläche	30,40	0,40			
Ost/West-Fensterfläche	0,00	0,40			
Nord-Fensterfläche	11,30	0,40			
Innere Wärmequellen					
Dauerleistung innere Quellen /	W	297			

Energiekennwert Heizwärme: 83 kWh/(m²a)

Der Energiekennwert Heizwärme ereicht mit 83 kWh/(m²a) (nach ENBIL-Bilanz) noch nicht den Niedrigenergiehaus-Standard.

# 7.3.2.3.3 Mehrfamilienhaus im sozialen Wohnungsbau nach novellierter Wärmeschutzverordnung '95

Bei Mehrfamilienhäusern mit günstigen A/V-Verhältnissen greift die novellierte Verordnung relativ streng. Der Dach-k-Wert von 0,2 W/(m²K) ist z.B. durch eine Volldämmung von 22 cm zwischen den Sparren (z.B. 5 cm \* 22 cm) erreichbar; die Außenwände können als porosierte 36,5 cm Hochlochziegel mit beidseitigem Verputz ausgeführt werden - alternativ als Kalksandsteinwand (24 cm) mit außenliegendem Wärmedämmverbundsystem von 6 cm Dicke (Gesamtdicke dann 26 cm). Die Kellerdecke erhält zusätzlich unter der 4 cm Trittschalldämmung weitere 7 cm Wärmedämmung (k<sub>G</sub>=0,35 W/(m²K)). Wieder können Wärmeschutzverglasungen mit k-Wert von 1,7 W/(m²K) (Halbleiter-Beschichtung) eingesetzt werden und es kann von Fensterlüftung ausgegangen werden.

Tab. 7.6 Mehrfamilienhaus Dietzenbach Variante nov. WschVo '95			
Umbautes Volumen/ m³	7612	19 Wohnungen	
Hüllflächenbauteil	Fläche / m²	k-Wert / W/(m <sup>2</sup> K)	
Dach	580,0	0,200	
Außenwände	1700,0	0,510	
Kellerdecke	619,5	0,350	
Außenwände vor Heizkörpern	123,0	0,510	
gesamte Fensterfläche	307,1	1,700	
LÜFTUNG	Luftvolumen/m <sup>3</sup>	Luftwechsel / h <sup>-1</sup>	
beheiztes Luftvol.	4977,5	0,6	
Rückwärmzahl	Keine Wärmerückgewinn.	energieäqui. Luftwechsel 0,6 h <sup>-1</sup>	
Solarenergienutzung durch	. 4.	effektiver Energiedurchlaß /	
Fensterflächen	Fläche / m²	%	
Süd-Fensterfläche	108,6	0,34	
Ost/West-Fensterfläche	155,8	0,34	
Nord-Fensterfläche	42,7	0,34	
Innere Wärmequellen		a strange a miles	
Dauerleistung innere Quellen /W		3105	

Energiekennwert Heizwärme: 82 kWh/(m²a)

# 7.3.3 Niedrigenergiehaus-Standard

Mit der Definition des Begriffs "Niedrigenergiehaus" sind wir in Deutschland nicht frei. Der Begriff low energy house ist bereits international eingeführt. Vorreiter waren Kanada und die skandinavischen Länder (insbes. Schweden). Dort ist der Begriff seit 1979 für Gebäude im Gebrauch, die einen gegenüber der damals gültigen Baunorm mehr als halbierten Heizwärmeverbrauch haben [Adamson, Eftring 1979] (bedeutet: für Südschweden ≤ 70 kWh/(m²a)).

Die internationale Literatur führt auf folgende klimaunabhängige Definition:

Niedrigenergiehäuser haben einen spezifischen Heizwärmebedarf (bezogen auf die beheizte Nutzfläche und die Heizgradtagszahl) kleiner oder gleich 0.02 kWh/(m²Kd) (Bezugspunkt: Einfamilienhaus).

Legt man obige Definition zu grunde und verwendet mittlere deutsche Heizgradtagszahlen (3500 Kd/a) so ergibt sich

Einfamilien-Niedrigenergiehaus Mehrfamilien-Niedrigenergiehaus Energiekennwert  $\leq 70 \text{ kWh/(m}^2\text{a})$ Energiekennwert  $\leq 55 \text{ kWh/(m}^2\text{a})$ 

Diese Definition ist auch schon in [Feist, Klien 1989] und in der Energiesparinformation Nr. 3 des HMUB zugrundegelegt worden. Sie entspricht dem in den Länderförderprogrammen (Hessen, Schleswig-Holstein) verwendeten Standard.

# 7.3.3.1 Freistehendes Einfamilienhaus als Niedrigenergiehaus

Ein k<sub>D</sub>-Wert von 0,164 W/(m²K) im Dach ist beim Neubau z.B. durch die Verwendung von Doppel-T-Leichtbausparren aus Holz mit einer Höhe von 25 cm zu erreichen. Die Sparrenzwischenräume werden vollständig mit Dämmstoff (WLG 004) ausgefüllt. Da die Leichtbauträger eine sehr hohe Tragfähigkeit besitzen, kann der Achsabstand über ein Meter betragen. Die Außenwände werden entweder als 17,5 cm Kalksandsteinmauerwerk (1700 kg/m³) mit einem 16 cm dicken Wärmedämmverbundsystem (gesamte Konstruktionsdicke: 36 cm) ausgeführt oder ebenfalls als Leichtbaukonstruktion mit einem 170 mm dicken Doppel-T-Holzträger; jeweils ist der Wärmedurchgangskoeffizient der Wand k<sub>w</sub>=0,229 W/(m²K). Die Kellerdecke muß insgesamt ca. 12 cm dick gedämmt sein; davon können 4 cm von der Trittschalldämmung übernommen werden, weitere 8 cm mit konventionellen Hartschaumplatten unter der Trittschalldämmung (k<sub>G</sub>-Wert 0,305 W/(m²K)). Die Fenster erhalten eine hochwertige Wärmeschutzverglasung (Silberbeschichtung, 15 mm Scheibenzwischenraum, Argonfüllung) mit k<sub>F</sub>=1,5 W/(m²K).

Um eine dauerhaft gute Luftqualität zu erreichen, wird in einem Niedrigenergiehaus eine kontrollierte Wohnungslüftung eingesetzt. Empfehlenswert sind vor allem einfache Abluft-anlagen, bei denen Frischluft durch Außenwand- oder Fensterventile einströmt (kalte Außenluft, keine Wärmerückgewinnung). Verbrauchte Luft wird kontinuierlich mittels eines Ventilators aus den Feuchträumen (Bäder, WC, Küche) abgezogen; damit ist die Durchströmungsrichtung ideal: da in Küche und Bädern die höchste Belastung der Raumluft vorliegt, wird die belastete Luft direkt dort abgezogen. Mit einem dauerhaft gleichmäßigen Luftwechsel von 0,5 h<sup>-1</sup> wird so eine deutlich bessere Luftqualität erreicht als mit der zufallsabhängigen Fensterlüftung.

Tab. 7.7 Einfamilienhaus in Fulda Variante Niedrigenergiehau				
Umbautes Volumen/ m <sup>3</sup>	521			
Hüllflächenbauteil	Fläche / m <sup>2</sup>	k-Wert / W/(m <sup>2</sup> K)		
Dach	136,60	0,164		
Außenwände	138,70	0,229		
Außenwände vor Heizkörpern	6,00	0,229		
Kellerdecke	116,10	0,305		
gesamte Fensterfläche	22,80	1,5		
LÜFTUNG	Luftvolumen/m <sup>3</sup>	Luftwechsel / h-1		
beheiztes Luftvol.	417,5	0,5		
Rückwärmzahl	Abluftanlage ohne Wärmerückgewinn.	energieäqui. Luftwechsel 0,5 h <sup>-1</sup>		
Solarenergienutzung durch		effektiver Energiedurchlaß /		
Fensterflächen	Fläche / m²	%		
Süd-Fensterfläche	8,70	0,34		
Ost/West-Fensterfläche	14,10	0,34		
Nord-Fensterfläche	0,0	0,34		
Innere Wärmequellen				
Dauerleistung innere Quellen /V	. 592			

# Energiekennwert Heizwärme: 58 kWh/(m²a)

Mit diesen konstruktiven Details und der verwendeten Abluft-Anlage wird für das Einfamilienhaus ein Energiekennwert Heizwärme von 58 kWh/(m²a) erreicht - dies sind 38% weniger als bei der Variante nach der novellierten Wärmeschutzverordnung.

#### 7.3.3.3.2 Reihenmittelhaus als Niedrigenergiehaus

Der Dach- $k_D$ -Wert 0,15 W/(m²K) wird durch die Verwendung von Doppel-T-Leichtbausparren aus Holz mit einer Höhe von 270 mm erreicht. Die Außenwände werden entweder als 17,5 cm Kalksandsteinmauerwerk (1700 kg/m³) mit einem 15 cm dicken Wärmedämmverbundsystem (gesamte Konstruktionsdicke: 35 cm) ausgeführt oder ebenfalls als Leichtbaukonstruktion mit etwa 170 mm dicken Doppel-T-Holzträger; jeweils ist der Wärmedurchgangskoeffizient der Wand besser als  $k_W$ =0,245 W/(m²K). Die Kellerdecke wird insgesamt 12 cm dick gedämmt; ( $k_G$ -Wert 0,3 W/(m²K)). Die Fenster werden als hochwertige Wärmeschutzverglasung (Silberbeschichtung, 15 mm Scheibenzwischenraum, Argonfüllung) mit  $k_F$ =1,5 W/(m²K) ausgeführt.

Auch im Niedrigenergie-Reihenhaus wird eine kontrollierte Wohnungslüftung mit einer einfachen Abluftanlage bei einem Luftwechsel von 0,5 h<sup>-1</sup> eingesetzt.

Tab. 7.8 Reihenmittelhaus Kranichstein Variante Niedrigenergiehaus			
Umbautes Volumen/ m <sup>3</sup>	684		
Hüllflächenbauteil	Fläche / m <sup>2</sup>	k-Wert / W/(m <sup>2</sup> K)	
Dach	79,08	0,150	
Außenwände	78,81	0,245	
Kellerdecke	76,73	0,300	
gesamte Fensterfläche	41,66	1,4	
LÜFTUNG	Luftvolumen/m <sup>3</sup>	Luftwechsel / h	
beheiztes Luftvolumen	437	0,5	
Rückwärmzahl	Abluftanlage ohne	energieäqui. Luftwechse	
	Wärmerückgewinn.	0,5 h	
Solarenergienutzung durch		effektiver Energiedurchlaß	
Fensterflächen ,	Fläche / m <sup>2</sup>	. 9/	
Süd-Fensterfläche	30,40	0,34	
Ost/West-Fensterfläche	0,00	- 0,34	
Nord-Fensterfläche	11,30	0,34	
Innere Wärmequellen			
Dauerleistung innere Quellen /W 297			

Energiekennwert Heizwärme: 51 kWh/(m²a)

# 7.3.3.3.3 Mehrfamilienhaus im sozialen Wohnungsbau als Niedrigenergiehaus

Für einen Dach- $k_D$ -Wert von 0,19 W/( $m^2K$ ) reicht eine Konstruktion mit 22 cm hohen Doppel-T-Leichtbausparren aus Holz, vollgedämmt, aus. Die Außenwände wurden als 24 cm Kalksandsteinmauerwerk mit einem 15 cm dicken Wärmedämmverbundsystem (gesamte Konstruktionsdicke: 42 cm) ausgeführt:  $k_w$ =0,23 W/( $m^2K$ ) Die Kellerdecke wird insgesamt 11 cm dick gedämmt; ( $k_G$ -Wert 0,3 W/( $m^2K$ )). Die Fenster werden - wie bei den anderen Niedrigenergiehäusern - als hochwertige Wärmeschutzverglasung (Silberbeschichtung, 15 mm Scheibenzwischenraum, Argonfüllung) mit  $k_F$ =1,5 W/( $m^2K$ ) ausgeführt. Auch im Niedrigenergie-Mehrfamilien-Wohnhaus werden kontrollierte Wohnungslüftungsanlagen (Abluft, ohne Wärmerückgewinnung) bei einem Luftwechsel von 0,5 h<sup>-1</sup> eingesetzt.

Tab. 7.9 Mehrfamilienh. Dietzenbach Variante Niedrigenergiehaus					
Umbautes Volumen/ m <sup>3</sup>	7612	19 Wohnungen			
Hüllflächenbauteil	Fläche / m <sup>2</sup>	k-Wert / W/(m <sup>2</sup> K)			
Dach	580,0	0,190			
Außenwände	1700,0	0,230			
Kellerdecke	619,5	0,360			
Außenwände vor Heizkörpern	123,0	0,230			
gesamte Fensterfläche	307,1	1,500			
LÜFTUNG	Luftvolumen/m <sup>3</sup>	Luftwechsel / h-1			
beheiztes Luftvol.	4977,5	0,5			
Rückwärmzahl	Abluftanlage ohne Wärmerückgewinn.	energieäqui. Luftwechsel 0,5 h <sup>-1</sup>			
Solarenergienutzung durch Fensterflächen	Fläche / m²	effektiver Energiedurchlaß / %			
Süd-Fensterfläche	108,6	0,34			
Ost/West-Fensterfläche	155,8	0,34			
Nord-Fensterfläche	42,7	0,34			
Innere Wärmequellen	Innere Wärmequellen				
Dauerleistung innere Quellen /W	3105				

# Energiekennwert Heizwärme: 55 kWh/(m²a)

Mit 55 kWh/(m²a) als Energiekennwert wird bei diesem Haus der Grenzwert für Mehrfamilien-Niedrigenergiehäuser eingehalten. Im wesentlichen wird der niedrige Energiekennwert in diesem Fall durch eine sehr gute Wärmedämmung erreicht; eine (aufwendige)
Wärmerückgewinnung aus der Abluft ist noch nicht erforderlich.

#### 7.3.4 Passivhaus-Standard

Passive Häuser im engen Sinn sollen einen praktisch verschwindenden Heizwärmebedarf aufweisen: Ein solches Gebäude kann dann allein mit den ohnehin vorhandenen inneren Wärmequellen und der durch Fenster eingestrahlten Sonnenenergie, also "passiv", warm gehalten werden - eine "aktive" Beheizung ist überflüssig. Der theoretische Beweis für die Realisierbarkeit solcher Häuser wurde 1993 [Feist 1993] erbracht. Gleichzeitig wurde dort erkannt, daß eine alleinige Beschränkung der Energieoptimierung auf die Heizwärme nicht sinnvoll ist: Vielmehr müssen alle Haushaltsenergieverbräuche gering gehalten werden. Sonst wäre es beispielsweise möglich, den Heizwärmebedarf dadurch auf "Null" zu reduzieren, daß hohe Stromverbräuche, die starke interne Wärmequellen erzeugen, in Kauf genommen werden.

Für eine konsistente Definition des Passivhauses ist es daher sinnvoll, vom Energieverbrauch eines durchschnittlichen deutschen Wohnhauses auszugehen und den Brennstoffenergieaufwand für die Heizanlage abzuziehen. Es verbleibt der Haushaltsstromverbrauch, der nach VDEW-Publikation [VDEW 1991] ohne elektrische Heizung und Warmwasserbereitung bei 31,8 kWh je m² Wohnfläche und Jahr liegt. Dies führt auf folgende Definition:

Passivhäuser sind Gebäude, die alle heute üblichen Wohnqualitäten mit einem Gesamtenergiekennwert kleiner gleich 30 kWh/(m²a) bereitstellen (Haushaltsstrom, Warmwasser und ggf. Restheizung).

#### 7.3.4.1 Reihenmittelhaus als Passivhaus

Das Haus in Darmstadt-Kranichstein ist 1990/91 als Passivhaus mit extrem guten Wärmedämmstandards ausgeführt worden [Feist 1992]:

Dach:

Grasdach: Humus, Filtervlies, Wurzelfolie, 50 mm formaldehydfreie Spanplatte, Holzleichtbauträger (Doppel-T-Träger aus Holz, Steg aus Hartfaserplatte), Konterlattung, fugenlos verklebte Luftdichtung aus Polyäthylenfolie, Gipskartonplatte 12,5 mm, Rauhfasertapete, Dispersionsfarbenanstrich, gesamter Hohlraum (445 mm) mit Mineralwolleeinblasdämmung ausgefüllt: k-Wert 0,094 W/(m²K).

Außenwand:

mineralischer Außenputz, gewebearmiert; 275 mm Polystyrol-Hartschaum; 175 mm Kalksandsteinmauerwerk; 15 mm durchgehender Innen-Gipsputz; Rauhfasertapete, Dispersionsfarbenanstrich: kw-Wert 0,138 W/(m²K)).

Kellerdecke: Spachtelung auf Glasfasergewebe; 250 mm Polystyrol-Hartschaumplatten;

160 mm Normalbeton; 40 mm Polystyrol-Trittschalldämmung; 50 mm Zement-

Estrich; 8-15 mm Stäbchenparkett, geklebt; Versiegelung lösemittelfrei: k<sub>G</sub>-

Wert 0,13 W/(m<sup>2</sup>K).

Fenster: Dreifachwärmeschutzglas mit Kryptonfüllung im Scheibenzwischenraum; k-

Wert 0,7 W/(m<sup>2</sup>K). Holzfensterrahmen mit Rahmendämmung aus Polyurethan-Integralschaumschalen (CO<sub>2</sub>-geschäumt, FCKW-frei): k<sub>F</sub>-Wert

0,7 W/(m<sup>2</sup>K).

Für gleichbleibend ausreichende Frischluftzufuhr sorgt eine kontinuierlich betriebene wohnungsweise Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. In der Grundstufe werden je Wohnung 100 m³/h Frischluft den Wohn- und Schlafräumen zugeführt. In der starken Stufe sind es 160 bis 185 m³/h. Abluft in entsprechender Menge wird aus den Feuchträumen (Küche, WC und Bädern) abgesaugt. Der (gemessene) Wärmerückgrad der Anlage einschließlich des Erdreich-Wärmetauschers beträgt über 90%. Die Verwendung von Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung ist nach den aus der Praxis vorliegenden Erfahrungen in Niedrigenergiehäusern nur dann sinnvoll, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Die Anlagen müssen hohe Wärmerückzahlen (über 75%) und einen geringen Stromverbrauch aufweisen (es muß mindestens 5mal soviel Wärme eingespart werden, wie Antriebsstrom verbraucht wird).
- Die Häuser, in denen Wärmerückgewinnungsanlagen eingebaut werden, müssen noch sehr viel besser dicht sein als gewöhnliche Niedrigenergiehäuser. Sonst geht eine bedeutende Luftmenge gar nicht durch den Wärmetauscher (In- und Exfiltration).
- Die Anlage muß regelmäßig gewartet, der Zuluftfilter im Zyklus erneuert werden. Nur gepflegte Anlagen verbessern die Raumluftqualität.

Alle drei Kriterien sind beim Passivhaus Darmstadt Kranichstein erfüllt. Beispielsweise wurde durch Drucktests nachgewiesen, daß die erforderliche hohe Dichtheit erreicht wurde.

Die Zielsetzung des Forschungsprojektes war es, zu überprüfen, wie weit der Energieverbrauch in Wohngebäuden durch ausschließlich passive Maßnahmen gesenkt werden kann. Nach der Auswertung von zwei Meßjahren (vgl. Tab. 7.11) erfüllt das Haus die Erwartungen in Bezug auf die Energieeffizienz. Gegenüber dem Durchschnitt deutscher Wohngebäude ist der gemessene Heizenergieverbrauch auf ungefähr ein Zwanzigstel gesenkt, der gesamte Endenergieverbrauch für Heizung, Warmwasser und Haushaltsstrom auf ungefähr 10% der üblichen Werte [Feist/Werner 93&94]. Der meßtechnisch bestimmte Energiekennwert für insgesamt vier Wohnungen (2 Reihenmittel- und 2 Endhäuser) korrespondiert sehr gut zu dem aus der ENBIL-Energiebilanz berechneten Wert von 8 kWh/(m²a) für das Reihenmittelhaus.

Tab. 7.10 Reihenmittelha	us Kranichstein	Variante Passivhaus
Umbautes Volumen/ m <sup>3</sup>	684	
Hüllflächenbauteil	Fläche / m²	k-Wert / W/(m <sup>2</sup> K)
Dach	79,08	0,094
Außenwände	78,81	0,138
Kellerdecke	76,73	0,131
gesamte Fensterfläche	41,66	0,7
LÜFTUNG	Luftvolumen/m <sup>3</sup>	Luftwechsel / h <sup>-1</sup>
beheiztes Luftvolumen	.437	0,5
Rückwärmzahl	hocheffiziente Wärmerückgewinn. 85%	energieäqui. Luftwechsel 0,09 h <sup>-1</sup>
Solarenergienutzung durch Fensterflächen	Fläche / m²	effektiver Energiedurchlaß / %
Süd-Fensterfläche	30,40	0,26
Ost/West-Fensterfläche	0,00	0,26
Nord-Fensterfläche	11,30	0,26
Innere Wärmequellen		
Dauerleistung innere Quellen /	W	297

Energiekennwert Heizwärme: 8 kWh/(m²a)

Tab. 7.11: Meßergebnisse: Energiekennwerte Passivhaus

Energiekennwert (Endenergie) kWh/ (m²a) (Wohnfläche)	Energie- träger	Passivhaus Messung 92/93 **	**	Meßergebnisse nach Zählerable-
Haushaltsstrom		6,17		sungen 1.10.1992 bis 30.9.1993. Einige Energiesparmaßnahmen
Lüftung (Strom)	STROM	2,93		wurden erst 1991/92 fertiggestellt
Gemeinschaftsstrom	J. T. C. T.	2,10		und waren daher erst 1992/93
Kochgas		2,60		wirksam, so die Kellerdecken- dämmung und die Fensterrahmen-
Warmwasser	ERD-	6,12		dämmschalen.
Heizung	GAS	11,91		
Gesamt		31,83		

## 7.4 Heizwärme-Einsparpotentiale bei Neubauten

Tab. 7.12 und Abb. 7.11 zeigen die Energiekennwerte Heizwärme der hier betrachteten Neubaustandards im Vergleich. Durch die im Januar 1995 in Kraft tretende novellierte Wärmeschutzverordnung wird die Obergrenze für den Heizwärmeverbrauch gegenüber den heutigen um 30 bis 45% gesenkt.

Durch die Einführung des Niedrigenergiehaus-Standards ergeben sich noch höhere Einsparungen: Die bei den hier betrachteten Gebäuden erreichten Energiekennwerte Heizwärme liegen zwischen 50 und 60 kWh/(m²a), wodurch sich gegenüber der Wärmeschutzverordnung 1982 Einsparungen von über 55 bis 66% ergeben.

Der Stand der Technik erlaubt noch weit umfangreichere Einsparungen: Passivhäuser kommen mit Energiekennwerten Heizwärme zwischen 8 und 15 kWh/(m²a) aus. Die Einsparung gegenüber der Wärmeschutzverordnung 1982 ist höher als 90%.

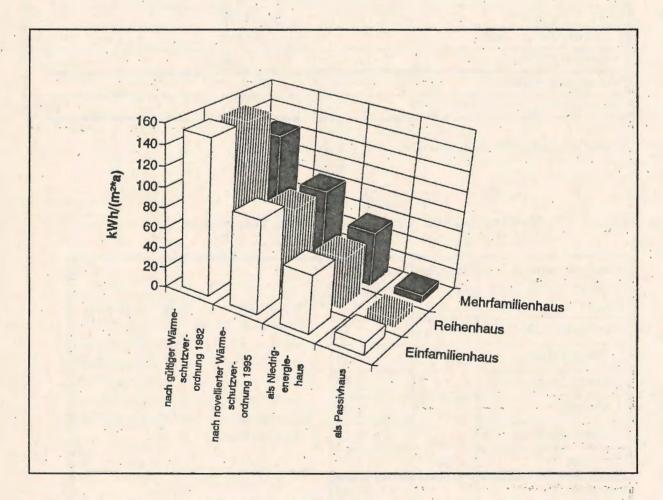


Abb. 7.11 Energiekennwerte Heizwärme verschiedener Neubaustandards im Vergleich

Tab. 7.12 Energiekennwerte verschiedener Neubaustandards im Vergleich

Energiekennwert Heizwärme in kWh/(m²a) (ENBIL-Bilanz)	nach gültiger Wärmeschutz- verordnung 1982	nach novellier- ter Wärme- schutzverord- nung 1995	als Niedrig- energiehaus	als Passivhaus
Einfamilienhaus	154 kWh/(m²a) 100%	93 kWh/(m²a) 60%	58 kWh/(m²a)	12 kWh/(m²a) 8%
Reihenmittelhaus	153 kWh/(m²a)	83 kWh/(m²a) 54%	51 kWh/(m²a)	8 kWh/(m²a)
Mehrfamilienhaus	124 kWh/(m²a)	82 kWh/(m²a) 66%	55 kWh/(m²a)	8 kWh/(m²a)

Auffällig ist beim Vergleich der Standards, daß schon ab dem verbesserten Wärmeschutz nach der novellierten Wärmeschutzverordnung 1995 die Unterschiede zwischen den Gebäudetypen (Einfamilien-, Reihenmittel- oder Mehrfamilienhaus) nicht mehr sehr bedeutend sind. Der Heizenergieverbrauch von gut bis sehr gut gedämmten Häusern ist offensichtlich sehr viel stärker vom gewählten Dämmstandard als vom jeweiligen Gebäudetyp abhängig. Ein Grund dafür ist, daß bei weiter verringerten Transmissionswärmeverlusten der Anteil der Lüftungswärmeverluste zunimmt; jene sind aber über alle Gebäudetypen auf den Quadratmeter Wohnfläche bezogen weitgehend gleich, sofern dieselbe Lüftungsstrategie eingesetzt wird.

# 7.5 Erfahrungen mit Niedrigenergiehäusern

Im folgenden werden zunächst einige Beispiele für realisierte Niedrigenergiehäuser vorgestellt. Es handelt sich durchweg um seit einigen Jahren bezogene Neubauten, für die gemessene Verbrauchswerte vorliegen.

## 7.5.1 Malmö-Valdemarsrö: 32 Reihenhäuser, 1980 bezogen

Anzahl: 32 Häuser

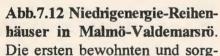
Wohnfläche: je 117 m<sup>2</sup>

Bezug: 1980; gemessener durchschnittlicher Heizwärmever-

brauch:

## 60 kWh/(m<sup>2</sup>a)

Messung: Egon Lange, Fachgebiet Baukonstruktionslehre (BKL) der Universität Lund [Lange 1990].



fältig meßtechnisch begleiteten NEH in Europa.



# 7.5.2 Bauaustellung Skive/Dänemark 1984: 52 Wohnungen

Anzahl: 52 Wohneinheiten Wohnfläche: je 51-106 m²

Bezug: 1984; gemessener durchschnittlicher Heizwärmever-

brauch:

50 kWh/(m<sup>2</sup>a) (1985/86)

Messung: Technologisches Institut Dänemarks [TI-DK 1988].

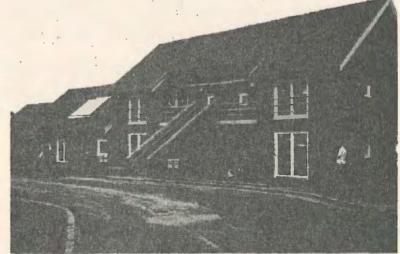


Abb.7.13 Niedrigenergiehäuser

der 3.Bauausstellung in Skive/Dänemark (1984). Vorausgegangen waren Ausstellungen 1977 und 1979, auf denen umfangreiche Erfahrungen mit dem energiesparenden Bauen gewonnen wurden.

# 7.5.3 Niedrigenergiehäuser in Täby/Schweden (18 Einfamilienhäuser)

Anzahl: 18 Häuser Wohnfläche: je 119 m²

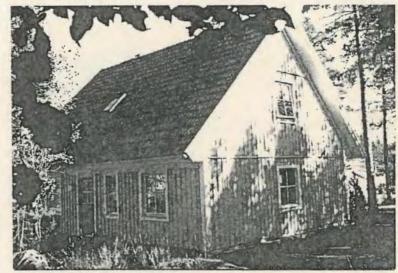
Bezug: 1985; gemessener durchschnittlicher Heizwärmever-

brauch:

# 66 kWh/(m<sup>2</sup>a)

Messung: Å. Blomsterberg, National Testing Institute, Borås, Schweden

Abb.7.14 Einfamilien-NEH in Täby. Besonders interessant an diesen Häusern ist, daß sie um ca. 55000 SEK (entspr. 16000



DM) preiswerter gebaut werden konnten wie herkömmliche, ohnehin preiswerte schwedische Häuser [Carlson 1989].

# 7.5.4 Ingolstadt-Halmstad-Projekt: Energiesparhäuser in zwei Ländern

Anzahl:zweimal 11 Wohneinheiten; Wohnfläche:je 85 m<sup>2</sup>
Architekt: Hans Eek, Göteborg;

Bezug: 1986; gemessener durchschnittlicher Heizwärmever-

brauch:

## 52 kWh/(m<sup>2</sup>a)

Messung: Åke Blomsterberg Abb.7.15 NEH Halmstad; baugleich wurde in Ingolstadt eines der ersten deutschen Niedrigenergiehäuser errichtet. Die Baukosten waren etwa gleich hoch wie im sozialen Wohnungsbau üblich [10].



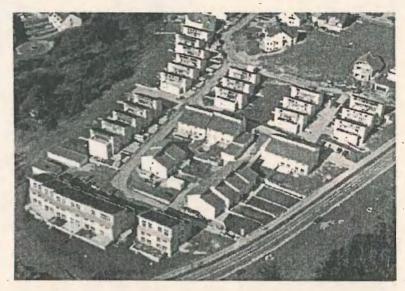
# 7.5.5 Siedlung mit 41 Niedrigenergiehäusern in Niedernhausen bei Frankfurt

Anzahl: 41 Häuser

Architekten: Brackrock; Baufrösche; Gitter/Hamacher;

Bezug: 1991; Messung: IWU

Abb.7.16 NEH Niedemhausen-Distelweg in Kombination mit einem innovativen Nahwärmeversorgungskonzept [Loga/Menje 1992].



# 7.5.6 Meßergebnisse: Heizwärmeverbrauch

Für die Definition des Niedrigenergiehauses war der Jahresheizwärmebedarf verwendet worden: Dies ist der Heizwärmeverbrauch, der sich unter Normnutzungsbedingungen in einem durchschnittlichen Klimajahr einstellen würde - eine andere Definition ist nicht sinnvoll, da sowohl die Nutzung als auch das Wetter erheblich von diesen Standardbedingungen abweichen können. Der Jahresheizwärmebedarf kann am besten rechnerisch mit Simulationsprogrammen [Feist 1994] oder mit Bilanzverfahren [Ebel 1991] ermittelt werden.

Wie hoch sind nun die tatsächlichen Heizwärmeverbrauchswerte? Die Antwort darauf entscheidet in mehrfacher Hinsicht über die Brauchbarkeit des Niedrigenergiehaus-Konzepts:

- Werden die projektierten Energieeinsparungen erreicht?
- Ist eine Korrelation zwischen berechnetem Bedarf und gemessenem Verbrauch vorhanden? (Entscheidet über die Brauchbarkeit der Berechnungsmethoden)
- Welchen Einfluß haben unterschiedliche Nutzer?

Sehr gut geeignet für die Behandlung dieser Fragen sind die über mehrere Jahre meßtechnisch begleiteten Niedrigenergiehaussiedlungen, da hier eine komplette Verbrauchsstatistik über zahlreiche unterschiedliche Nutzer bei baugleichen Häusern am gleichen Standort vorliegt. Als Vergleichswert kann der durchschnittliche spezifische Jahresheizwärmebedarf (Nutzwärme!) des Gebäudebestandes in der Bundesrepublik Deutschland dienen: Dieser lag 1990 bei 160 kWh/(m²a). Bereits bei der Vorstellug der Beispielprojekte waren die gemessenen durch-

schnittlichen jährlichen Heizwärmeverbrauchswerte genannt worden. In Tab. 7.13 sind diese noch einmal zusammengestellt. Es handelt sich dabei jeweils um mit Wärmemengen- oder Stromzählern gemessene Jahresnutzwärmeverbrauchswerte, die auf die beheizte Wohnfläche bezogen werden und zwar im Durchschnitt über jeweils alle bewohnten Einheiten. Ist die Zahl der Einheiten hinreichend groß (trifft hier zu), so kann davon ausgegangen werden, daß sich das Nutzerverhalten herausmittelt.

Die Ergebnisse zeigen, daß bei allen dokumentierten NEH-Siedlungen jeweils ein Durchschnitt auch bei den gemessenen Jahresheizwär-

			4.	
Tab. 7.13: Ver- brauchsmessungen	Zahl Objekte	Meßzeit- raum	spezifischer Jah- resnutzwärmever- brauch kWh/(m²a)	bezogen auf Re- ferenz
Deut. Durchschnitt	26 Mio	-	. 160	100,0%
Malmö-Valdemarsrö	32	1980 bis 1984	60	37,5%
Skive 3.Austellung	52	1985/86	50	31,3%
Täby Leichtbau'85	18	1986	. 66	41,3%
Ingolstadt/Halmstad	11+11	1987-1989	H: 44 I: 43	27,2%
NE-Reihenhaus DA	10	1991/92	70	43,8%
Passivhaus Kran.	4	1992/93	. 11	6,9%

meverbräuchen deutlich unter 70 kWh/(m²a) erreicht wird. Damit beträgt die praktisch erreichte Nutzwärmeeinsparung gegenüber durchschnittlichen deutschen Häusern um 66%, speziell für das Passivhaus 93%.

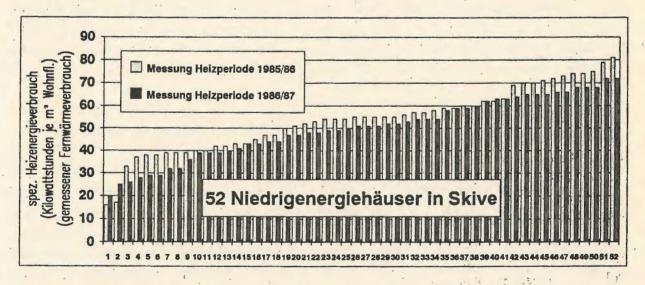


Abb.7.17 Wärmezählermessung des Heizwärmeverbrauchs von 52 Niedrigenergiehäusern in Skive/Dänemark in den Heizperioden 1985/86 und 1986/87. Der Verbrauch schwankt stark zwischen den baugleichen Wohneinheiten (Nutzerverhalten). Der Mittelwert trifft aber den projektierten Bedarf.

, lin

# 7.6 Wirtschaftlichkeit von Niedrigenergiehäusern

# 7.6.1 Gebaute und bewohnte Niedrigenergiehäuser als Datenbasis

Für die ökonomische Analyse des Niedrigenergiehausstandards kann auf eine Vielzahl von gebauten und seit einigen Jahren bewohnten Niedrigenergiehäusern zurückgegriffen werden. Besonders geeignet sind die Niedrigenergiesiedlungen, bei denen mehrere baugleiche (oder zumindest ähnliche) Gebäude vorliegen. Damit kann sich die Wirtschaftlichkeitsanalyse auf die abgerechneten Baukosten und die daraus bestimmten Mehrkosten in einer statistisch ausreichend großen Gesamtheit stützen.

# 7.6.2 Erhobene Mehrkosten des Niedrigenergiehaus-Standards in Deutschland

Es gibt derzeit zwei detaillierte Erhebungen von abgerechneten Mehrkosten bei Niedrigenergiehäusern: "Investive Mehrkosten der Niedrigenergiebauweise" [Eicke 1993] sowie "Mehrkosten für Wärmeschutz und Nahwärmeversorgung in der 'Niedrigenergiesiedlung Distelweg' (Niedernhausen)" [Loga/Menje 1994]. In beiden Arbeiten werden genaue Angaben zu den abgerechneten baulichen Bruttomehrkosten, jeweils aufgeteilt auf die betroffenen Bauteile, gemacht.

Entscheidend für eine sachgerechte Mehrkostenerhebung ist, daß nur die Differenzkosten der zur Erreichung der Energieeinsparung jeweils gewählten Bauteile zur Bauausführung gemäß Wärmeschutzverordnung von 1982 angesetzt werden dürfen. Die für die konventionelle Bauweise angesetzten Preise stammen aus Angeboten vergleichbarer Projekte bzw. sind Erfahrungswerte aus dem gleichen Zeitraum.

# 7,6,2.1 Beispiel für die Mehrkosten-Ermitflung: Mehrkosten gedämmter Außenwände

Die Außenwandfläche eines Reihenmittelhauses der Bauherrengemeinschaft "Genesis" (20 Häuser) in Niedernhausen beträgt 142 m² (bei 147 m² Wohnfläche). In konventioneller Bauweise wären die Außenwände als außen verputzte porosierte Ziegelwand (30 cm) mit einem k-Wert von 0,7 W/(m²K) errichtet worden. Die Nettokosten hierfür hätten etwa 157 DM/m² oder insgesamt 22294,- DM je Mittelhaus betragen. Realisiert wurde jedoch eine gemauerte Kalksandsteinwand mit nur 17,5 cm Dicke und einem Wärmedämmverbundsystem aus 16 cm Polystyrolplatten mit Außenputz (k-Wert 0,23 W/(m²K)). Die abgerechneten Baukosten für Außenwand und Wärmedämmverbundsystem lagen bei 24140,- DM bzw. 170 DM/m² Wandfläche (ohne Mehrwertsteuer). Die Differenzkosten für das gedämmte Bauteil betragen in diesem Fall daher incl. Mehrwertsteuer (170-157)\*1,14 DM/m² = 14,82 DM/m².

#### 7.6.2.2 Dokumentation der empirisch ermittelten Mehrkosten

Tab. 7.14 zeigt die erhobenen Mehrkosten gegenüber konventionell errichteten Gebäuden. In der dritten Spalte ist die Zahl der (weitgehend baugleich) errichteten Wohneinheiten (WE) aufgeführt, in der vierten die Wohnfläche je Wohneinheit. Die folgenden fünf Spalten enthalten

die Mehrkosten je Wohneinheit für das betroffene Bauteil jeweils einschl. Mehrwertsteuer. Diese Mehrkosten sind analog zur Vorgehensweise im Beispiel nach 7.6.2.1 ermittelt. Hier werden nur solche Maßnahmen aufgeführt, die der Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes mit dem Ziel der Energieeinsparung dienen.

Zur Gewährleistung einer hygienisch einwandfreien Luftqualität ist in Neubauten grundsätzlich eine kontrollierte Wohnungslüftung zu empfehlen: Herkömmliche Neubauten sind heute bereits so dicht, daß eine ausreichende Lüftung über verbliebene Fugen nicht mehr gewährleistet ist. Die heute vielfach empfohlene Fenster-Stoßlüftung ist stark vom Nutzerverhalten abhängig und erfahrungsgemäß in vielen Fällen unzureichend. Das einfachste System, das in der Lage ist, hygienisch einwandfreie Lüftungsverhältnisse in Neubauten sicherzustellen, ist eine kontrollierte Wohnungslüftung mit einer Abluftanlage: Dabei wird belastete Innenluft kontinuierlich aus Bädern, Toiletten und der Küche abgesaugt; (kalte) Frischluft strömt über Außenwand- oder Fensterventile in die Wohn- und Schlafräume nach. Solche Anlagen haben sich seit über 25 Jahren in Schweden bewährt und wurden auch in der überwiegenden Zahl der hier dokumentierten Niedrigenergiehäuser eingesetzt. Eine Heizwärmeeinsparung wird durch solche Anlagen i.a. nicht erzielt, da die Außenluft ohne Wärmerückgewinnung direkt den Aufenthaltsräumen zugeführt wird. Diese Anlagen dienen ausschließlich der Verbesserung der Luftqualität und nicht der Energieeinsparung: Die Kosten der Anlagen sind daher nicht als Mehrkosten für den Niedrigenergiestandard anzusehen und daher auch nicht mit in den Summenkosten (Spalte 11) enthalten; der Vollständigkeit halber sind die (Voll-)Kosten der Lüftungsanlagen jedoch in der letzten Spalte der Tab. 7.14 dokumentiert. Die Mehrkosten der Lüftungswärmerückgewinnung gegenüber einfachen Abluftanlagen (mit 3500 DM je Wohneinheit angesetzt) gehen jedoch in die Kostenkalkulation ein.

Bezieht man die gesamten baulichen Mehrkosten der Niedrigenergiehäuser auf die Wohnfläche, so erhält man die in Spalte 12 aufgeführten spezifischen baulichen Mehrkosten. Diese schwanken in den NEH-Projekten zwischen 40 und 180 DM/m² mit einem Mittelwert von 86 DM/m². Die Ursachen für die vergleichsweise große Streuung sind:

- 1. In einigen Fällen wurden suboptimale Bauteilausführungen gewählt: Wenn im Beispiel nach 7.6.2.1 statt der dort aufgeführten 17,5 cm Kalksandstein-Außenwand eine dickere Wand (24 oder 30 cm) oder sogar ein teurer Stein (Gasbeton oder porosierter Ziegel) verwendet wird, wird die Konstruktion erheblich teurer, ohne daß dies einen Vorteil für die Energieeinsparung bringt.
- Bei einigen Projekten wurden von den Architekten teure Wintergartenvorbauten bei der Berechnung der Mehrkosten einbezogen, deren energietechnische Auswirkungen ebenfalls fraglich sind.
- 3. Die hochwärmegedämmte Bauweise war zum Zeitpunkt der Ausführung der hier dokumentierten Häuser in Deutschland noch innovativ. Dadurch ergaben sich bei den Ausschreibungen vielfach nur eingeschränkte Rückläufe und damit geringere Auswahlmöglichkeiten zwischen den Anbietern.

The contraction

Alle drei Ursachen führen zu überhöhten Kosten gegenüber einem eingeführten Niedrigenergiestandard.

Bezieht man die baulichen Mehrkosten auf die durchschnittlichen reinen Baukosten von Einfamilienhäusern (2152 DM/m²) bzw. Mehrfamilienhäusern (1966 DM/m²) in Hessen 1990/91, so ergeben sich die in Spalte 12 aufgeführten relativen baulichen Mehrkosten des Niedrigenergiehaus-Standards: Diese betragen bei den hier dokumentierten Niedrigenergiehäusern (Objekte 1 bis 28) zwischen 2,1 und 8,4%.

## 7.6.3 Erhobene Mehrkosten für den Passivhausstandard

Für das Passivhaus liegt eine detaillierte ex-post-Erhebung aller baulichen Mehrkosten zur Erzielung dieses extrem geringen Energieverbrauchs vor [Militzer 1994]. Diese sind im unteren Teil der Tab. 7.14 für das fertiggestellte Passivhaus (Mai 1992) dokumentiert. Bei der Einschätzung dieser - nicht geringen - Mehrkosten muß der Forschungscharakter des Projektes berücksichtigt werden: Zahlreiche Einzelkomponenten waren 1991 nicht am Markt erhältlich und mußten in handwerklicher Einzelfertigung erstellt werden (z.B. die schon erwähnten Rahmendämmelemente, aber auch die CO<sub>2</sub>-geführte Luftqualitätsregelung und der Abwasser-Auskühltank). Die baulichen Mehrinvestitionen betragen mit 571 DM/m² (Wohnfläche) etwa 16% der reinen Baukosten.

In der folgenden Zeile sind die Mehrkosten zur Erreichung des baulichen Zustandes "A" bis Oktober 1991 (erste Heizperiode) aufgeführt: Hier waren die Rahmendämmelemente und die innovative Lüftungsregelung noch nicht eingebaut.

In den folgenden fünf Zeilen sind weitere bauliche Zustände des Passivhauses abgeleitet, die aus dem existierenden Haus durch "Abspecken" entstehen: Nach und nach werden System-komponenten entfernt bzw. auf den Standard eines "normalen" Niedrigenergiehauses zurückversetzt. Diese Zustände werden in [Militzer 1994] im einzelnen definiert und diskutiert, hier kann nur eine Kurzcharakterisierung erfolgen:

Passivhaus "B": Passivhaus, wie es heute (1994) gebaut würde, wenn die gesamte Erfahrung aus dem Forschungsprojekt als bekannt vorausgesetzt werden kann. Einige teure Details des gebauten Hauses erwiesen sich als energietechnisch verzichtbar: die speziell gefertigten Laibungsdämmelemente (ohne Einspareffekt), die CO<sub>2</sub>-geführte Luftqualitätsregelung (wird faktisch nur zu Meßzwecken eingesetzt) und der Abwasser-Auskühltank (vernachlässigbare Energieeinsparung) würden ganz entfallen. Die Dämmung der Kellerdecke würde auf der Betondecke (statt von unten angeklebt) ausgeführt. Die Dachdämmung würde konventionell mit zweilagigen Dämmatten (statt Einblasdämmsystem) realisiert. Ohne daß sich der Energiekennwert des Hauses merklich ändert, würden die baulichen Mehraufwendungen

auf unter 13% der Baukosten sinken. Weitere Kosteneinsparungen durch industrielle Vorfertigung (insbesondere der Fenster und der Rahmendämmung) sind denkbar, wurden hier aber noch nicht berücksichtigt.

- Passivhaus "C": Wie "B", zusätzlich wird jedoch die aufwendige hocheffiziente Wärmerückgewinnung mit Erdreichwärmetauscher durch ein marktgängiges Standardsystem mit nur noch 70% Rückwärmgrad ersetzt. Der Energiekennwert Heizwärme steigt auf 16,7 kWh/(m²a).
- Passivhaus "D": Wie "C", zusätzlich werden jedoch die Spezialfenster (k-Wert 0,7 W/(m²K)) durch Standard-Wärmeschutzverglasung ohne die spezielle Rahmendämmung (k-Wert 1,5 W/(m²K)) ersetzt. Der Energiekennwert Heizwärme steigt auf 28,3 kWh/(m²a).
- Passivhaus "E": Wie "D", zusätzlich werden jedoch alle Dämmstoffdicken auf das "Normalniveau" bei Niedrigenergiehausstandard reduziert, die Wärmerückgewinnung jedoch beibehalten. Der Energiekennwert Heizwärme steigt auf 37,7 kWh/(m²a).
- Passivhaus "F": Wie "E", im letzten Schritt zum Standard-NEH wird nun auch die Lüftung mit Wärmerückgewinnung durch ein einfaches Abluftsystem ersetzt: Der Energiekennwert Heizwärme steigt auf über 50 kWh/(m²a).

# 7.6.4 Verbrauchsstatistik: Bestimmung der Energieeinsparung durch den Niedrigenergiehaus-Standard

Alle dokumentierten Häuser sind realisiert, seit einigen Jahren bewohnt und es liegen gemessene Energieverbrauchswerte vor. Derzeit ist eine Untersuchung in Arbeit [Lüneburg 1994], in welcher die gemessenen Verbrauchswerte mit den rechnerisch nach dem Leitfaden "Energiebewußte Gebäudeplanung" [Ebel 1991] bestimmten verglichen werden. Im statistischen Mittel stimmen die rechnerischen Energiekennwerte mit den Meßwerten gut überein; im Einzelfallergeben sich aber auch durchaus größere Abweichungen, die durch ein unterschiedliches Nutzerverhalten der jeweiligen Bewohner bestimmt sind. Für die hier zu bestimmende Wirtschaftlichkeit des NEH-Standards sind nicht die (zufälligen) aktuellen Nutzungsbedingungen entscheidend, sondern die Verbräuche, die sich unter durchschnittlicher Standardnutzung einstellen würden. Daher werden der Kalkulation die nach dem Jahresverfahren des Leitfadens berechneten Energiekennwerte der Niedrigenergiehäuser zugrundegelegt (Spalte 10 von Tab. 7.15). Im Durchschnitt sind diese Werte geringfügig höher als die gemessenen Verbrauchswerte. Einige Objekte erfüllen die Niedrigenergiehaus-Definition mit etwas über 70 kWh/(m²a) strenggenommen nicht.

Zur Bestimmung der Energieeinsparung wurden sämtliche Gebäudedatensätze so verändert, daß nur noch die Anforderungen der seit 1984 gültigen Wärmeschutzverordnung erfüllt werden. Dazu wurden die Außenbauteile der Häuser durch die Standardbauteile ersetzt, gegenüber denen die Mehrkosten bestimmt worden waren. In der Regel führt dies auf baugleiche Häuser mit Standard-Isolierverglasung (k-Wert 2,6 bis 2,8 W/(m²K)), Leichthochlochziegelwänden (k-Werte zwischen 0,51 und 0,89 W/(m²K)), Dachdämmungen zwischen 8 und 15 cm Dicke und Kellerdecken-k-Werten zwischen 0,5 und 0,6 W/(m²K). In allen Fällen ist die Bedingung k<sub>m</sub>≤k<sub>m,max</sub> der Wärmeschutzverordnung von 1982 erfüllt [WschVO 1982]. Die resultierenden Energiekennwerte Heizwärme sind in Spalte 9 der Tab. 7.15 dokumentiert. Die durch den NEH-Standard erreichte Einsparung ist die in Spalte 11 aufgeführte Differenz der Kennwerte des Objekts nach Wärmeschutzverordnung minus dem der Niedrigenergiehäuser im realisierten baulichen Ist-Zustand.

# 7.6.5 Zur Methodik der Wirtschaftlichkeitsrechnung

Eine Diskussion verschiedener Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung für Energiesparmaßnahmen und regenerative Energiegewinnung findet sich in [Feist 1983]. Danach sind alle dynamischen Wirtschaftlichkeitskalküle auf der Basis der Barwerte aller Kostenarten mit der Nutzungsdauer der Einzelkomponenten als Betrachtungszeitraum gleichwertig und adäquat für die Fragestellung.

Besonders anschaulich ist die Anwendung der Annuitätenmethode, bei der sich die Kapitalkosten als jährlich konstante Annuitäten über die gesamte Nutzungszeit umlegen und so mit den eingesparten jährlichen Betriebskosten vergleichen lassen. Anschaulich sind die annuitätischen Kapitalkosten gleich den - bei Fremdfinanzierung - jährlich an Zins und Tilgung an das Kreditinstitut abzuführenden Beträgen. Eine besondere Anschaulichkeit wird erreicht, wenn diese Kosten auf die jährlichen Energieeinsparungen bezogen werden: Dadurch lassen sich die Kosten einer eingesparten Kilowattstunde (in DPfg/kWh) bestimmen. Dies sind sozusagen die "Gestehungskosten" einer durch Energiesparmaßnahmen gewonnenen "Einsparenergie". Diese Kosten lassen sich mit den Bezugskosten für Energie oder auch mit den Kosten anderer Energiebereitstellungsalternativen vergleichen.

Zusätzlich zu den in Tab. 7.14 aufgeführten baulichen Mehrkosten sind bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung auch die Planungsmehrkosten und sonstigen Baunebenkosten zu berücksichtigen. Diese wurden für das Passivhaus detailliert als Differenz der Honorare nach HOAI erhoben [Militzer 1994]: Es ergaben sich 9% der baulichen Mehrkosten. Dieser Prozentsatz wurde in Spalte 7 von Tab. 7.15 auch für die übrigen Objekte verwendet.

Einen zusätzlichen Instandhaltungsaufwand gibt es bei den ergriffenen Wärmeschutzmaßnahmen nicht; im Gegenteil: Durch den guten Wärmeschutz sinkt die Anfälligkeit der Substanz für Feuchteschäden. Dadurch bedingte Minderkosten werden aber in der hier vorgelegten Kalkulation nicht berücksichtigt. Auch andere Minderkosten (z.B. kleinere Heizkörper, kleinere Heizwärmeerzeuger) werden nicht berücksichtigt.

Konkret wurde hier mit folgenden Randbedingungen gerechnet: Der Kalkulationszinsfuß ist der üblicherweise im Zeitraum 1993/94 von hessischen Kreditinstituten geforderte effektive Jahreszins eines Hypothekenkredites (p=7,6%). Gerechnet wird mit dem um die Inflationsrate bereinigten Realzins: r=(1+p)/(1+i)-1=4,26% mit einer Inflationsrate von i=3,2%. Zugrunde liegt eine Nutzungsdauer von 30 Jahren für alle baulichen Energiesparmaßnahmen und von 15 Jahren für die Lüftungswärmerückgewinnung.

# 7.6.6 Wärmekosten für die Energieeinsparung

In der letzten Spalte von Tabelle 7.15 sind die Kosten der Einsparenergie in DPfg/kWh für die hier betrachteten Niedrigenergiehäuser, berechnet nach dem oben beschriebenen Verfahren, aufgeführt. Diese Kosten variieren zwischen 4 und 16 DPfg/kWh (ohne Varianten Passivhaus). In Abb. 7.18 sind diese spezifischen Einsparenergiekosten über dem erreichten wärmetechnischen Standard (Energiekennwert Heizwärme) aufgetragen. Es ergibt sich eine Punktewolke mit Schwerpunkt bei 67,2 kWh/(m²a) und 8,09 DPfg/kWh.

Die Punkte mit Quadratsymbol in Bild 7.18 kennzeichnen Wertepaare von spezifischen Einsparenergiekosten und Energiekennwerten der Varianten "A" bis "F" des Passivhauses. Diese liegen für das vollständig zum Standard-Niedrigenergiehaus abgespeckte Haus "F" bei 7,34 DPfg/kWh bis zum Passivhaus im gebauten Ist-Zustand mit um 10 kWh/(m²a)(gemessen) und 35,6 DPfg/kWh. Letztere Kosten erscheinen auf den ersten Blick sehr hoch, sind aber bereits vergleichbar mit heutigen Kosten für den Strombezug und mit den Gestehungskosten von Nutzwärme aus herkömmlichen solarthermischen Kollektoranlagen zur Warmwasserbereitung. Die Variante "B" zeigt darüberhinaus, daß bereits heute eine Reduktion auf 25 DPfg/kWh möglich ist; der erreichte Energiekennwert Heizwärme beträgt weniger als ein Zwölftel gegenüber dem Referenzneubau nach Wärmeschutzverordnung!

Die ausgezogene Kurve in Abb. 7.18 gibt den aus den obigen Einzeldaten abgeleiteten Verlauf der Wärmekosten in Abhängigkeit von den erreichten Energiekennwerten Heizwärme an (supply-curve). Diese Kurve zeigt wie erwartet einen hyperbelförmigen Verlauf mit folgenden herausgegriffenen Anhaltswerten:

Energiekennwert 100 kWh/(m²a)	(entspricht etwa der neuen	Wärmekosten
. 12	Wärmeschutz-Verordnung 1995)	3,5 DPfg/kWh
70 kWh/(m <sup>2</sup> a)	(Niedrigenergiestandard)	7,4 DPfg/kWh
40 kWh/(m²a)	(gutes NEH)	13,6 DPfg/kWh
10 kWh/(m²a)	(Passivhaus-Standard)	29,0 DPfg/kWh

## 7.6.7 Ausblick

Die Kostenkurve wurde hier ausschließlich aus erhobenen Mehrkosten bereits realisierter Forschungs- und Demonstrationsbauvorhaben ermittelt. Nur die erhobenen Mehrkosten gingen in die Kalkulation ein - ebenfalls nachweisbare Minderkosten blieben unberücksichtigt. Auch die übrigen Vorteile, die sich durch die Verbesserung des wärmetechnischen Standards ergeben, werden in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt; sie schlagen sich aber durchaus auch in reduzierten finanziellen Belastungen nieder, wenn sich diese auch nicht immer einfach ermitteln lassen:

- Durch den verbesserten Wärmeschutz ist ein erheblich besserer Schutz der Bausubstanz vor Feuchteschäden und gegenüber Temperaturspannungen gegeben. Bei wohnraumüblichen relativen Feuchten kommt es im Niedrigenergiehaus an keiner Bauteiloberfläche zur Tauwasserbildung. Ein außenliegender Wärmeschutz begrenzt den Temperaturgang z.B. in der Mauerwerkskonstruktion im Sommer wie im Winter erheblich. Nachgewiesen ist, daß die Gleichgewichtsbaufeuchte in den gut gedämmten Konstruktionen niedriger bleibt als in konventionellen Bauten.
- Durch den besseren Wärmeschutz steigen die Innenoberflächentemperaturen aller Außenbauteile an. Dadurch ergibt sich ein verbessertes Raumklima (höherer Strahlungsanteil der Wärme) und eine bessere Nutzbarkeit der außenwandnahen Bereiche des Wohnraumes.
- Durch den sehr niedrigen Energieverbrauch ist das Risiko gegenüber künftigen Energiepreiskrisen reduziert.

Bei den hier zugrunde gelegten Gebäuden wurde der Niedrigenergie-Standard durch zusätzliche Maßnahmen an der Gebäudehülle zur Verbesserung des Wärmeschutzes erreicht. Es gibt aber auch schon eine ganze Reihe von Beispielen, bei denen Häuser schon von vorn herein als Niedrigenergiehäuser mit für solche Gebäude speziell angepaßten und optimierten Bauteilen errichtet wurden. Dadurch lassen sich die Kosten erheblich senken. Ein Beispiel ist die 1986 errichtete Niedrigenergie-Reihenhausanlage in Ingolstadt mit 11 Wohneinheiten und einem gemessenen Energiekennwert Heizwärme von 43 kWh/(m²a), bei welcher die Baukosten gegenüber den üblichen im sozialen Wohnungsbau nicht erhöht waren [Breustedt 1990].

# 7.6.8 Zusammenfassung und Diskussion

Die aus abgerechneten Kosten gebauter Häuser ermittelte Kostenkurve für Einsparenergie in Abhängigkeit vom erreichten Energiekennwert Heizwärme zeigt, daß der Standard der novellierten Wärmeschutzverordnung mit Wärmekosten von 3,5 DPfg/kWh bereits heute wirtschaftlich ist: Der Nutzwärmepreis für eine Kilowattstunde Heizwärme aus einem Öl- oder Gaswärmeerzeuger für ein Einfamilienhaus liegt bei über 6,4 DPfg/kWh. Auch der Niedrigenergiehausstandard mit Wärmekosten von 7,4 DPfg/kWh ist vor dem Hintergrund künftig real steigender Energiepreise als wirtschaftlich vertretbar anzusehen. Weitergehende Energieeinsparungen führen zu steigenden Kosten der eingesparten Kilowattstunde, die aber selbst bei einem "guten Niedrigenergiehaus" mit 40 kWh/(m²a) bei 13,6 DPfg/kWh liegen und daher immer noch deutlich unter den Kosten jeder verfügbaren regenerativen Wärmebereitstellung und auch unter den gegenwärtigen Strompreisen bleiben. Die Einspar-Wärmekosten beim Forschungsprojekt Passivhaus (10 kWh/(m²a) liegen bei 25-35 DPf/kWh) im Bereich heutiger Kosten für den Bezug von Haushaltsstrom und den Gestehungskosten der Wärme in solaren Brauchwasseranlagen. Mit der vorgestellten Kostenkurve wird eine ökonomische Gesamtoptimierung regenerativer Versorgungskonzepte möglich; im Ansatz wird dies in [Rentz 1994] versucht. Ein Optimum in der Kombination "bauliche Einsparung" und "solare Wärmeversorgung" dürfte sich danach in einem Bereich mit Heizwärmekennwerten um 30 kWh/(m²a) einstellen (Heizwärme+Warmwasser 55 kWh/(m²a)).

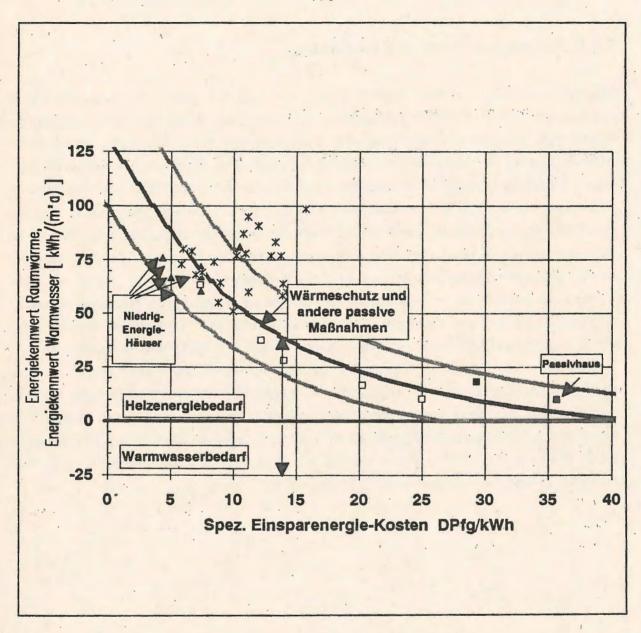


Abb. 7.18 Spezifische Einsparenergiekosten in Abhängigkeit vom erreichten wärmetechnischen Standard

Tabelle 7.14: Bauliche Mehrkosten hessischer Niedrigenergiehäuser und von Varianten des Passivhauses Darmstadt.

Unter den Bauteilbezeichnungen sind die Mehrkosten des jeweiligen Bauteils je Wohneinheit gegenüber der Ausführung nach Wärmeschutzverordnung 1982 aufgeführt (Spalten 5 bis 10). Die Summe der baulichen Mehrkosten incl. Mehrwertsteuer steht in Spalte 11. Legende: WE Wohneinheit; EFH Einfamilienhaus; DHH Doppelhaushälfte; MFH Mehrfamilienhaus.

1	2	1 2	1 4	5	1 6	7	1 0	1 0	10	1 11	12	13	14	15
Nr.	Haus	Zahl	Wohn	5 Außen-	6 Dach	7 Keller-	8 ·	9	Sonstige	11 SUMME		relative	Kosten Lüf-	Lüftungssystem
141.	naus	WE	fläche		Mehr-	decke Mehrk.	Fenster Mehrkost.	Wärme- rückge. Mehrk.	Mehr-	Mehrkost.	spe- zif.Mehr	Mehr-	tung insgesamt	Luttungssystem
			m²/	DM je WE	kost. DM je	DM je	DM je	DM je	kost.  DM je	DM je	kosten DM/m²	kosten	insgesamt	
	C		WE	DIVI JE WE	WE	WE	WE	WE	WE	WE	Divinii	100		
1	A-Niedernh. Reihenmith.	9	111	3054	2274	675	1268	, 0	T F	7271	- 66	3,0%	4885	Abluft
2.	B-Niedernh. Endhäuser	4	111	10406	2274	675	1423	0 ;		14778	133	6,2%	6517	Abluft
3	C-Niedernh. Reihenmit.h.	12	147	2818	1480	1181	3899	. 0	-:'	9378	. 64	3,0%	6295	Abluft
4	D-Niedernh. Endhäuser	8	147	3882	1480	1181	3598	0		10140	69	3,2%	-	`~ .
5	E-Niedernh. Reihenmit.h.	6	163	3893	2244	777	2614	0	*	9528	58	2,7%	6216	Abluft
6	F-Niedernh. Endhäuser	2	170	8306	2244	619	3283	0	- j.	14452	85	4,0%	5874	Abluft
7	MFH-Dietz. Brackrock	13	119	1189	1308	714	1784	0	- '	4995	42	2,1%	3687	Abluft
8	MFH-Dietz. Baufrösche	19	105	8383	996	0	1362	0	-	10741	103	5,2%	3458	Abluft .
9	EFH-Frankenberg	1	189	4186	2184	1456	5460	3860	-	17146	91	4,2%	7360	WRG
10	EFH-Schmitten	1	180	11340	5040	2520	2700	2620	-	24220	135	6,3%	6120	WRG
11	EFH-Offenbach	1	134	5640	987	1128	3807	0	4713	16275	122	5,7%	3525	Abluft
12	EFH-Homberg	1	207	18254.	2697	1452	5186	0	415	28003	135	6,3%	4149	Abluft
13	EFH-Schwalmstadt	1	120	10243	2410	1928	2049	0	1446	18075	151	7,0%	3736	Abluft
14	EFH-Lauterbach	1	161	15456	3220	1288	2254	0	161	22379	139	6,5%	3475	Abluft
15	EFH-Romrod	1	107	11051	3219	1292	1824	0	536	17922	. 167	7,8%	3990	Abluft
16	EFH-Marburg	1	203	7966	2332	1943	7966	0	**	20207	100	4,6%	3109	Lufthzg
17	DDH-Kassel-Weimar	1	164	4600	3500	5320	6700	4000	0	24120	147	6,8%	7500	WRG
18	EFH-Usingen	1	158	5375	3953	2688	6324	8358	-	26697	169	7,8%	11858	WRG
19	DHH-Melsungen	1	109	3386	1311	218	655	0	3167	8738	80	3,7%	. 5570	Abluft
20	EFH-Lich	1	326	5534	0	5208	2930	5940	-	19611	60	2,8%	9440	WRG .
21	EFH-Bad Orb	1	164	7553	5911	0	7224	3560	3776	28024	171	7,9%	7060	WRG
22	EFH-Fulda-Horas	1	108	13116	2710	1084	1951	. 0	650	19512	180	8,4%	4119	Abluft
23	EFH-Offenb. II	. 1	183	6419	10087	5502	2017	0	-	24025	131	6,1%	4035	Abluft
24	DHH-Kassel-Weimar	1	164	4600	3500	5320	6700	4000	0	24120	147	6,8%	7500	WRG
25	EFH-Bad Hersfeld II	1	178	13924	2644	4054	3701	0	2115	26438	148	6,9%	5288	Abluft
26	EFH-Schrecksbach	1	168	4458	2143	1106	1332	6000	2750	17788	106	4,9%	9500	WRG
27	MFH-Kassel	6	74	1563	2459	504	2170	. 0	0	6695	90	4,2%	2343	Abluft
28	EFH-Neukirchen	1	322	12059	4895	2128	6630	0	285	25997	81	3,7%	4831	Abluft
29	Passivhaus IST	4	156	8972	3939	7419	22843	29056	16844	89073	571	15,6%	32556	WRGRegel
30	Passivh1991 "A"	4	156	8972	3939	7419	8873	22033	16844	68080	436	12,6%	25533	WRG 84%
31	Passivh"B"	4	156	8972	2184	2332	22843	22033	3077	61440	394	11,5%	25533	WRG 84%
32	Passivh"C"	4	156	8972	2184	2332	22843	10500	3077	49907	- 320	9,8%	14000	Std-WRG
33	Passivh"D"	4	156	8972	2184	2332	2083	10500	3077	29147	187	5,9%	14000	Std-WRG
34	Passivh"E"	4	156	4148	1186	982	2083	10500	3077	21977	141	4,5%	14000	Abluft
	Passivh"F"	4	156	4148	1186	982	2083	0	3077	11477	74	2,5%	3500	Abluft

Tabelle 7.15: Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen zur Erreichung des Niedrigenergiehaus- bzw. Passivhaus-Standards bei den in Tab. 7.14 aufgeführten Gebäuden. In Spalte 8 stehen die annuitätischen Kapitalkosten je Quadratmeter Wohnfläche und Jahr, die für die Mehrinvestitionen in den Wärmeschutz abzuzahlen sind. Die Spalten 9 und 10 führen die Energiekennwerte Heizwärme für das Referenzhaus nach Wärmeschutzverordnung (Spalte 9) und für das tatsächlich realisierte Haus (N-E-H) auf. In Spalte 12 sind die Kosten der Einsparenergie dokumentiert: Dies sind die annuitätischen Kosten aus Spalte 8 dividiert durch die

Differenzen der Energiekennwerte Heizwärme aus den Spalten 9 und 10.

1	2	3	4	. 5.	- 6	7	8	9	10	11	12
Nr.	Haus	Zahl	1		spez.	spez. Pla-	annuitä-	Energie-	Energie-	spezif.	Kosten der
		WE	fläche je WE	baul. Mehr-	Wärme- rückg.	nungs- mehrko-	tische Mehr-	kennwert WSchVo		Einspar-	Einspar- energie
			Je WE	kosten	Mehrk.	sten	kost.	WSCHVO	(Ist)	energie	energie
		-	m²/WE	DM/m <sup>2</sup>	DM/m <sup>2</sup>	DM/m <sup>2</sup>	DM/	kWh/	kWh/	kWh/	DPfg/
				.,	2,,2,5		(m²a)	(m²a)	(m²a)	(m²a)	kWh
: 1	A-Niedernhausen Reihenmittelh.	9	111	66	0	6	4,19	124	67	. 57	7,38
2	B-Niedernhausen Endhäuser	4	111	133	0	12	8,52	163	81	82	10,46
3	C-Niedernhausen Reihenmittelh.	12	147	64	. 0	.6	4,08	148	. 67	82	5,00
4	D-Niedernhausen Endhäuser	8	147	69	0	6	4,42	178	76	102	4,33
5	E-Niedernhausen Reihenmittelh.	6	163	58	0	5	3,74	111	, 61	51	7,40
6	F-Niedernhausen Endhäuser	2	170	85	0	8	5,44	146	.72	74	7,38
7	MFH-Dietz. Brackrock	13	119	42	0	4	2,69	105	69	36	7,47
8	MFH-Dietz. Baufrösche	19	105	103	0	. 9	6,56	117	51	66	9,94
9	EFH-Frankenberg	.1	189	70	20	8	6,40	. 150	74	76	8,41
10	EFH-Schmitten	1	180	120	15	12	9,03	165	. 64	101	8,94
11	EFH-Offenbach	1	134	122	0	11	7,80	165	95	70	11,14
12	EFH-Homberg	1	. 207	135	. 0	12	8,64	. 126	64	62	13,94
13	EFH-Schwalmstadt	1	120	151	0	14	9,67	177	87	90	. 10,74
14	EFH-Lauterbach	1	161	139	0	13	8,93	146	77	. 69	12,94
15	EFH-Romrod	1	107	167	0	15	10,69	176	78	98	10,93
16	EFH-Marburg	1	203	100	0	, 9	6,39	175	79	96	6,65
17	ZFH-Kassel-Weimar	1	164	123	24	13	10,12	131	58	73	13,86
18	EFH-Usingen	1	158	116	53	15	12,33	176	83	93	13,27
19	ZFH-Melsungen	1,	109	80	0	7	5,12	166	80	86	5,96
20	EFH-Lich	. 1	326	- 42	18	5	4,38	148	73	75	5,83
21	EFH-Bad Orb	1	164	149	22	15	11,55	190	77	113	10,22
22	EFH-Fulda-Horas	1	108	180	0	16	11,52	172	99	73	15,71
23	EFH-Offenb. II	1	183	131	0	12	8,39	161	91	70	11,96
24	ZFH-Kassel-Weimar	1	164	122	24	13	10,09	131	60	71	14,21
25	EFH-Bad Hersfeld II	1	178	148	0	13	9,49	146	77	69	13,76
26	EFH-Schrecksbach	1	168	70	36	10	7,81	130	60	. 70.	11,17
27	MFH-Kassel	6	74	90	0	8	5,79	121	55	66	8,78
28	EFH-Neukirchen	1	322	81	. 0	7	5,16	142	68	74	6,98
29	Passivhaus IST	4	156	385	186	51	41,91	128	10	118	35,66
30	Passivh1991 "A"	4	156	295	141	39	32,00	128	18	109	29,31
31	Passivh"B"	4	156	253	141	35	29,28	128	10	117	24,96
32	Passivh"C"	4	156	253	67	29	22,42	128	17	111	20,23
33	Passivh"D"	4	156	120	67	17	13,90	128	28	99	14,01
34	Passivh"E"	4	156	74	· 67	13	10,95	128	38	. 90	12,19
35	Passivh"F"	4	156	74	0	7	4,71	128	63	64	7,34

# 7.7 Empfehlungen für den künftigen Neubau

.31

Nach den untersuchten Referenzobjekten ist der Niedrigenergiehaus-Standard mit 30 bis 70 kWh/(m²a) Energiekennwert Heizwärme heute technisch und baupraktisch problemlos umsetzbar. Die damit gegenüber der Wärmeschutzverordnung 1982 erzielbare Energieeinsparung beträgt deutlich über 50%. Auch gegenüber der novellierten Wärmschutzverordnung von 1995 werden noch Einsparungen von 25 bis 40% erreicht. Mit dem Niedrigenergie-Standard sind eine Reihe weiterer Vorteile verbunden:

- Durch den geringen Energieverbrauch reduzieren sich auch die Schadstoffemissionen (unund teilverbrannte Kohlenwasserstoffe, Stickoxide, Schwefeldioxid und Kohlendioxid) und
  der Rohstoffverbrauch sinkt. Niedrigenergiehäuser dokumentieren praktizierten Umweltschutz.
- Die Umweltschutzmaßnahmen, die zum Niedrigenergiehaus führen, bringen darüberhinaus aber auch noch ökonomische Beiträge: Mit dem Brennstoffverbrauch sinken die Heizkosten.
- Die Qualität der Bauausführung ist beim Niedrigenergiehaus sehr hoch: alle tragenden Konstruktionsteile liegen "im Warmen", Spannungen durch Temperaturdifferenzen sind stark reduziert. Durch die Luft- und Winddichtheit ist ein Feuchteeintrag in die Baukonstruktion praktisch ausgeschlossen, die kontrollierte Wohnungslüftung sorgt für garantierte Feuchteabfuhr. Tauwasserbildung an Bauteilen ist ausgeschlossen, weil alle Oberflächen gleichermaßen fast ebenso warm sind wie die Raumluft.
- Der thermische Komfort im Niedrigenergiehaus ist deutlich verbessert: Im Winter sorgen die warmen Oberflächentemperaturen für ein ausgeglichenes Strahlungsklima, im Sommer der Wärmeschutz und die Lüftung für geringere Spitzen-Temperaturen.
- Die Luftqualität im Niedrigenergiehaus ist durch die kontrollierte Wohnungslüftung dauerhaft verbessert. Verbrauchte Luft wird dort abgesaugt, wo sie am stärksten belastet ist; für Frischluftzufuhr wird kontinuierlich gesorgt.
- Aus allen bisher genannten Gründen resultiert ein spürbar gehobener Wert des Niedrigenergiehauses gegenüber anderen, schlechter gedämmten Gebäuden.

Die in 7.5 dokumentierten Beispiele zeigen, daß Niedrigenergiehäuser heute bereits in großer Zahl realisiert und seit einigen Jahren genutzt werden. Die Erfahrungen zeigen, daß die in den Niedrigenergie-Standard gesteckten Erwartungen erfüllt werden: Die geplanten Energieeitisparungen stellen sich regelmäßig ein und die Bewohner loben Wohnkomfort und Luftqualität. In 7.6 wurde darüberhinaus an Hand von erhobenen Kostendaten von etwa 100 Wohneinheiten in Niedrigenergiebauweise ermittelt, daß die mittleren Wärmekosten für die Energieeinsparung durch den Niedrigenergiehaus-Standard um 7,4 DPfg/kWh liegen. Vor dem Hintergrund künftig zu erwartenden Energiepreise ist der Niedrigenergiestandard bei Neubauten daher heute wirtschaftlich vertretbar.

Es kann daher empfohlen werden, künftige Neubauten grundsätzlich mit Niedrigenergiestandard zu errichten. Für die einzelnen am Neubauprozeß Beteiligten ergeben sich daraus die im folgenden dargestellten Empfehlungen.

# 7.7.1 Empfehlung für Bauherren

Jeder Bauherr, der in Zukunft neu ein Gebäude errichtet, ist gut beraten, bereits jetzt den Niedrigenergiehaus-Standard anzustreben. Die baulichen Investitionsmehrkosten halten sich in Grenzen und liegen schon heute mit 2 bis 8% im Bereich der üblichen Schwankungen der Baukosten.

Investive Mehrkosten der aufgeführten Größenordnung sind auch bei Erwartung einer sehr moderaten Energiepreisentwicklung wirtschaftlich vertretbar: D. h., die anfänglichen Mehrinvestitionen zahlen sich im Lauf der Nutzungsdauer des errichteten Gebäudes allein durch die erzielten Energiekosteneinsparungen wieder zurück (vgl. Abschnitt 7.6). Dies ist für andere dem Umweltschutz dienende Maßnahmen in der Regel sonst nicht der Fall: Andere Umweltschutzmaßnahmen erbringen meist keinen direkten einzelwirtschaftlichen Finanzierungsbeitrag.

Über den Nutzen der direkten Energiekosteneinsparung hinaus hat der Baustandard des Niedrigenergiehauses weitere Vorteile, die dem Bauherren direkt oder indirekt zu Gute kommen: Hohe Qualität der Bauausführung, sehr guter thermischer Komfort, verbesserte Luftqualität und dadurch bedingte Wertsteigerung des Gebäudes sind bereits am Anfang dieses Abschnittes 7.8 dargestellt worden. Der durch den Niedrigeenergiehaus-Standard geleistete Umweltschutz kommt dem Bauherren - wenn auch indirekt - ebenfalls zu gute: Zum einen reduzieren sich die Emissionen (und damit auch die Belastung) in der unmittelbaren Wohnumgebung, zum anderen aber auch die Gesamtbelastung; letzteres natürlich nur in dem Ausmaß, wie auch andere bereit sind, einen vergleichbaren Standard zu realisieren.

Darüberhinaus ist künftig von einer weiteren deutlichen Senkung der Mehrkosten der Niedrigenergiebauweise auszugehen, weil bei allen betroffenen Bauteilen durch Standardisierung und problemadäquate Detaillösungen sowie ihre rationelle Vorfertigung wie in Schweden weitgehende Kosteneinsparungen zu erwarten sind.

Neubauten werden heute mit Aussicht auf jeweils sehr lange Nutzungsdauern errichtet. Wegen der im Vergleich zu einer anfänglich qualitativ hochwertigen Bauausführung teuren Sanierungsund Instandhaltungskosten ist man in Deutschland bemüht, neue Gebäude mit hohem Qualitätsstandard zu realisieren. Dazu gehört nach dem oben Gesagten insbesondere auch eine energiesparende Bauweise. Eine spätere "Nachrüstung" eines weniger energiebewußt errichteten
Neubaus wird kaum in vernünftiger Weise möglich sein: Die Kosten einer Nachrüstung sind
wegen der dann auftretenden Zusatzkosten um ein Vielfaches höher als die eines von Anfang
an optimalen Standards. Eine Verbesserung wird erst nach sehr langer Zeit, nämlich zu den
üblichen Erneuerungs- und Instandhaltungszyklen überhaupt denkbar. Selbst dann sind
nachträgliche Energiesparmaßnahmen bei heutigen Neubauten wirtschaftlich nur schwer zu
vertreten, weil der Aufwand gegenüber den wärmetechnischen Sanierungen älterer Gebäude
höher, die Ankopplungsmöglichkeiten geringer und die erzielbare zusätzliche Energieeinsparung
weniger hoch sind.

# 7.7.2 Empfehlungen für die Energie- und Wohnungsbaupolitik

Der Niedrigenergiehausstandard führt gegenüber der 1984-1994 üblichen Bauweise zu Energieeinsparungen von über 50%; auch gegenüber der ab 1.1.1995 gültigen novellierten Wärmeschutzverordnung werden noch 25 bis 40% eingespart. Diese Einsparungen wirken sich entsprechend als veringerter Primärenergieverbrauch (Energierohstoffeinfuhr) und reduzierte Emissionen an Schadstoffen (Stickoxide, Schwefeldioxid, flüchtige organische Substanzen VOC) und klimarelevanten Gasen (hauptsächlich CO<sub>2</sub>) aus.

- Der verringerte Bedarf an (hauptsächlich) eingeführten Energierohstoffen führt zu einer Entspannung auf der Nachfrageseite gegenüber den Erdöl-exportierenden Ländern. Dadurch läßt sich in Zeiten von Versorgungskrisen eine gelassenere Krisenbewältigung erreichen und es bestehen geringere volkswirtschaftliche Risiken bei künftig möglicherweise weiter steigenden Rohölpreisen.
- Allein die Reduktion der Emissionen an klassischen Luftschadstoffen NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> und VOC erspart der Volkswirtschaft jährlich Schäden an Bauwerken und an der Vegetation, aber auch Gesundheitsschäden bei Menschen.
- Die Reduktion der Emission des Treibhausgases CO<sub>2</sub> ist durch den Niedrigenergiestandard in hohem Umfang möglich.

Der Niedrigenergiestandard ist dabei im Neubau einzelwirtschaftlich vergleichsweise kostengünstig erreichbar und mit einer Reihe von unmittelbaren und mittelbaren Vorteilen für die Bauherren verbunden (vgl. 7.8.1). Dennoch bedeutet die Entscheidung für den Niedrigenergiehausstandard für die Bauherren zusätzliche investive Kosten, die zumindest in der Anfangszeit eine zusätzliche Belastung mit Kapitalkosten zur Folge haben. Es ist zu befürchten, daß viele Bauherren daher trotz der Vorteile dieses Standards und trotz der Tatsache, daß dieser einzelwirtschaftlich vertretbar ist, vor den Mehrinvestitionen zurückschrecken.

Die Energie- und Wohnungsbaupolitik hat aus den oben aufgeführten Gründen ein hohes Interesse an einer möglichst raschen Einführung des Niedrigenergiehausstandards bei Neubauten. Daher sollte die Entscheidung für einen solchen Standard gefördert werden. Dafür stehen eine Reihe von Instrumenten zur Verfügung:

#### Information

Eine breitgestreute, politisch autorisierte Information von Bauherren bzgl. des Niedrigenergiestandards ist überfällig. Entscheidend ist dabei, daß die politischen Instanzen "an einem Strang" ziehen: Eine Informationsschrift müßte klar herausarbeiten, daß der Niedrigenergiehaus-Standard heute technisch möglich, baulich wertsteigernd und einzelwirtschaftlich vertretbar ist. Verantwortlicher Neubau sollte daher zum Niedrigenergiehausstandard führen. 1,2

# • Demonstration

In Deutschland wurden bisher schätzungsweise über 2000 Wohnungsbauten mit Niedrigenergiestandard realisiert - die meisten ohne großes Aufsehen von privaten Bauherren und ihren Architekten. Für eine breite Einführung ist aber nach wie vor eine öffentlich zugängliche Demonstration dieses Standards von hoher Bedeutung. In den Augen der meisten Bauherren und vieler Bewohner sind Niedrigenergiehäuser immer noch etwas neues, fast exotisches. Die Normalität dieses Standards kann nur deutlich werden, wenn Niedrigenergiehäuser "zum Anfassen" von potentiellen Bauherren besucht und begangen werden können.

Sinnvoll wäre daher ein bezuschußtes Demonstrationsprogramm Niedrigenergiehäuser, in dessen Verlauf möglichst weit gestreut um 1000 Häuser je Jahr errichtet werden; Bedingung für einen Zuschuß muß die Bereitschaft der Eigentümer sein, eine Dokumentation vorzulegen und das Haus in angemessenen Abständen angemeldeten Besuchern zu zeigen.

## · Beratung

Die Information über den Niedrigenergiehausstandard muß beim einzelnen Bauwilligen oder Bauträger ankommen. Dies ist nach den vorliegenden Erfahrungen mit der bloßen Streuung von Informationsmaterial nur unzureichend möglich. Eine weit bedeutendere Wirkung kann eine umfassende Energieberatung von Bauherren erzielen.

## Weiterbildung

Ein wesentliches Hemmnis für die breite Einführung des Niedrigenergiehausstandards sind noch nicht weit genug verbreitete Kenntnisse. Baukonstruktive Details, Anschlußdetails, Heizungs-, Regelungs- und Lüftungstechnik für Niedrigenergiehäuser sind zwar aus den inzwischen zahlreichen Pilotvorhaben publiziert und bekannt, aber noch nicht in der Breite verfügbar. Weiterbildungsangebote für Architekten, Haustechnik-Ingenieure und das einschlägige Bauhandwerk kann diesen Transport in die alltägliche Baupraxis voranbringen.

## Förderung

Einige Bundesländer haben in der Vergangenheit den Bau von Niedrigenergiehäusern gefördert (vgl. Punkt Demonstration). Ein Bundesprogramm steht dabei immer noch aus. Insbesondere zur Demonstration, aber auch zu Weiterbildungszwecken sind weitere Förderprogramme zu fordern. Ein gutes Förderkonzept wirkt über Anreize (Zinsstützung oder Zuschuß) mit einem festen Förderbetrag je Wohneinheit (z.B. 5000 bis 10000DM) und stellt - außer dem Nachweis eines niedrigen Energiekennwertes ≤ 70 kWh/(m²a) und guter Raumluftqulität - keine Anforderungen im Detail.

## Verordnung

Die Verschärfung der Wärmeschutzverordnung in einem weiteren Schritt zum Niedrigenergiehaus war 1993 vom Bundesrat gefordert worden und wurde von der Bundesregierung zugesagt. Dies ist bei Neubauten sehr zu begrüßen; bis zu dieser Novelle sollte die Zeit allerdings genutzt werden, den Niedrigenergiehausstandard mit den zuvor aufgeführten Instrumenten zu fördern und dadurch einen breiten Erfahrungsschatz zu schaffen. Für die weitere Entwicklung ist es darüberhinaus sinnvoll, die Komponenten aus dem Passivhaus (Heizwärmeeinsparung über 95%) Zug um Zug auch für normale Niedrigenergiehäuser umsetzbar zu machen. Dazu ist eine Vereinfachung dieser Komponenten, ihre industrielle Vorfertigung und ihr standardisierter handwerklicher Einsatz anzustreben. Für diese Erschließung von weiteren, sehr attraktiven Einsparpotentialen sind folgende Instrumente einsetzbar:

## · Forschungsförderung: Passivhaus-Komponenten

Zu einigen Komponenten des Passivhausstandards sind weitere Forschungsarbeiten und vor allem Entwicklungsvorhaben erforderlich: Z.B. für den Bau von kostengünstigen Super-Fensterscheiben (k-Werte unter 0,7 W/(m²K)), für die Entwicklung hochgedämmter Fensterrahmen (ebenfalls mit k-Werten unter 0,7 W/(m²K)), hocheffiziente Luft-Luft-Wärmetauscher und hygienisch sichere Erdreichwärmetauscher.

## Forschungsförderung: Passivhaus-Gesamtkonzept

Passivhäuser sind bisher in Deutschland nur vereinzelt (8 bis 10 Wohneinheiten) realisiert worden. Eine weitere Erprobung von Passivhaus-Konzepten ist vor dem Hintergrund der immer noch vergleichsweise günstigen Gestehungskosten für die Einsparenergie sehr zu empfehlen.

# 8 Einsparpotentiale im Gebäudebestand

In Kapitel 5 wurden für eine Reihe von Objekten Einsparpotentiale detailliert nachgewiesen. Daß diese Einsparungen in der Praxis auch erzielt werden können, wurde anhand der in Kap. 6 dokumentierten Sanierungen belegt. Mittels der Gebäudestatistik kann aus den Einsparpotentialen für die Vertreter der Gebäudetypen das gesamte Einsparpotential für die Bundesrepublik hochgerechnet werden.

## 8.1 Gebäudebestand 1990

## Aufteilung des Wohngebäudebestands

Für die Berechnung des gesamten Nutzwärmeverbrauchs sowie den Abgleich mit der Endenergiestatistik wird die Gesamtzahl der Wohnungen sowie der gesamten Wohnfläche, aufgeteilt auf die unterschiedlichen Haustypen, benötigt.

Bezugsgröße für diese Untersuchung sind die bewohnten Wohneinheiten, ohne Freizeitwohnungen und Heime.

Der Wohnungsbestand teilt sich 1987 wie folgt auf:

(vgl Fachserie 5, Heft 1 (Strukturdaten) des Statistischen Bundesamts) Anzahl durchschn.Fläche Gesamtfläche Wohnungen ohne Freizeitwohnungen 86 m<sup>2</sup>. 2228 Mio. m<sup>2</sup> und ohne Heime 25.9 Mio. 2187 Mio. m<sup>2</sup> ohne leerstehende Wohnungen: 25,4 Mio. 86 m<sup>2</sup> Die Fortschreibung ergibt für 86,4 m<sup>2</sup> die alten Bundesländer 1990 2255 Mio. m<sup>2</sup> 26,1 Mio.

Die Volkszählung 1987 ([StatBu 89], sowie eine Sonderauswertung) liefert eine Aufteilung des Wohnungsbestands nach Ein(-Zwei)Familienhäusern und Mehrfamilienhäusern sowie nach Baualtersklassen.

Tabelle 8.1: Anteile der Altersklassen am Gesamtbestand der Wohnungen 1987:

(Mio.)	A/B	-1918	C 18-48	D 49-57	E 58-68	F 69-78	G 79-83	H 84-87	Summe
Summe :		4,63	3.12	3,87	6,06	5,06	1,77	0.95	25,46
EFH*)		2.34	1,73	1,62	2,61	2,28	1,06	0,52	12,16
MFH		2,28	1.40	2.25	3,44	2,78	0.71	0.44	13,30

	A/B	С	D	E	F	G	Н	Summe
Summe	18%	12%	15%	24%	20%	7%	4%	100%
EFH*)	9%	7%	6%	10%	9%	4%	2%	48%
MFH	9%	5%	9%	14%	11%	3%	2%	52%

Tabelle 8.2: Aufteilung der Wohnflächen auf die Gebäudetypen 1987:

Mio. m <sup>2</sup>	A/B	C	D	E	F	G .	Н	Summe
Summe	401.52	260.62	286.78	497,95	469.24	181,05	90,33	2187,48
EFH*)	235,23	166,38	151,76	271,98	272.10	127,98	59,65	1285,08
MFH	166,29	94,24	135,01	225,97	197,13	53.07	30,68.	902,40

	A/B	С	D	Ε .,	F	G	Н	Summe '
Summe	18%	12%	13%	23%	21%:	8%	4%	100%
EFH*)	11%	8%	7%	12%	12%	6%	. 3%	59%
MFH	8%	4%	6%	10%	9%	2%	1%	- 41%

<sup>\*)</sup> Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern, einschl. Reihenhäusern

Genauere Aufteilungen lassen sich aus den statistischen Daten nicht herleiten. So wird in keiner Statistik unterschieden zwischen freistehenden Ein/Zweifamilienhäusern und Reihenhäusern sowie zwischen den verschiedenen Typen von Mehrfamilienhäusern. Auch wie sich unterschiedliche Bauformen innerhalb einer Altersklasse verteilen, ist nicht bekannt, dies betrifft insbesondere die Typen A und B (Fachwerk- bzw. Massivbauweise vor 1918). Hier ist man vorläufig auf Vermutungen angewiesen. Da jedoch die Einsparpotentiale jeweils in den gleichen Größenordnungen liegen, sind Abweichungen von der genauen Verteilung der Haustypen nicht ergebnisrelevant in Bezug auf die Höhe der gesamten Einsparpotentiale. Für die Gesamtschätzungen wird in dieser Studie die in Tabelle 8.3 wiedergegebene Verteilung der Haustypen unterstellt.

Tabelle 8.3: Wohnungsbestand nach Gebäudetypen 1990 in den alten Bundesländern

Wohnungen (Mio.)	EFH	RH	MFH	GMH	НН	Summe
A	0,70	0,00	0,45	0,00	0,00	1,15
В	1,31	0,33	1,61	0,21	0,00	3,45
C	1,20	0,52	1,20	0,20	0,00	3,11
D	1,21	0,40	1,95	0,29	0,00	3,86
E	1,97	0,66	2,52	0,71	0,22	6,07
F	1,54	0,76	1,71	0,84	0,25	5,09
G	0,78	0,29	0,71	0,00	0,00	1,79
H	0,74	0,18	0,69	0,00	0,00	1,61
Summe	9,44	3,13	10,84	2,24	0,48	26,14

Wohnflächen (Mio. m2)	EFH	RH	MFH	GMH	HH	Summe
A	70	0	33	0	0	103
В	131	33	118	14	0	296
C	116	50	82	12	0	260
D	114	38	119	. 16	0	287
E	205	68	170	43	14	500
F .	184	90	127	55	· 16	472
G	94	35	54	0	. 0	183
H	85	21	49	0	0	156
Summe	999	335	752	140	30	2257

freistehende Ein/Zwei-Familienhäuser Reihenhäuser

1969 - 1978

MFH: Mehrfamilienhäuser 5-8 Geschosse GMH:

Mehrfamilienhäuser bis 4 1/2 Geschosse G Hochhäuser über 8 Geschosse Fachwerk vor 1918 B: Massivbau vor 1918 1958 - 1968 F: 1969 - 1978 HH: 1918 - 1948 1979 - 1983 D: 1949 - 1957

In den Neuen Bundesländern gab es 1990 7,0 Millionen Wohnungen mit einer gesamten Wohnfläche von 441 Millionen m². Dabei sind unter den ältesten Mehrfamilienhäusern (Baualtersklassen bis 1918) knapp 400 000 Wohnungen, die sich in einem äußerst schlechten Bauzustand befinden, nicht mehr saniert werden können und innerhalb kurzer Zeit nicht mehr bewohnt (und nicht mehr beheizt) werden. Deren Energieverbrauch soll in der folgenden Potentialabschätzung nicht berücksichtigt werden. Die Anzahl der bewohnten Wohnungen aus dem Gebäudebestand von 1990 reduziert sich damit auf 6,6 Millionen Wohnungen mit einer gesamten Wohnfläche von 420 Millionen m². Diese Zahlen sind die Grundlage für die nachfolgenden Berechnungen.

ab 1984

H:

Tabelle 8.4: Aufteilung der Wohnungen auf die Gebäudetypen der Neuen Bundesländer 1990:

in 1000	EFH :	MFH	GMH	НН	gesamt
Α	336	129	0	. 0	465
В	785	511	416	0	1712
C	683	. 644	0	0	1327
D	218	342	0	. 0	560
E	57	424	133	0	614
F	91	161	406	322.	. 980
G	65	. 77	350	70	563
Н	64	. 0	317	0	380
gesamt	2299	2288	1622	392	6601

Aufteilung der Wohnflächen auf die Gebäudetypen der Neuen Bundesländer 1990:

1000 m <sup>2</sup>	EFH	MFH	GMH	нн .	gesamt
Α	21866	6882	0	0	28748
В	51020	35972	29864	0	116856
С	41657	40695	0	0	82352
D	15543	14928	: 0	.0	30471
E	4064	25440	7853	0	37357
F	10283	9660	23948	17506	61397
G	7345	4632	20674	3 4359	37010
H	7198	0	18679	0	25877
gesamt	158976	138209	101018	21865	420068

Dabei definieren sich die Baualtersklassen der Gebäudetypen in den neuen Bundesländern wie folgt:

Baualter	EFH	MFH	GMH	HH "
A (Fachw.)	11. 4010	bis 1918		
B (massiv)	bis 1918	bis 1918	bis 1918	-
C	1919 - 1945	1919 - 1945		-
D	1946 - 1970	1946 - 1965		
E	1971 - 1985	1961 - 1985	1965 - 1980	1965 - 1980
G	1371 1300		1981 - 1985	1971 - 1985
Н	1985 - 1990		1986 - 1990	

## Heizenergieverbrauch der Gebäudetypen

Der gesamte (klimabereinigte) Endenergiebedarf betrug 1990 in den alten Bundesländern 444 TWh, in den neuen Bundesländern ca. 120 TWh. Der Nutzwärmebedarf betrug in den alten Bundesländern 340 TWh, in den neuen Bundesländern ca. 77 TWh. Für die verbleibenden 6,61 Mio. Wohnungen nach Fortfallen der nicht mehr sanierungsfähigen Mehrfamilienhäuser in den Neuen Bundesländern (s.o.) verbleibt ein Heizwärmebedarf von ca. 74 TWh. Dabei sind die dezentral beheizten Wohnungen in der Regel nicht voll beheizt, aufgrund der kurzfristig zu erwartenden Umstellung auf zentrale Beheizung ist von einem Anstieg des Heizwärmebedarfs aufgrund dieses Effekts auszugehen (sofern nicht gleichzeitig Sparmaßnahmen ergriffen werden). Es ist also sinnvoll, von dem Nutzwärmebedarf bei zentraler Beheizung auszugehen.

Der durchschnittliche Energiekennwert für zentral beheizte Gebäude beträgt dann in den alten Bundesländern 162 kWh/(m<sup>2</sup>a), für die neuen Bundesländer 204 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Hinter diesen Durchschnittwerten verbergen sich erhebliche Unterschiede zwischen den Gebäudetypen. Zur Ermittlung der Energiekennwerte für jeden Gebäudetyp wird der Energiekennwert (Energieverbrauch pro m² Wohnfläche und Jahr) aus dem Energieverbrauch der Repräsentanten ermittelt, bei mehreren Repräsentanten wird das arithmetische Mittel ihrer Energiekennwerte gebildet. Diese Energiekennwerte sind typische Werte, jedoch keine statistischen Mittelwerte. In der Gesamtbetrachtung von insgesamt ca. 50 Gebäuden sind die zufälligen Abweichungen von den Mittelwerten zu vernachlässigen.

In Tabelle 8.5 sind die Energiekennwerte für die Gebäudetypen wiedergegeben. Dabei ist eine Standardnutzung unterstellt sowie eine moderne zentrale Öl- oder Gasheizung (vgl. Kap. 5). Nachträgliche energetische Sanierungen sind nicht berücksichtigt. Die Energiekennwerte in Tabelle 8.5 kennzeichnen damit den baulichen Originalzustand.

Tabelle 8.5: Energiekennwerte (Nutzenergie) im Gebäudebestand (baulicher Originalzustand) (kWh/(m²a))

Alte Bundesländer	A	В	С	D	Е	F	G	Н
EFH	318	225	263	329	171	147	119	122
RH	-	249	205	219	211	187	121	94
MFH	216	190	222	229	213	170	98	77
GMH	-	190	203	191	184	139		, de
НН	-	-	-	1	127	120	-	

Dargestellt sind die Nutzenergiekennwerte in kWh pro m² Wohnfläche und Jahr im baulichen Originalzustand; bei Standardnutzung und zentraler Beheizung.

freistehende Ein/Zwei-Familienhäuser,

Reihenhäuser

Mehrfamilienhäuser bis 4 1/2 Geschosse Mehrfamilienhäuser 5-8 Geschosse MFH:

GMH:

Hochhäuser über 8 Geschosse HH:

Massivbau vor 1918

Fachwerk vor 1918. By 1918 - 1948 D: 1958 - 1968 F: 1979 - 1983 H: 1949 - 1957 1969 - 1978 ab . 1984

Die tatsächlichen Energieverbräuche weichen von den Angaben in Tabelle 8.5 ab. Durch nachträgliche energetische Sanierungen wurde bei vielen Gebäuden der Standard verbessert, so daß die durchschnittlichen spezifischen Verbräuche inzwischen geringer sind als in Tabelle 8.5. Außerdem entsprechen die Standardvorgaben in Bezug auf die Heizung und die Nutzung nicht den heutigen Gegebenheiten. Es ist jedoch davon auszugehen, daß sowohl dezentrale Heizsysteme als auch alte Zentralheizungen innerhalb vergleichsweise kurzer Zeit weitgehend durch moderne Zentralheizungen ersetzt werden. Die Nutzung weicht vor allem im Falle von Einzelöfen von der Standardnutzung ab, da in der Regel nicht alle Räume beheizt werden. Dies entfällt nach einer Umstellung auf Zentralheizung. Für die Bestimmung des Einflusses baulicher Maßnahmen auf den Energieverbrauch sind diese Standardvorgaben daher sinnvoll. Für den Abgleich mit dem heutigen Gesamtenergieverbrauch sowie für die Modellrechnungen müssen die Abweichungen von den Standardvorgaben dagegen berücksichtigt werden.

# Nachträgliche energetische Sanierungen

Während die Aufbauten der Bauteile und damit deren Wärmedurchgangswerte im ursprünglichen Zustand bei den einzelnen Haustypen recht gut bekannt sind, gibt es kaum Erhebungen über die nachträglich durchgeführten Dämmaßnahmen. Die Grundlage für die Abschätzungen über den Umfang nachträglicher Sanierungen beruhen auf den 1%-Wohnungsstichproben, die Aussagen über den Anteil der vorhandenen Doppelverglasungen machen, der Statistik der gemeinnützigen Wohnungsbauunternehmen, bundesweiten, jeoch nicht repräsentativen Umfragen, regionalen Studien sowie Statistiken aus Beratungsaktionen. Die so ermittelten Daten wurden auch im IKARUS - Projekt verwendet.

In den neuen Bundesländern befanden sich in den meisten Gebäuden bereits im Originalzustand Doppelverglasungen, in die älteren Gebäude wurden sie z.T. nachträglich eingebaut. Darüberhinaus wurden bis 1990 keine energetischen Sanierungen durchgeführt.

## Aufteilung des Energieverbrauchs auf den Gebäudebestand

Die spezifischen Energieeinsparungen, die sich durch die Ausführung einer oder mehrerer der genannten Maßnahmen ergeben, wurden für die einzelnen Repräsentanten in Kapitel 5 berechnet (Maßnahmenkette TREND). Aus dem Umfang, in dem die jeweiligen Maßnahmen durchgeführt wurden, ergeben sich nun die durchschnittlichen Energiekennwerte für die Gebäudetypen. Diese sind in Tabelle 8.6 wiedergegeben.

Zu beachten ist, daß bei der Berechnung der Energiekennwerte Standardnutzung gemäß Kapitel 5.1.3 und zentrale Beheizung unterstellt wurden.

Tabelle 8.6: Mittlere Energiekennwerte (Nutzenergie) im Gebäudebestand 1990 (kWh/(m²a))

## Alte Bundesländer

Gebäu- detyp	A.Fach- werk	B. massiv	C.	D.	E.	F.	G.I. WSVO	H.II. WSVO	gesamt
Baualter	- 1918	- 1918	19 - 48	49 - 57	58 - 68	69 - 78	79 - 83	84 - 90	
EFH	238	185	204	253	146	141	119	120	171
RH	-	203	166	163	171	162	.121	94	160
MFH	190	163	179	184	173	127	98	. 76	155
GMH	-	161	164	151	153	123	-,	-	143
нн	•	-	-	· ·	105	120	-	-	113
gesamt	223	177	187	207	158	139	113	102	162

#### Neue Bundesländer

- 5.4

Gebäude- typ	-	B. massiv	C.	D. ,,	E.	F.	G.	Н.	gesamt
Baualter	- 1918	- 1918	19 - 45	46 - 60	61 - 70	71 - 80	81 - 85	86 - 90	
EFH	312	312	. 283	335 .	335	181	· 181	152	285
RH	-	-	-	5-	-	-	-	-	-
MFH	227	189	161	175	174	174	174	-	177
GMH		195		, 90	109	109	106	87	130
НН	-	i.	-	-	111	111	159	-	, 121
gesamt	292	. 244	222	256	178	132	136	105	204

Dargestellt sind die durchschnittlichen Nutzenergiekennwerte in kWh pro m² Wohnfläche und Jahr unter Berücksichtigung nachträglicher energetischer Sanierungen. Unterstellt wurden Standardnutzung und zentrale Beheizung (Standard-Heizsystem). In der letzten Zeile und der letzten Spalte sind die nach Wohnflächenanteilen gewichteten Mittel wiedergegeben.

EFH:	freistehende Ein/Z	wei-Familienh	äuser, í	RH: I	Reihenhäuser,	
	Mehrfamilienhäuser					5-8 Geschosse.
HH:	Hochhäuser über 8	Geschosse.				1
A:	Fachwerk vor 1918.	B: Massivba	u vor 1918			
Alte	Bundesländer:					
C:	1918 - 1948	D: 1949 -	1957	E:	1958 - 1968	,
F:	. 1969 - 1978	G: 1979 -	1983	H:	ab 1984	
Neue	Bundesländer:					
C:	1918 - 1945	D: 1946 -	1960	E:	1961 - 1970	
F:	1971 - 1980	G: 1981 -	1985	H:	1986 - 1990	
MFH-C	): 1946 - 1965	HH-F: 1965 -	1980	HH-G:	1971 - 1985	

Aus diesen Energiekennwerte und der Aufteilung des Gebäudebestands auf die Haustypen ergibt sich die Aufteilung des Energieverbrauches für die Raumheizung. Dieser ist in Tabelle 8.7 dargestellt.

Tabelle 8.7: Anteile der Gebäudetypen am gesamten Heizwärmebedarf 1990

## Alte Bundesländer

Anteil am Heiz- wärmebedarf	A	В	C	D	Е	,., F	G	Н	gesamt
EFH	5%	7%	6%	8%	8%	7%	3%	3%	47%
RH	0%	2%	2%	2%	3%	4%	1%	1%	15%
MFH	2%	5%	4%	-6%	. 8%	4%	1%	. 1%	32%
GMH	0%	1%	1%	1%	2%	2%	. 0%	0%	5%
НН	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	1%
gesamt	6%	14%	13%	16%	22%	18%	6%	4%	100%

## Neue Bundesländer

Anteil am Heiz- wärmebedarf	A	В	C	D	E	F	G	H	gesamt
EFH .	8%	19%	14%	6%	2%	2%	2%	1%	53%
RH	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
MFH	2%	8%	8%	3%	5%	2%	1%	0%	29%
GMH	0%	7%	0%	0%	1%	3%	3%	2%	15%
НН	0%	0%	0%	0%	0%	2%	1%	0%	3%
gesamt	10%	33%	21%	9%	8%	9%	6%	3%	100%

Dargestellt ist - getrennt nach alten und neuen Bundesländern - der Anteil der Gebäudetypen am gesamten Heizwärmebedarf, bezogen auf die Situation bei vollständiger zentraler Beheizung.

# 8.2 Zielwerte für Energiekennwerte im Gebäudebestand

In Kap. 5 wurden für die Repräsentanten der Gebäudetypen technisch und langfristig wirtschaftlich sinnvolle Maßnahmen ausgewählt und die Höhe der Einsparungen berechnet (Maßnahmenkette SPAR). Wenn alle in Kap. 5 vorgeschlagenen Maßnahmen ohne Rücksicht auf deren Wirtschaftlichkeit durchgeführt würden, so ließe sich dadurch ein technisches Einsparpotential von ca. 71 % (Alte Bundesländer) bzw. 77% (Neue Bundesländer) realisieren dies, obwohl Maßnahmen, die von vornherein für alle Gebäudetypen (heute) unwirtschaftlich wären, gar nicht erst betrachtet wurden. Die verbleibenden spezifischen Energieverbräuche für die einzelnen Gebäudetypen sind in Tabelle 8.8 dargestellt. Wie dort erkennbar ist, ließe sich jeder Gebäudetyp durch das gesamte jeweils untersuchte Maßnahmenpaket auf den Standard eines Niedrigenergie-Neubaus bringen.

Tabelle 8.8: Zielwerte für Energiekennwerte in kWh/(m²a)
Technische Potentiale ohne Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Restriktionen (Außenansicht und/oder Denkmalschutz)

## Alte Bundesländer

	A	В	C	D	E	F	G	H	gesamt
EFH.	50	46	54	60	52	- 55	41	46	51
RH.	-	52	41	53	35	51	45	39	45
MFH.	49	. 54	54	52	37	- 33	36	31	43
GMH.	-	54	42	47	36	29		940	37
HH.	. , -	-	-	-	35	28	•		31
gesamt.	50	50	51	. 55	43	. 44	40	40	47

#### Neue Bundesländer

	A	В	C	D	·E	F	G	H	gesamt
EFH.	66	66	49	80	80	49	49	49	61
RH.	-	(3.	-	•	-	, -	,, ma	-	4
MFH.	43	44	39	38	42	42	68	-	42
GMH.	-	54	-	-	30	30	30	30	37
HH.	-	-	-	-	73	32	31	-	32
gesamt.	· 60	56	44	59	44	36	39	35	47

Dargestellt sind die (Nutz-)Energiekennwerte in kWh pro m² Wohnfläche und Jahr bei Standardnutzung und einer neuen Öl- bzw. Gas-Zentralheizung, die nach Ausführung aller in Kapitel 5 beschriebenen (SPAR)-Maßnahmen erreichbar wären.

```
freistehende Ein/Zwei-Familienhäuser,
                                                             Reihenhäuser.
      Mehrfamilienhäuser bis 4 1/2 Geschosse,
                                                             Mehrfamilienhäuser 5-8 Geschosse,
      Hochhäuser über 8 Geschosse,
HH:
     Fachwerk vor 1918. B:
                                Massivbau vor 1918
Alte Bundesländer
       1918 - 1948
1969 - 1978
                                   1949 - 1957
1979 - 1983
                                                              1958 - 1968
                            G:
                                                              ab 1984
Neue Bundesländer:
        1918 - 1945
                                   1981 - 1985
1965 - 1980
        1971 - 1980
                                                              1986 - 1990
MFH-D: 1946 - 1965
                            HH-F: 1965
                                                       HH-G: 1971 - 1985
```

Ob die Durchführung aller dieser Maßnahmen sinnvoll ist, hängt jedoch davon ab, ob diese Maßnahmen wirtschaftlich vertretbar sind und mit anderen Anliegen (Denkmalschutz, Fassadenerhaltung) verträglich sind.

Zu einer differenzierteren Betrachtungsweise gelangten wir durch folgendes Vorgehen:

- Es werden nur Maßnahmen durchgeführt, die das architektonische Erscheinungsbild nicht beeinträchtigen und somit auch den Anforderungen des Denkmalschutzes gerecht werden können. Bei allen Gebäuden mit Sichtfassaden (die in fast allen Gebäudeklassen vorkommen) wird statt einer Außendämmung der Fassade eine Innendämmung durchgeführt. In den ältesten Baualtersklassen (vor 1918) wird bei 20 % der Gebäude gar keine Außenwanddämmung durchgeführt (weder außen noch innen).
- Es werden für jeden Gebäudetyp jeweils nur die Maßnahmen berücksichtigt, die wirtschaftlich sind.

Eine Maßnahme ist wirtschaftlich, wenn der "Preis für die eingesparte Kilowattstunde Energie", der in Kap 5 gebäudetypenspezifisch ermittelt wurde, geringer ist als der zukünftige (über die Nutzungsdauer der Maßnahme) gemittelte Endenergiepreis. Letzterer hängt vom Tagesenergiepreis zum Ausführungszeitpunkt sowie von der erwarteten Energiepreisentwicklung ab. Daher wurde das wirtschaftliche Einsparpotential jeweils für unterschiedliche zukünftige Energiepreise für alle Gebäudetypen ermittelt.

In Tabelle 8.9 sind die wirtschaftlich erreichbaren Energiekennwerte für verschiedene Gebäudetypen bei einem zukünftigen Energiepreis von 6 Pf/kWh dargestellt. Dieser Preis entspricht dem mittleren zukünftigen Energiepreis für Brennstoffe (Erdöl/Erdgas) nach den von der Enquete-Kommission vorgegebenen Preisszenarien ohne Energiesteuer.

Bei den älteren Baualtersklassen A und B lassen sich im Durchschnitt nicht so gute Werte erzielen, weil in vielen Fällen Einschränkungen aufgrund des Denkmalschutzes zu berücksichtigen sind. Bei Gebäuden ohne erhaltenswerte Fassaden sind jedoch auch hier geringere Energiekennwerte erzielbar.

Zum Vergleich sind in Tabelle 8.10 die wirtschaftlich erreichbaren Heizwärmekennwerte bei einem (zukünftigen) Energiepreis von 8 Pf./kWh dargestellt.

Tabelle 8.9: Wirtschaftlich erreichbare Heizwärmekennwerte (in kWh/(m²a) bei einem mittleren zukünftigen Energiepreis von 6 Pf./kWh

Alte Bun- desländer	A	В	С	D	Е	F	G	Н	gesamt
EFH.	112	125	141	108	91	122	118	111	115
RH.		122	79	117	93	99	121	94	101
MFH.	114	107	107	102	72	. 68	98	76	89
GMH.	-	111	94	92	72	62		-	76
нн.	-	-		-	71	62	-	-	66
gesamt.	113	117	116	106	83	94	113	98	101

Neue Bun- desländer	A	В	С	D	Е.	F	G	Н	gesamt
EFH.	117	117	80	124	124	95	95	147	107
RH.	-	_	-					-	-
MFH.	87	101	93	94	86	86	86	-	93
GMH.	-	120	-	-	73	73	69	80	87
нн.	-	-	-		58	58	60		58
gesamt.	110	113	86	109	87	86	84	98	95

Dargestellt sind für alle Gebäudetypen die (wirtschaftlich) erreichbaren Energiekennwerte nach Durchführung der für den jeweiligen Gebäudetyp empfohlenen Maßnahmen, die bei einem mittleren zukünftigen Energiepreis von 6 Pf/kWh wirtschaftlich sind.

Interessant sind die vergleichsweise schlechteren erreichbaren Energiekennwerte bei den jüngeren Baualtersklassen: Diese Gebäude sind besser gedämmt als die älteren. Weitere Verbesserungen bringen daher geringere Einsparungen bei gleichen Kosten. Dieselben Maßnahmen sind bei den jüngeren Gebäuden wesentlich unwirtschaftlicher als bei den älteren. Bei einem (zukünftigen) mittleren Energiepreis von 8 Pf./kWh sind an nach der Wärmeschutzverordnung errichteten Gebäuden kaum Einsparungen zu erzielen. Dieselbe Beobachtung macht man beim Vergleich der alten und neuen Bundesländer: Aufgrund des vorhandenen schlechten Standards sind Energiesparmaßnahmen wirtschaftlicher und die wirtschaftlich erreichbaren Energiekennwerte geringer. Dieser Effekt zeigt, daß Dämmaßnahmen von Anfang an optimal ausgeführt werden müssen. Bereits suboptimal ausgeführte Dämmaßnahmen sind ein Hemmnis für das Erreichen besserer Standards.

Tabelle 8.10:
Wirtschaftlich erreichbare Energiekennwerte (Nutzenergie in kWh/m²a) bei 8 Pf./kWh

Alte Bun- desländer	<b>A</b> "	В	C ·	D	Е	F	G	Н	gesamt
EFH.	112	113	97	93	91	118	118	111	106
RH.		120	71	117	93	98	121	94	99
MFH.	97	95	99	72	.72	56	. 78	70	77.
GMH.		91	78	73	70	61	- 17	_	70
нн.		-	-		- 54	51		- mar	53
gesamt.	107	. 106	92	. 87	82	. 89	107	96	92

Neue Bun- desländer	A	В	C	D	Е	F	G	Н	gesamt
EFH.	109	109	80	103	103	79	79	113	.97
RH.	-	-			-	-	-	-	
MFH.	87	76	.75	64	62	62	62	-	71
GMH.	-	87	-	-	51	51	54	62	64
нн.	-	-	_		55	55	51	-	54
gesamt.	103	93	77	84	64	71	69	76	78

Dargestellt sind für alle Gebäudetypen die heutigen durchschnittlichen Energiekennzahlen sowie die (wirtschaftlich) erreichbaren Energiekennwerte nach Durchführung der für den jeweiligen Gebäudetyp empfohlenen Maßnahmen, die bei einem mittleren zukünftigen Energiepreis von 8 Pf/kWh wirtschaftlich sind.

Noch weitergehende "Zielwerte" für gebäudetypenspezifische Energiekennzahlen wurden für einen mittleren zukünftigen Energiepreis von 13 Pf./kWh ermittelt. Dieser Preis ist für Heizstrom, gelegentlich auch für Fernwärme, schon heute erreicht. Für Brennstoffe entspricht dieser Preis dem für Investitionen zwischen 1990 und 1995 anzusetzenden mittleren zukünftigen Energiepreis für das Sparszenario der Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre". Oberhalb dieses Preises können auch Maßnahmen zur Energiebereitstellung wirtschaftlich werden und stehen in Konkurrenz zu den hier betrachteten Maßnahmen der rationellen Energienutzung.

Diese Zielwerte sind zusammenfassend in Tabelle 8.11 wiedergegeben. In der letzten Zeile und der letzten Spalte stehen jeweils die nach Wohnflächenanteilen gewichteten Mittel.

Tabelle 8.11
Zielwerte für Energiekennwerte (Nutzenergie) in kWh/(m²a)

Alte BL	A	В	С	D	E	F	G	Н	gesamt
EFH.	96	98	77	82	72	108	64	100	87
RH.		94	59	71	72	72	100	74	75
MFH.	88	86	78	.72	56	50	63	68	67
GMH.	-	85	66	69	54	47	_	<del>-</del>	57
нн.	-/	-		-	52	30	-	-	40
gesamt.	93	92	74	76	65	76	71	. 86	76

Neue BL	A	В	C	D	E	F	G	Н	gesamt
EFH.	109	109	69	103	103	67	67	67	91
RH.	-	-		-	dead	-	-	, 110	-
MFH.	87	76	75	38	62	62	62	-	. 68
GMH.	•	87	-	_	50	50	54	57	63
нн.			-	en:	52	52	51	40	51
gesamt.	103	93	72	71	64	55	57	60	75

Dargestellt sind die Zielwerte für Energiekennwerte in kWh Nutzenergie pro m² Wohnfläche und Jahr nach in Durchführung der für den jeweiligen Gebäudetyp empfohlenen Maßnahmen (Kap. 5) bis zu 13 Pf./kWh. Unterstellt sind Standardnutzung und zentrale Beheizung. In der letzten Zeile und der letzten Spalte sind die nach Wohnflächenanteilen gewichteten Mittel wiedergegeben.

EFH: freistehende Ein/Zwei-Familienhäuser, MFH: Mehrfamilienhäuser bis 4 1/2 Geschosse, HChhäuser über 8 Geschosse, HChhäuser 1918 8 HChhäuser 5-8 Geschosse, HChhäuser über 8 Geschosse, HChhäuser 1918 8 HChhäuser 5-8 Geschosse, HChhäuser über 8 Geschosse, HChhäuser 1918 8 HChh

#### 8.3 Einsparpotentiale

Aus den heutigen durchschnittlichen Energiekennwerten und den Zielwerten ergeben sich die Einsparpotentiale für die Gebäudetypen.

Unter Berücksichtigung aller wirtschaftlichen Einsparpotentiale bis zum (zukünftigen) Energiepreis von 13 Pf/kWh ergeben sich im Vergleich zum Ausgangsszustand 1990 gebäudetypenweise folgende Einsparpotentiale:

Tabelle 8.12: Einsparpotentiale der Gebäudetypen

Alte BL	A	В	C	D	Е	F	G	Н	gesamt
EFH.	60%	47%	62%	68%	50%	24%	46%	16%	49%
RH.	-	54%	64%	56%	58%	56%	17%	21%	. 53%
MFH.	54%	47%	57%	61%	67%	74%	36%	11%	58%
GMH.	-	47%	60%	54%	64%	61%	1	-	67%
нн.	- 1	-	-		50%	75%		-	65%
gesamt.	58%	48%	61%	63%	59%	45%	38%	16%	53%

Neue BL	A	В	C	D	E	F	G	Н	gesamt .
EFH.	65%	65%	76%	69%	69%	63%	63%	56%	68%
RH.	•	-	-	-		-	-	-	
MFH.	61%	60%	53%	78%	65%	64%	64%	-	61%
GMH.	-	55%	- 1	-	54%	55%	49%	34%	51%
нн.	-	-	-	-	53%	54%	68%		57%
gesamt.	65%	62%	68%	72%	64%	58%	58%	43%	63%

Dargestellt sind die Einsparungen nach Durchführung der für den jeweiligen Gebäudetyp empfohlenen Maßnahmen (Kap. 5) bis zu 13 Pf./kWh. in Bezug auf den Heizwärmebedarf 1990. Unterstellt sind Standardnutzung und zentrale Beheizung. In der letzten Zeile und der letzten Spalte sind die nach Wohnflächenanteilen gewichteten Mittel wiedergegeben.

EFH: freistehende Ein/Zwei-Familienhäuser. RH: Reihenhäuser,
MFH: Mehrfamilienhäuser bis 4 1/2 Geschosse, GMH: Mehrfamilienhäuser 5-8 Geschosse,

Hochhäuser über 8 Geschosse Fachwerk vor 1918. B: Mass HH:

Massivbau vor 1918

Alte Bundesländer: C: 1918 - 1948 F: 1969 - 1978 1949 - 1957 1958 - 1968 1979 :- 1983 ab 1984 .G: Neue Bundesländer: C: 1918 - 1945 F: 1971 - 1980 1946 - 1960 1961 - 1970 1981 - 1985 1986 - 1990 HH-F: 1965 - 1980 MFH-D: 1946 - 1965 HH-G: 1971 - 1985

Die Anteile der einzelnen Gebäudetypen am gesamten Einsparpotential geht aus Tabelle 8.13 hervor. Diese ergeben sich aus den spezifischen Einsparpotentialen bei den Gebäudetypen und deren Anteilen am Gebäudebestand.

Tabelle 8.13: Anteile der Gebäudetypen am gesamten Einsparpotential durch bauliche Maßnahmen im Gebäudebestand der Bundesrepublik Deutschland

Alte Bundesländer:

Will bacilla	ftliche Maß	Tidi Mich Dio	0 1 1 17 10 117					, *, *,	2, 3, 43 "
	Α	В	C	D .	E	F	G	Н	gesamt
EFH	6%	6%	. 8%	-12%	7%	3%	0%	0%	42%
RH :	0%	2%	- 3%	1%	3%	4%	0%	. 0%	13%
MFH	2%	5%	4%	9%	11%	6%	1%	0%	38%
GMH	0%	1%	1%	1%	2%	2%	0%	0%	7%
НН	0%	. 0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	1%
gesamt	8%	14%	16%	22%	24%	15%	1%	1%	100%
wirtschar	tliche Maß	nahmen bis	13 Pf/kWh						156 TWh/a
	A	В	С	D	E	F	G :	Н	gesamt
EFH	5%	6%	8%	10%	8%	3%	3%	1%	43%
RH	0%	2%	3%	2%	3%	4%	. 0%	0%	15%
MFH	2%	5%	4%	7%	. 10%	5%	1%	0%	35%
GMH	0%	. 1%	1%	1%	2%	2%	0%	. 0%	6%
HH	0%	0%	. 0%	0%	0%	1%	0%	0%	1%
gesamt	7%	13%	15%	19%	24%	16%	4%	1%	100%
					arrys P				195 TWh/a

Neue Bundesländer:

	A	В	С	D.	Е	F	G	Н	gesamt
EFH	8%	20%	16%	7%	2%	2%	1%	1%	57%
RH	0%	0%	- 0%	0%	0%	0%	0%	0%	. 0%
MFH ·	2%	8%	7%	3%	5%	2%	1%	0%	28%
GMH	0%	6%	0%	. 0%	1%	3%	2%	1%	13%
'HH	0%	0%	0%	0%	. 0%	2%	1%	0%	. 3%
gesamt	10%	34%	23%	10%	8%	9%	5%	1%	100%
wirtschaftliche Maßnahmen bis 13 Pf./kWh								52,6 TWh/a	
WITESCHAI	tliche Maß	nahmen bis	13 Pf./kWh	1			•	. 1	52.6 TWh/a
13	A A	nahmen bis B	13 Pf./kWh	D D	E	F·	G	•	52,6 TWh/a gesamt
					E 2%	F · 2%	G 2%	1%	
13	Α	В	С	D					gesamt 57%
13 EFH	A 8%	B 19%	C 16%	D 7%	2%	2%	2%	1%	gesamt
13 EFH RH	A 8% 0%	B 19% 0%	C 16% 0%	D 7% 0%	2% 0%	2% 0%	2%	1%	gesamt 57%
EFH RH	A 8% 0% 2%	B 19% 0% 7%	C 16% 0% 6%	D 7% 0% 4%	2% 0% 5%	2% 0% 2%	2% 0% 1%	1% 0% 0%	gesamt 57% 0% 28%

Die Tabelle gibt wieder, wie sich das gesamte wirtschaftliche Einsparpotential an Heizwärme – getrennt nach alten und neuen Bundesländern – auf die Gebäudetypen verteilt. Bezug: Standardnutzung und zentrale Beheizung.

#### Gesamte Einsparpotentiale

Mittels der Gebäudestatistik können die gebäudetypenweise ermittelten Einsparpotentiale hochgerechnet werden auf den gesamten Gebäudebestand.

Das technische Einsparpotential beträgt dabei über 70 %, das wirtschaftliche Einsparpotential hängt von der Energiepreisentwicklung ab.

Die nachgewiesenen technischen und wirtschaftlichen Einsparpotentiale sind nur über einen langen Zeitraum realisierbar. Denn Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit ist in den meisten Fällen, daß die Energiesparmaßnahmen gekoppelt werden mit anderen Maßnahmen bzw. Sanierungen der Bauteile. Daher kann erst mit entsprechenden Modellrechnungen eine Hochrechnung für einen bestimmten Zeithorizont durchgeführt werden. Hierzu wird vom IWU eine eigene Studie erstellt werden.

Für eine zügige Umsetzung der Einsparpotentiale ist es daher von entscheidender Bedeutung, daß zum Zeitpunkt einer Sanierung stets auch die zugehörigen Energiesparmaßnahmen durchgeführt werden, und zwar in ausreichendem Umfang. Andernfalls kann auf lange Sicht der Zielwert für den Energiekennwert nicht mehr wirtschaftlich vertretbar erreicht werden. Auch suboptimal durchgeführte Energiesparmaßnahmen (z. B. mit geringer Dämmstoffstärke) verzögern das Erreichen des Zielzustands – bis zum Ende der Nutzungsdauer des jeweiligen Systems.

Für die Realisierung der Einsparungen spielt die Wirtschaftlichkeit eine wichtige Rolle. In Kapitel 5 wurde für alle Maßnahmen auch deren Wirtschaftlichkeit berechnet, jeweils bezogen auf das konkrete Gebäude. Der berechnete Wert ist der Preis, den eine kWh während der Nutzungsdauer eingesparter Energie kostet. Die "Kosten für die Einsparenergie" sind ein gutes Maß für die Rentabilität einer Maßnahme. Eine Maßnahme ist wirtschaftlich, wenn die eingesparte Kilowattstunde nicht mehr kostet als der über die Nutzungsdauer gemittelte Preis für eine gelieferte Kilowattstunde. Je geringer die Kosten für die Einsparenergie, desto niedriger der (zukünftige) Energiepreis, bei dem sich die Maßnahme noch lohnt.

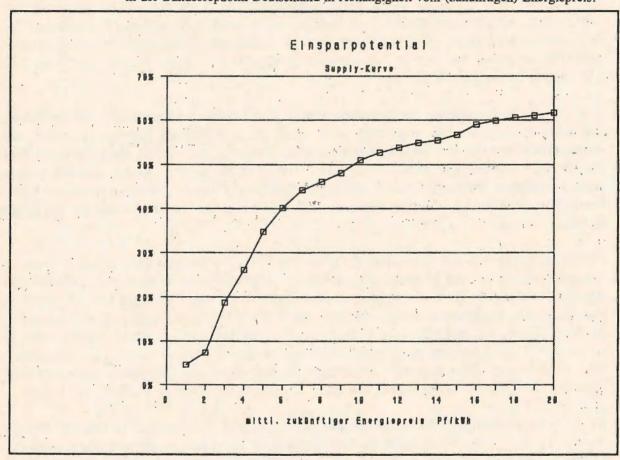
Es ist daher sinnvoll, die Einsparpotentiale nach ihrer Wirtschaftlichkeit zu klassifizieren. In Abbildung 8.1 ist das wirtschaftliche Einsparpotential in Abhängigkeit von den Kosten (pro eingesparter kWh) aufgetragen. Die zugehörigen Investitionskosten sind in Abb. 8.3 wiedergegeben.

Über dem auf der x-Achse angegebenen (End-)Energiepreis ist in Abb. 8.1 das Einsparpotential aufgetragen, das sich durch die Summe aller Maßnahmen realisieren läßt, die bei diesem Energiepreis wirtschaftlich sind.

Beim für 1990 anzusetzenden Tages-Energiepreis für Heizöl beträgt das wirtschaftliche Einsparpotential durch bauliche Maßnahmen ca. 34 %. Unter Berücksichtigung der zu erwartenden Preissteigerungen gemäß dem Preisszenario der Enquete-Kommission liegt der zukünftige mittlere Brennstoffpreis bereits bei 6,2 Pf/kWh, und das entsprechende Einsparpotential liegt bei 40%. Bei einem höheren Energiepreis von ca. 10 Pf/kWh wäre die Hälfte des heutigen Verbrauchs wirtschaftlich einzusparen.

Oberhalb eines Preises von ca. 10 Pf/kWh flacht die Einsparkurve in Abb. 8.1 merklich ab. Dies hat seinen Grund darin, daß Maßnahmen, die praktisch in allen Fällen eine schlechtere Wirtschaftlichkeit aufweisen, von vornherein nicht berücksichtigt wurden. Zu einem weiteren - wenn auch geringen - Ansteigen der Einsparkurve führen vor allem solche Maßnahmen, die beim größten Teil der älteren - schlecht gedämmten - Bausubstanz sehr wirtschaftlich sind, bei Neubauten mit deutlich besserem Wärmeschutzstandard dagegen zu geringeren Einsparungen und damit schlechterer Wirtschaftlichkeit führen.

Abbildung 8.1: Wirtschaftliches Einsparpotential im Gebäudebestand in der Bundesrepublik Deutschland in Abhängigkeit vom (zukünftigen) Energiepreis.



x-Achse: Mittlerer zukünftiger Energiepreis in Pf/kWh Endenergie

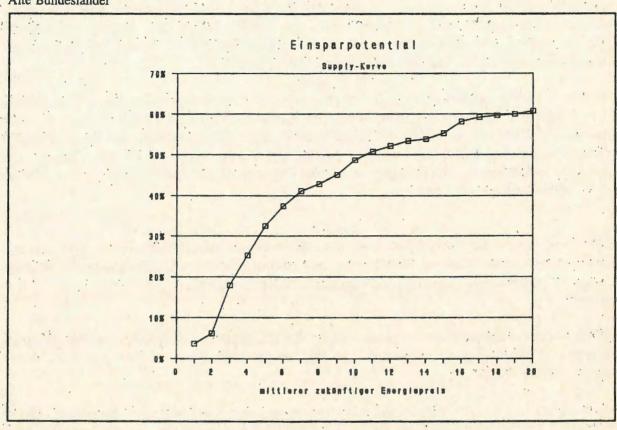
y-Achse: Einsparpotential in % des Nutzenergieverbrauchs für Raumwärme 1990

Über dem angegebenen Energiepreis ist jeweils das Einsparpotential aufgetragen, das sich durch Maßnahmen realisieren läßt, die bei diesem Energiepreis wirtschaftlich sind.

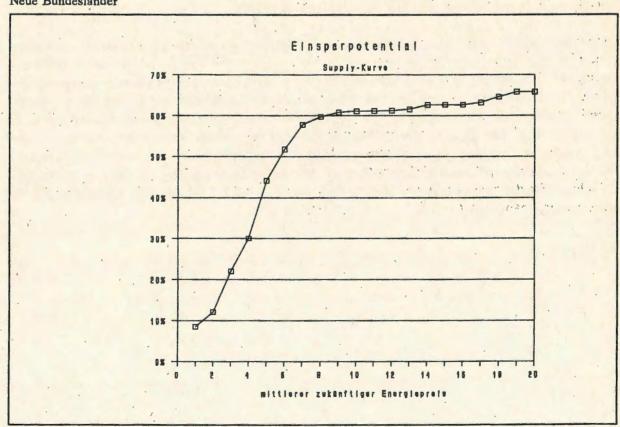
Dargestellt ist das Einsparpotential Heizwärme im Gebäudebestand in Abhängigkeit vom mittleren zukünftigen Energiepreis. Je stärker der Energiepreis steigt, desto höher ist das Einsparpotential. Das Einsparpotential ist bezogen auf den gesamten Nutzwärmebedarf 1990.

Die Einsparkurve 8.1 spiegelt statisch die Bedingungen von 1990 wieder. Durch den technischen Fortschritt werden in Zukunft weitere Systeme entwickelt werden und zur Marktreife gelangen (vgl. Kap. 12). Es ist also zu erwarten, daß sich die Einsparkurve im Laufe der Zeit zu höheren Einsparungen hin verschiebt.

Abbildung 8.2: Wirtschaftliches Einsparpotential im Gebäudebestand Alte Bundesländer



Neue Bundesländer



In Abbildung 8.2 sind die supply-Kurven für die alten und die neuen Bundesländer wiedergegeben: Für die Neuen Bundesländer verläuft die Kurve wesentlich steiler, und das auf die Ausgangssituation bezogene Einsparpotential ist deutlich höher. Dies liegt daran, daß der Dämmstandard schlechter ist als in den alten Bundesländern. Dies erhöht nicht nur das gesamte Einsparpotential, sondern auch dessen Wirtschaftlichkeit.

In den alten Bundesländern beträgt das Einsparptential bei einem zukünstigen Energiepreis von 6 Pf./kWh (End)Energie 36%, bei einem Energiepreis von 11 Pf./kWh steigt das Einsparpotential bis auf die Hälste des derzeitigen Bedarfs. Dagegen ist in den neuen Bundesländern schon bei 6 Pf./kWh (mittlerer zukünstiger Brennstoffpreis nach dem Szenario der Enquete-Kommission ohne Energiesteuern) das Einsparpotential über 50% und steigt dann ab 9 Pf./kWh auf über 60% an.

Zur Realisierung der Einsparpotentiale müssen Investitionen getätigt werden. Das gesamte Investitionsvolumen, das zur Erschließung des gesamten wirtschaftlichen Potentials benötigt wird, ist - ebenfalls in Abhängigkeit vom zukünftigen Energiepreis - in Abbildung 8.3 aufgetragen.

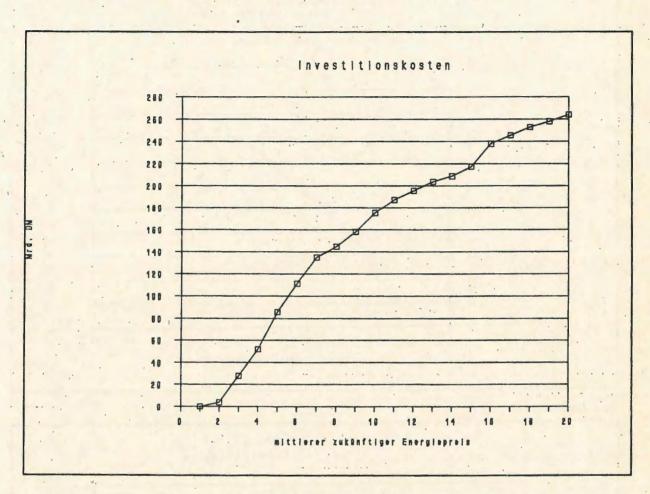
Bei einem (zukünftigen) Energiepreis von 8 Pf./kWh müßten 140 Milliarden DM für Energiesparmaßnahmen investiert werden, 115 Mrd. in den alten Bundesländern, 35 Mrd. in den neuen Bundesländern.

Hierbei handelt es sich nur um die Mehrkosten gegenüber der normalen Sanierung. Durch die damit verbundene Kopplung an die Erneuerungszyklen verteilen sich die zunächst hoch erscheinden Investitionskosten auf einen langen Zeitraum.

Die Gesamtkosten der jeweiligen Sanierungen liegen ohnehin wesentlich höher. Die Kosten, die nicht den Energiesparmaßnahme zuzurechnen sind, fallen dabei - wegen des Kopplungsprinzips - ohnehin an, und sie liegen viel höher, als die Zusatzkosten für die Energieeinsparung. Diese Mehrkosten sind im Vergleich zu den Gesamtkosten in Abbildung 8.5 dargestellt. Berücksichtigt sind auch bei den Gesamtkosten ausschließlich solche Sanierungen, die mit einer baulichen Energiesparmaßnahme sinnvoll verbunden werden können. Der Anteil der durch die Energiesparmaßnahmen bedingten Mehrkosten liegt - je nach Energiepreisniveau - zwischen 16% und 23% in den alten Bundesländern, bei 26% in den neuen Bundesländern. Zu den obengenannten Mehrkosten von 140 Mrd. DM gehören Gesamtkosten für die Gesamtmaßnahmen in Höhe von ca. 740 Mrd. DM.

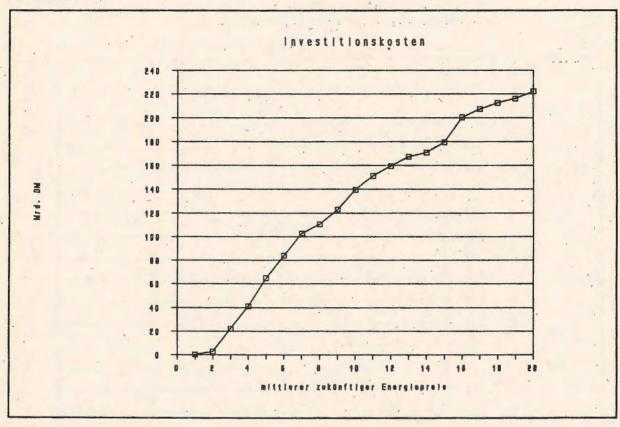
414

Abbildung 8.3: Investitionskosten im Gebäudebestand zur Erschließung des Einsparpotentials in der Bundesrepublik Deutschland in Abhängigkeit vom (zukünftigen) Energiepreis.



Dargestellt sind die Investionskosten, die zur Erschließung des oben dargestellten Heizwärme-Einsparpotentials im Gebäudebestand notwendig sind, in Abhängigkeit vom mittleren zukünftigen Energiepreis. Dabei sind nur die Mehrkosten für die Energieeinsparung berücksichtigt, die gegenüber der normalen Instandsetzung aufgebracht werden müssen. Diese Betrachtung setzt voraus, daß Energiesparinvestitionen erst dann ergriffen werden, wenn ohnehin Maßnahmen am jeweiligen Gebäudeteil ausgeführt werden. Die oben dargestellten Kosten verteilen sich damit notwendig über einen längeren Zeitraum.

Abbildung 8.4: Investitionskosten im Gebäudebestand Alte Bundesländer



Neue Bundesländer

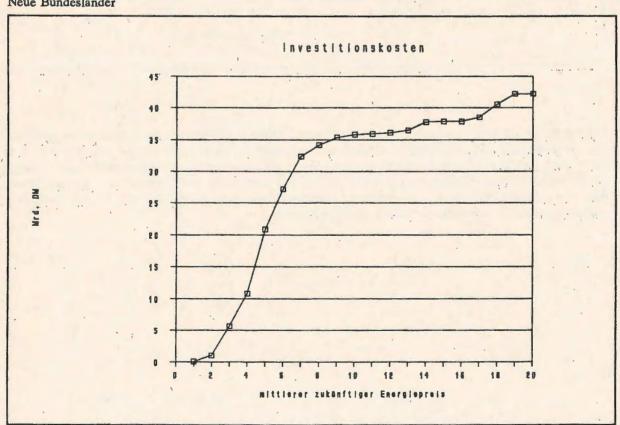
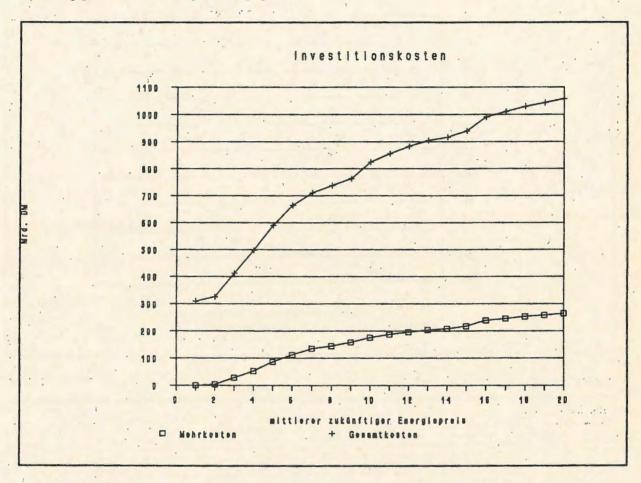


Abbildung 8.5:
Gesamtkosten und Mehrkosten für Investitionen im Gebäudebestand zur Erschließung des Einsparpotentials in der Bundesrepublik Deutschland in Abhängigkeit vom (zukünftigen) Energiepreis.

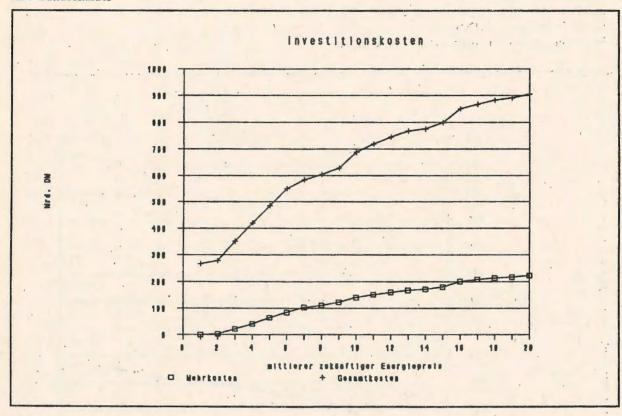


Dargestellt sind die gesamten Investionskosten aller Maßnahmen, die mit Energiesparmaßnahmen verbunden werden können, sowie die Mehrkosten, die aufgebracht werden müssen, um die zur Erschließung des oben dargestellten Heizwärme-Einsparpotentials im Gebäudebestand notwendig sind. Die Differenz sind die "Ohnehin-Kosten", für Sanierungen, die im Rahmen der üblichen Erneuerungszyklen ohnehin durchgeführt werden, jedoch ohne die Mehrinvestitionen nicht notwendig eine Energieeinsparung zu Folge haben.

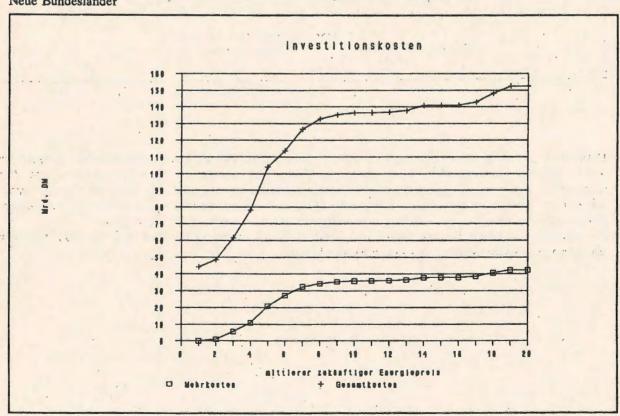
Berücksichtigt sind auch bei den Gesamtkesten ausschließlich solche Sanierungen, die mit einer haulichen

Berücksichtigt sind auch bei den Gesamtkosten ausschließlich solche Sanierungen, die mit einer baulichen Energiesparmaßnahme sinnvoll verbunden werden können.

Abbildung 8.6: Gesamtkosten und Mehrkosten für Investitionen im Gebäudebestand Alte Bundesländer



#### Neue Bundesländer



Aus Abbildung 8.7 geht hervor, wie sich das Einsparpotential auf verschiedene Maßnahmengruppen verteilt:

Über dem auf der x-Achse angegebenen Energiepreis (Pf/kWh Endenergie) ist das gesamte Einsparpotential (Nutzenergie) aufgetragen, das sich durch Maßnahmen an

- o Außenwänden (Außen-, Innen- oder Kerndämmung)
- o Dächern (Dämmung des Daches oder der obersten Geschoßdecke)
- o Fenstern (Verglasungen)
- o Bauteilen, die Erdreich oder Keller berühren
- o Luftwechsel (Abdichtung und Wärmerückgewinnung) realisieren läßt.
- Das höchste Einsparpotential kann durch Maßnahmen an den Außenwänden realisiert werden. Diese Maßnahmen werden zum großen Teil im Bereich von 3 - 6 Pf/kWh wirtschaftlich.

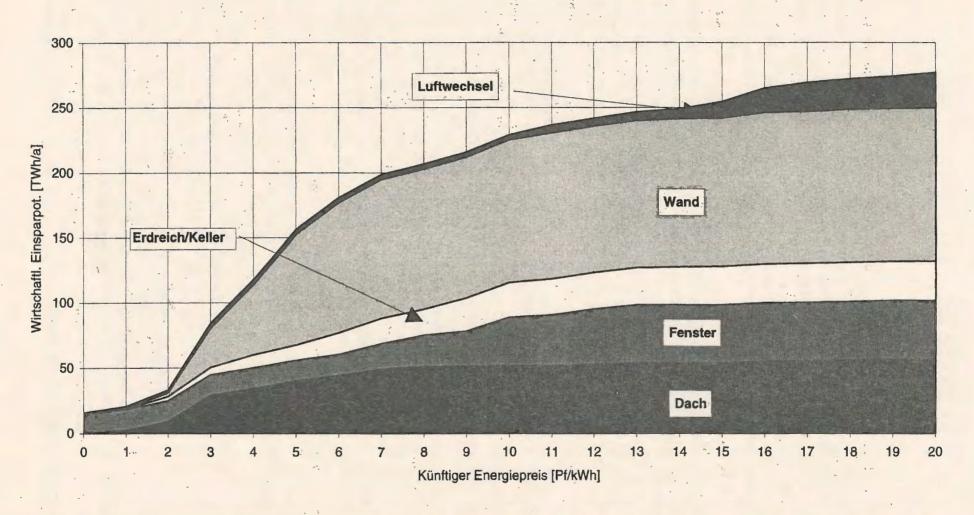
100 TWh Nutzenergie pro Jahr (davon 22 TWh/a in den Neuen Bundesländern) ließen sich demnach bei einem bereits heute zu erwartenden mittleren zukünftigen Energiepreis von 6 Pf/kWh allein durch wirtschaftliche Maßnahmen an der Außenwand einsparen. Dabei wurden die möglichen Restriktionen (Denkmalschutz, Fassadenerhaltung) bereits beachtet, sonst wären die Einsparpotentiale noch wesentlich höher.

Eine auf zügige Umsetzung der Einsparpotentiale bedachte Strategie muß daher vor allem im Bereich der Außenwände Hemmnisse abbauen, auf die i. d. R. gute Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahmen hinweisen und die Entwicklung einer Vielfalt von Lösungsmöglichkeiten fördern, die den individuellen Wünschen der Eigentümer entgegenkommt.

- Das zweithöchste Einsparpotential ist durch Dämmung der Dächer bzw. obersten Geschoßdecken zu realisieren. Diese Maßnahmen werden größtenteils zwischen 2 und 7 Pf/kWh wirtschaftlich.
- Durch den Ersatz der restlichen Einfachverglasung durch Isolierverglasung ließen sich ca. 16 TWh pro Jahr einsparen. Ein doppelt so hohes Einsparpotential (30 TWh/a) kann jedoch durch den Übergang von Isolierverglasung zu Wärmeschutzverglasung erschlossen werden. Diese Maßnahme wird bei einem zukünftigen Energiepreis zwischen 6 und 12 Pf/kWh wirtschaftlich. Um sie betriebswirtschaftlich rentabel zu machen, müßte der Energiepreis deutlich erhöht werden, oder diese Maßnahme wäre entsprechend zu fördern.
- Durch Dämmungen des beheizten Wohnraumes gegen den Keller oder das Erdreich können Einsparungen von etwa 25 TWh pro Jahr erzielt werden.
- Überhöhter Luftwechsel kann z. T. durch Abdichtmaßnahmen an Fenstern und Leichtbauteilen reduziert werden. Der Einbau einer Wärmerückgewinnungsanlage wird in der Regel erst bei einem Energiepreis oberhalb von ca. 12 Pf/kWh wirtschaftlich.

Abbildung 8.7: Wirtschaftliches Einsparpotential nach Bauteilen in der Bundesrepublik Deutschland

# Supply-Kurve (alte + neue Bundesländer)



Dargestellt ist das Einsparpotential Heizwärme im Gebäudebestand in Abhängigkeit vom mittleren zukünftigen Energiepreis. Je stärker der Energiepreis steigt, desto höher ist das Einsparpotential.

Das Einsparpotential in TWh /a ist bezogen auf vollständige zentrale Beheizung, da für die Zukunft ohnehin von dieser Situation auszugehen ist.

Abbildung 8.8: Wirtschaftliches Einsparpotential nach Bauteilen Alte Bundesländer

# Supply-Kurve (alte Bundesländer)

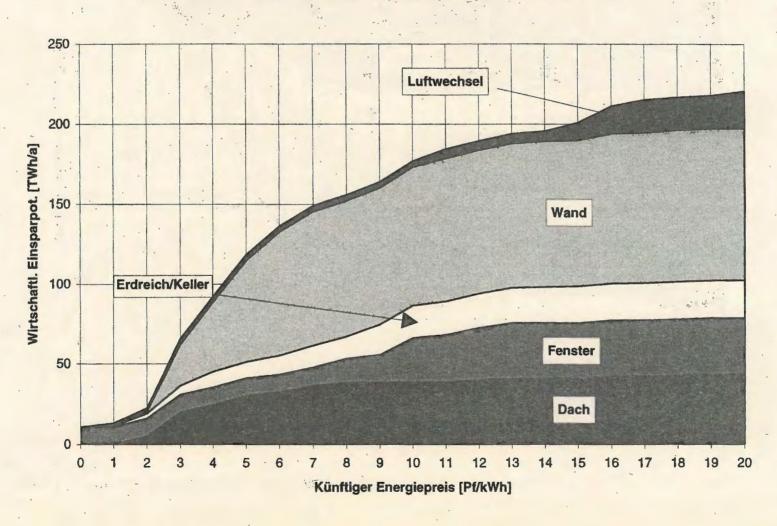
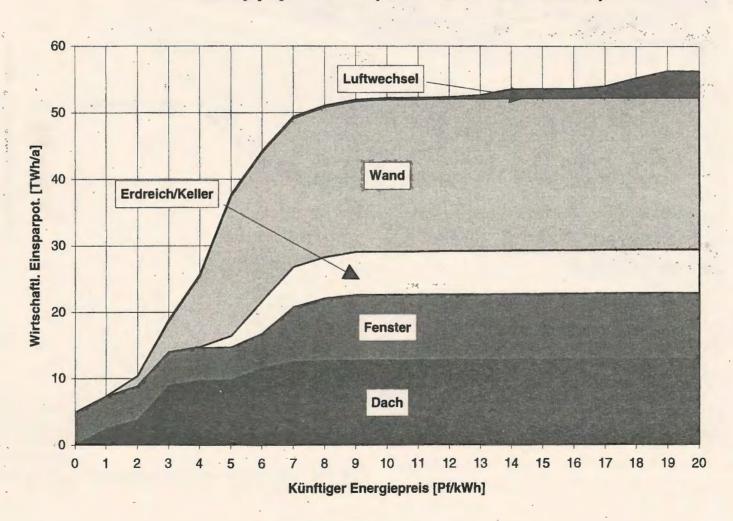


Abbildung 8.9: Wirtschaftliches Einsparpotential nach Bauteilen Neue Bundesländer

# Supply-Kurve (neue Bundesländer)



Neben den technischen Einsparpotentialen wurden in Kap. 5 auch die Einsparpotentiale durch Absenkung der Raumtemperatur berechnet. Diese liegen je nach Objekt zwischen 8 % und 10 % bei Absenkung um 1 Grad, jeweils bezogen auf den heutigen Endenergieverbrauch. Auch bei noch stärkerer Temperaturabsenkung um 2 - 3 Grad läge die "Einsparung durch Verzicht" erheblich unter dem Potential durch technische Maßnahmen. Im Gegensatz zu diesem ließe es sich im Notfall schnell aktivieren. Daß ein solcher Einspareffekt über einen längeren Zeitraum anhält, ist jedoch unter den gegebenen gesellschaftlichen und ökonomischen Randbedingungen in der Bundesrepublik sehr unwahrscheinlich. Umso wichtiger ist es, daß die technischen Einsparpotentiale möglichst zügig erschlossen werden. Nachhaltige Energieeinsparungen können nur durch technische Maßnahmen garantiert werden. Teilbeheizungen und Temperaturabsenkungen sind zudem nicht ohne Risiken für die Bausubstanz (Tauwassergefahr) und Wohnhygiene (kalte Oberflächen).

Nach weitgehender wärmetechnischer Sanierung eines Gebäudes (Erreichen eines Zielwertes von um 70 kWh/(m²a) Nutzenergie) steigt der Einfluß des Nutzers pro Grad Temperaturabsenkung auf ca. 11 % des noch verbleibenden Heizwärmeverbrauchs an. In einem gut gedämmten Gebäude können Nutzer daher sogar besser auf kurzfristige Verteuerungen oder Verknappungen von Energie reagieren.

## 9 Primärenergie- und Schadstoffbilanz von Baustoffen und Gebäuden

Ein Gebäude ist während seiner Lebensdauer über verschiedene Stoff- und Energieströme mit der Umwelt verknüpft. Der wesentliche Input bei der Herstellung eines Gebäudes erfolgt über den Einsatz von Rohstoffen und Energie. Die Intensität des Einsatzes wird meist über ökonomische Kriterien beeinflußt. Ansätze, die Stoff- und Energieströme über die Nutzungsphase eines Gebäudes zu verringern, wurden bisher im wesentlichen durch Vorschriften im Bereich des Wärmeschutzes und der rationellen Energieanwendung verwirklicht. Umweltbewußtes Bauen muß eine Verringerung aller Stoff- und Energieströme über die gesamte Lebensdauer des Gebäudes anstreben. Dieser Ansatz läßt sich bei der Gebäudeplanung vorwiegend im Bereich Rohstoff und Energie verwirklichen.

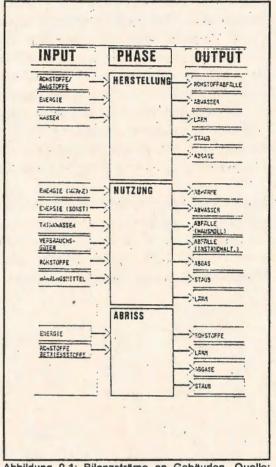


Abbildung 9.1: Bilanzströme an Gebäuden, Quelle: Weller, Rehberg; Industriealisierte Bauteil- und Bausysteme, in F&I Bau 30

## 9.1 Primärenergieeinsatz über die Lebensdauer eines Gebäudes

Der gesamte Primärenergieeinsatz über die Lebensphasen eines Gebäudes kann näherungsweise den drei Phasen Herstellung, Nutzung und Abriß zugeordnet werden. Für unterschiedliche Bauweisen und Gebäudetypen ist der Gesamt-Primärenergieaufwand über eine Lebensdauer von 80 Jahren in Abbildung 9.2 dargestellt.

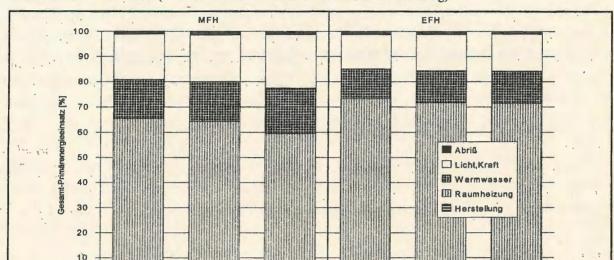


Abbildung 9.2: Gesamt-Primärenergieaufwand bei unterschiedlichen Bauweisen und Gebäudetypen über eine Lebensdauer von 80 Jahren (Wärmeschutzstandard vor 1. Wärmeschutzverordnung).

Quelle: Weller, Rehberg; Industriealisierte Bauteil- und Bausysteme aus der Sicht der Energie- und Rohstoffeinsparung, in F&I Bau 30

## 9.1.1 Herstellung

Der Energieeinsatz bei der Herstellung eines Gebäudes setzt sich im wesentlichen zusammen aus dem Energieverbrauch für die Fertigung der Baustoffe, den Transport zur Baustelle und die Verarbeitung vor Ort. Der Energieeinsatz ist je nach Art der verwendeten Baustoffe und der Bauart quantitativ unterschiedlich, schlägt aber in der Gesamt-Primärenergiebilanz kaum zu Buche. Der Anteil des Primärenergieeinsatzes zur Herstellung eines Gebäudes am Gesamt-Primärenergieeinsatz über eine Nutzungsdauer von 80 Jahren beträgt jeweils etwa 5 %.

#### Materialsparende Produktionsplanung und Baukonstruktionen

Eine Möglichkeit, Einsparpotentiale bei der Herstellung von Gebäuden zu erschließen, ist die Verlagerung der Bauproduktion in stationäre Anlagen (industrielle Vorfertigung), verbunden mit einer Reduzierung der Baustellentätigkeit auf reine Montagearbeiten. Die Industriealisierung des Bauens bietet die Möglichkeit, den Energie- und Rohstoffaufwand bei der Herstellung u.a. durch die folgenden Maßnahmen erheblich zu verringern:

- Rohstoff- und energiesparende Produktionsplanung
- Vermeidung von Abfall durch den Einsatz materialgerechter Aufbereitungs- und Trennverfahren und die optimale Reststoffverwertung
- Beschränkung des Abfallaufkommens durch optimierte Fertigungsprozesse
- Einsatz und Verarbeitung hochwertiger, d.h. in ihrer Funktion optimierter Baustoffe mit langer Lebensdauer zur Reduzierung des Gesamt-Baustoffeinsatzes
- Bevorzugung von rationellen Holzbaukonstruktionen

#### Einsatz von recycelten Baustoffen

Ziel eines hochwertigen Recyclings ist ein geschlossener Stoffkreislauf. Nach der Rückführung der recycelten Altbaustoffe in den Produktionsprozeß sollten Baustoffe entstehen, die die Primärbaustoffe ersetzen können. Nach deren Gebrauch muß es möglich sein, sie wieder zu recyceln, so daß ein Kreislauf entsteht. Durch die hohe Heterogenität von üblichem Bauschutt wird eine hochwertiges Recycling erschwert. Die Planung der Neubauten sollte eine spätere einfache Trennung der Baustoffe nach Materialgruppen ermöglichen.

Derzeit erweisen sich recycelte Baustoffe in einem direkten Vergleich mit konventionellen Baustoffen oft nicht als gleichwertig. Geringe Nachteile der recycelten Baustoffe können jedoch durch geeignete Konstruktionen ausgeglichen werden.

### 9.1.2 Nutzung

Der wesentliche In- und Output an Energie- und Stoffströmen während der Lebensdauer eines Gebäudes erfolgt in der Phase der Nutzung für Raumheizung, Warmwasser, Licht und Prozesse. Der damit verbundene Primärenergieeinsatz beträgt unabhängig von Gebäudetyp und Bauart etwa 90 % am gesamten Primärenergieeinsatz. In der Phase der Nutzung können wesentliche Potentiale durch den Einsatz von Techniken zur Wärmebedarfssenkung und durch energiesparende elektrische Geräte erschlossen werden. In den folgenden Kapiteln wird vor allem auf die Einsparpotentiale während der Phase der Nutzung der Gebäude eingegangen.

### 9.1.3 Abriß

Der Primärenergieeinsatz für den Abriß beträgt etwa 4 bis 6 % des Gesamt-Primärenergieeinsatzes über die Lebensdauer der Gebäude. Wesenliche Unterschiede in den einzelnen Bauweisen und Gebäudetypen bestehen nicht.

#### Recycling von Bauschutt

Energie- und Rohstoffeinsparpotentiale beim Abriß von Gebäuden bestehen vor allem durch die Wiederverwendung und das Recycling von Bauschutt. Während im Straßenbau bis zu 70 % des anfallenden Abbruchmaterials wiederverwertet wird, liegt die Recyclingrate im Hochbau wesentlich niedriger. Im Jahre 1990 entstand im Baugewerbe eine Abfallmenge von ca. 136 Mio. Tonnen. Von diesem Abfall wurde etwa 56,1 Mio. Tonnen in 120 Aufbereitungsanlagen wiederverwertet. Der Rest von 79,9 Mio. Tonnen landete als ungenutzter Rohstoff auf Deponien. Der Hauptgrund für dieses Mißverhältnis liegt in der ausgeprägten Heterogenität des Bauschutts, die eine Trennung und Wiederverwertung bzw. das Recycling der Materialien erheblich erschwert [Quelle: Hessisches Minsterium der Finanzen, Planungshilfe 12 - Umweltschutz, Wiederverwendung und Recycling im Hochbau].

Recycling setzt die stoffgerechte Trennung von Bauabfällen voraus. Je früher die Stoffe auf dem Entsorgungsweg getrennt werden, desto einfacher gestaltet sich deren Rückgewinnung und desto besser ist die Qualität des recycelten Produktes. Die Prioritäten bei der Verwertung und Entsorgung von Bauabfällen sind wie folgt zu setzen:

- O Die Vermischung von Bauabfällen ist zu vermeiden: Dies kann durch Sortieren der Abfälle auf der Baustelle in stoffspezifische Mulden erfolgen. Auf der Baustelle werden Sammelbehälter für besondere Abfälle aufgestellt. Durch "Rückbau" kann die Vermischung effizient vermieden werden. Ein Rückbau setzt eine detaillierte Planung von z.B. Abbrucharbeiten voraus. Die vorhandenen Materialien sind zu erfassen, deren Demontage ist vorzubereiten
- o Grobsortierung von vermischtem Bauschutt an der Baustelle, vor allem wenn der Anteil an Verbundwerkstoffen am Bauschutt groß ist. Die Trennung der Materialien an der Baustelle kann mit Hilfe mehrerer Schuttcontainer erfolgen, in denen die verschiedenen Materialien getrennt voneinander gesammelt werden.
- o Trennung von Bauschutt in einer Sortieranlage.

#### Wiederverwendung und Recycling von Dämmstoffen

Derzeit verfügbare Verfahren zur Wiederverwendung und zum Recycling von Dämmstoffen sind in Tabelle 9.1 zusammengestellt. Die Verfahren sind zumeist an einen weitgehend sortenreinen Ausbau der Materialien gebunden; er stellt jedoch keine Voraussetzung für ein Recycling dar. Die Materialien können auch nachträglich in einer Sortieranlage getrennt werden.

Tabelle 9.1: Wiederverwendung und Recycling von Dämmstoffen im Hochbau

Dämmstoff	Stoffbeschreibung	Wiederverwendung		Recycling
	44.	ohne Vorbehandlung	Verfahren	Produkt
Kork	Korkeichenrinde granuliert und	nein	Sortenreine Mengen kön-	Korkgranulat
DIN 18 161	mit Heißdampf behandelt, ne- türliche Harze als Bindemittel	Hein	nen zerkleinert werden	Verwendung als Wärmedämmschüttungen
Schaumglas DIN 18 174	Dämmplatten aus Aluminium- Silikat-Glas, durch Zugabe von Treibmitteln aufgeschäumt	nein	Sortenreine Mengen kön- nen zerkleinert werden	Granulat  als Zuschlag zur Herstellung von Schaumgla
	zu einar geschlossenen Zell- struktur ohne kapillare Verbin- dung			Granulat aus Altglas.  - Dämmstoffe,  - Zuschlagstoff für Leichtbetone, Leichtmauer mörtel,  - Leichtputze,
				- Füllstoff für Kunstharzprodukte und Kunst- stoff-Hartschäume
EPS-Partikel- schaum	Uberwiegend geschlossenzel- liger harter Schaumstoff aus verschweißtern, geblähtern Polystyrolgranulat	Sorlieren durch Schreddern und Windsichter	- Zerkleinerung zu nuß- großen Granulaten - Weltere Zerkleinerung möglich zu Feingranulaten zwischen 1 und 30 mm	Polystyrolgranulate  - Wärmedämmschüttungen, -platten - Porosierungsmittel für Ziegel- und Leichtbetonherstellung Zumischung zu Pflanzensubstraten Bodehlockerung Filtermaterial für Dränagen. (Klesersatz) - Kompostierhilfsmittel
			- Aufschmelzen, Verdich- ten und Sintern durch be- heizte Walzen-, Scheiben- und Schneckenextruder (aufwendiges Recycling- verfahren)	Polystyrolgrundstoff
XPS-Extruder- schaum	schmelzflüssige Polystyrol- masse wird unter Zusatz von Treibmittein durch den Extru- der gepreßt	sofem zerstörungs- freier Ausbau mög- lich, sonst Vorbe- handlung	Zerkleinem oder mahlen bis zur entsprechenden Flockengröße	Extrudierte Polystyroigranulate
	ŧ		Aktivierung der noch vor- handenen Blähenergie durch Heißdampfbehand- lung	Dämmstoff geringerer Dichte
Polyurethan- Hertschaumplatten	Uberwiegend ge- schlossenzelliger harter Schaumstoff, Entsteht durch chemische Reaktion von Po- lyisocyanaten mit Polyolen un- ter Mitwirkung vonTreib- und Flammschutzmitteln	sofem zerstörungs- freier Ausbau mög- lich	Hydrolyse (wird derzeit noch nicht reallsiert)	Rückführung in die ursprünglichen Ausgangs- stoffe
Korkschrot, expan- diert	Korkeichenrinde granuliert	bei sortenreinem Ausbau		Rückführung als Dämmstoff
Schüttungen aus Blähton, Perlite	Feinporige, leichte Tonperlen mit glasdurchsetztern Kern und hoher Druckfestigkeit	bei sortenreinem Ausbau	Absaugen, evt. Reinigen	Rückführung als Dämmstoff
Einblasdämmung, Zellulose	Zelluloseflocken als Schütt- oder Einblasdämmung	bei sortenreinem Ausbau	Absaugen, Zugabe von Borax	Rückführung als Dämmstoff
Mineralfaser	Glas- oder Steinwolle	ja	Rückführung in Schmelz- prozeß	Rückführung als Dämmstoff

nach: Staatliche Hochbauverwaltung des Landes Hessen, Planungshilfe 12 - Umweltschutz, Wiederverwendung und Recycling im Hochbau

## 9.2 Strukturdaten und Berechnungsgrundlagen

Das gestiegene Umweltbewußsein von Bauherrn und Nutzern drückt sich in einer erhöhten Nachfrage nach umweltrelevanten Daten aus. Doch im Gegensatz zu den relativ einfach zu definierenden Energiekennwerten sind umweltrelevante Daten ohne Angabe der genauen Systemgrenzen nur begrenzt und nur innerhalb detailliert beschriebener Methoden verwendbar. Derzeit fehlen noch einheitliche Methoden zur Erfassung, Bewertung und Umsetzung dieser Daten.

In den letzten Jahren sind auf vielen Gebieten ökologische Bewertungsverfahren erarbeitet worden, die in einer zusammenfassenden Beurteilung von Materialien in Form von Kennzahlen, Punkten etc. münden. Angesichts der Vielzahl der Ursache-Wirkungsverknüpfungen und die Unsicherheit der Erfassungsmethoden für Stoff- und Energieflüsse ist bei der zusammenfassenden Beurteilung in Form von Kennzahlen jedoch größte Vorsicht geboten. Die Bewertungsverfahren sind in der Regel für verschiedene Anwendungsbereiche erstellt und die Ergebnisse daher nicht unmittelbar vergleichbar. Bei einer umfassenden ökologischen Bewertung von Gebäuden muß darüber hinaus die Bewertung über die gesamte Lebensdauer des Gebäudes erfolgen. Jegliche Teilaussage, z.B. auf der Stufe von Baumaterialien, kann über die Lebensdauer des Gebäudes und ohne Betrachtung von Alternativen zu völlig falschen Ergebnissen führen.

## 9.2.1 Primärenergieinhalt von Wandkonstruktionen

### Primärenergieaufwand zur Herstellung von Baustoffen

Der Primärenergieaufwand zur Herstellung von Baustoffen muß über eine Prozeßkettenanalyse bestimmt werden, die im wesentlichen drei Schritte umfaßt.

- direkter Energiebedarf beim Herstellungsprozeß
- Energiebedarf zur Aufarbeitung von Rohstoffen
- indirekter Energiebedarf (Beheizung von Gebäuden, Herstellung von Maschinen..)

Die Primärenergieinhalte verschiedener Baustoffe sind in Tabelle 9.2 zusammengestellt. Die Angaben zum Primärenergiebedarf sind aus den o.g. Gründen nur bedingt untereinander vergleichbar. Es ist den benutzten Quellen nicht immer eindeutig zu entnehmen, ob nur der direkte Energiebedarf zur Herstellung des Produktes oder auch auch der Energiebedarf zur Aufarbeitung der Rohstoffe und der indirekte Energiebedarf genannt wird.

Der Primärenergieinhalt der Materialien darf nicht für sich allein beurteilt werden, da daraus keine Aussage über die Menge des notwendigen Baustoffs, seine Dauerhaftigkeit, die Nutzungssicherheit, die Wirtschaftlichkeit und das Einsparpotential an Primärenergie getroffen werden kann, das durch den Einsatz von z.B. Dämmstoffen erschlossen wird.

Tabelle 9.2: Kennwerte von Dämm- und Baustoffen

Baustoff	Dichte	λ	Primärenerg	ieinhalt	Quelle
	[kg/m³]	[W/ (mK)]	[kWh/kg]	[kWh/m³]	
Dämmstoffe					
EPS - Hartschaum (excl. Naphta)	10	0,04	10,8	108	3)
EPS - Hartschaum (excl. Naphta)	15	0,04	10,0	150	3)
EPS- Hartschaum (excl. Naphta)	20	0,04	9,45	189	3)
EPS - Hartschaum (excl. Naphta)	30	0,04	8,90	267	3) .
Polystyrol (incl. Naphta)	15	0,04	35,0	526	1)
Mineralfaser	30	0,035	5,00	150	1)
Zellulose	40 - 70	0,045	2,75	110 - 190	4)
PS-Wärmedämmputz	350	0,07	0,76	265	2)
Schaumglas	130	0,05	5,5	712	6)
Wandbaustoffe					
Gipsputz (mit Sand)	1400	0,7	0,11	160	2)
Bimsvollblockstein (Vbl 4)	600	0,22	0,30	180	2)
Kalksandsteinwand (Lochstein)	1400	0,70	0,24	340	5)
Ziegel (LHLZ)	700	0,30	0,85	595	2)

Quellen:

- Marmè, Seeberger; Der Primärenergieeinhalt von Baustoffen, in "Bauphysik", Okt. 1982
- Hessisches Ministerium der Finanzen; Planungshilfe 10 Umweltschutz, Baustoffe und Schadstoffe; Wiesbaden 1991
- 3) Info-Kunststoff e.V. Berlin; Lebensweg von EPS-Dämmstoff, Berlin 1993
- 4) R. Borsch-Laaks; Ökologie der Dämmstoffe; in "Informationsdienst Holz" 2/91
- 5) KS-Baukalender, 1994
- 6) Herstellerangabe

zu Quelle 1,3,5)

Berechnet ist der Primärenergieinhalt des Materials ab Werk. Der Aufwand für Verpakkung, Verladung, Transport zur Baustelle und Verarbeitung an der Baustelle sowie für Recycling und Entsorgung des gebrauchten Materials wird nicht erfaßt.

zu Quelle 2,4,6)

zu Dämmstoff Polystyrol

keine Angaben zu Bilanzgrenzen

Ausgangsstoff für die Herstellung von Kunststoffen wie z.B. Polystyrol ist bei der Rohöldestillation gewonnenes Naphta (Rohbenzin). Obwohl Naphta auch als Brennstoff genutzt werden kann, wird gemäß dem Vorschlag einer Arbeitsgruppe der IFIAS-Stockholm der theoretische Heizwert des Naphta beim Primärenergieinhalt des Dämmstoffs Polystyrol nach Quelle 3) nicht berücksichtigt. Als wichtigster Grund für die Vernachlässigung gilt, daß Polystyrol eine hohe Verbrennungsenthalpie hat, die nach Ablauf der Lebensdauer im Prinzip genutzt werden kann. Eine Angabe zum Primärenergieinhalt von Polystyrol incl. des Heizwertes von Naphta ist in Quelle 1) enthalten. Auf diesen Wert wird weiter unten Bezug genommen.

#### Primärenergieinhalt von Wandkonstruktionen

Mit den in Tabelle 9.2 zusammengestellten Strukturdaten kann der Primärenergieinhalt unterschiedlicher Wandkonstruktionen PE<sub>Wand</sub> aus der Dicke d der einzelnen Wandbaustoffe und deren Primärenergieinhalt PE<sub>Baustoff</sub> berechnet werden.

$$PE_{Wand} = \sum PE_{Baustoff} \cdot d$$

#### Kumulierter Primärenergieverbrauch über die Nutzungsdauer

Entsprechend ihren wärmetechnischen Eigenschaften führen die Wandkonstruktionen zu einem unterschiedlich großen jährlichen Energieeinsatz  $Q_{\text{Heizung}}$  zur Deckung der Transmissionswämeverluste durch die Wandflächen. Unter Berücksichtigung des Jahresnutzungsgrades der Wärmebereitstellung  $\eta_{\text{Wärmebereitstellung}}$  und des Wirkungsgrades der Primärenergieversorgungskette  $\eta_{\text{Versorgungskette}}$  des Heizenergieträgers läßt sich der über die Nutzungsdauer n kumulierte Primärenergieverbrauch  $PE_{\text{kumuliert}}$  abschätzen.

$$PE_{kumuliert} = Q_{Heizung} / \eta_{Wärmebereitstellung} / \eta_{Versorgungskette} \cdot n$$

#### Gesamt-Primärenergiebilanz

Die Gesamt-Primärenergiebilanz PE<sub>Bilanz</sub> ergibt sich aus der Summe des kumulierten Primärenergieverbrauches über die Nutzungsdauer und des Primärenergieinhaltes der Wandkonstruktion.

$$PE_{Bilanz} = PE_{kumuliert} + PE_{Wand}$$

#### 9.2.2 Emissionsbilanzen von Dämmstoffen

Auch bei den Emissionsbilanzen muß die Beurteilung verschiedener Wandkonstruktionen unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer erfolgen.

#### Emissionen bei der Herstellung und Verarbeitung

Der Einsatz von Dämmstoff führt zu spezifischen Emissionen verschiedener Schadstoffe durch die Herstellung und Montage. Die Emissionen  $E_{Damm}$  werden bestimmt über das Produkt aus den spezifischen Emissionen  $m_S$  aus der Herstellung und Verarbeitung des Dämmstoffs und dem verarbeiteten Dämmstoffvolumen  $V_{Damm}$ .

$$E_{Damm} = m_S \cdot V_{Damm}$$

#### Kumulierte Emissionen über die Nutzungsdauer

Die kumulierten Emissionen  $E_{kumuliert}$  ergeben sich aus dem kummlierten Primärenergieverbrauch  $PE_{kumuliert}$  zur Deckung der Transmissionswärmeverluste der gedämmten Wand über die gesamte Nutzungsdauer und den energiebezogenen Emissionen  $e_s$  für den Schadstoff S.

#### Gesamtemissionsbilanz

Die Gesamtemissionsbilanz für die unterschiedlichen Schadstoffe ergibt sich aus der Summe der kumulierten Emissionen über die Nutzungsdauer und der Emissionen bei der Herstellung und Verarbeitung.

$$E_{Bilanz} = E_{kumuliert} + E_{Damm}$$

## 9.3 Wandkonstruktionen im Vergleich

Die Gesamt-Primärenergie- und Emissionsbilanzen unterschiedlicher Wandkonstruktionen werden im folgenden untersucht. Grundlage der Bilanzierung ist der Primärenergieeinsatz zur Errichtung der unterschiedlicher Wandkonstruktionen und der kumulierte Primärenergieverbrauch über deren Nutzungsdauer.

## 9.3.1 Gesamt-Primärenergiebilanzen von Wandkonstruktionen

Nach dem in Kapitel 9.2 beschriebenen Vorgehen sind für die in Tabelle 9.3 zusammengestellten Wandkonstruktionen die Primärenergiebilanzen berechnet worden. Die Randbedingungen zur Berechnung sind in Tabelle 9.4 zusammengestellt. Die Angaben in Klammern bei Wandaufbauten mit dem Dämmstoff Polystyrol kennzeichnen den Primärenergieaufwand incl. Naphta. Der Primärenergieinhalt der Wandkonstruktionen (bei Polystyrol excl. Naphta) und der kumulierte Primärenergieverbrauch über die Nutzungsdauer von 40 Jahren sind in Abbildung 9.3 dargestellt. Zusätzlich abgebildet ist der Wärmedurchgangskoeffizient der Wandkonstruktionen.

Die gewählte Nutzungsdauer von 40 a ist ein eher konservativer Ansatz. In der Regel kann mit erheblich längeren Lebensdauern der eingesetzten Bau- und Dämmstoffe gerechnet werden. Dies gilt für Dämmstoffe in zweischaligen Wandkonstruktionen, unter einer vorgehängten Fassade oder in einem Wärmedämmverbundsystem.

Tab.9:3: Wandkonstruktionen

M. W.			
Kennzeichnung: KS & MF 15 & KS	Dicke	spezifischer Prim	ärenergieaufwand
$k$ -Wand = 0,21 W/( $m^2K$ )	`[cm]	[kWh/kg]	[kWh/m²]
Außenputz	2,0	0,11	3,2
Kalksandstein - Blockstein (Vb)	11,5	0,26	50,0
Mineralfaser	15,0	1,23	14,7
Kalksandstein - Blockstein	17,5	0,26**	76,1
Innenputz	1,5	0,11	2,4
Gesamt	45,0	t,	142,4
Kennzeichnung: KS & PS 15 & KS	Dicke	spezifischer Prim	ärenergieaufwand
$k$ -Wand = 0,24 W/( $m^2K$ )	[cm]	[kWh/kg]	[kWh/m²]
Außenputz	2,0	0,11	3,2
Kalksandstein - Blockstein (Vb)	11,5	0,26	50,0
Polystyrol	15,0	- 7× 10,0 (35,1) ***	22,5 (78,9)
Kalksandstein - Blockstein	17,5	0,26	76,1
Innenputz	1,5	0,11	2,4
Gesamt	45,0		150,3 (206,7)
Kennzeichnung: KS 17,5 & PS 15	Dicke	spezifischer Prim	ärenergieaufwand
$k\text{-Wand} = 0.24 \text{ W/(m}^2\text{K})$	[cm]	[kWh/kg]	[kWh/m²]
Außenputzensche	2,0	0,11	3,2
Kalksandstein - Lochstein	17,5	0,26	76,1
Polystyrol	15,0	10,0 (35,1)	22,5 (78,9)
Innenputz	. 1,5	-0,11	2,4
Gesamt	36,0	,	104,2 (160,6)

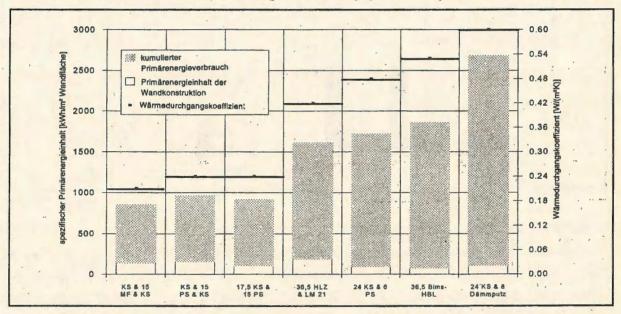
Kennzeichnung: HLZ & LM21	Dicke	spezifischer Prim	ärenergieaufwand
$k$ -Wand = 0,42 W/( $m^2$ K)	[cm]	[kWh/kg]	[kWh/m²]
Außenputz	2,0	0,38	13,68
Hochlochziegel & Leichtmörtel LM21	36,5	0,61	178,49
Innenputz	1,5	0,38::**	10,26
Gesamt	40,0		189,1 1)
1) 188 kWh/m² nach: UNIPOR-Ziegelsystem, Tagu	ngshandbuch U	NIPOR - Fachtagung,	1994
. Kennzeichnung: KS 24 & PS 6	Dicke	spezifischer Primärenergieaufwand	
k-Wand = 0,48 W/(m <sup>2</sup> K)	[cm]	[kWh/kg]	[kWh/m²]
Außenputz	2,0	0,11	3,2
Kalksandstein - Lochstein	24,0	0,24	81,6
Polystyrol	6,0	10,0 (35,1)	9,0 (31,6)
Innenputz',	1,5	0,11	2,4
Gesamt	33,5		96,2 (118,8)
Kennzeichnung: Bims Hbl 4	Dicke	spezifischer Prim	ärenergieaufwand
$k\text{-Wand} = 0,53 \text{ W/(m}^2\text{K})$	[cm]	[kWh/kg]	[kWh/m²]
Außenputz	2,0	0,38	13,68
Bimsvollblockstein (HBl4)	36,5	. 0,30	65,7
Innenputz	1,5	0,38	10,26
Gesamt	40,5	*4	72,1
Kennzeichnung: KS 24 & 8 PS-Dämmputz	Dicke	spezifischer Prim	ärenergieaufwand
$k\text{-Wand} = 0,60 \text{ W/(m}^2\text{K})$	[cm]	[kWh/kg]	[kWh/m²]
PS- Dämmputz	8,0	0,76	21,2 .
Kalksandstein - Lochstein	24,0	0,24	81,6
Innenputz	1,5	0,11	2,4
Gesamt	33,5		105,2

Tabelle 9.4: Randdaten zur Berechnung der Gesamt-Primärenergiebilanz

ÖL NT-Heizung Heizzahl (Endenergie)	0.894	Nutzungsgrad Primärenergieversorgunskette	0,88
Nutzungsdauer	40.a	Klima	Kassel

Der Primärenergieinhalt der Wandkonstruktionen (bei Polystyrol excl. Naphta), der kumulierte Primärenergieverbrauch über die Nutzungsdauer von 40 Jahren und der Wärmedurchgangskoeffizient der Wandkonstruktionen ist in Abbildung 9.3 dargestellt.

Abb.9.3: Primärenergieinhalt, kumulierter Primärenergieverbrauch und Wärmedurchgangskoeffizient der Wandkonstruktionen nach Tabelle 9.3 und 9.4 (Primärenergieinhalt bei Polystyrol ohne Naphta)



#### Primärenergieaufwand für die Wandkonstruktionen

Bei den herkömmlichen Wandaufbauten mit Wärmedurchgangskoeffizienten im Bereich von 0,4 bis 0,6 W/(m²K) ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede im Primärenergieinhalt der Wandkonstruktionen. Eine Ausnahme ist die 36,5er Hochlochziegelwand. Die Wandkonstruktionen mit einem sehr guten Wärmeschutz mit Wärmedurchgangskoeffizienten im Bereich von 0,21 bis 0,24 W/(m²K) erfordern in der Herstellung dagegen einen etwas höheren Primärenergieeinsatz.

In Abbildung 9.4 ist der Primärenergieinhalt der Baustoffe (Stein, Putz) und der in den Wandkonstruktionen enthaltenen Dämmstoffe gegenübergestellt. Es zeigt sich, daß auch bei den sehr gut gedämmten Wandkonstruktionen mit 15 cm Dämmstoff der Primärenergieinhalt des Dämmstoffs nur einen geringen Anteil am Primärenergieinhalt der Wandkonstruktionen hat. Dieser wird vielmehr im wesentlichen über den Wandbaustoff selbst bestimmt. Dies gilt auch für den Dämmstoff Polystyrol, sofern der Primärenergieinhalt excl. Naphta berücksich-

tigt wird. Bei dem sehr hohen Primärenergieinhalt von Polystyrol incl. Naphta von 526 kWh/(m²a) nach Tabelle 9.2 kann der Dämmstoff bei einer dünnen Kalksandsteinwand (17,5 KS & 15 PS) etwa zur Hälfte zum Primärenergieinhalt der Wandkonstruktionen beitragen.

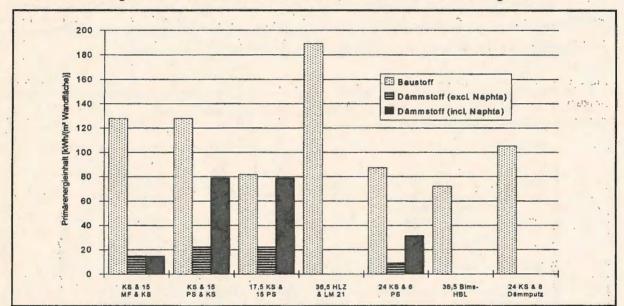


Abb.9.4: Primärenergieinhalt für Baustoffe und Dämmstoff der Wandkonstruktionen im Vergleich

### Kumulierter Primärenergieverbrauch über die Nutzungsdauer

Den weitaus größten kumulierten Primärenergieeinsatz mit 2800 kWh/(m²<sub>Wandfläche</sub>a) erfordert die schlecht gedämmte Wand mit dem Dämmputz (24 KS & 8 Dämmputz) mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,6 W/(m²K) (Abbildung 9.3). Im Vergleich dazu sind die monolithischen Wandkonstruktionen (36,5 Bims-HBL und 36,5 HLZ & LM21) deutlich besser. Die monolithische Konstruktion mit dem gut dämmenden Mörtel (36,5 HLZ & LM21) ist der schlechter gedämmten Wand mit nur 6 cm Polystyrol (24 KS & 6 PS) im kumulierten Primärenergieverbrauch etwa gleichwertig. Wesentliche Vorteile ergeben sich für mehrschalige Konstruktionen bei Dämmdicken, wie sie im Bereich des Niedrigenergiehaus-Standards erforderlich werden. Die gut gedämmten mehrschaligen Konstruktionen mit Dämmdicken von 15 cm und k-Werten im Bereich von 0,24 W/(m²K) erfordern nur etwa 50 % des Primärenergieverbrauchs der monolithischen Wandkonstruktionen mit Steinen geringerer Wärmeleitfähigkeit.

#### Gesamt-Primärenergiebilanz der Wandkonstruktionen

Die Gesamt-Primäenergiebilanz der Wandkonstruktionen ergibt sich aus der Summe des Primärenergieeinsatzes zur Herstellung und dem über die Nutzungsdauer kumulierten Primärenergieeinsatz. Aus der Darstellung in Abbildung 9.3 wird deutlich: Erst durch den Einsatz gut gedämmter Wandkonstruktionen entsprechend den Anforderungen des NEH-Standards läßt sich die Gesamt-Primärenergiebilanz der Wandkonstruktionen wesentlich verbessern. Die

Gesamt-Primärenergiebilanz ist dagegen weitgehend unabhängig vom Primärenergieinhalt der eingesetzten Bau- und Dämmstoffe. Damit wird der etwas höhere Primärenergieeinsatz zur Herstellung der gut gedämmten Konstruktionen unbedeutend. Dies gilt auch für die Konstruktionen entsprechend dem energietechnischen Standard Niedrigenergiehaus mit hohen Dämmschichtdicken und energieintensiven Dämmstoffen wie Polystyrol.

#### 9.3.2 NO<sub>x</sub>- und SO<sub>2</sub>-Bilanzen

Im folgenden wird die Emissionsbilanz (No<sub>x</sub> und SO<sub>2</sub>) für eine unterschiedlich dick gedämmte Wand bestimmt. Der eingesetzte Dämmstoff ist Polystyrol. Die den Berechnungen zugrundeliegenden Kenndaten sind in Tabelle 9.5 zusammengefaßt.

Tab. 9.5: Kenndaten Emissionsbilanz beim Einsatz des Dämmstoffs Polystyrol

Dämmstoff	PS 15 SE	k-Wand, ungedämmt	1,41 W/(m²K)
Wärmeleitfähigkeit	0,04 W/(mK)	Öl NT-Heizung, Heizzahl (Endenergie)	0,894
spez. Emissionen NO <sub>X</sub>	100,3 g/m³ <sup>2)</sup>	ÖI, Endenergieemissionsfaktor NO <sub>x</sub>	0,39 g/kWh 1)
spez. Emissionen SO <sub>2</sub>	110,4 g/m³ 2)	ÖI, Endenergieemissionsfaktor SO <sub>2</sub>	0,40 g/kWh 1)
spez. PE-Inhalt Dämmstoff	150 kWh/m³	ÖI, η <sub>Versorgungskette</sub>	0,88
Klima	Kassel	Nutzungsdauer	40 a

Quelle 1) GEMIS 2.0

Die kumulierten Emissionen über die Nutzungsdauer von 40 Jahren sind für die Schadstoffe  $NO_x$  und  $SO_2$  in Abbildung 9.5 und 9.6 dargestellt. Mit der Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes der zunächst ungedämmten Wand über den Einsatz des Dämmstoffs Polystyrol werden die aus dem Betrieb der Heizanlage bedingten Emissionen erheblich reduziert. Der für die Herstellung und Montage des Dämmstoffs benötigte Energieeinsatz führt erst ab Dämmdicken von 70 cm u.m. zu vergleichbaren Schadstoffemissionen wie aus dem Betrieb der Heizanlage. Heute übliche Dämmdicken liegen damit vor dem Hintergrund der  $NO_x$  und  $SO_2$ -Emissionsbilanzen weit unter dem ökologisch sinnvollen Optimum.

<sup>2)</sup> Info Kunststoff e.V. Berlin; Lebenswegbilanz von EPS-Dämmstoff, Berlin 1993

Abbildung 9.5; NO<sub>x</sub> - Emissionsbilanz am Beispiel einer PS-Außenwanddämmung

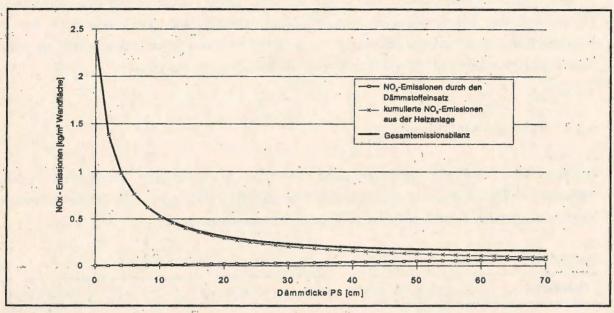
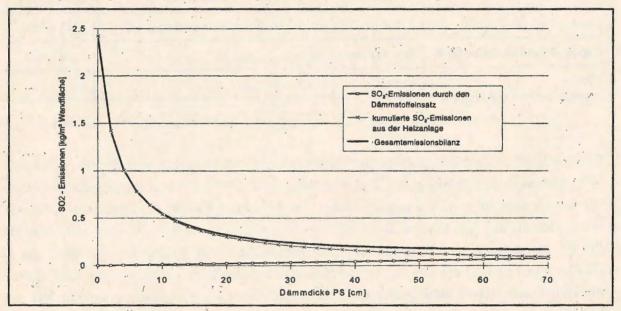


Abbildung 9.6: SO<sub>2</sub> - Emissionsbilanz am Beispiel einer PS-Außenwanddämmung

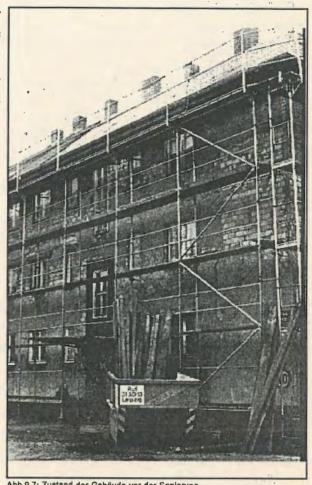


#### 9.4 Ein Beispiel aus der Altbausanierung - Goyastraße-Leipzig

Die energietechnische Gebäudesanierung eines MFH mit 12 WE in der Goyastraße (Leipzig) kann als hervorragendes Beispiel für die optimale Kopplung von Instandsetzung und energietechnischer Sanierung angesehen werden.

#### Der Ausgangszustand

Der allgemeine bauliche Zustand des Gebäudes vor der Sanierung wurde als "befriedigend" bezeichnet. Dennoch mußten dringend Maßnahmen zur Gebäudesanierung ergriffen werden. Der energetische Zustand des Gebäudes war unbefriedigend. Die Beheizung des Gebäudes erfolgte zentral über einen Kohlekessel. Die anteilige Kesselleistung für das Gebäude betrug 200 kW. Der Jahreswirkungsgrad des Kessels lag bei 70 %. Die Grenze der Lebensdauer war erreicht. Mit Inkrafttreten der Kleinfeuerungsanlagenverordnung für die neuen Bundesländer (1995) wird ein Austausch des alten Heizkessels un- Abb. 9.7: Zustand der Gebäude vor der Sanierung vermeidlich.



Tab.9.6: Baulicher Wärmeschutz - Zustand vor der Sanierung - Goyastraße (Leipzig)

	OG - Decke	Außenwand	Keller	Fenster
k-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,64	1,29	1,28	2,6

#### Durchgeführte Sanierung

Die durchgeführten Maßnahmen zur energietechnischen Sanierung des Gebäudes gingen deutlich über die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung hinaus. Die erreichten Wärmedurchgangskoeffizienten sind in Tabelle 9.7 aufgeführt.

Tab.9.7: baulicher Wärmeschutz - ausgeführte Sanierung - Goyastraße (Leipzig)

	OG - Decke	Außenwand	Keller	Fenster
k-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,32	0,24	0,27	1,50
Maßnahme	vorhandener Zwi- schenraum in der Konstruktion mit 12 cm Dämmstoff aus- geblasen	12 cm Wärme- dämmverbundsystem (Mineralfaser, WLG 035)	10 cm Dämmung unter der Kellerdek- ke (Mineralfaser, WLG 035)	2-Scheiben-Wärme- schutzverglasung, Holzrahmen

Der Energiekennwert Heizwärme wurde durch die Maßnahmen auf 81 kWh/(m²a) gesenkt. Dies entspricht einer Verringerung des spezifischen Heizwärmebedarfs um etwa 70 kWh/(m²a).

#### Die Primärenergiebilanz der Außenwanddämmung

Entsprechend dem in Kapitel 9.2 beschriebenen Vorgehen läßt sich die Primärenergiebilanz der Außenwanddämmung bestimmen. Die Randbedingungen der Berechnung sind in Tabelle 9.8 zusammengefaßt, die Ergebnisse sind in Abbildung 9.8 und 9.9 dargestellt. Um die Primärenergiebilanz der Außenwand auch unter extrem ungünstigen Annahmen für den Dämmstoff zu bestimmen, wurde zum Vergleich eine Variante mit dem Dämmstoff Polystyrol und den sehr hohen Primärenergieinhalt des Dämmstoffs von 526 kWh/m³ incl. Naphta berechnet.

Tabelle 9.8: Randdaten - Primärenergiebilanz der Außenwanddämmung mit Mineralfaser bzw. Polystyrol

Dämmstoff	Mineralfaser	k-Wand, ungedämmt	1,29 W/(m <sup>2</sup> K)
Wärmeleitfähigkeit	0,035 W/(mK)	Heizzahl (Endenergie)	0,894
spez. PE-Inhalt	150 kWh/m³	Öl, η <sub>Versorgung</sub>	0,88
Dämmstoff	Polystyrol	Klima	Leipzig
Wärmeleitfähigkeit	0,040 W/(mK)	Nutzungsdauer	40 a
spez. PE-Inhalt incl. Naphta	526 kWh/m³		

#### Dämmstoff Mineralfaser

Mit der Dicke nimmt der Primärenergieinhalt des Dämmstoffs kontinuierlich zu, während gleichzeitig der über die Nutzungsdauer kumulierte Primärenergieeinsatz zur Deckung der Transmissionswärmeverluste durch die Außenwand verringert wird. Aus der Summe dieser beiden Kurven ergibt sich die Primärenergiebilanz der Wandkonstruktion. In dem hier dargestellten Beispiel beträgt der (einmalige) Primärenergieeinsatz für den Mineralfaser-Dämmstoff bei einer Dämmdicke von 12 cm 18 kWh/m²<sub>Wandfläche</sub>. Der über die Nutzungsdauer kumulierte Primärenergieeinsatz zur Deckung der Transmissionswärmeverluste durch die Wand beträgt

dagegen 678 kWh/m²<sub>Wandfläche</sub> und ist damit um den Faktor 38 größer. Nimmt man die Primärenergiebilanz des Dämmstoffes als Bezugsgröße, dann ist die durchgeführte Außenwanddämmung von 12 cm deutlich suboptimal. Erst ab einer Dämmdicke von mehr als 80 cm ergibt sich eine ausgeglichene Bilanz. Aus Sicht der Primärenergieeinsparung ergeben sich Anforderungen an den sinnvollen Wämeschutz, die weit über die heute üblichen Standards hinausgehen.

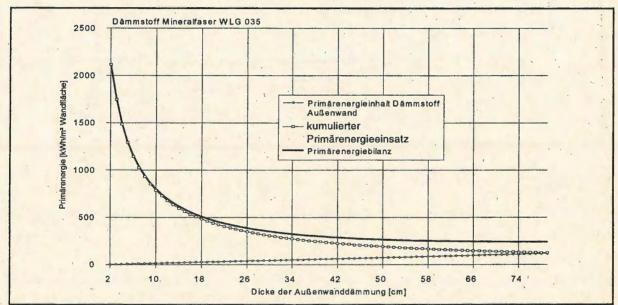
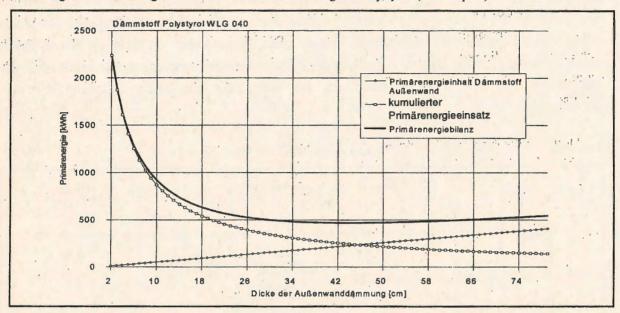


Abbildung 9.8: Primärenergiebilanz der Außenwanddämmung mit Mineralfaser

#### Dämmstoff Polystyrol

In Abbildung 9.9 sind die Ergebnisse der Berechnung für den Dämmstoff Polystyrol unter der Annahme eines extrem hohen Primärenergieinhaltes von 526 kWh/m³ incl. Naphta dargestellt. Der Primärenergieinhalt des Dämmstoffs bei einer Dämmdicke von 12 cm beträgt 62 kWh/m²<sub>Wandfläche</sub>. Der über die Nutzungsdauer kumulierte Primärenergieeinsatz zur Deckung der Transmissionswärmeverluste beträgt 755 kWh/m²<sub>Wandfläche</sub> und ist damit um den Faktor 12 größer. Aus der Sicht der Primärenergiebilanz ergibt sich eine optimale Dämmdicke beim Dämmstoff Polystyrol von 45 cm. Damit liegen auch unter diesen extrem ungünstigen Annahmen für den Dämmstoff heute übliche Dämmdicken weit unter dem aus Sicht der Primärenergiebilanz sinnvollen Maß.

Abbildung 9.9: Primärenergiebilanz der Außenwanddämmung für Polystyrol (incl. Naphta)



#### Neubau - Primärenergiebilanz Niedrigenergiehaus Schrecksbach 9.5

Das Niedrigenergiehaus Schrecksbach ist eines der ersten in der Bundesrepublik Deutschland errichtete Niedrigenergiehaus in Massivbauweise. Das freistehende Einfamilienhaus (168 m² Wohnfläche, 457 m<sup>3</sup> umbautes Volumen) ist sehr gut wärmegedämmt und mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ausgestattet. Die Beheizung erfolgt über einen Niedertemperaturkessel mit integriertem Brauch- Abb. 9.10: Niedrigenergiehaus Schrecksbach, Baujahr 1987



wasserspeicher. Gemessen wurde ein spezifischer Heizwärmeverbrauch (Nutzenergie) von 59 kWh/(m<sup>2</sup>a). Dieser niedrige Energiekennwert wurde vor allem durch einen sehr guten Wärmeschutz und die konsequente Vermeidung von Wärmebrücken erreicht. Die Lüftungsanlage im Niedrigenergiehaus gewährleistet den aus hygienischer Sicht notwendigen Luftwechsel in jedem einzelnen Raum des Gebäudes. Da unter bestimmten Voraussetzungen eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung zu einer Primärenergieeinsparung beitragen kann, wird diese in der folgenden Primärenergiebilanz als energiesparende Maßnahme bewertet.

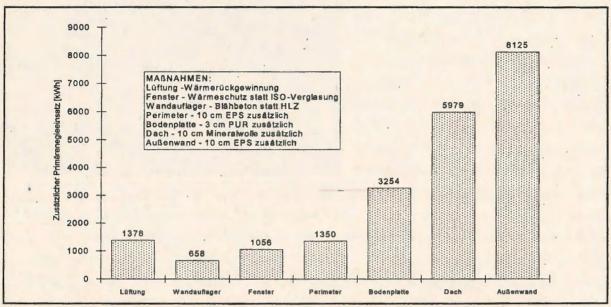
#### Zusätzlicher Primärenergieeinsatz

Der Primärenergieaufwand für die zusätzlichen Maßnahmen zur Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes gegenüber den Anforderungen nach Wärmeschutzverordnung ist in Abbildung 9.11 dargestellt.

Der gegenüber den Anforderungen nach Wärmeschutzverordnung erhöhte Primärenergieeinsatz bei der Gebäudeerrichtung ist im wesentlichen verursacht durch die größeren Dämmschichtdicken in den Außenbauteilen. In der Summe beträgt der einmalige Primärenergieaufwand für den zusätzlichen baulichen Wärmeschutz und die lüftungstechnischen Maßnahmen im Niedrigenergiehaus Schrecksbach 21800 kWh (vgl. Abbildung 9.12). Die jährliche Primärenergieeinsparung durch den verbesserten Wärmeschutz am Gebäude beträgt 16628 kWh/a. Für den Betrieb der Lüftungsanlage muß ein zusätzlicher Primärenergieeinsatz zur Stromerzeugung von 655 kWh/a berücksichtigt werden, so daß durch die zusätzlichen Maßnahmen zum verbesserten Wärmeschutz des Gebäudes 15973 kWh/a eingespart werden. Das bedeutet für die Primärenergiebilanz des Niedrigenergiehauses:

Der zusätzliche Primärenergieaufwand für den verbesserten Wärmeschutz wird in 0 etwa 17 Monaten des Heizbetriebs wieder eingespart.

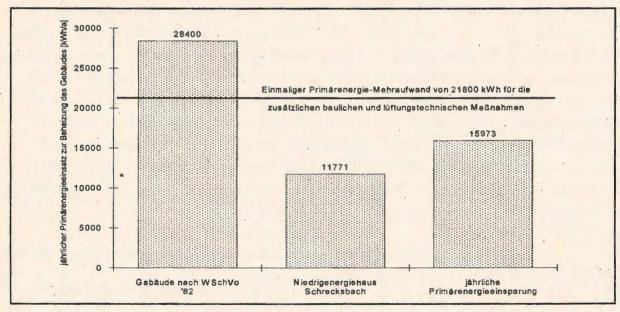
Abbildung 9.11: Zusätzlicher Primärenergieeinsatz für den gegenüber der Wärmeschutzverordnung '82 verbesserten baulichen Wärmeschutz im Niedrigenergiehaus Schrecksbach



Quelle: Hinz, Feist; Forschungs- und Demonstrationsprojekt NEH - Schrecksbach, IWU-Darmstadt, 1992

o Innerhalb der Nutzungsdauer des Hauses von mindestens 30 Jahren wird 22 mal mehr Heizenergie eingespart, als zusätzlicher Primärenergieaufwand für die energiesparende Bauweise notwendig war.

Abbildung 9.12: Primärenergieeinsatz im Niedrigenergiehaus Schrecksbach



Quelle: Hinz, Feist; Forschungs- und Demonstrationsprojekt NEH - Schrecksbach, IWU-Darmstadt, 1992

# Hemmnisse für die Ausschöpfung vorhandener Energiesparpotentiale im Gebäudebestand

Bei Betrachtung der in Kapitel 8 gezeigten Energiesparpotentiale fällt der erhebliche Abstand zwischen dem tatsächlichen Raumwärmeverbrauch und den Reduktionsmöglichkeiten auf. Energiesparinvestitionen werden heute nicht oder nur unzureichend getätigt, auch wenn sie schon beim heute gegebenen Energiepreisniveau wirtschaftlich sind und bei künftigen Energiepreissteigerungen noch erheblich wirtschaftlicher würden. Die Ursachen für die zögerliche Ausschöpfung der vorhandenen Energiesparpotentiale sind in zahlreichen Hemmnissen begründet.

Während im Zuge der Erneuerung des Heizsystems, insbesondere des Heizkessels, im großen und ganzen eine sinnvolle Auswahl getroffen wird und im übrigen die Angebote auf dem Markt auch die wirtschaftlichen Energiesparpotentiale zufriedenstellend nutzen, wird nur in den wenigsten Fällen ausreichend gedämmt. Oben wurde schon dargestellt, daß beim derzeitigen Tagesenergiepreis von 4 Pf/kWh für Heizöl der Nutzenergieverbrauch im Gebäudebestand um etwa über 20 % wirtschaftlich reduziert werden könnte (statische Betrachtung). Das wirtschaftliche Energiesparpotential ist wesentlich höher, wenn die künftig zu erwartenden Energiepreissteigerungen berücksichtigt werden. Da durch die heute durchgeführten Energiesparmaßnahmen die zukünftig teurere Energie eingespart wird, sollten sich Investoren nicht an (zufälligen) Tagespreisen orientieren.

Schließlich gibt es noch starke Unterschiede zwischen einzel- und gesamtwirtschaftlicher Betrachtung: Gesamtwirtschaftlich gesehen müssen Umweltschäden u. a. infolge des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes mit berücksichtigt werden, so daß noch wesentlich höhere Investitionen gerechtfertigt sind.

# 10.1 Hemmnisse bei statischer Betrachtung

Eine rationale einzelwirtschaftliche Kalkulation der Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen müßte die wahrscheinliche künftige Entwicklung mit einbeziehen (dynamische Betrachtung). Viele Investoren denken jedoch "statisch", d. h. sie gehen von den Tagespreisen für Energie aus und nehmen an, daß sich deren Niveau auch in Zukunft nicht verändern werde (statische Betrachtung). Dafür, daß auch statisch kalkulierende Investoren immer noch ein wirtschaftlich erreichbares Sparpotential von 20-25 % nicht nutzen, sind vor allem folgende Gründe verantwortlich:

o Daß bei Tagespreisen bereits wirtschaftliche Maßnahmen nicht durchgeführt werden, liegt auf der Seite der potentiellen Bauherren primär in Informationsdefiziten begründet. Fehlende Informationsgrundlagen der Entscheidungsträger im komplexen Feld heizungstechnischer Zusammenhänge, produktspezifischer Daten und organisatorischer Anforderungen gehen auf unzureichende oder fehlende individuelle Energieberatungsangebote zurück. Es fehlt vor allem an unabhängigen Beratungseinrichtungen mit produktübergreifendem Informationsangebot. Diese betreffen sowohl die Einsparpotentiale, die durch die Maßnahmen erreicht werden könnten, als auch die zusätzlichen Auswirkungen von Dämmaßnahmen auf die Bauerhaltung und den Wohnkomfort.

- Auch Architekten, technische Verwaltungen von Wohnungsbaugesellschaften und das bauausführende Handwerk verfügen meistens nicht über ausreichendes Wissen über energetische Zusammenhänge. Bei Architekten ist die bauphysikalische Ausbildung in vielen Fällen vernachlässigt. Zudem bestehen zuweilen Vorurteile gegen Dämmung im allgemeinen (Kontroverse "speichern" versus "dämmen" oder "atmende Außenwand") oder bestimmte Dämmstoffe im besonderen. Hinzu kommt, daß die Maßnahmen nur dann in vollem Umfang erfolgreich sind, wenn Wärmebrücken und Undichtheiten sorgfältig vermieden werden. Deshalb sind auch erhebliche Anforderungen an die Bauüberwachung von Wärmeschutzmaßnahmen und die Sorgfalt des bauausführenden Handwerks zu stellen.
- o In vielen Fällen wird die Wirtschaftlichkeit von Wärmeschutzmaßnahmen auch falsch ermittelt: einerseits wird beispielsweise bei Fassadenerneuerungen von einem Vollkostenansatz ausgegangen, d. h. die ohnedies notwendigen Instandsetzungskosten werden mit in die Kalkulation einbezogen, obwohl richtigerweise nur die Mehrkosten einer zusätzlichen Dämmung gegenüber ohnehin erforderlichen Aufwendungen (z. B. für den Verputz) der Energiesparmaßnahme zugerechnet werden dürfen. Andererseits werden, wie wir oben schon erläutert haben, aus betriebswirtschaftlicher Sicht ungeeignete Berechnungsmethoden wie z. B. die Amortisationszeitrechnung zugrunde gelegt, oder das erzielbare Einsparpotential ist im Einzelfall nicht bekannt, da enstprechende Berechnungsverfahren in der Regel bei Architekten oder Ingenieuren nicht vorhanden sind.
- O Über die Informationsdefizite hinaus bestehen bei Bauherren oft Finanzierungs-und Managementprobleme. Gerade im nicht preisgebundenen Miethausbesitz dominieren in der Bundesrepublik Klein- und Einzeleigentümer, die bei anstehenden Fassaden- und Dacherneuerungen vor erheblichen Liquiditätsproblemen stehen können, weil sie keine ausreichenden Instandsetzungsrücklagen gebildet haben. Sollen die Mieteinnahmen zur Lebensführung im Alter dienen und die Immobilien möglichst schuldenfrei vererbt werden, werden Kredite nur ungern in Anspruch genommen. Manche der großen Wohnungsunternehmen haben darüber hinaus ihren Bestand schon in hohem Maße beliehen, so daß weitere Kreditaufnahmen erschwert sind.

Häufig haben gerade solche Wohnungsbaugesellschaften auch Bestände mit besonders großen wärmetechnischen Schwachstellen. So treten neben die Rentabilitätsoft auch Liquiditätsgesichtspunkte, durch die der Umfang der energetischen Sanierung beschränkt wird, selbst wenn zusätzliche Maßnahmen rentabel wären. Hinzu kommt, daß insbesondere Fassaden- und Dacherneuerungen oft genug nicht langfristig eingeplant, sondern erst dann durchgeführt werden, wenn bereits erhebliche Mängel in der Nutzung aufgetreten sind (Lecks im Dach, bröckelnde Fassaden), die dann häufig durch rasche Ausbesserung ("Flickwerk") behoben werden und nur selten zum Anlaß für eine gründliche Fassadeninstandsetzung mit energetisch hoher Dämmung von Wand und Dach genommen werden ("lost opportunity").

- In den neuen Bundesländern tritt ein großer 'Instandsetzungsstau' hinzu, der durch die jahrzehntelange Vernachlässigung der Bausubstanz und hier insbesondere der Mietwohngebäude entstanden ist. Die Instandsetzungsmaßnahmen müssen häufig an einer Vielzahl von Bauteilen gleichzeitig erfolgen, um weitere Bauschäden abzuwenden, gleichzeitig ist die Elektro- und Sanitärausstattung zu erneuern. Die Kapitalbindung durch diese Instandsetzungsarbeiten, deren Kosten allerdings seit 1994 zu 5,5 % mietumlagefähig sind, kann eine Verknüpfung mit der wärmetechnischen Gebäudesanierung behindern, wenn nicht durch Förderung die Finanzierung der Einsparinvestition erleichtert wird. Darüber hinaus sind gegenwärtig der Umlagefähigkeit von Instandsetzungs- und Modernisierungsinvestitionen Grenzen durch die Mietzahlungsfähigkeit gesetzt, die im Einzelfall umfangreichere Maßnahmen zur Senkung des Heizwärmebedarfs verhindern können.
- Durch die KfW-Förderporgamme zur Instandsetzung und verschiedene Länderförderprogramme in den neuen Bundesländern werden auch Heizungsumstellungen von Ofen- auf Zentralheizung gefördert, ohne daß gleichzeitig eine Senkung des Wärmebedarfs durch Wärmeschutzmaßnahmen erfolgen muß. Damit wird in zahlreichen Förderfällen der Heizenergieverbauch durch höhere Raumtemperaturen und eine größere Anzahl beheizter Räume pro Wohneinheit erhöht. Zwar werden durch Heizungsumstellungen in der Regel kohlenstoffärmere Energieträger eingesetzt, unter dem Ziel der Senkung des Ressourcenverbrauchs muß dies jedoch als nicht ausreichend bewertet werden.
- o In den neuen Bundesländern werden sich für einen gewissen Zeitraum die z.T. weiter unklaren Eigentumsverhältnisse als Investitionserschwernisse auswirken.
- o Solange Wohnungsknappheit und kein ausreichender Anbieterwettbewerb bestehen, gibt es im Mietwohnungsbestand darüber hinaus für die Eigentümer nur unzureichende Anreize, Heizkosten zu reduzieren, da diese in der Regel als Betriebskosten neben der Nettomiete umgelegt werden. Erst unter stärkerem Wettbewerbs-

druck und bei höheren Energiepreisen könnte der energetische Standard eines Gebäudes einen signifikanten Einfluß auf die Höhe der Nettomiete ausüben (was gemäß § 2 Miethöhegesetz über das Merkmal "Beschaffenheit" rechtlich zulässig ist, allerdings heute nur indirekt in Mietspiegeln usw. über das Baualter Berücksichtigung findet), so daß sich dann Warmmietenneutralität marktmäßig von selbst einstellen würde; die relativ wenig aussagekräftige Kategorie "Baualter" müßte also durch wesentlich konkretere Merkmale der Beschaffenheit ersetzt werden, wobei der Raumwärmeverbrauch mit an erster Stelle zu stehen hätte.

Auch stark gesplittete Eigentumsverhältnisse (Erbengemeinschaften, Eigentumswohnungen) können eine Entscheidungsfindung für energiesparende Investitionen erschweren.

- Sowohl auf der Seite der Anbieter von wärmetechnischen Sanierungsmaßnahmen als auch auf der Seite der öffentlichen Hand fehlen bislang integrierte Ansätze zur Förderung der Energieeinsparung. Zwischen den privaten Anbietern energiesparender Güter und Leistungen auf überregionalen und örtlichen Märkten behindert die Sparten- und die Produktkonkurrenz die Entfaltung eines einheitlich und nachhaltig wirkenden Marketings für die Energieeinsparung im Gebäudebestand (z. B. Heizkesselmodernisierung versus wärmedämmende Investitionen oder Ziegelindustrie versus Dämmstoffe). Bei den überregionalen und regionalen sowie kommunalen Energieversorgungsunternehmen steht trotz einiger positiver Ansätze (Bremen, Saarbrücken, Rottweil) die Absatzsteigerung der angebotenen Heizenergieträger im Vordergrund des Marktinteresses. Eine unabhängige, umfassende Information und Kalkulation für die Energieverbraucher wird bisher zu selten durchgeführt. Der öffentlichen Hand ist es bisher nicht gelungen, einen einheitlichen, allgemein akzeptierten Qualitätsmaßstab für den wärmetechnischen Standard von Gebäuden durchzusetzen. Solch ein Maßstab ist aber unabdingbare Voraussetzung dafür, daß bessere Markttransparenz erreichbar wird und der wärmetechnische Standard sowohl den Gebäudewert als auch die Höhe des Mietpreises signifikant beeinflussen kann.
- o Steuerrechtlich versuchen Investoren, möglichst viele Erneuerungsinvestitionen als Erhaltungsaufwand geltend zu machen; diese können wahlweise sofort oder im Rahmen von fünf Jahren abgeschrieben werden. Bei den meisten Dämmungen handelt es sich demgegenüber jedoch typischerweise um wertverbessernde Maßnahmen, die einen wesentlich längeren Abschreibungshorizont haben und damit steuerlich weniger attraktiv sind.
- o Durch die Einführung der Wärmeschutzverordnung (WSchVO) ist der Energieverbrauch im Neubau wesentlich gesenkt worden. Sie ist jedoch aus vielen Gründen unbefriedigend: Sie wird im Bereich der Altbausanierung praktisch nicht ange-

wandt (abgesehen von den Fenstern) und in keinem Fall kontrolliert. Eine Norm für den Altbau besteht de facto nicht. Zudem geht die WSchVO nicht weit genug (siehe Kapitel 11.7).

- O Auch im Baurecht gibt es keinen griffigen Gesamtmaßstab für die energetische Qualität von Gebäuden. Der Schutz der Erdatmosphäre ist eine Kategorie, die in den Normensystemen des Baugesetzbuches, der Bauordnungen der Länder, des DIN, der VDI-Richtlinien und der VOB noch keine Berücksichtigung gefunden hat. Hier waren -- ausgehend vom Zustand der Gebäude im 19. Jahrhundert -- bisher die Abwehr von Gefahren für Leib und Leben der Bewohner (Einsturzgefahr, Brandgefahr, Seuchengefahr) alleiniger Anlaß für Mindestanforderungen und Grenzwerte.
- o Eine quantitativ wie qualitativ unzureichende Förderung der wärmetechnischen Gebäudesanierung durch Bund und Länder führt zu vielen "lost opportunitys" bei der Sanierung bestehender Wohngebäude oder zur Realisierung suboptimaler Dämmstandards, bei gleichzeitiger Verbrauchserhöhung durch Förderung des Übergang auf Zentralheizung, wie gegenwärtig in den NBL.
- o Ein weitgehend **fehlende Weiterbildung** von Architekten, Ingenieuren und Handwerken in diesem Bereich, leistet einem weit verbreiteten "Klima" gegen die Energieeinsparung Vorschub.
- O Die Bauforschungsaktivitäten des Bundes sind weder auf die wärmetechnische Gebäudesanierung noch auf die Einführung der Niedrigenergiebauwesie ausgerichtet. Es dominiert die "Einzelkomponentenforschung", statt einer systematischen Bearbeitung offener Fragen für den Energiesparprozeß. Eine Kooperation mit den Bundesländern und deren Erfahrungen mit der Förderung von Niedrigenergiehäusern und der wärmetechnischen Gebäudesanierung findet bisher nicht statt.
- Schließlich mag auch eine Rolle spielen, daß im Gegensatz etwa zum hygienisch Gebotenen das ökologisch Gebotene bisher erst unzureichend in die Wertsysteme der Konsumenten Eingang gefunden hat. Es ist auch zu bezweifeln, ob die Komplexität der ökologischen Wirkungszusammenhänge von breiten Schichten der Bevölkerung in dem Umfang erkannt werden kann, der die notwendigen Verhaltensänderungen beim Konsum auslösen würde.

Wir werden in Kapitel 11 Maßnahmen vorschlagen, die u. E. geeignet sind, einzelwirtschaftlich schon bei heutigem Preisniveau rentable Wärmeschutzinvestitionen in stärkerem Maße auszulösen.

# 10.2 Zusätzliche Hemmnisse bei dynamischer Betrachtung

Ein erheblich höheres Energiesparpotential erweist sich als wirtschaftlich rentabel, wenn bei den Investitionsrechnungen nicht der gegenwärtige Tagespreis zugrunde gelegt, sondern von den Preissteigerungen ausgegangen wird, die die Enquete-Kommission als wahrscheinlichste Entwicklung erwartet. Bei einer solchen dynamischen Betrachtungsweise können weitere erhebliche Energiesparpotentiale erschlossen werden.

Dieses zusätzliche Einsparpotential ist insbesondere darauf zurückzuführen, daß die Kurven des Einsparpotentials von Wand- und Dachdämmaßnahmen im Bereich von 4 bis 8 Pf/kWh eingesparten Energiekosten besonders steil verlaufen (vgl. Abb. 8.1/8.2/8.3). Bei hoher Preiselastizität müßten deshalb die Energiepreissteigerungen erhebliche Sparinvestitionen auslösen.

U. E. ist die Energiepreiselastizität der Nachfrage nach Sparinvestitionen im Gebäudebestand eher höher als etwa die der Nachfrage nach treibstoffsparenden Autos, weil es auf dem Wärmemarkt kaum die Konsummotive für möglichst viel "Power" gibt wie auf dem Automobilmarkt, sondern vergleichsweise relativ rational kalkuliert wird, wenn die Markttransparenz gegeben ist. Dennoch sind auch hier einige Hemmnisse zu nennen, die die Ausnutzung wirtschaftlicher Energiesparpotentiale behindern:

Aus rein risikotheoretischer Sicht könnte argumentiert werden, der Investor sei gut beraten, bei hoher Unsicherheit über künftige Preisentwicklungen eher vorsichtig zu kalkulieren, d. h. die Preisentwicklung lieber zu unterschätzen als zu überschätzen, um Fehlinvestitionen zu vermeiden. Hinzu kommt, daß bei breiter Markteinführung und technischem Fortschritt viele Komponenten von Energiesparmaßnahmen im Laufe der Zeit billiger werden können. Diese Argumente, die für eine Beschränkung des Investitionsvolumens zum gegenwärtigen Zeitpunkt sprechen könnten, gelten aber für die wärmetechnische Gebäudesanierung gerade nicht -wegen des Prinzips der "lost opportunity" (entgangene Gelegenheit): Die Energiesparmaßnahmen sind zumeist überhaupt nur dann rentabel, wenn sie zusammen mit ohnehin fälligen Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt werden - bei einem Zyklus solcher Maßnahmen von 15 - 50 Jahren wird die Möglichkeit, Energie in erheblichem Umfang einzusparen, allzu lange hinausgeschoben, wenn sie nicht ab sofort bei jeder Instandsetzung ausgeschöpft wird. Durch die Hinausschiebung besteht für den Investor gerade bei größeren Energiepreissteigerungen die Gefahr, daß der Raumwärmeverbrauch zu hoch bleibt, ohne daß er bis zum Ende des Ersatzzeitraumes mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand noch reduziert werden könnte.

- o Der übliche Instandsetzungszyklus läuft nur so lange, wenn zwischenzeitlich die Gebäude nicht entweder abgerissen oder einer gänzlich anderen Nutzung zugeführt werden. Selbst wenn solche Änderungen ex post betrachtet gar nicht so häufig eintreten, rechnen viele Investoren dennoch ex ante damit, zumal wenn die Gebäude etwa in Gebieten am Rande von Stadtkernen liegen, in denen Umnutzungsoder Abbruchserwartungen real sind.
- o Sodann ist der individuelle Lebenszyklus der Eigentümer zu beachten: Diese möchten insbesondere im Rentenalter oder zu Zeiten, in denen sie wenig Einkommen haben, "ihre Ruhe haben", sind aber demgegenüber oft auch bereit, in anderen Zeiten relativ viel in Gebäude zu investieren, um für jene Zeiten vorzusorgen. Hier macht sich bemerkbar, daß das Gut Wohnung im Vergleich zu fast allen anderen Gütern eine hohe Lebensdauer hat.
- o In der privaten Wirtschaft ist der Zeithorizont für die Rentabilität von Investitionen in den letzten Jahrzehnten drastisch gesunken. Investitionen, die sich erst langfristig amortisieren, werden folglich auch dann nicht getätigt, wenn ihre Wirtschaftlichkeit gegeben ist.

### 10.3 Zusätzliche Hemmnisse bei Nichtbeachtung externer Effekte

Durch den letztgenannten Punkt wird der Konflikt zwischen dem sehr langfristigen gesellschaftlichen Ziel "Schutz der Erdatmosphäre" und den erheblich kürzeren individuellen Rentabilitäts- und Liquiditätsperspektiven der Investoren verstärkt. Der marktwirtschaftlichen Konzeption nach soll sich in der Energiepreisstruktur der Märkte die Kostenstruktur (d. h. die langfristigen volkswirtschaftlichen Grenzkosten der Energiegewinnung) widerspiegeln. Beim gegenwärtigen Energiepreisniveau werden jedoch externe Umweltkosten der Energienutzung sowie die Knappheit und Begrenztheit der Energieressourcen nicht oder nur unzureichend berücksichtigt. Nur wenn diese Belastungen und Risiken in die betriebswirtschaftlichen Kosten "internalisiert" wären, würden private und volkswirtschaftliche Kosten sich entsprechen. Gegenwärtig werden die Umweltkosten (etwa durch die Emission von Luftschadstoffen oder von CO2, aber auch durch Landschaftsverbrauch und Beeinträchtigung des Grundwassers) auf Dritte oder die Gesellschaft abgewälzt. Aus umweltpolitischer Sicht (Schutz der Erdatmosphäre) ist ein Kostenniveau der eingesparten Energie von 8 - 13 Pf/kWh unter langfristigen, gesellschaftlichen Aspekten durchaus angemessen. Damit könnte ein Einsparpotential ausgeschöpft werden, das deutlich über 50% des bisherigen Energieeinsatzes ausmacht. Die betreffenden Nutzwärmekosten sind dann immer noch geringer als die mittelfristigen Grenzkosten einer regenerativen Energiebereitstellung (um 15 Pf/kWh). Für die Ausschöpfung dieses Einsparpotentials wird in Kapitel 11 eine "Strategie" vorgeschlagen.

# Instrumente zur Ausschöpfung vorhandener Nutzenergie-Einsparpotentiale im Gebäudebestand

#### 11.1 Einleitung

Gefährdungen unserer lebensnotwendigen Umwelt haben bisher bei der Gestaltung gesetzlicher Normen im Baubestand eine nur sehr geringe Berücksichtigung gefunden. Angesichts der drohenden Klimaeffekte, sterbender Wälder und sonstiger Umweltgefahren kann das in gesetzlichen Normen wie der Bauordnung, in DIN-Normen usw. verankerte klassische Ziel der Abwehr unmittelbarer vom Baukörper ausgehender Gefahren als nicht mehr hinreichend angesehen werden. Die massiven Gefahren, die der Allgemeinheit durch den übermäßigen und unreflektierten Eingriff in den Naturhaushalt drohen, sind in zahlreichen wissenschaftlichen Quellen der letzten Jahre belegt und brauchen hier nicht im einzelnen aufgeführt werden. Diese Belastungen stellen für die Allgemeinheit eine ebenso große und in Zukunft sogar eine größere Gefahr dar wie die klassischen Gefahren des Brandes und der Einsturz eines Gebäudes, da sie nicht nur individuelle gesundheits- und lebensbedrohende Schäden hervorrufen, sondern die Existenz der ganzen Gattung gefährden können. Hieraus ergeben sich nicht nur Verpflichtungen, sondern auch Chancen, durch konsequentes Handeln erkannte Gefährdungen abzuwehren, indem ihre Ursachen beseitigt werden.

Dies erfordert allerdings das Überdenken einer Reihe von bisher überkommenen Handlungsweisen, insbesondere die umfassende "Nachbesserung" all der Gebäude, Anlagen und Systeme, die in der Vergangenheit ohne Beachtung ihrer Folgen errichtet wurden und heute und in der Zukunft eine Quelle von nicht tolerierbaren Eingriffen in den Naturhaushalt darstellen. Diese Aufgabe erweist sich bei eingehender Befassung als keinesfalls im Widerspruch zu klassischen ökonomischen (qualitatives Wachstum), sozialen (Vollbeschäftigung) und politischen (Demokratisierung und Stärkung der Eigeninitiative) Zielen.

Verringerung des Einsatzes an nicht erneuerbarer Primärenergie ist überall dort möglich, wo heute Energie nicht rationell umgewandelt und genutzt wird. Hier ist der entscheidende Zusammenhang zur Bautätigkeit: werden doch ca. 35 % der in der Bundesrepublik verbrauchten Energieträger ausschließlich für die Beheizung unserer Aufenthaltsräume in der kalten Jahreszeit eingesetzt. Dies ist der größte Einzelanteil in der Energiebilanz, vielleicht aber auch derjenige, bei welchem sich durch bekannte und meistenteils wirtschaftliche Techniken die höchsten Einsparungen durch rationelle Nutzung erzielen lassen. Neu errichtete konventionelle Gebäude kommen bereits mit ca. 50 - 60 % der im Durchschnitt der Altsubstanz benötigten Heizenergie aus. Speziell energiebewußt geplante und realisierte Wohngebäude benötigen sogar nur 5 - 30 % der früher üblichen Brennstoffmengen.

Die Ursache für hohen Energieverbrauch und hohe Umweltbelastungen liegt daher zu einem großen Anteil in der geringen Effizienz, mit der in durchschnittlichen Gebäuden heute Heizenergie genutzt wird. Will man ernsthaft die schädlichen Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf den Naturhaushalt verringern, so muß auch an dieser Ursache angegriffen werden: Dort, wo der Energieumsatz durch Nutzungsparameter und bauliche Strukturen festgelegt wird.

Die Neuorientierung des Baurechts wird aller Erfahrung nach eine langwierige Aufgabe werden. Sie könnte erleichtert werden, wenn der Umweltschutz als Staatsziel Aufnahme in das Grundgesetz fände. Man kann andererseits aber nicht davon ausgehen, daß ein revidiertes Baurecht ausreichen könnte, um das notwendige und mögliche Ausmaß der Energieeinsparung im Gebäudebestand zu erreichen. Vielmehr wird es darauf ankommen, ein in sich schlüssiges System von

- Informationen und Aufklärung
- Ge- und Verboten
- finanziellen "Bestrafungen" in Form von Steuern oder Abgaben und
- finanziellen "Belohnungen" in Form von öffentlicher Förderung

zu entwickeln, durch welches das Energiesparpotential genutzt wird, das betriebswirtschaftlich rentabel und/oder auch unter gesamtwirtschaftlichen Gesichtspunkten (vermiedene soziale Kosten) sinnvoll erscheint.

Dies ist im Prinzip gerechtfertigt, damit externe Effekte des Energieverbrauchs internalisiert und das nicht teilbare öffentliche Gut Erdatmosphäre geschützt werden kann. Andererseits sollten die Instrumente möglichst marktkonform sein, fiskalisch tragbar und leicht kontrollierbar, und dem Verursacherprinzip sollte möglichst Genüge getan werden. In diesem Bedingungsrahmen ist das im folgenden vorgeschlagene und in der Abbildung 11.1 im Überblick dargestellte System von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeinsparung im Gebäudestand zu sehen.

Abbildung 11:1: Walnut and

# System abgestimmter Fördermaßnahmen zur rationellen Energieverwendung

# · Aufbau einer Energieberatungs-Infrastruktur

- Drittelfinanzierung Bund : Länder : Dritte
- feste Beratungsstelle/250.000 Einwohner
- 100 Mio DM Startfinanzierung (Bund)
- 100 Mio DM jährlicher Deckungsbeitrag (Bund)

# • Intensivierung der Weiterbildung

- Architekten/Ingenieure/Handwerker
- regionale Ebene
- Heizenergie/WW/Strom/Wasser

# · Einbringen in die Bauteilerneuerungszyklen

- Kopplung des Wärmeschutzes an "ohnehin-Maßnahmen" wie Neuverputz-
- Wenn schon, denn schon: optimale Dämmstoffstärken

# Einführung von Energiekennwerten

- Energiebedarf je m² Wohnfläche (kWh/m²) als Vergleichsmaßstab
- funktionale Norm zur Optimierung der Zielerfüllung
- Vergleichbarkeit von berechnetem Bedarf und gemessenem Verbrauch
- Verwendung validierter Rechenverfahren (z.B EN 832)

# Gesetze und Verordnungen.

- Novellierung Energiespargesetz
- Erneute Novellierung Wärmeschutzverordnung (Niedrigenergiehaus als Standard)

# Förderprogramm Energieeinsparung im Bestand

- Bund/Länder-Förderprogramm Heizenergieeinsparung (Hessen) 4 Mrd. DM /a
- Förderprogramm Öffentliche Bauten der Gemeinden
- Solarthermisches Förderprogramm
- Demonstrationsprojekte (Gebäudetypologie)

# · Förderprogramm Niedrigenergiehäuser

- Einführung durch WSchVO-Novelle 1999
- Förderung von Demonstrationsbauten und praxisnaher Bauforschung ab 1994 (Bund: Länder): 500 Mio p.a. = 40.000 WE)
- Sozialer Wohnungsbau: Kaltmietenerhöhung um 50 Pf/m² ermöglichen (Mietobergrenze)

# Energiesteuer

- bei 1 .. 5 Pf/kWh = 4 .. 20 Mrd DM/a Steuervolumen (Endpreis: 0,70 bzw. 1,00 DM/Liter HEL)

# Forschungsförderung

# Programm zur Förderung einer integrierten unabhängigen Energieberatung und der Weiterbildung

#### Förderprogramm Energieberatung

Unabhängige Energieberatungseinrichtungen haben sich in einigen Städten und Landkreisen bereits als Instrumente zur Förderung der Energieeinsparung bewährt. Es sollen ein von wirtschaftlichen Interessen unabhängiges Informationsangebot und konkrete, objektbezogene und umfassende Entscheidungsgrundlagen für den einzelnen Energieverbraucher sowie eine kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit für die Energieeinsparung durch die Einrichtung von Beratungsstellen geschaffen werden. Für die Energieverbraucher einer Stadt oder eines Landkreises erarbeiten solche Beratungsstellen sichere Entscheidungsgrundlagen für künftige energiesparende Investitionen, durch unabhängige und damit glaubwürdige Informationen über Energiespartechniken sowie integrierte Energiesparvorschläge und -konzepte für die jeweils konkreten örtlichen Verhältnisse. Eine kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit fördert die Energieeinsparung "vor Ort". Durch die Auslösung energiesparender Investitionen sind unabhängige Energieberatungsstellen nicht nur ein Bestandtteil verantwortlicher kommunaler Energie- und Umweltpolitik, sondern auch eine neue Form kommunaler Wirtschaftsförderung.

Durch ein "Impulsprogramm Energieberatung" würde der Aufbau eines Netzes von unabhängigen, integrierten Energieberatungseinrichtungen auf der Ebene der kreisfreien Städte (Oberzentren), größeren Landstädte (Mittelzentren) und Landkreise gefördert. Auf je 250.000 Einwohner sollte mindestens eine feste Beratungsstelle mit 4-5 Energieberatern kommen. Das Programm ist als Bund-Länder Förderprogramm anzulegen und mit einer Drittelfinanzierung zu versehen. Dieses Splitting hat den Vorteil, daß von Anfang an auch auf örtlicher Ebene Kräfte angeregt werden, die die Beratungseinrichtungen unterstützen und fördern. So sind auf dem Hintergrund von Bundes- und Landeszuschüssen für die Einrichtung und zur Deckung der Jahreskosten Beiträge der Kommunen und der Energieversorgungsunternehmen, des Handwerks und der Architekten, der Verbände der Wirtschaft, der örtlichen Kreditwirtschaft und weiterer natürlicher Personen denkbar. Eine Integration der Beratung der Arbeitsgemeinschaft der Verbraucher in örtliche Energieberatungsstellen ist unverzichtbar. Ein Abbau der Zuschüsse, bei wachsender finanzieller Förderung der Beratungsstellen durch örtliche Kräfte bzw. bei zunehmender Erreichung des Handlungszieles der wärmetechnischen Gebäudesanierung, ist sinnvoll. Die auf die gewerbliche, kostenträchtige Energieberatung zielenden Förderprogramme einzelner Länder können neben diesem Förderprogramm fortbestehen oder auch wahlweise integriert werden. Sie sind kein Widerspruch zum Impulsprogramm Energieberatung, da dieses Programm eine breiter wirkende, kostenfreie Energieberatung ermöglicht und die wenigen kleinen Länder - Beratungsprogramme genutzt werden können um spezielle Gebäudeanalysen z. B. insbesondere im Bereich gewerblicher Energieverbraucher zu fördern.

### Ziele und Qualitätsstandards für die unabhängige Energieberatung

Die Energieberatung ist an den Zielen der sparsamen, rationellen, umwelt- und sozialverträglichen Energienutzung zu orientieren. Aus diesen Zielen leiten sich die folgenden Qualitätsstandards für die Beratung ab:

- Die Unabhängigkeit der Beratung sichert ihre Glaubwürdigkeit.
- Die integrierte Energieberatung betrachtet das gesamte Energienutzungssystems und seine Umweltbezüge (Heiztechnik und Wärmeschutz an der Gebäudehülle, Strom- und Wassereinsparung). Folgende Themen gehören zum Angebot: Wärmeschutz im Gebäudebestand, Niedrigenergiehäuser, moderne Heiztechnik, Stromeinsparung in Haushalten und Gewerbe, Kraftwärmekopplungssysteme, Nutzung erneuerbarer Energiequellen, Wassereinsparung im Haushalt, umweltschonende Energienutzung.
- Die Kostenfreiheit der Beratung gewährleistet eine hohe Breitenwirkung und die Möglichkeit einer offensiven Öffentlichkeitsarbeit.

#### Zielgruppen der Energieberatung

Die Zielgruppen in den o. g. Verbrauchsbereichen sind:

Wohnungs- und Hauseigentümer, Mieter, Wohnungsbaugesellschaften und -genossenschaften, Bauträgergesellschaften, Bauwillige, Baustoffhändler, Handel und Handwerk, öffentliche Verwaltungen, Kreditwirtschaft, Innungen und Standesverbände, Interessenorganisationen der Mieter und Vermieter, Architekten, beratende Ingenieure, private gewerbliche Unternehmen, Handwerks- sowie Industrie- und Handelskammer.

#### Die erforderliche Beratungsinfrastruktur

Eine unabhängige Energieberatung läßt sich auf örtlicher Ebene am besten in Form fester Beratungsstellen verwirklichen. Für Großstädte und Landkreise sollte pro zweihunderfünfzigtausend Einwohner eine Beratungsstelle eingerichtet werden, die in Landkreisen um Sprechstunden in den Kreisgemeinden zu ergänzen wäre. Das Beratungsteam sollte wie in Saarbrücken oder Kassel aus vier bis sechs Fachberatern und Beraterinnen bestehen. Für Klein- und Mittelstädte um 20 bis 100 Tsd. Einwohner ist die Einrichtung einer Beratungsstelle kleineren Zuschnitts sinnvoll, wobei auch hier der Kontakt zum Umland gesucht werden sollte.

Die Qualifikation des Beratungsteams sollte im Meister-, Techniker- und Ingenierbereich liegen und das integrierte Beratungsangebot abdecken (z. B. Heizungsingenieur, Architekt o. Bautechniker, Physiker, Umweltberater). Angesichts des breiten Themenspektrums ist eine Einarbeitung der Mitarbeiter in die folgenden Gebiete sinnvoll:

- Bauphysik: Wärmedurchgang, Wasserdampfdiffusion, Wärmebrücken, bauliche Energiebilanzen, passive Solarenergienutzung.
- Heizungs/Lüftungs/Klimatechnik: Wärmebedarf, Wärmeverteilung, Regelungstechnik, Abgasführung, Wartung und Betrieb, Wärmeerzeuger, Umweltdaten.
- Betriebswirtschaft, Energiewirtschaft, Finanzierung.

#### Zur Ausstattung einer Beratungsstelle gehören:

- ein Raum oder ein abgegrenzter Bereich für eine ungestörte Beratung, verbunden mit Flächen für eine Dauerausstellung,
- ein Raum für die Bearbeitung von Energiekonzepten, Informationsmaterialien.
- Personalcomputer mit Wärmebilanz-, Dampfdiffusionsprogramm etc.
- System zur Selbstinformation der Ratsuchenden.

#### Betriebs- und Einrichtungskosten

Die technische Grundausstattung der Beratungsstelle erfordert für Großstädte und Landkreise einen einmaligen Finanzbedarf von ca. 250 Tsd. DM, der bei schrittweisem Aufbau auch über 2 bis 3 Jahre gestreckt werden kann. Für Mittel- und Kleinstädte ist mit Kosten um 150 bis 200 Tsd. DM zu rechnen. Die Jahreskosten für Personal und Sachmittel differieren je nach Personalausstattung. Überschläglich entstehen ca. 500 TDM Jahreskosten für die beschriebene Ausstattung für Großstädte und Landkreise (250 Tsd. Einwohner) bei einer Besetzung mit 5 Energieberatern.



Abbildung 11.1: Die kommunale Energieberatungsstelle der Stadt Kassel arbeitete als unabhängige Energieberatungsstelle erfolgreich zwischen 1984-1988.

#### Fördervolumen eines Bund-Länder-Impulsprogrammes Energieberatung

Auf der Basis der o. g. Kosten ergibt sich bei einer gesplitteten Förderung durch Bund, Länder und örtliche Kräfte für den Bund bei der Einrichtung von rund 320 Beratungsstellen das folgende Fördervolumen (1 Beratungsstelle pro 250.000 Einwohner):

- Einmaliges Zuschußvolumen für die Einrichtung (Startfinanzierung 0,25 Mio DM/-Zentrum): 80 Mio DM. Es ist voraussichtlich mit einem jährlich abgerufenen Volumen von 10-15 Mio DM zu rechnen (5-Jahres-Startprogramm).
- Gesamtvolumen zur Deckung der jährlichen Betriebskosten: 180-190 Mio. DM pro Jahr (Personalkosten 450 Tsd. DM, Miete 30 Tsd. DM, Verbrauchsmaterial 12 Tsd. DM, Miete 30 Tsd. DM, Öffentlichkeitsarbeit 50 Tsd. DM) Dieser Teil des Förderprogrammes sollte auf 10 bis 15 Jahre befristet werden. Nach Ablauf dieser Frist kann die Beratung durch örtliche Kräfte getragen werden. Insbesondere ist damit zu rechnen, daß durch Neubestimmung der Aufgaben von Stadtwerken und regionalen Energieversorgern eine finanziell tragfähige Grundlage heranwächst, die den Zielen der Energieeinsparung und rationellen Energieverwendung nicht mehr widerspricht.

Tabelle 11.1: Mögliche Verteilung der Kosten für Einrichtung und Betrieb von 320 Energieberatungsstellen auf Bund, Länder und örtliche Träger/Gemeinden

	Summe: 320 Bera- tungsstellen	Bund Mio. DM	16 Länder Mio. DM	Gemeinden Mio. DM	weitere örtli- che Träger Mio. DM
Einrichtung (einmalige Kosten)	80 Mio. DM	50	25	5	
Betriebskosten pro Jahr	190 Mio. DM	120	50	15	5

Angesichts dieses geringen Finanzvolumens wird deutlich, daß der Aufbau einer unabhängigen Energieberatungsinfrastruktur nicht an die Einführung einer Energiesteuer geknüpft werden muß. Sie ist schon heute realisierbar, wenn eine entsprechende politische Wertschätzung und ein Bund-Länder-Förderprogramm örtliche Kräfte als Träger ermutigen würden. Nach Einführung einer Energiesteuer oder CO<sub>2</sub>-Abgabe kann der Bund aus dem Aufkommen den Förderanteil auf 100 % anheben und damit die örtlichen Träger und die Länder entlasten.

#### Mögliche Träger der unabhängigen Energieberatung

Die unabhängige und integrierte Energieberatung läßt sich mit verschiedenen Organisationsmodellen realisieren, wobei die gefundene Lösung von der jeweiligen örtlichen Situation abhängig sein wird. Die folgenden möglichen Träger der unabhängigen Beratungsstelle sollten frühzeitig in eine von den Bundes- und Landeswirtschaftsministerien ausgehenden Diskussion einbezogen werden:

- das örtliche oder überregionale Energieversorgungsunternehmen/Stadtwerke
- die Stadt/Gemeinde/der Landkreis, z. B. über das Hochbauamt, Kreisbauamt, Planungsamt oder Umweltdezernat
- die örtliche Kreditwirtschaft, insbesondere die Sparkassen
- die Verbände der Wirtschaft
- die Arbeitsgemeinschaft der Verbraucher
- Umweltverbände
- natürliche Personen

Eine Auswahl geeigneter Organisationsmodelle ist zu schaffen.

and the state of t

#### Beratungsinstrumente

Die nachfolgend beschriebenen Beratungsinstrumente sind eine Auswahl aus der Vielzahl der Handlungsmöglichkeiten der Energieberatung. Sie gewährleisten die integrierte Energieberatung und die aktive Öffentlichkeitsarbeit für die Energieeinsparung. Die Aufzählung versteht sich als Anregung. Je nach Größenordnung der Beratungsstelle sollte ein handhabbares Bündel von Instrumenten ausgewählt werden.

#### Beratungsgespräche

Das qualifizierte Beratungsgespräch mit den Kunden dient der Erörterung des jeweiligen Einzelproblems durch Grobanalysen, Produktbeschreibungen, Ausführungshinweisen und Informationsmaterialien. Die Zusammensetzung des Teams sichert die integrierte Beratung.

# Beurteilung von Förderanträgen im Bund-Länder Förderprogramm "Wärmetechnische Gebäudesanierung"

Die Energieberatung sollte eng in das zu schaffende Förderprogramm "Wärmetechnische Gebäudesanierung" integriert werden und hier mit den kommunalen Wohnungsämtern zusammenarbeiten. Aufgabe sollte die Beurteilung von Förderanträgen und die Durchführung einer Erfolgskontrolle der ausgeführten Maßnahmen sein, die ihrerseits wieder für die Öffentlichkeitsarbeit vor Ort Impulse gibt.

#### Dauerausstellung in der Beratungsstelle

Eine Dauerausstellung unterstützt das Beratungsgespräch durch Darstellung der wesentlichen Heizenergie-, Strom- und Wasserspartechniken.

#### Energiesparprogramme für Wohngebäude

Computergestützte Energiesparprogramme für Einzelgebäude (Wärmeschutz und Heiztechnik) mit einem Wärmebilanzprogramm liefern die Einschätzung des wärmetechnischen Gebäudezustandes und zeigen die konkreten Energiesparmöglichkeiten mit ihren Kosten und Nutzen für das jeweilige Objekt. Sie analysieren Gebäudehülle und Heiztechnik in ihrem Zusammenhang. Über Gebäudefragebogen kann dieses Instrument auch aktionsorientiert eingesetzt werden.

#### Entwicklung von Energiekonzepten für Wohnungsbaugesellschaften

Energiesparprogramme von Einzelgebäuden können zu Energiekonzepten z. B. für die Bestände von Wohnungsbaugesellschaften, Bauträgern etc. ausgeweitet werden. Inhalt: Heiztechnik, Wärmeschutz, rationelle Erzeugung, Wassereinsparung, Stromeinsparung. Hierüber können Personalengpässe der Gesellschaften kompensiert werden. Solche Energiekonzepte können ihrerseits durch die Gebäudeeigentümer für die Beantragung von Fördermitteln herangezogen oder in langfristige Bauerhaltungsprogramme eingebaut werden.

#### Gebäudetypologie und quartiersbezogene Energiekonzepte

Energiekonzepte für Stadtteile, Ortsteile, Wohngebiete oder Reihenhaussiedlungenlassen sich auf der Basis von einzelnen Energiekonzepten für Einzelgebäude entwickeln. Aus der Kenntnis der örtlichen Gebäudesubstanz kann eine Gebäudetypologie entwickelt und hierüber die wesentlichen örtlich sinnvollen Energiespartechniken verdeutlicht werden. In Verbindung mit Handwerksbetrieben oder Innungen können auch Musterhäuser z. B. für die kostenlose (oder kostenreduzierte) Ausführung einzelner typischer Dämmaßnahmen gesucht und die eintretenden Einsparerfolge dokumentiert werden.

#### Informationsmaterialien mit Ortsbezug

Informationsmaterialien zu den wesentlichen Energiespartechniken mit örtlichen Bezügen und Nachweis ausführender Betriebe sind ein Instrument der Kundenselbstinformation und ergänzen die Aussagen der Energiesparprogramme. Sie sollten in Kooperation mit den Handwerksinnungen erarbeitet werden und über einen "Firmennachweis" der jeweiligen zur Thematik passenden Innung(en) im Anhang verfügen.

#### Öffentlichkeitsarbeit

Als weitere Maßnahmen im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit bieten sich an: Teilnahme an örtlichen Messen, Beratungsaktionen für die Klientel interessierter Institutionen durch Verteilung des Computerfragebogens und kostenlose Berechnung von Energiesparprogrammen, Wanderausstellungen, Einsatz eines Beratungsbusses, Pressearbeit insbesondere zur Darstellung ausgeführter positiver örtlicher Beispiele. Sonderseiten zu den einzelnen Energiespartechniken in Zusammenarbeit mit den Handwerksinnungen (Anzeigenteil), Anzeigenwerbung, Vortragstätigkeit, Einsatz von Energiespar- und Umweltschecks als Anreizsystem.

#### Kooperation mit der Stadt- oder Kreisverwaltung

Die Kooperation mit der Stadt- oder Kreisverwaltung dient der Verknüpfung der Energieberatung mit dem Stadtentwicklungs- und -erneuerungsprozeß bzw. der Dorferneuerungsplanung. Auch bei der Vergabe von Energiesparfördermitteln wirkt die Energieberatung unterstützend für das beteiligte Amt. Mit dem Hochbauamt (Energiebeauftragter) ist auf die Erstellung von Energiekonzepten für die öffentlichen Liegenschaften hinzuarbeiten.

#### Kooperation mit ausführenden Handwerks- und Gewerbebetrieben

Die Kooperation mit der örtlichen Wirtschaft dient dem Nachweis ausführender Betriebe und der Schaffung von mehr Markttransparenz über die örtlich verfügbaren Produktpaletten. Die unabhängige Energieberatung ist in diesem Sinne eine wirksame Ergänzung der vorhandenen nur sektoral ansetzenden Beratungsangebote in verschiedenen Handwerkszweigen. Die möglichen Kooperationspartner im einzelnen: Bau- und Ausbaugewerbe, Innungen der Dachdecker, Schreiner, Fensterbau, Rolladenbau, Glaser,

Putzer und Stukkateure, Maler, Heizungs- und Sanitärinnung, Schornsteinfeger, Elektroinstallateure, Isolierer, der Einzelhandelsverband, die Architektenkammer und die beratenden Ingenieure.

#### Vermittlung von Detail- und Ausführungsplanungen

Die Vermittlung weiterführender Beratungsleistungen von Architekten und Ingenierbüros ist erforderlich, da die Beratungsstelle keine Ausführungs- und Detailplanung vornimmt. Hierzu sind die Adressenlisten der Architektenkammer und der in der IHK geführten beratenden Ingenieurbüros vorzuhalten.

#### Integration in Fortbildungsmaßnahmen für das Handwerk

Die Integration der Energieberatung in Fortbildungsveranstaltungen verschiedener Träger insbesondere für das ausführende Handwerk sichert die Weitergabe von Kundenerfahrungen mit ausführenden Betrieben und dient der Weitergabe neuer Erkentnisse in die berufliche Praxis. Umgekehrt wird auch die Rückopplung von Praxiserfahrungen in die Energieberatung damit gesichert.

#### Erfolgskontrolle über die Energieberatung

Eine Erfolgskontrolle mit Rückoppelung in die Beratung verstetigt die Kundenbetreuung, sichert eine Dokumentation örtlich ausgeführter Beispiele und Erfahrungen und dient der Überprüfung der eigenen Praxis. Sie kann etwa in Form eines einfachen, jährlich verschickten Fragebogens erfolgen, der Aufschluß über in der Folge der Beratung ausgeführte Energiesparmaßnahmen und eingetretene Einsparerfolge geben sollte.

### Information über die Wirtschaftlichkeit, Sozial- und Umweltverträglichkeit der Maßnahmenvorschläge

Die Ausführung dynamischer Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Darstellung ökologischer und sozialer Folgewirkungen des Energieeinsatzes gehört zum Grundstandard der Beratung und dient zur Motivationsbildung beim Kunden. Hierbei ist besonders auf die Darstellung der Umwelteffekte einer Energiesparstrategie zu achten, da eine alleinige Darstellung der Wirtschaftlichkeitsdimension den vernetzten Problemen des Energieeinsatzes nicht gerecht wird.

#### Energieberatung-Instrument zur Förderung der Energieeinsparung

#### Qualitätsanforderungen:

- \* Orientierung an Primärenergieeinsparung und Umweltschutz
- \* Unabhängigkeit der Beratung von Geschäftsinteressen
- \* Integriertes Beratungsangebot aus einer Hand: Dämmung, Heiztechnik, Strom-, Wassereinsparung, Umwelt- und Abfallberatung
- \* Kostenfreiheit der wesentlichen Beratungsleistungen

#### Beratungsinstrumente:

- \* Beratungsgespräch (Grobanalysen)
- \* Ortsbesichtigungen
- \* computergestützte Energiesparprogramme für Wohngebäude
- \* Energiekonzepte für Orts-, Stadtteile, Wohnungsbaugesellsch., öffentliche Liegenschaften (integriert oder sektoral)
- \* Dauerausstellung, Wanderausstellungen, Beratungsbus
- \* Pressearbeit mit positiven örtlichen Beispielen
- \* Informationsmaterialien mit örtlichem Bezug und Nachweis ausführender Betriebe
- \* Informations-Aktionen (sachlich, räumlich, zeitlich begrenzt)
- \* Kooperation mit den örtlich ausführenden Betrieben (Innungen)
- \* Kooperation mit Stadt-, Gemeinde-, Kreisverwaltung (Energie-u. Umweltberichte, kommunale Gebäude, Stadt- u. Dorferneuerung)
- \* Vermittlung weitergehender gewerblicher Beratungsleistungen
- \* Erfolgskontrolle über eigene Tätigkeit
- \* Integration in Fortbildungsmaßnahmen
- \* Wirtschaftlichkeitsberechnungen, Darstellung ökologischer und sozialer Folgewirkungen des Energieeinsatzes

#### Träger der Beratung:

- \* Stadt, Gemeinde, Landkreis
- \* EVU/EDU
- \* Verbände der Wirtschaft
- \* Arbeitsgemeinschaft der Verbraucher
- \* natürliche Personen und Umweltverbände etc.
- \* Kreditwirtschaft

Kooperationsformen von der örtlichen Situation abhängig

A Part And And A

#### 

#### Grundausstattung von Energie- und Umweltberatungsstellen:

- \* Raum/ungestörter Bereich für Beratungsgespräche
- \* Flächen für eine Dauerausstellung
- \* Raum für Bearbeitung von Konzepten, Informationsmaterialien.
- \* PC mit Wärmebilanzprogramm
- \* System zur Selbstinformation der Ratsuchenden
- \* Personalausstattung für Großstädte und Landkreise pro 250 Tsd. Einwohner: 5 FachberaterInnen, für Klein- und Mittelstädte:
  - 2 FachberaterInnen, jeweils breite Kooperationsmodelle anstreben

# 11.3 Förderung der Weiterbildung von Handwerk, Ingenieuren und Architekten

Erforderlich ist die Schaffung eines abgestimmten Weiterbildungsrahmens für die Planer und ausführende Baugewerke:

Putzer, Maler, Hochbau, Ausbaugewerbe, Dachdecker, Zimmerer, Glaser, Schreiner, Metallbau, Rolladenbau. Die Weiterbildung ist regional zu organisieren und auf die Erfordernisse des jeweiligen Baubestandes (Typologie!) abzustimmen. Für erfolgreiche Teilnahme an Weiterbildungsveranstaltungen sollte den Firmen ein Gütesiegel zuerkannt werden, das vom Bundeswirtschaftsministerium in Abstimmung mit den Länderwirtschaftsministerien herauszugeben ist. Entsprechend dem Hamburger Modell ZEWU ist die Teilnahme von Gesellen der Handwerksbetriebe an Weiterbildungsveranstaltungen auch während der Arbeitszeit zu regeln, indem Verknüpfungen mit der Förderung von Berufsbildungsmaßnahmen der Arbeitsämter hergestellt werden.

Die Förderung von weiterbildenden Studiengängen für Meister, Architekten und Ingenieure nach dem Vorbild der Studiengänge an der Gesamthochschule Kassel, TU Berlin oder der TA Eßlingen ist ein weiterer Bestandteil eines Weiterbildungskonzeptes. Vordringliche Ausbildungsinhalte: Wärmeschutztechniken, Energiebilanzierung, energiesparende Heiztechnik, Gemeinschaftsheizanlagen, Kraft-Wärme-Kopplung, Lüftungstechnik in Wohngebäuden, Bauphysik: Wärme/Kälte/Feuchte/Schall.

Sinnvoll ist weiterhin die Schaffung von Weiterbildungs-Arbeitskreisen für Energieberater auf Länderebene.

Die Erfahrungen des Schweizer Impulsprogrammes wärmetechnische Gebäudesanierung können hierzu auf deutsche Verhältnisse übertragen werden. In Verbindung mit den vorliegenden und zu schaffenden Ergebnissen der Bauforschung sind Weiterbildungsmaterialien zu entwickeln. Als Inhalte seien stichworthaft genannt:

- Vorgehen bei der wärmetechnischen Gebäudesanierung, Zusammenarbeit der Gewerke,
- Darstellung der Ausführungserfordernisse der einzelnen Dämmaßnahmen (Vorhangfassade, Kerndämmung, Wärmedämmverbundsystem, Innendämmung, Flach- und Steildachdämmung, luftdichter Dachausbau, Reduzierung von Wärmebrückenwirkungen im Bestand, Kellerdeckendämmung, Fenstererneuerung etc.),
- Dämmaßnahmen und Bauphysik,
- Erfordernisse einer sorgfältigen Bauausführung,
- Heizungsmodernisierung, Vermeidung von Ausführungsmängeln,
- Energiekennwerte im Bestand,
- Lüftungstechnische Sanierungsmaßnahmen,
- Stromeinsparung im Haushalt und Kleinverbrauch etc.
- Wirtschaftlichkeitsberechnung.

# 11.4 Bedeutung der Bauteilerneuerungszyklen für die wärmetechnische Gebäudesanierung

Die in Kapitel 3 vorgeschlagenen Maßnahmen sind in der Regel nur dann einzelwirtschaftlich vertretbar, wenn sie an ohnehin fällige Sanierungs-, Modernisierungs- und Erneuerungsmaßnahmen angekoppelt werden. Das Anbringen einer Außenwanddämmung etwa muß, um wirtschaftlich rentabel zu sein, mit den fälligen Arbeiten an der Fassade (z. B. Erneuerung des Außenputzes) verbunden werden. Wird dieser Zeitpunkt dagegen nicht für die Dämmaßnahme genutzt, so wird über die Lebensdauer des Neuverputzes auch keine Außenwanddämmung mehr ausgeführt. Oder wird die Neueindeckung von Dächern, wie oftmals zu beobachten, nicht mit einer Dämmung zwischen oder auf den Sparren verbunden, sind für 30-50 Jahre die Chancen für einen besseren baulichen Wärmeschutz an diesem Bauteil vertan ("lost opportunity"). Dasselbe gilt, wenn Energiesparmaßnahmen in unzureichendem Umfang durchgeführt werden: Eine nachträgliche Verbesserung wird noch unwirtschaftlicher. Suboptimale Maßnahmen sind ein Hemmnis für weitergehende Energieeinsparungen und die Ausschöpfung des wirtschaftlichen Potentials.

Die Kopplung an die Erneuerungszyklen begrenzt die Umsetzungsgeschwindigkeit für das Erreichen der Einsparpotentiale. Wie Szenariorechnungen /Ebel/Eicke 1990/ ergeben, wird das wirtschaftliche Potential im SPAR-Szenario erst in 40-50 Jahren erreicht. Voraussetzung ist dabei, daß zu jedem Erneuerungszeitpunkt die Energiesparmaßnahmen auch angekoppelt werden. Eine Sensitivitätsanalyse zeigt, daß für eine erfolgreiche Umsetzung der Energieeinsparung (d. h. eine Entwicklung in der Nähe des SPAR-Szenarios) unter anderem folgende Bedingungen erfüllt sein müssen:

- deutlich mehr als 70 % der Eigentümer müssen dafür gewonnen werden, bei Erneuerungsmaßnahmen die wärmetechnische Sanierung anzukoppeln
- es müssen Sanierungsmaßnahmen zum Einsatz kommen, die in ihrer Qualität den Maßnahmen des SPAR-Katalogs (vgl. Kapitel 3 und 6) entsprechen und damit deutlich über das heute übliche Niveau hinausgehen.



Abbildung 10.2: Die Putzerneuerung sollte unbedingt zu einer gleichzeitigen Wärmedämmung genutzt werden. Dann kann das Abschlagen des Altputzes unterbleiben.

Für die Realisierung dieser Bedingungen müssen diejenigen Gebäudeeigentümer, die Erneuerungsmaßnahmen am Gebäude durchführen oder planen, ihr Investitionsverhalten künftig auch auf die wärmetechnische Sanierung ausdehnen. In vielen Fällen ist hier jedoch mit Hemmnissen zu rechnen (vgl. Kap. 10). Es ist also nicht zu erwarten, daß die energetische Sanierung "automatisch" abläuft.

Entscheidend ist es daher, durch starke Anreize die Eigentümer der Gebäude zu motivieren, zum Zeitpunkt einer Erneuerung Energiesparmaßnahmen mit auszuführen, und zwar in optimaler Qualität. Wie wir zeigen werden, kann dieses Ziel nicht nur durch einzelne politische Maßnahmen erreicht werden, sondern nur durch ein schlüssiges System aufeinander abgestimmter Instrumente.

### 11.5 Energiekennwert

Ein wichtiger Schritt zur Erreichung bestimmter energetischer Standards ist die Definition von Vergleichsmaßstäben. Allein eine verbindliche Sprachregelung wäre ein Fortschritt. Energiekennwerte ermöglichen die Einordnung des jeweiligen Heizwärmebedarfs bzw. Endenergieverbrauchs und damit der energetischen Qualität des jeweiligen Objektes. Als "Ausweis" oder "Energiepaß" sollten sie auf freiwilliger Basis als Orientierungshilfe ohne ordnungsrechtliche Fixierung eingeführt werden. Im Zusammenhang mit Förderprogrammen können sie vorgeschrieben werden. In Verbindung mit einer örtlichen Energieberatung und Gebäudetypologie kann der Energiekennwert des Gebäudes dem jeweiligen Hauseigentümer eine verläßliche Orientierungshilfe bieten, da aufbereitete Informationen über den örtlichen Gebäudebestand und seinen durchschnittlichen Heizenergieverbrauch sowie bereits erreichte Sanierungszielwerte erst einen Bezug ermöglichen.

Die Tabellen 11.2 bis 11.4 enthalten einen Diskussionsvorschlag des IWU für einen Gebäudeausweis für den Gebäudebestand. Der Ausweis enthält verschiedene Kennwerte:

- o Heizwärmebedarf
- o Endenergiebedarf
- o Primärenergiebedarf
- o Qualitätseinschätzung Heizung/Warmwasserbereitung
- o Umweltauswirkungen (CO<sub>2</sub>).

Beigefügt sind auch die Berechnungsblätter für die Kennwerte.

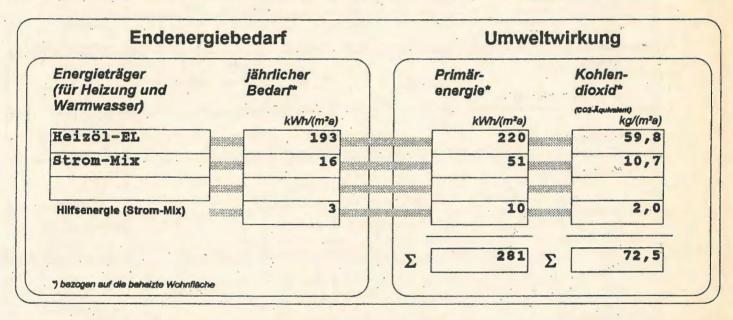
Dieser Vorschlag für einen Ausweis "Energetische Gebäudequalität" ist deutlich gegen den in der Einführung befindlichen "Wärmebedarfsausweis" der Wärmeschutz-Novelle von 1995 abzugrenzen. Über die Bewertung der Gebäudehülle hinaus liefert er Anhaltspunkte über die Effizienz der Heizungsanlage und läßt durch Angabe des rechnerischen Bedarfs an Energieträgern (Erdgas, Heizöl, Strom etc.) einen direkten Vergleich mit tatsächlichen Verbrauchswerten zu.

Der Wärmebedarfsausweis gemäß WSchVO wird sich auf Neubauten beschränken. Ne-

ben seiner äußerst unübersichtlichen Formgebung liegt seine zentrale Schwäche in der uneinheitlichen Wahlmöglichkeit des Flächenbezugs (Fläche A<sub>N</sub> nach WSchVO, DIN 277, II. Berechnungs-VO, nicht geklärter Bezug zur VDI 3807) und den Problemen des Rechenverfahrens der WSchVO, mit dem der Energiekennwert künstlich zu niedrig berechnet wird. Der Wärmebedarfsausweis wird überdies für ohnehin bereits nach WSchVO energetisch besser ausgestatte Neubauten erteilt, für die die Frage einer energetischen Verbesserung nicht besteht. Die Schwächen des Nachweisverfahrens nach WSchVO verhindern den Einsatz des Wärmebedarfsausweises als Überprüfungsinstrument zur Anpassung von Rechenwerten und Realwerten, etwa durch Korrekturen an der Haustechnik. Ein Beispiel für den Einsatz eines qualifiziert berechneten Energiekennwertes bei der Überprüfung von gemessenen Heizwärmebedarfswerten enthält der Bericht /Forschungsgesellschaft Kiel 1994/ für 4 Niedrigenergiehäuser in Schleswig-Holstein.

# Energetische Gebäude-Qualität

Straße			Hausnummer	
Hauptstraße			1	
Postleitzahl	Ort Parks	wa <sup>6</sup>		A
12345	Sparstadt	<u> </u>	4-	
Gebäudetyp		Anzahl Voligeschosse	ausgeb. Dachgeschoß?	THE STATE OF
Doppelhaush	Einfamilienhaus älfte/Reihenhaus	Anzahl 2	Ja Nein	
kleines Mehrf		Wohneinheiten 1	⊠ teilweise	
Gebäudetypologi	e	Kennung	Baujahr	Gesamte Wohnfläche
Hessen		EFH-C	1930	220 m²



#### **Energetische Qualität** o Qualität Baukörper: Heizwärmebedarf\* kWh/(m²a) (Primărenergienutzbare Wärme o Qualität Heizungssystem: 65% Heizzahl Primärenergie-Aufwand Heizung) (Primärenergienutzbare Wärme 31% o Qualität Warmwasserbereitung: Heizzahl Primärenergie-Aufwand Warmwasser) ") bezogen auf die beheizte Wohnfläche

Institut Wohnen und Umwelt, Februar 1993

Objekt:			7			Gebäudetyp	:		
Bearbeitung:			ŧ			Datum:			
Energiabezuga	fläche (heheizte	Wohn- oder Nutzf	Häche) ( <sup>2)</sup>	2.75	t ar i		EBF		7
********************		che * Raumhöhe)	***************************************	***************************************	***********				1
*******************	***************************************	****************	**************		**************	****************	ν <u>_</u>		1
Luftwechselrat	•	<ul> <li>natūrliche Lūftu</li> <li>Abluftanlage</li> <li>Wārmerūckgev</li> </ul>		0,6 1/h 0,5 1/h energet, wirks, l	Luftw. (Bere	chnung sh. Leil	ß faden Kap.	. C 2.2)	_
Innere Wärmed	uellen	- Einfamilienhäus - Mehrfamilienhä - Verwaltungsba	auser 10	kWh/a pro m² EBF kWh/a pro m² EBF kWh/a pro m² EBF			q <sub>Z</sub>	kWi	
. Transmissio	n	A		k- Wert		HGS		1245-1-	
Dach		m²	<b>-</b>	W/(m2*K)	*	kKh/a		kWh/a	٦
oberste Gescho	Adacka					85			1
*******************	*******************					***********	***********	-	4
Wand gegen au	sen				ļ	85	=======================================		-
Fenster	***************************************		*		-	85			-
sonstige Bauteil			•		*	85	=	-	4
gegen Außenluf		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	<b>±</b> ,	- 1	*	85	·=	1 14 .	
oder hinterlüftet			*		*	85	=		
Boden			*		*	. 43	=		
Transmissions	wärmeverluste C	+ **						Summe	
		V <sub>L</sub>		В	HGS	CL			١.
Lüftungswärm	everluste Q	ms	*	1/h	kKh/a * 85	Wh/(m³*K) * 0,33	\$ ************************************	kWh/a	
Lüftungswärm  . Wärmeverlu  . Wärmegewi	ste Q <sub>y</sub>	m <sup>a</sup>	*	1/h	kKh/a	Wh/(m³*K)	***************************************		
. Wärmeverlu	ste Q <sub>V</sub>	m <sup>3</sup>	*	1/h	kKh/a	Wh/(m²*K) * 0,33	***************************************		
. Wärmeverlu . Wärmegewi	ste Q <sub>y</sub>	A m²	*	1/h	kKh/a	Wh/(m²*K) * 0,33	***************************************	kWh/a	
. Wärmeverlu . Wärmegewi	ste Q <sub>y</sub> nne G kWh/(m <sup>s*</sup> a) 360	A m²	*	1/h	kKh/a	Wh/(m²*K) + 0,33  Q <sub>T</sub> + C	} <u> </u>	kWh/a	
. Wärmeverlu . Wärmegewii horizontal Süd	ste Q <sub>y</sub> nne G kWh/(m <sup>s*</sup> a) 360	A m²	*	1/h	kKh/a	Wh/(m³*f<)	= \}_ =	kWh/a	
. Wärmeverlu . Wärmegewii horizontal Süd	ste Q <sub>y</sub> nne G kWh/(m**a) 360 370 220	A m²		1/h	kKh/a	Wh/(m³*k)	= \}_ =	kWh/a	
. Wärmeverlu . Wärmegewi . horizontal . Süd . Ost . West	ste Q <sub>y</sub> nne G kWh/(m**a) 360 370 220	A m²	•	1/h	kKh/a	Wh/(m³*K)  * 0,33  Q <sub>T</sub> + C  0,56  0,42  0,42	= \}_ =	kWh/a	
horizontal Süd Ost West	ste Q <sub>y</sub> nne G kWh/(m**a) 360 370 220 230	A m²	*	1/h	kKh/a	Wh/(m³*k)	= \}_ =	kWh/a	
horizontal Süd Ost West	ste Q <sub>y</sub> nne G kWh/(m**a) 360 370 220 230	A m²	*	1/h	kKh/a	Wh/(m³*k)	= \}_ =	kWh/a	
horizontal Süd Ost West	ste Q <sub>y</sub> nne G kWh/(m**a) 360 370 220 230 140 2 <sub>5</sub> uellen Q,	A m²	*	1/h	kKh/a	Wh/(m³*K)  * 0,33  Q <sub>T</sub> + C  0,56  0,42  0,42  0,42  0,42	= =	kWh/a kWh/a Summe	
horizontal Süd Ost West Nord Solargewinne	ste Q <sub>V</sub> Reference G  kWh/(m**a)  360  370  220  230  140  2 <sub>s</sub> uellen Q <sub>I</sub>	A m²	*	1/h	kKh/a * 85	Wh/(m³*K)  * 0,33  Q <sub>T</sub> + C  0,56  0,42  0,42  0,42  0,42  1,42	= =	kWh/a	
horizontal Sûd Ost West Nord Solargewinne G	ste Q <sub>y</sub> nne G kWh/(m**a) 360 370 220 230 140  Q <sub>3</sub>	A m²	*	g-Wert	kKh/a * 85	Wh/(m³*K)  * 0,33  Q <sub>T</sub> + C  0,56  0,42  0,42  0,42  0,42  0,42  0,42  0,42	= = = = = = = = = = = = = = = = = = = =	kWh/a kWh/a Summe	
Närmeverlu Närmegewin horizontal Süd Ost West Nord Solargewinne Innere Wärmeg Freie Wärme Q Gewinnfaktor f g	ste Q <sub>v</sub> nne G kWh/(m**a) 360 370 220 230 140  140	A m²	*	g-Wert	kKh/a * 85	Wh/(m³*K)  * 0,33  Q <sub>T</sub> + C  0,56  0,42  0,42  0,42  0,42  Q <sub>E</sub> / Q <sub>V</sub>	= = = = = = = = = = = = = = = = = = = =	kWh/a kWh/a Summe	
Närmeverlu Närmegewin horizontal Süd Ost West Nord Solargewinne Innere Wärmeg Freie Wärme Q Gewinnfaktor f g	ste Q <sub>V</sub> nne G kWh/(m <sup>**</sup> a) 360 370 220 230 140 2 <sub>S</sub> uellen Q <sub>I</sub>	A m²	*	g-Wert	kKh/a * 85	Wh/(m³*K)  * 0,33  Q <sub>T</sub> + C  0,56  0,42  0,42  0,42  0,42  0,42  Q <sub>L</sub> + C  Q <sub>L</sub> + C  Q <sub>L</sub> / Q <sub>V</sub> f <sub>S</sub> * C  Q <sub>V</sub> - C	_ = _ = _ = _ = _ = _ = _ = _ = _ = _ =	kWh/a kWh/a Summe kWh/a	
horizontal Süd Ost West Nord Solargewinne G Innere Wärme Q Gewinnfaktor f g Wärmegewinne	ste Q <sub>V</sub> nne G kWh/(m <sup>**</sup> a) 360 370 220 230 140  Q <sub>S</sub> uellen Q <sub>I</sub>	A m²	*	g-Wert	kKh/a * 85	Wh/(m³*K)  * 0,33  Q <sub>T</sub> + Q  0,56  0,42  0,42  0,42  0,42  Q <sub>T</sub> + Q	= = = = = = = = = = = = = = = = = = =	kWh/a kWh/a  Summe kWh/a kWh/a	

Objekt:		15	Gebäudetyp:	1.4	
Standort: ENTWUR	F	Energiebezu	igsfläche A <sub>EB</sub> :	•	m²
earbeitung:			Datum:		
		WIFE TO SERVICE STATE OF THE S		-	
	666	Teilsy	Teilsysteme		
		. 3			7
Energieträger	Strom-Mix	4		. ,	
Primärenergie-Faktor	1,0		a sta	**	-
CO2-Emissionsfaktor (CO2-Äquivalent)	IN.	•		Mang	g/kWh
	Prz.	4			
Raumwärme			200		
Heizwärmebedarf		. 15	18		kWh/(m
Bauart Wärmeerzeuger	4.5 (4.5	. 1 .			-
Anteil Deckung Heizwärmebedarf					-
Nutzungsgrad Wärmeerzeuger			, ,		-
Nutzungsgrad Wärmeverteilung		* * * * * * * * * * * * * * * * * * * *		•	-
solarer Deckungsanteil				*	-
Systemnutzungsgrad				4	- /
Endenergiebedarf Raumwärme				2316	kWh/(m
			ist.	in the second	
Varmwasser				100 Land	
Nutzenergiebedarf Warmwasser			10 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	44	kWh/(m
Bauart Wärmeerzeuger					-
Anteil Deckung Wärmebedarf Warmwasser	141	4		4	-
Nutzungsgrad Wärmeerzeuger		• .			-
Nutzungsgrad Wärmeverteilung/-speicherung					-
solarer Deckungsanteil			,		-
Systemnutzungsgrad			1,		-
Endenergiebedarf Warmwasser	6.			4406	kWh/(m
			land of the second		
Besamt					
Endenergiebedarf Elektro-Hilfsgeräte			R.		kWh/(m
Endenergiebedarf Heizung + Warmwasser			22	219	kWh/(m
	ř	51			
Emissionen CO2-Äquivalent			BS(	120	kg/(m²a
Gesamt				12.4	kg/(m²a
			ig .		1
Primärenergiebedarf		6 6 . 9		,	kWh/(rr

### 11.5.1 Kritik der Wärmeschutzverordnung

Durch die Einführung der Wärmeschutzverordnung (WSchVO) 1977 ist der Energieverbrauch im Neubau wesentlich gesenkt worden. Die alte Verordnung war jedoch aus vielen Gründen unbefriedigend und auch die novellierte WSchVO, die ab 1995 gilt, weist noch entscheidende Mängel auf.

- o Das Anforderungsniveau an Niedrigenergiehäuser wird aufgeweicht, eine präzise Definition nicht gegeben (Heizwärmebedarf zwischen 54 und unter 100 kWh/m²/Jahr, statt 30-70 kWh/m²/a; wie sie in zahlreichen Länderförderprogrammen festgelegt sind und sich international herausgebildet haben).
- Das Haupt-Berechnungsverfahren erzeugt keine realistischen Heizwärmebedarfswerte und wird deshalb nur als "Nachweisverfahren" eingeführt. Hier entstehen Probleme für die verantwortlichen Planer. Das Berechnungsverfahren ist kein qualifiziertes Wärmebilanzverfahren und kein energetisches Entwurfsverfahren (europäische Entwicklung, Genauigkeit). Die Hauptschwächen des Verfahrens liegen im Teilbeheizungsfaktor, dem k<sub>F.eq</sub>-Verfahren für Fenster, das zu Fehloptimierungen bei der Fenstergröße (Ausnutzungsgrad Solarenergie konstant) führt, der Überschätzung des Heizbeitrages der internen Wärmegewinne und dem gewählten Flächenbezug. Der spezifische Heizwärmebedarf wird mit einem untauglichen Flächenbezug berechnet: statt der bekannten Wohn- oder beheizten Nutzfläche nach DIN 277 und II. Berechnungsverordnung wird eine Fläche A<sub>N</sub> eingeführt, die die Fläche aus dem Gebäudebruttovolumen berechnet. Die Fläche A<sub>N</sub> überschätzt die reale Wohn- und Nutzflächen um 20-45 %. Das zweite Berechnungsverfahren führt mit Bauteilanforderungen für Gebäude bis 3 Wohneinheiten wiederum starre Komponentenanforderungen ein. Die Existenz von zwei Nachweisverfahren in einer Verordnung führt zur Verwirrung. Die einzuhaltenden Randbedingungen für eine effiziente kontrollierte Wohnungslüftung werden nicht dargestellt. Anforderungen zur Dichtheit der Gebäudehülle und zur Vermeidung von Wärmebrücken sind präzise zu fassen, dies ist in der Novelle WSchVO nicht enthalten /Feist, Unzulänglichkeiten 1993/.
- o Die WSchVO wird im Bereich der Altbausanierungen praktisch nicht angewandt (abgesehen von den Fenstern, Erneuerung von Außen-, Innenbekleidungen von Außenwänden und in wenigen Fällen bei Dächern) und in keinem Fall kontrolliert. Eine Norm für den Altbau besteht de facto nicht. Dies ändert sich auch mit der neuen Verordnung nur unwesentlich.
- o Die WSchVO geht nicht weit genug. Bereits die für den Altbau nachweisbar erreichbaren Zielwerte für den Energieverbrauch gehen weit über den Standard der alten wie der neuen WSchVO hinaus, während die Einsparmöglichkeiten im Neu-

bau weit höher sind - der Niedrigenergiehausstandard wird nicht erreicht. Für den eigentlich interessanten Bereich "besser als die WSchVO" werden keine Maßstäbe gesetzt.

- O Die alte Wärmeschutzverordnung stellte Anforderungen an Komponenten und auch nach der novellierten Verordnung ist ein komponentenbezogenes Vorgehen immer noch zulässig. Dadurch wird keineswegs im Hinblick auf niedrigen Energieverbrauch bei gleichzeitig gegebener Wirtschaftlichkeit optimiert. Die Planungsfreiheit wird unnötig eingeengt und Innovationen werden behindert.
- o Komponentenanforderungen sind für Laien unverständlich, der Zusammenhang mit dem Energieverbrauch nicht transparent, und die Einhaltung der Anforderungen nachträglich in der Regel nicht überprüfbar.
- o Auch bei Einhaltung der Wärmeschutzverordnung kann der Heizenergieverbrauch hoch sein, z. B. durch nicht berücksichtigte Wärmebrücken oder durch unnötig große Außenflächen.
- o Aufgrund der oben genannten Schwierigkeiten wird die Wärmeschutzverordnung nur als lästige Vorschrift wahrgenommen. Die Anforderungen werden häufig nur auf dem Papier erfüllt. Eine Kontrolle erfordert einen hohen bürokratischen Aufwand, da nichtstaatliche Kontrollmechnismen (durch Eigentümer und Nutzer) nicht funktionieren.
- o In einigen Bundesländern wurde nicht einmal mehr versucht, die Einhaltung der WSchVO zu fordern (Freistellungsverordnung in Niedersachsen und Bayern).

#### 11.5.2 Funktionale Normen

Anforderungen sollten nicht Komponenten, sondern die eigentliche Zielgröße, nämlich den Energieverbrauch, betreffen. Einzelanforderungen müssen dann nur in Sonderfällen gestellt werden.

Am besten eignet sich als Vergleichsgröße der spezifische Energieverbrauch, d. h. der Energieverbrauch pro m² Wohn- oder Nutzfläche (Energiekennwert). Der Energiekennwert Heizwärme gibt damit den Energieaufwand zur Erbringung einer definierten Energiedienstleistung wieder.

Ein geeignetes Berechnungs- und Nachweisverfahren für den Energiebedarf bzw. der Energiekennwert Heizwärme wurde vom Schweizerischen Ingenieur- und ArchitektenVerein in der Empfehlung SIA 380/1 "Energie im Hochbau" eingeführt /SIA 380/1/. Gleichzeitig werden für den spezifischen Heizenergiebedarf sowie für den Nutzungsgrad der Heizungsanlage Grenz- und Zielwerte angegeben. Diese stecken den Rahmen für energiesparende und gleichzeitig wirtschaftliche Bauweisen ab.

Dieses Verfahren hat sich in der Schweiz in einer mehrjährigen Erprobungsphase sehr gut bewährt. Seit 1988 ist die SIA 380/1 eine gültige Empfehlung des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins.

Aufbauend auf der SIA 380/1 wurde 1989 der Leitfaden "Energiebewußte Gebäudeplanung" gemeinsam vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangegelegenheiten und dem Institut Wohnen und Umwelt herausgegeben /HMUEB, IWU 1990/.

Der Leitfaden 'Energiebewußte Gebäudeplanung' hat zum Ziel, den Einsatz von Energie bei der Nutzung von Gebäuden unter wirtschaftlichen und umweltseitigen Gesichtspunkten zu begrenzen.

Abweichend von bisher in Deutschland geltenden Normen und Richtlinien werden Gesamtanforderungen an den Endenergieverbrauch von Gebäuden formuliert, Einzelanforderungen an bestimmte Bauteile oder technische Anlagen nur noch in Sonderfällen.

Voraussetzung für die Formulierung funktionaler Anforderungen ist ein zuverlässiges, aber dennoch vergleichsweise unkompliziertes und einfach überprüfbares Verfahren zur rechnerischen Ermittlung des Energiekennwertes Heizwärme und der Heizzahl. Nach den inzwischen vorliegenden Erfahrungen ist eine solche Berechnung mit hinreichender Genauigkeit durch die Erstellung ganzjähriger Energiebilanzen möglich. Bisher übliche Abschätzmethoden, z. B. auf der Basis von Korrekturfaktoren zu Heizgradtagen, genügen diesen Ansprüchen nicht. Auch das in der novellierten Wärmeschutzverordnung zugrundegelegte Verfahren weist erhebliche Mängel auf /Feist, Unzulänglichkeiten 1993, Werner 1994/. Alternativ zum angegebenen Rechenverfahren, das sich auch für die Berechnung von Hand eignet, können jedoch genauere Methoden (wie stationäre Energiebilanzmodelle oder rechnergestützte dynamische Simulationsverfahren) verwendet werden.

Die Energiebilanz berücksichtigt das Zusammenwirken aller energierelevanten Faktoren, insbesondere die Nutzung von internen Wärmequellen (Personen und Stromabwärme) sowie der Sonneneinstrahlung. Damit wird ein Ineinandergreifen von energierelevanten Maßnahmen ermöglicht: architektonische Gestaltung, wärmetechnischer Standard, Detailausführung und Kostenvergleiche auf allen Planungsebenen gestatten auch ungewöhnliche Lösungen zur gesamtheitlichen Optimierung.

Der Nachweis des jährlichen Wärmebedarfs wird nach dem Leitfaden "Energiebewußte Gebäudeplanung" durch eine Energiebilanz auf der Grundlage einer definierten Standardnutzung geführt. Dies ist erforderlich, um technische Anforderungen an Gebäudehülle und Heizsystem einheitlich nach vergleichbaren Kriterien zu stellen, auch wenn die Nutzung im Einzelfall von den Standardabgaben abweichen sollte. Zu bedenken ist dabei auch, daß sich die Nutzung im Laufe der (häufig langen) Lebensdauer von Gebäuden künftig verschiedentlich verändern kann.

Bei den Anforderungen werden Grenzwerte und Zielwerte unterschieden. Die Grenzwerte stellen Mindestanforderungen im Sinne der Zielsetzung eines rationellen Energieeinsatzes dar, und sie sind so gewählt, daß sie den aktuellen Stand (1989) der wirtschaftlich erreichbaren Energieeinsparung widerspiegeln. Sie gehen in der Regel über den mit der novellierten Wärmeschutzverodnung 1995 erreichbaren Standard hinaus, erlauben aber dennoch größere gestalterische Freiheiten bei der Planung.

Die weitergehenden Zielwerte orientieren sich am heute erreichten Stand der Technik des energiesparenden Bauens (Niedrigenergiehäuser), welcher unter wirtschaftlich vertretbarem Aufwand erreichbar ist. Es wird daher empfohlen, sich bei der Planung an den Zielwerten zu orientieren.

Die Einhaltung eines Grenz- oder Zielwertes ist prinzipiell überprüfbar. Denn in das Berechnungsverfahren gehen neben den gebäude- und heizungstechnischen Größen auch Nutzungs- und Klimadaten ein. Für das Nachweisverfahren werden dabei durchschnittliche örtliche Klimawerte sowie die definierte Standardnutzung unterstellt. Weicht der gemessene Energieverbrauch wesentlich vom berechneten ab, so können die aktuellen Nutzungs- und Klimadaten nachträglich in der Berechnung angepaßt werden. Auf diese Weise ist eine Überprüfung des berechneten Energieverbrauchs anhand der Messung möglich. Diese Überprüfungsmöglichkeit ist im Sinne einer Erfolgskontrolle sehr wichtig, sie ist jedoch nur möglich, wenn das verwendete Bilanzverfahren einen hinreichend guten Realitätsbezug hat. Leider ist dies für das Verfahren der novellierten WSchVO nicht der Fall; der Bezug zu realen Verbrauchswerten wurde dort sogar bewußt aufgegeben. Damit geht der entscheidende Vorteil eines Energiekennwertansatzes wieder verloren.

# 11.5.3 Vorteile der Einführung von Energiekennwerten

Allein die Einführung und Verbreitung von Energiekennwerten in Verbindung mit einem geeigneten Berechnungs- und Nachweisverfahren hätte wichtige Effekte:

#### Wirksamkeit

Die Norm betrifft die eigentliche Zielgröße, nämlich den Energiebedarf. Ein besserer Wert auf dieser Skala führt zu niedrigerem Energiebedarf und niedrigeren Emissionen.

#### **Optimierung**

Zur Einhaltung eines bestimmten Grenz- oder Zielwerts sind verschiedene Wege möglich. Dadurch wird der Gestaltungsspielraum erhöht, Innovationen werden gefördert. Innerhalb verschiedener Lösungen kann ökonomisch optimiert werden.

#### Markttransparenz

Ein Energiepaß für Gebäude kann auf freiwilliger Basis eingeführt werden. Der Energiekennwert wird zu einem Qualitätsmerkmal für Gebäude. Er hat damit einen Einfluß sowohl auf die am Markt erzielbare Miete als auch gegebenenfalls auf den Verkaufserlös. Dies erhöht auch für die Eigentümer, die ihr Gebäude nicht selbst oder nur kurze Zeit nutzen wollen, die Motivation für Energiesparmaßnahmen.

#### Kontrolle

Die Einhaltung eines gewünschten energetischen Standards kann von Eigentümer oder Nutzer durch die Messung überprüft werden. Damit wird die Motivation für die Umsetzung von Energiesparmaßnahmen erhöht. Das Erreichen eines Höchst-Energiekennwertes kann in den Vertrag zwischen Architekt und Eigentümer oder zwischen Eigentümer und Nutzer aufgenommen werden. Sie wird privatrechtlich einklagbar. Auf diese Weise werden sorgfältige Bauausführung und die Weiterbildung von Architekten und Handwerkern gefördert. Voraussetzung ist dafür ein gut validiertes Berechnungsverfahren (vgl. oben).

#### Normierung

Energiekennwerte können als DIN- oder VDI-Norm eingeführt werden. Die Nichteinhaltung von Mindest-Standards hätte dann ebenfalls privatrechtliche Konsequenzen. In einem Wertermittlungsverfahren könnte der Energiekennwert berücksichtigt werden; er kann als Merkmal für die "Beschaffenheit" eines Gebäudes bzw. einer Wohnung herangezogen werden.

#### Entbürokratisierung

Durch die prinzipielle nachträgliche Überprüfbarkeit der Einhaltung eines Energiekennwert durch die Verbrauchsmessung gibt es automatische Kontrollmöglichkeiten, die durch das private Vertragsverhältnis zwischen Architekt und Eigentümer bzw. Eigentümer und Nutzer wirksam werden. Der bürokratische Aufwand zur Kontrolle der Einhaltung von Grenzwerten wird minimiert.

#### Flexibilität

In allen Fällen können die Anforderungen dem Stand der Technik leicht angepaßt und fortgeschrieben werden.

#### Weitere Einsatzmöglichkeiten von Energiekennwerten

Der Energiekennwert als Grundlage für eine funktionale Norm eröffnet auch eine Vielzahl staatlicher Handlungsmöglichkeiten. Insbesondere seien genannt:

- O Die Wirksamkeit einer Energiesteuer wird erhöht, da der Zusammenhang zwischen Energiekennwert und Energiekosten transparent ist.
- o Der Bund, Länder oder Kommunen können für ihre eigenen Gebäude einen Höchst-Energiekennwert festlegen (Selbstbindung).
- o Fördermittel bzw. Steuerentlastungen (z. B. für die Stadt- und Dorferneuerung, staatlich geförderten Wohnungsbau oder die Förderung von Wohnungseigentum) können von der Einhaltung eines Höchst-Standards abhängig gemacht werden.
- o Eigene Förderprogramme können für die Einhaltung besonders niedriger Energiekennwerte aufgelegt werden.
- energiekennwerte können im Baurecht eingeführt werden, sowohl in den Bauordnungen der Länder als auch als DIN- oder VDI-Normen. Im letzteren Fall kann
  die Erreichung bestimmter Energiekennwerte privatrechtlich als Stand der Technik
  zugrunde gelegt werden, so daß Verstöße dagegen Mängelrügen rechtfertigen.
  Hierzu wären dann in regelmäßigen Abständen die Mittelwerte und Spannen von
  Energiekennwerten des Gebäudebestands nach Baualter und Gebäudeart zu veröffentlichen.
- o Der Energiekennwert sollte in das Bewertungsrecht für die Wertermittlung von Grundstücken explizit eingeführt werden.
- Da die Bedeutung des Baualters als Maß für die "Beschaffenheit" von Wohnungen als Determinante der ortsüblichen Vergleichsmiete (§ 2 Miethöhegesetz) in dem Umfang abnimmt, in dem alte Gebäude modernisiert werden, muß das Merkmal "Beschaffenheit" ohnedies anders als bisher definiert werden. Dazu bieten sich Energiekennwerte und Maßstäbe für die Grundrißqualität insbesondere an. Der Energiekennwert würde zu einer Determinante der ortsüblichen Vergleichsmiete.

o Eine gut validierte funktionale Norm (wie die SIA 380/1 bzw. das europäische Berechnungsverfahren EN 832) kann als Grundlage dienen für die erneute Novellierung des Energiespargesetzes und der Wärmeschutzverordnung.

In allen Fällen ist aufgrund der nachträglichen Überprüfbarkeit der Verwaltungsaufwand für die Kontrolle der Einhaltung von Anforderungen gering.

# 11.6 Verbesserung des administrativen Instrumentariums: Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG) von 1976 und seine Verordnungen

Die gesetzliche Grundlage für Anforderungen an den Energieverbrauch von Gebäuden (Heizen, Kühlen) sowie für Förderprogramme des Bundes und der Länder bildet das Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden von 1976 (EnEG) und die darauf basierende Wärmeschutzverordnung von 1982 (novelliert 1995), die Heizungsanlagenverordnung (novelliert 1994) und die Heizkostenverordnung, in denen die Einzelanforderungen an den Wärmeschutzstandard von Außenbauteilen beim Neu- und Erweiterungsbau, die Verluste von Heiz- und Brauchwarmwasseranlagen sowie raumlufttechnische Anlagen definiert werden und die ein energiesparsames Verbraucherverhalten fördernde, verbrauchsabhängige Abrechnung der Heizkosten in Mietwohnungen festgelegt ist. Die Überprüfung der Wärmeschutz- und Heizungsanlagenverordnung ist den unteren Bauaufsichtsbehörden und den Bezirksschornsteinfegern übertragen.

Ein Landesenergiegesetz existiert im Bundesland Hessen als "Gesetz über sparsame, rationelle, sozial- und umweltverträgliche Energienutzung in Hessen" (Energiespargesetz) von 1985. Das Gesetz ist als Anreizinstrument definiert, dessen Anforderungen nur im Fall der Gebäude- oder Anlagenförderung durch Landesmittel einzuhalten sind.

Eine Novellierung des "Gesetzes zur Einsparung von Energie in Gebäuden" von 1976 ist erforderlich, da die aus der Energieumwandlung resultierenden Umweltbelastungen bisher nicht in den Gesetzeszielen berücksichtigt wurden. In § 5 wird neben dem "Stand der Technik" allein die betriebswirtschaftliche Vertretbarkeit energiesparender Investitionen als Voraussetzung für Anforderungen in den Verordnungen des Gesetzes genannt. "Anforderungen gelten als wirtschaftlich vertretbar, wenn generell die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können" /Energiegesetz 1980/. Diese Festlegung ging zwar 1976 über die geltenden, im wesentlichen aus Erfordernissen der Wohnhygiene und Bauschadensvermeidung abgeleiteten Anforderungen der DIN 4108 hinaus,

ist jedoch aus den heutigen Kenntnissen um die Umweltwirkungen des Energieverbrauchs für die Gebäudeheizung nicht mehr ausreichend. Die Induzierung energiesparender Investitionen wurde überdies dadurch behindert, daß ein Verfahren für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Investitionen im Einzelfall nicht vorgegeben wurde und auch in den Verordnungen nicht existiert. Erforderlich ist die Erweiterung der bisherigen Voraussetzungen für Anforderungen an Gebäude und Anlagen um die Ziele "umweltschonender Energieeinsatz und Primärenergieeinsparung". Eine solche Erweiterung ist eine wesentliche gesetzliche Voraussetzung für die Definition neuer, verbesserter Anforderungs-Standards für den Wärmeschutz von Gebäuden und eine energiesparsame Heiztechnik in den Ausführungsverordnungen.

Eine erneute Novellierung der Wärmeschutzverordnung für den Neubau und für bauliche Veränderungen an bestehenden Gebäuden ist erforderlich, da die ab 1995 geltenden Anforderungen noch nicht zum Niedrigenergie-Standard führen. Die Novellierung sollte zur Einführung eines neuen Berechnungsverfahrens im Sinne einer, die Gebäudenergiebilanzen berücksichtigenden, funktionalen Norm führen: Eine Flexibilisierung des Nachweisverfahrens in Anlehnung an die SIA-Norm 380/1 bzw. den Leitfaden Energiebewußte Gebäudeplanung des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten durch Einrichtung von nutzenergiebezogenen Ziel- und Grenzwerten sowie Heizzahlen ist hierzu erforderlich /HMUEB,IWU 1990/. Der Geltungsbereich der Verordnung sollte unverändert bleiben, das Anforderungsniveau für Neubau und bauliche Änderungen im Gebäudebestand jedoch gleichgestellt werden. Durch die Einführung von Heizzahlen ist auch die Heizungsanlagenverordnung stärker als bisher in eine solche funktionale Norm integriert und kann nach Übernahme der Kontrollvorschriften entfallen. Damit wird insgesamt auch ein Beitrag für die Deregulierung im Bauwesen geleistet.

Eine stete Anpassung der Anforderungen der 1. BImSchV an die Abgasverluste von Heizanlagen entsprechend dem Stand der Technik ist sicherzustellen.

Eine Bündelung energiepolitischer Regelungen ist anzustreben. Deshalb sollte die Novellierung des EnEG in enger Abstimmung mit der Novellierung des Energiewirtschaftsgesetzes von 1935 erfolgen oder in dessen Novelle integriert werden.

Um die sorgfältige Bauausführung der wärmetechnischen Gewerke weiter zu verbessern ist die Einführung von technischen Ausführungsrichtlinien für das Handwerk erforderlich. Technische Ausführungsrichtlinien sind unterhalb der Ebenen:

- Gesetzliche Regelungen, Verordnungen
- Normen

angeordnet und stellen detaillierte Handlungsempfehlungen dar. Erforderlich sind sie z. B. für die Wärmedämmung in den folgenden Bereichen: Einzelanforderungen der verschiedenen Systeme für die Dachdämmung, luftdichte Ausführung von Dachdämmungen und Leichtbauaußenteilen, Sorgfältige Dämmung von Leichtbauteilen, Systeme der Außenwanddämmung und ihre Ausführungserfordernisse, Dichtung von Bauteilen in Fläche und Anschlüssen, Verträglichkeit einzelner Materialkombinationen.

## 11.7 Förderprogramme

In den vergangenen 15 Jahren wurde eine Vielzahl energiesparender Maßnahmen von Bund und Ländern mit unterschiedlicher Wirksamkeit gefördert. Das Spektrum der Förderprogramme umfaßt dabei energiesparende Anwendungen im Wohnungsbestand, Förderung der Energiesparberatung und -information sowie von Energiekonzepten, Förderung von Forschung und Entwicklung (FuE), Pilot- und Demonstrationsanlagen (PuD).

Staatlichen Finanzhilfen und Steuervergünstigungen wird z. T. zu Recht mit Skepsis begegnet. Marktwirtschaftlich orientierte Kritiker bemängeln, daß sie den wettbewerblichen Ordnungsrahmen verändern (Reduzierung des Wettbewerbsdrucks für Subventionsempfänger zu Lasten der Effizienz) und die relativen Preise von Gütern und Diensten verzerrten. Sie belasten öffentliche Haushalte und damit die "Steuerzahler", sie sind oft durch hohe Mitnahmeeffekte gekennzeichnet (d. h. geförderte Investitionen wären auch ohne staatliche Förderung durchgeführt worden), und es bestehen große Probleme der Reversibilität von einmal durchgeführten Förderprogrammen.

Fördermaßnahmen stellen jedoch auch ein marktkonformes Instrument des Staates, i. S. der indirekten und ergänzenden Beeinflussung des Preismechanismus dar. Sie sind besonders dort angebracht, wo neue Anwendungen vor dem Durchbruch stehen, wo Hemmnisse seitens der Bauherren, Mieter und Handwerker (Informationskosten, Qualifikation, Risikobereitschaft etc.) die Anwendung wirtschaftlicher Spartechnologien hindern. Aus allokationstheoretischer Sicht sollten sie besonders dann zur Geltung kommen,

wenn durch das Vorhandensein externer Effekte Technologien bzw. Nutzanwendungen mit günstigen volkswirtschaftlichen Kosten auf den Märkten gegenüber solchen mit ungünstigeren Kosten benachteiligt sind,

if you are also as

- wenn Einspartechniken und Nutzungsmöglichkeiten für erneuerbare Energiequellen sich aufgrund spezifischer Hemmnisse nicht kurzfristig amortisieren bzw. allenfalls sehr langsam am Markt durchsetzen, aber langfristig auch einzelwirtschaftlich rentabel erscheinen. Für die Notwendigkeit einer Förderung von wärmetechnischen Maßnahmen im Wohnungsbestand gibt es eine Reihe von spezifischen Gründen, die z. T. in hemmenden Rahmenbedingungen für Energieeinsparungen liegen:
- Für bauliche Maßnahmen der Wärmedämmung gibt es im Verlaufe des Gebäudezyklus nur einige bedeutende Zeitpunkte, zu denen Wärmeschutzmaßnahmen gleichzeitig mit ohnehin anstehende Sanierungsmaßnahmen kostengünstig durchzuführen sind. Dies ist z. B. der Fall beim Verputz der Außenwand, verbunden mit Wärmeschutzmaßnahmen der Fassade. Wenn zu diesen Zeitpunkten die Energiesparmaßnahmen nicht durchgeführt werden, bleibt ein mögliches Einsparpotential für lange Zeiträume ungenutzt. Um diese Kopplung an den Erneuerungszyklus zu erreichen und ansonsten ungenutzte Sparpotentiale im Wohnungsbestand wirksam auszuschöpfen, ist eine Unterstützung anstehender Investitionen in Verbindung mit einer qualifizierten Energieberatung besonders wichtig.
- Die Nutzungsdauer von Gebäuden ist meist länger als von anderen Produktivgütern. Eine Abschreibung von Einsparinvestitionen kann deshalb über die gesamte physische Lebensdauer vorgenommen werden. Da jedoch der Zeithorizont (meistens ca. 25 Jahre) bei derartigen Fällen sehr groß ist, ist eine Wirtschaftlichkeitsrechnung mit Risiken und Unsicherheiten behaftet. Insbesondere die oft größeren Anfangsinvestitionen und vom Investor gehegte Erwartungen kurzer Amortisationsfristen hemmen die Durchführung energiesparender Maßnahmen.
- Die komplexen Zusammenhänge von Energieverbrauch, Bautechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltschutz und volkswirtschaftlichen Auswirkungen sind für viele Hauseigentümer und Mieter in ihrer langfristigen Tragweite nicht überschaubar. Die Verfügung von Informationen über Bedingungen und Formen rationeller Energienutzung durch den Energieanwender ist jedoch eine der wichtigsten Bedingungen für das Funktionieren des Marktmechanismus. Da diese Informationen z. T. nicht vorhanden oder ungleich verteilt sind und die Informationsbeschaffung einen relativ hohen Zeit- und Kostenaufwand verursacht, der Verbraucher andererseits nicht einschätzen kann ob die Informationsbeschaffung rentabel ist, fällt staatlichen Institutionen die Aufgabe zu, eine Verbesserung der Markttransparenz und eine beschleunigte Innovation bzw. Marktdiffusion von Energietechnologien zu fördern.
- Auch Finanzierungsprobleme spielen für die Durchführung wärmedämmender Maßnahmen oder die Veränderung von Heizsystemen eine besondere Rolle; diese Maßnahmen konkurrieren angesichts knapper finanzieller Resourcen außerdem mit

anderen Investitions- bzw. Konsumausgaben. Insbesondere bei privaten Haushalten und bei kleinen Einzelvermietern besteht oft eine Scheu vor einer Kreditfinanzierung. Dadurch unterbleiben Energiesparinvestitionen, auch wenn sie einzelwirtschaftlich rentabel sind.

- Die Ausschöpfung des technischen Sparpotentials wird im Mietwohnungsbereich durch die divergierenden Interessen von Eigentümern (Investoren) und Mietern (Nutzern) gehemmt. Der energetische Zustand wird durch den Bauherren (Eigentümer) bestimmt, der in der Regel nur geringes Interesse an Energiesparinvestitionen hat, da die Kosten der Maßnahmen die Nettomiete auf jeden Fall erhöhen würden, der Nutzen (geringere Heizkosten) sich jedoch in geringeren Betriebskosten niederschlagen würde, die zumeist ohnedies abgewälzt werden und bei den Vertragsverhandlungen zwischen Mieter und Vermieter oft kaum eine Rolle spielen.
- Durch eine Reduzierung des Energieverbrauchs besser gedämmter Gebäude würden Ressourcen geschont und Umweltkosten eingespart und damit die durch existierende Umweltbelastungen bereits verzerrte Energiepreisstruktur korrigiert. Außerdem ergäben sich hohe positive Beschäftigungseffekte, so daß unter dem Aspekt volkswirtschaftlicher Effizienz Förderungsmaßnahmen ein hoher Stellenwert zukommt.

# 11.7.1 Bestehende Regelungen

Das förderungspolitische Instrumentarium des Staates umfaßt Finanzhilfen (Investitionszuschüsse, Zinszuschüsse, zinsvergünstigte bzw. zinslose Darlehen, Bürgschaften) und
Steuervergünstigungen (Steuerbefreiungen, Ermäßigung bei Steuersätzen und Bemessungsgrundlagen, Sonderabschreibungen, Zulagen). In den vergangenen 15 Jahren konzentrierten sich Energiesparmaßnahmen besonders auf den Energieeinsatz für Heizwärme in Gebäuden. Dementsprechend bezogen sich Förderungsmaßnahmen auf Bundesebene ebenfalls zum großen Teil auf Einsparmaßnahmen im Heizwärmebereich (neben
Förderprogrammen zur Kraft-Wärme-Kopplung und zum Fernwärmeausbau).

Das Bund-Länder-Programm zur Förderung heizenergiesparender Investitionen, welches mit einem Fördervolumen von 4,35 Mrd. DM einen Zuschuß- sowie einen Steuervergünstigungsteil enthielt, lief von 1978-1983. Ihm folgten neben Förderungsmaßnahmen von Einspartechnologien nach dem Investitionszulagengesetz (§ 4a InvZulG) 1986 ein Programm steuerlicher Förderung, durch welches eine Reihe von Maßnahmen zur Modernisierung von Heizungs- und Warmwasseranlagen mit einer erhöhten steuerlichen Abschreibung von 10 % der Herstellungskosten begünstigt werden. Bis Ende 1991 können hierbei nach § 82a der Einkommenssteuer-Durchführungsverordnung (EStDV) erhöhte steuerliche Absetzungen z. B. für den Einbau von Wärmepumpen, Solaranla-

applied to the second of the second

gen, Anlagen zur Wärmerückgewinnung, Modernisierung von Heizungsanlagen, Errichtung von Windkraftanlagen und von Anlagen zur Gewinnung von Biogas für Heizzwecke geltend gemacht werden.

Durch die Steuerreform entfielen Förderungen sowohl nach § 4 InvZulG (Befristung bis 31.12.1989) als auch die Vergünstigungen nach § 82a EStDV (Befristung bis 31.12.1991), sodaß die den Wohnungsbestand betreffenden Förderungsmöglichkeiten im wesentlichen auf Bundes- und Landesförderungen für FuE- sowie PuD-Projekte, die Energieberatung und die Förderung dezentraler Energieanlagen reduziert wurden. Eine weitere Förderung durch Steuervergünstigungen nach § 82a scheint auch nicht sinnvoll, da sie bisher ohnhin ablaufende heizungstechnische Erneuerungen einseitig begünstigte (Mitnahmeeffekte), keine Kopplung an eine Beratung möglich ist (sinnvolle Maßnahmeauswahl) und die Steuervergünstigung besonders für höhere Einkommensgruppen interessant ist (Abhängigkeit der Subvention von der Höhe des Grenzsteuersatzes, d. h. der Einkommenshöhe). Finanzschwache Eigentümer oder ältere Eigentümer, deren Investitionsbereitschaft relativ gering ist, werden von den Förderungsmaßnahmen unzureichend erfaßt. Es werden somit große Sparpotentiale von der Förderung ausgeschlossen, andererseits fließen Mittel in die Bereiche, in denen auch aus eigener Kraft Sanierungsmaßnahmen getätigt würden. Im Unterschied zur direkten Förderung können bei einer Steuervergünstigung ggf. weitere soziale Härten entstehen, da der Eigentümer die Vergünstigung nicht bei der Berechnung der Mieterhöhung berücksichtigen muß; sie werden nicht vom Modernisierungsaufwand abgezogen, der der Mieterhöhung zugrundegelegt wird.

Die in den alten und neuen Bundesländern bereits existierenden Förderprogramme mit Auswirkungen auf die wärmetechnische Gebäudesanierung werden im folgenden Abschnitt dargestellt.

# 11.7.2 Förderprogramme zur wärmetechnischen Gebäudesanierung

In den Bundesländern existieren eine Reihe von Förderprogrammen für den Gebäudebestand, die entweder direkt auf die Förderung von Heizungsumstellungen und Heizkesselerneuerungen gerichtet sind oder die Instandsetzung/Modernisierung mit der wärmetechnischen Gebäudesanierung verknüpfen. In den neuen Bundesländern werden die Länderförderprogramme ergänzt durch das KfW-Förderprogramm mit einem Sonderprogramm für die Sanierung von industriell errichteten Mietwohnbauten ("KfW - Wohnraummodernisierungs- und Instandsetzungsprogramm" und "KfW - Programm zur Förderung von Maßnahmen an industriell errichteten Mietwohnungsbauten").

Die Tabellen 11.5 - 11.7 geben einen Überblick über die vorhandenen Förderprogramme in den Bundesländern.

37 2

Tabelle 11.5:

Fördermaßnahmen der Bundesländer für Energieeinsparung und Modernisierung im Wohngebäudebestand

Bundesland		Förderun	nfang	7 (4)	Förderfälle			, .		Geförderte Maßnahmen 1)
	Verantwortlich für die Vergabe der Mittel	Angaben für	Gesamtumfang der Mittel pro Haushaltsjahr [Mio. DM]	Anteil für energetische Maßnahmen	Förderfälle pro	Anzahl der geförderten Wohnein- heiten	Anzahl der geförderten Wohnge- bäude	Anteil der geförderten Privat- eigentümer	Anteil der geförderten Wohnungsbau- desellschaften [%]	Einschätzung der Förderschwer- punkte
Hamburg	Hamburgische Wohnungsbau- kreditanstalt	1993	42,2	20	k.A.	8866	k.A.	10	90	Fernwärme Heizung Dämmung Energieberatung
Hessen		1992	48,75	65	713	1909	713	k.A.	k.A.	Wärmeschutz Brennwertkessel, Fernwärme, Wärmerückgewinnung
Mecklenburg-Vorpommern	Landesbauförderungs- amt Mecklenburg- Vorpommern	1993	480	90	44027	174087	61458	95	. 5	Heizung Dämmung Fernwärme
Niedersachsen					-		-			
Nordrhein-Westfalen	Amter für Wohnungswesen der Kreise und Städte	1993	218,5	40 **	9028	8546	k.A.	12	88	k.A.
	Stadt- und Kreisverwaltungen Für preisgebundene Mietwohnungen: Landestreuhandstelle	1993	10	k.A.	790	1904	. k.A.	40	60	Heizung Wärmedämmung Fernwärme

<sup>1)</sup> Die Reihenfolge gibt die Häufigkeit der Maßnahmenförderung an

Tabelle 11.6: Fördermaßnahmen der Bundesländer für Energieeinsparung und Modernisierung im Wohngebäudebestand

Bundesland	AND THE RESIDENCE OF THE PARTY	Förderum	fang	by if aspecting new and address to	Förderfälle		Participate of the state of the			Geförderte Maßnahmen 1)
	Verantwortlich für die Vergabe der Mittel	Angaben für	Gesamtumfang der Mittel pro Haushaltsjahr [Mio. DM]	Anteil für energetische Maßnahmen	Anzahl der Förderfälle pro Jahr		Anzahl der geförderten Wohnge- bäude	Anteil der geförderten Privat- eigentümer	Anteil der geförderten Wohnungsbau- gesellschaften [%]	Einschätzung der Förderschwer- punkte
BadenWürttemberg	Landeskredilbank Baden-Württemberg	1993	40	10	40	1700	40	22	78	Heizung Wärmedämmung
3ayern	Landesbank bayerischer Haus- und Grundstücksbesitzer	1993	.88,2	k.A.	k.A.	4723	k.A.	20	80 _	Heizung Wärmedämmung Fernwärme
Berlin :	Investitionsbank Berlin	1992	893,8	12	294	22396	k.A.	9	91	Heizung Wärmedämmung Fernwärme Energiebetratung
Brandenburg	Investitionsbank des Landes Brandenburg	1993	104	k.A.	80	2205	k.A.	10	90	Heizung Fernwärme Wärmedämmung Beratung
Bremen	Senator für Umweltschutz und Stadtenwicklung der Hansestadt Bremen	1993	2-4	100%	800	800	k.A.	100	-	Wärmeschutz- maßnahmen

<sup>1)</sup> Die Reihenfolge gibt die Häufigkeit der Maßnahmenförderung an

Tabelle 11.7: Fördermaßnahmen der Bundesländer für Energieeinsparung und Modernisierung im Wohn-

Bundesland	and the state of t	Förderum	fang	The second secon	Förderfälle				×	Geförderte Maßnahmen 1)
	Verantwortlich für die Vergabe der Mittel	für	Gesamtumfang der Mittel pro Haushaltsjahr [Mio. DM]	energetische			Anzahl der geförderten Wohnge- bäude	Anteil der geförderten Privat- eigentümer [%]	Anteil der geförderten Wohnungsbau- gesellschaften [%]	Einschätzung der Förderschwer- punkte
Saarland			•							•
Sachsen	Sächsische Aufbaubank	1993	1,652	k.A.	k.A.	33751	k.A.	10	90	Wärmedämmung Heizung Fernwärme Energiebetratung
Sachsen-Anhalt	Landesförderinstitut	1991-1993	500*	k.A.	k.A.	420000 °	k.A.	5	95	k,A.
Schleswig-Halstein		•	•	-	-	•			•	- 1
Thüringen	Landesverwaltungsamt Weimar Landratsämter	1993	213,53	69,4	775	14931	1250	4	80	Heizung Wärmedämmung Fernwärme Beratung

<sup>1)</sup> Die Reihenfolge gibt die Häufigkeit der Maßnahmenförderung an

<sup>\*</sup> Angaben gellen als Summe für die Jahre 1991-1993

Die Förderrichtlinien der Länderprogramme sind außerordentlich heterogen. Häufig sind die Fördertatbestände nicht präzise angegeben. Überwiegend werden suboptimale Dämmstandards um 6 cm Dämmschichtdicken oder Isolier- statt Wärmeschutzisolier- verglasung gefördert oder durch Förderung von Niedertemperaturkesseln bei der Heizkesselmodernisierung Mitnahmeffekte gestattet.

Ein besonderes Problem für die weitere Mittelinanspruchnahme stellen die Fördertatbestände und -konditionen der überwiegenden Anzahl der Förderprogramme in den neuen Bundesländern dar /BfLR, Förderung 1992; dieselbe, Wirkungsanalyse 1994/:

- o In den beiden KfW-Förderprogrammen zur Wohnraum-Modernisierung werden Kredite nur bis zu einer Investitionsobergrenze von 500 DM/m² Wohnfläche gegeben. Der Instandsetzungsstau erfordert jedoch insbesondere bei Mietwohnungen in der Regel 60.000-140.000 DM pro Wohnung oder 1.000-1.200 DM/m² Wohnfläche /LBFI, Leipzig 1994/. Der Kreditzins liegt mit 5 % nur für die ersten 10 Jahre fest und gegenüber den Förderkonditionen in den Förderprogrammen der alten Bundesländer unverhältnismäßig hoch. In den alten Bundesländern werden Kredite mit 3,5 % belastet oder wird mit verlorenen Zuschüssen gearbeitet. Die Fördertatbestände sind in den KfW-Programmen nur allgemein beschrieben, Anforderungen an Dämmschichtdicken oder Verglasungsqualitäten erfolgen nicht; suboptimale Dämmschichtdicken um 6 cm sind die Folge.
- o Diese Kritik gilt auch für eine Vielzahl von Länderförderprogrammen in den neuen Bundesländern, deren Konditionen z.T. noch ungünstiger liegen (6-7 % Kreditzinsen, steigend) und deren Fördertatbestände nicht oder nur allgemein umschrieben werden. Hier tritt hinzu, daß die jährlich zur Verfügung stehenden Mittel, ähnlich wie in den alten Bundesländern, dem Umfang der Aufgabe nicht angepaßt sind.

Ausnahmen bilden hier die Förderprogramme der alten Bundesländer Hessen /Modernisierungsrichtlinien-Land 1992/ und Bremen /Stadt Bremen, 1993/, hinsichtlich der Förderkonditionen und Fördertatbestände. In beiden Bundesländern sind die klassischen Modernisierungsförderprogramme umorientiert worden auf die Priorität der Heizenergieeinsparung und optimale Fördertatbestände in den Förderrichtlinien verankert. Einen Überblick über diese Tatbestände geben die Tabellen 11.8 und 11.9.

Die Förderprogramme knüpfen an den Gedanken der Kopplung von Bauteilinstandsetzung und wärmetechnischer Sanierung an und geben feste Zuschüsse pro Bauteil. Feste Zuschüsse haben u.a. den Vorteil, daß keine überhöhten Gesamtkosten zu Förderung angemeldet werden (Gefahr bei prozentualer Förderung, bzw. Prüfaufwand für die prüfenden Instanzen).

# Fördermaßnahmen in Hessen

Grundsätzliche Förderungsbedingungen		
Maßnahmemindestkosten:	4000	DM pro WE
Förderungsfähige Kosten	bis 50000	DM pro WE
	bis 75000	DM pro WE bei Denkmalschutz

Förderung generell					
Maßnahmen in Mietwohnungen (Darlehen)	bis 85% der förderfähigen Kosten, 3,5 % p.a. Zins/Tilgung				
	für Fenster: max 200 DM /m²				
Maßnahmen in eigengenutzten Wohnungen (Kostenzuschuß)	bis 25% der förderfähigen Kosten  Umstellung von Einzelöfen auf Zentralheizung:				
	max. 40 DM/m² beheizbare Wohnfläche				
Einschränkungen	Zuschüsse für energetische Maßnahmen werden nur für Gebäude gewährt, die vor dem 1.1.1978 bezugsfertig waren				

Bauliche Maßnahmen im Wärmeschutz		
Außenwand  Die Dicke des Dämmstoffs wurde bei allen Dämmaßnahmen für eine Wärmeleitfähigkeit von I = 0,04 W/(mK) festgelegt. Bei abweichender Wärmeleitfähigkeit muß mind. die gleiche Dämmwirkung erreicht werden.	12 cm Dämmstoff (Aussendämmung)	60 DM/m²
	6 cm Dämmstoff (Innendämmung)	25 DM/m² Fläche der zu dämmenden Gebäudehülle
Dach / oberste Geschoßdecke	15 cm Dämmstoff	30 DM/m <sup>2</sup>
Kellerdecke	6 cm Dämmstoff	15 DM/m²
Fenster	$K_F \le 1.8 \text{ W/(m}^2\text{K})$	60 DM/m <sup>2</sup>

Kessel /Brenner	Niedertemperatur-Ölkessel, Niedertemperaturkessel mit modulierenden oder mehrstufig arbeitenden Brennern sowie Spezialkessel mit Pufferspeicher mit Zulassung für Bio-Brennstoffe	1500 DM/Gebäude
Brennwertgeräte	Brennwertgeräte	2500 DM/Gebäude
Verteilungsverluste	Reduzierung von Wärmeverlusten in den Verteilleitungen	100 DM/WE

Einzelmaßnahmen (Wärmeversorgung)		The second second
Wärmepumpe	Brennstoffbetriebene Wärmepumpe einschließlich Abgasanlage	3000 DM/Gebäude
Brennwertgeräte	Brennwertgeräte bei für Niedertemperaturbetrieb geeigneten Wärmeverteilsystemen	2500 DM/Gebäude
Einbau von Wärmerückgewinnungsanlagen	Für Raumwärme oder Warmwasserbereitung Verhältnis von rückgewonnener Energie zu elektrischer Energie mind. 4:1	1000 DM/Gebäude
Umstellung auf Fernwärme	Fernwärme aus Kraftwärmekopplung, Abwärme oder brennstoffbetriebenen Wärmepumpen	2500 DM/Gebäude
Austausch von Elektroheizungen	Austausch von elektrischen Widerstandsheizungen durch Brennwertgeräte oder Niedertemperatur-Ölkessel	4000 DM/Gebäude

Tabelle 11.9: Förderung der wärmetechnischen Gebäudesanierung in Bremen

# Fördermaßnahmen in Bremen

Maßnahmemindestkosten:	5000	DM pro WE	
Einschränkungen	Maßnahmen, bei denen FCKW-haltige Materialien, Polyurethan-Platten, PU- Ortsschäume oder UF-Ortsschäume verwendet werden, sind von der Förderung ausgeschlossen		
Die Förderung erfolgt durch einen Kostenzuschuß	Zuschüsse werden für Wohngebäude gewährt die vor dem 1.1.1978 errichtet worden sind. (In begründeten Einzelfällen sind Außnahmen möglich).		

Bauliche Maßnahmen im Wärmeschutz		
Außenwand	12 cm Dämmstoff (Aussendämmung)	40,00 DM/m <sup>2</sup>
Die Dicke des Dämmstoffs wurde bei allen Dämmaßnahmen für eine	13 cm Dämmstoff (Aussendämmung)	42,50 DM/m²
Wärmeleitfähigkeit von I = 0,04 W/(mK) festgelegt. Bei abweichender	14 cm Dämmstoff (Aussendämmung)	45,00 DM/m²
Wärmeleitfähigkeit muß mind, die gleiche Dämmwirkung erreicht werden.	15 cm u. mehr Dämmstoff (Aussendämmung)	47,50 DM/m <sup>2</sup>
		Fläche der zu dämmenden
	6 cm Dämmstoff (Innendämmung)	20 DM/m <sup>2</sup>
		Fläche der zu dämmenden Gebäudehülle
Zweischalige Außenwand	Einblasen von expandiertem Lavagestein (mind. 5 cm)	10 DM/m²
Dach	15 cm Dämmstoff	40 DM/m <sup>2</sup>
Dachboden .	15 cm Dämmstoff	20 DM/m <sup>2</sup>
Kellerdecke / Sohle	8 cm Dämmstoff	10 DM/m <sup>2</sup>
Fenster	$K_{Glas} \leq 1,5 \text{ W/(m}^3\text{K)}$	40 DM/m²
	Bei neu einzubauenden Fenstern erfolgt eine Förderung nur, wenn die Rahmen aus europäischen Hölzern gefertigt wurden.	e 100 m

Sonstige Dämmaßnahmen	The state of the s	
Sondermaßnahmen		50 % der durch die Maßnahmen entstandenen Mehrkosten

12 9 4.21

### Bremer Förderprogramm 'Wärmeschutz im Wohngebäudebestand'

Die Fördertatbestände des Bremer Förderprogramms wurden aus der Bremer Wohngebäudetypologie entwickelt, so daß spezifische Maßnahmen für den Bremer Althausbestand gefördert werden. Gefördert werden ausschließlich Wärmeschutzmaßnahmen and der Gebäudehülle, das gesamte Fördervolumen liegt bei 2-4 Mio. DM p.a.. Das Programm spricht insbesondere private Eigentümer und private Vermieter an und ist mit über 800 Förderfällen bereits im ersten Jahr quantitativ erfolgreich, obwohl keine Mitnahmeeffekte gefördert werden (keine pauschale Heizkesselmodernisierung; Brennwertkessel werden gesondert nach § 9 Bremer Energiegesetz gefördert.). Die Förderung von Wärmeschutzmaßnahmen basiert auf dem Bremer Energiegesetz /SUS, Förderung, Bremen 1993/. Die Förderung wird ausschließlich als Kostenzuschuß ausgezahlt.

Die Fördertatbestände in Bremen sind präzise festgelegt, da über die Gebäudetypologie die wärmetechnischen Schwachstellen und Sanierungsoptima vorbereitend untersucht wurden.

Das Förderprogramm wird flankiert durch die folgenden Maßnahmen:

- o Beratungsangebot für die Antragsteller (Architekturbüro),
- o Informationspakete auf Grundlage der Bremer Gebäudetypologie über die sinnvollen Maßnahmen, die zu erwartenden Investitionskosten und Einsparpotentiale,
- o Ausschreibungstexte, zugeschnitten auf die Fördermaßnahmen,
- o Vorbereitung der Handwerkerinnungen auf die Ziele des Programms und die Ausführungserfordernisse,
- o allgemeine Öffentlichkeitsarbeit in der Stadt Bremen für die wärmetechnische Gebäudesanierung,
- o Nach einigen Jahren sollen die geförderten Objekte einer Erfolgskontrolle unterzogen werden und die Ergebnisse wiederum für die Bürgerinformation und die Handwerker/Architektenweiterbildung genutzt werden.

# Hessische 'Förderung von Energieeinsparungs- und Modernisierungsmaßnahmen an Wohngebäuden'

In Hessen ist die Förderung an Einkommengrenzen geknüpft, da die Mittel mit rund 41 Mio DM p.a. begrenzt sind und die knappen Mittel insbesondere zur Auslösung weitgehend warmmietenneutraler Sanierungen bei mietpreisgebundenen Wohnungen gelenkt werden sollen /Modernisierungsrichtlinien Land Hessen, 1992/. Es werden jedoch auch Hauseigentümer mit Zuschüssen unterstützt. Die Förderung ist an eine Mietpreisbindung von 5 Jahren gebunden, die Miete darf in dieser Zeit die Mietobergrenze für Neubauten des öffentlich geförderten sozialen Mietwohnungsbaus für die

jeweilige Gemeinde um nicht mehr als 30 % übersteigen; für selbstnutzende Eigentümer gibt es Einkommengrenzen. Diese Verknüpfung der Mittelvergabe an sozialpolitische Zielvorgaben wirkt sich im Bereich der selbstnutzenden Eigentümer und privaten Vermieter hemmend aus. Die Mittelvergabe kann nicht in die Breite gehen, folglich wird auch eine zielgerichtete Öffentlichkeitsarbeit vermieden, die das Thema "wärmetechnische Gebäudesanierung" zur positiven gesellschaftlichen Werthaltung machen könnte. Die Förderung wird als Darlehen oder als Zuschuß ausgezahlt:

- o Wohnungsbaugesellschaften/private Vermieter erhalten ein Darlehen bis zu 85 % der förderbaren Gesamtkosten. Die Belastung beträgt 3,5 % p.a. und liegt damit deutlich unter dem Kapitalmarktzins. Die Konditionen sind auch deutlich günstiger, als die Förderkonditionen des Bundes in den neuen Bundesländern.
- o Für selbstnutzende Eigentümer gibt es feste Kostenzuschüsse pro Bauteil, die der Aufstellung der Fördertatbestande zu entnehmen sind.

Die Förderung ist an Einkommenobergrenzen nach § 25 II. Wohnungsbaugesetzes geknüpft, die jedoch um 60 % überschritten werden dürfen. Die Ursache liegt in der Begrenztheit der Mittel und darin, daß mit den Landes-Modernisierungsförderprogrammen das Ziel verknüpft wurde, insbesondere den Wohnungsbaugesellschaften und Genossenschaften den Zugang zu den Mitteln zu erleichtern. Eine solche Verknüpfung kann bei Ausweitung des Vördervolumens in einem Bundes- oder Bund/Länderprogramm nicht übernommen werden, da sie einer breiten Mittelinanspruchnahme und damit dem Ziel der Förderung der Energieeinsparung auf breiter Basis entgegensteht. Auch die Verknüpfung mit Mietobergrenzen im Mietwohnungsbau sollte entfallen, da dem Mieter durch die Heizkostensenkung eine Entlastung entsteht, und auch vom Mieter ein Beitrag im Rahmen einer Politik der CO<sub>2</sub>-Minderung gefordert werden kann. Härten sind auf Antrag durch Zuschüsse im Rahmen des Wohngeldes zu beheben.

Der Förderung liegen die folgenden Voraussetzungen zugrunde:

- 1. Förderung qualitativ optimaler Maßnahmen: Die Wärmeschutzmaßnahmen weisen sämtlich eine hohe, über 30 Jahre liegende Nutzungsdauer auf. Eine Investition für solche Zeiträume sollte mit optimalen, an langfristigen Energiepreisen und Umwelterfordernissen orientierten Dämmstandards ausgeführt werden.
- 2. Grundgedanke ist die Kopplung von Instandsetzungs- und Energiesparmaßnahmen: Energiesparmaßnahmen sollten wo immer möglich zum jeweiligen Instandsetzungszeitpunkt von Gebäudeaußenbauteilen ergriffen werden. Eine Kombination mehrerer Maßnahmen im Paket wird dadurch nicht ausgeschlossen.
- 3. Keine Förderung ohnehin ausgeführter Energiespar- und Instandsetzungsmaßnahmen: Reinvestitionen im Heizungsbereich (Niedertemperaturkessel, Thermostatventile, Regelungsanlagen) werden als Instandsetzungsmaßnahmen nicht in die Förderung

- einbezogen. Der Öl-Niedertemperaturkessel wird aus Gründen der Gleichbehandlung gefördert, weil in reinen Ölversorgungsgebieten ein Einsatz von Brennwertkesseln als Fördertatbestand ausscheidet.
- 4. Förderung in einem für die jeweilige Zielgruppe sinnvollen und den Baupreisanstieg begrenzenden Verfahren: Zuschußförderung für selbstnutzende Eigentümer und private Vermieter, Darlehensförderung für die ehemals gemeinnützige Wohnungswirtschaft. Der Anteil der Darlehensförderung auf jeweilige Kostenvoranschläge ist mittelfristig zu begrenzen, da feste Kostenzuschüsse dem Baupreisanstieg besser entgegenwirken.
- 5. Hinweise für die technisch einwandfreie Ausführung von Dämmaßnahmen geben die "Energiespar-Informationen" des HMUEB. Eine Verbindung mit dem Aufbau einer unabhängigen Energieberatungsinfrastruktur und der Erarbeitung einer hessischen Wohngebäudetypologie wird angestrebt.

Die Fördertatbestände im Energieeinsparungsbereich umfassen die folgenden Maßnahmen

Tabelle 11.10: Hessen - Maßnahmenkatalog der Energieeinsparungsförderung im Wohngebäudebestand.

Dämmung der Außenwand von außen mit 12 cm Stärke als Vorhangfassade, Thermohaut	60 DM/m <sup>2</sup>
Dämmung der Außenwand von innen mit 6 cm Stärke	25 DM/m <sup>2</sup>
Dämmung des Daches oder der Obergeschoßdecke mit mind. 15 cm Stärke	30 DM/m <sup>2</sup>
Dämmung der Kellerdecke mit 6 cm Stärke	15 DM/m <sup>2</sup>
Einbau von Fenstern oder Verglasungen mit k <sub>F</sub> ≤ 1,8 W/(m <sup>2</sup> K)	60 DM/m <sup>2</sup>
Niedertemperatur-Ölheizkessel und NTK mit modulierenden oder mehrstufig arbeitenden Brennern sowie Spezialkessel mit Pufferspei- cher, die für Biobrennstoffe zugelassen sind	1.500 pro Gebäude
Brennwertgeräte	2.500 DM pro Gebäude
Reduzierung von Wärmeverlusten in Verteilnetzen	100 DM pro Wohnung
Brennstoffbetriebene Wärmepumpen	3.000 DM pro Gebäude
Wärmerückgewinnung	1000 DM pro Gebäude
Umstellung auf Fernwärme	2.500 DM pro Gebäude
Austausch elektrischer Widerstandsheizungen durch Warmwasserzen- tralheizungen	4000 DM pro Gebäude
Umstellung von Einzelöfen auf Warmwasserzentralheizung mit ge- nannten Wärmeerzeugern	40 DM/m² Wohnfläche

Die Angaben zur Dämmstärke liegt die Wärmeleitfähigkeitsgruppe 0,04 W/(m²K) zu Grunde; bei einer besseren Wärmeleitfähigkeitsgruppe kann eine geringere Dämmschichtdicke gewählt werden. Von den in der Förderrichtlinie angegebenen Dicken kann ausnahmsweise abgewichen werden, wenn das Bauteil bereits im ursprünglichen Zustand einen höheren Dämmstandard aufweist oder zwingende bauphysikalische oder bautechnische Gründe vorliegen (Einzelnachweis erforderlich). Bei heizungstechnischen Maßnahmen ist eine Kombination mit mindestens einer Wärmeschutzmaßnahme an der Gebäudehülle gefordert.

Förderprogramme stellen eine wichtige Ergänzung zu Energiesteuern und Vorschriften dar. Die Förderung von Wärmedämmaßnahmen ist besonders wichtig, da hierbei nicht mit einer quasi "automatischen" energetischen Sanierung bzw. Modernisierung des Wohnungsbestandes zu rechnen ist wie z. B. bei Heizungsanlagen, deren Erneuerung in bestimmten zeitlichen Abständen eine schlichte technische Notwendigkeit ist.

# 11.7.3 Bund-Länder-Förderprogramm 'Wärmetechnische Gebäudesanierung'

### Notwendigkeit eines 'Förderprogrammes'

Durch Förderungsmaßnahmen können die Wirkungen von Energiesteuern und ordnungsrechtlichen Instrumenten an den folgenden Punkten ergänzt werden:

- Vermieter haben durch die Energiesteuer kein direktes ökonomisches Interesse an energiesparenden Investitionen im Gebäudebestand. Nach wie vor trägt der Mieter die (gestiegenen) Heizkosten. Für große Teile des Gebäudebestandes ist eine Energiesteuer nicht direkt investitionswirksam. Bei Finanzierungsengpässen der Wohnungsbaugesellschaften oder privaten Vermietern kann dies zu sozialen Spannungen führen, wie dies z. B. während der Hochpreisphase um 1980 vielerorts in den Geschoßwohnungsbausiedlungen der siebziger Jahre deutlich wurde.
- Für mittlere und höhere Einkommensgruppen gilt, daß die gestiegenen Energiekosten auch weiterhin gezahlt werden können, ohne durch energiesparende Investitionen abgelöst zu werden. Dies wird durch die zögerlichen Investitionen während der Energie-Hochpreisphase zwischen 1973 und 1980 deutlich belegt.
- Die Wirtschaftlichkeit energiesparender Investitionen wird zwar durch Energiesteuern deutlich verbessert. Art, Umfang und Richtung der zu ergreifenden Maßnahmen werden damit aber nicht festgelegt. Mit einer Energiesteuer ist noch nicht gesichert, daß die richtigen Maßnahmen ergriffen werden /Stobaugh/Yergin 1979/.

Die ausgelösten Investitionen können durchaus suboptimal sein, wenn z. B. nur begrenzte Dämmstärken (4-6 cm) für Maßnahmen gewählt werden, deren Nutzungsdauern über 25 Jahre liegen. Hohe Energiepreise sind nicht gleichbedeutend mit erhöhtem Informationsniveau und einer positiven Einstellung zur Energieeinsparung bei der Vielzahl der Entscheidungsträger im Gebäudebestand.

- Finanziell schwache Einkommensgruppen haben äußerst eingeschränkte Finanzierungsmöglichkeiten und partizipieren, wie z. B. auch Rentner, nicht hinreichend an entlastenden steuerlichen Transferzahlungen zur Kompensation der monetären Energiesteuereffekte. In der Folge müssen zwar Mehrbelastungen bei den Heizkosten getragen werden, die für eine energiesparende Investition erforderliche Kapitalbeschaffung kann jedoch auf dem Kapitalmarkt nicht oder nur sehr eingeschränkt erfolgen. Die Ausführung energiesparender Maßnahmen durch diese Bevölkerungsgruppen kann durch die Einführung der Energiesteuer nicht erwartet werden.
- Insbesondere in den ländlichen Regionen kann durch eine Energiepreisverteuerung ein Umstieg auf die billigere Holz- und Kohlefeuerung erfolgen (Substitutionseffekt), wenn die Brennstoffe sogar in Selbstlobung nur zum Aufwand des persönlichen Arbeitseinsatzes (Waldrestholz) beschafft werden können. Die Verfeuerung dieser Brennstoffe in Einzelöfen, Kaminen und Kachelöfen ist jedoch wegen der erheblichen Umweltbelastungen äußerst problematisch und liefe den Zielen der Energiebesteuerung deutlich zuwider /SRU 1981 und 1987/.
- Mit der Einführung einer Energiebesteuerung muß eine in Teilen der Bevölkerung zunächst kontroverse Diskussion erwartet werden. Energieeinsparung kann bei der Vielzahl der Entscheidungsträger in der wärmetechnischen Gebäudesanierung jedoch nur in einem positiven Investitionsklima erfolgreich sein.

Anstoßende und beschleunigende Einsparmaßnahmen im Wohnungsbestand könnten daher besonders durch gezielte Finanzhilfen (direkte Förderung) erreicht werden. Zuschüsse erweisen sich besonders für Haus und Wohnungseigentümer, die eine geringe Einkommenssteuer entrichten müssen (und deshalb steuerlich auch nicht stark entlastet werden) als günstig. Als Förderungsarten kommen dabei in Betracht Aufwendungszuschüsse, Einmalzuschüsse und zinsverbilligte bzw. zinslose Darlehen.

#### Struktur eines Bund-Länder-Förderprogrammes zur wärmetechnischen Gebäudesanierung

Die bestehenden Förderprogramme der Bundesländer sollten zu einer Bund-Länder-Förderung weiterentwickelt werden, die sich unter anderem an den Erfahrungen mit dem Bremer und Hessischen Förderprogramm orientiert und Schwächen der meisten Länder- und der KfW-Programme beseitigt:

- o Erhöhung des Fördervolumens in den einzelnen Bundesländern durch Bundeszuweisung, geschöpft aus der Energiesteuer oder CO<sub>2</sub>-Abgabe.
- o Kopplung der Förderung an ohnehin anstehende Bauteilinstandsetzung.
- o Klare inhaltliche Fördertatbestände mit qualitativ optimalen Wärmeschutzmaßnahmen. Im heizungstechnischen Bereich: ausschließlich Förderung von Umstellung auf Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung.
- o Förderung mit Zuschüssen in DM/m<sup>2</sup> Bauteilfläche und/oder Kreditmitteln mit Zinsbelastungen um 3,5 % p.a.

Die Mittelvergabe kann über die Landesbanken/Girozentralen, die kommunalen Ämter für Wohnungs- und Siedlungswesen oder entsprechende Einrichtungen der Kreise vorgenommen werden. Diese Organisation hat sich bewährt. Das Bund-Länder Förderprogramm sollte unabhängig von der Modernisierungsförderung aufgelegt werden, jedoch über die Instandhaltungsintervalle der Bauteile mit der Modernisierung und Instandsetzung verbunden sein.

Sinnvoll sind verlorene Zuschüsse in einem Bauteilverfahren, wahlweise kann z.B. für Wohnungsbaugesellschaften und -genossenschaften auch mit Kreditmittelvergabe gearbeitet werden. Für die Durchführung einer energiesparenden Maßnahme wird z.B. ein Kostenzuschuß gezahlt, der sich an der Höhe der Mehrkosten für die zusätzliche Ausführung einer Dämmung im Zuge ohnehin erfolgender Instandhaltung oder Modernisierung orientiert. Der Zuschuß sollte 50 % der Zusatzkosten für die Dämmung betragen. Zum Vergleich: Das allein aus Landesmitteln finanzierte Hessische Modernisierungs- und Energieeinsparungsförderprogramm sieht Kostenzuschüsse in Höhe von 25 % der Maßnahmenkosten für die Dämmung vor (abzüglich Instandsetzungsanteil). Die Zuschüsse sollten nicht als Wertsteigerung auf die Mieten überwälzt werden können, um für die Mietwohnungsbau eine sozialverträgliche Sanierung zu gewährleisten.

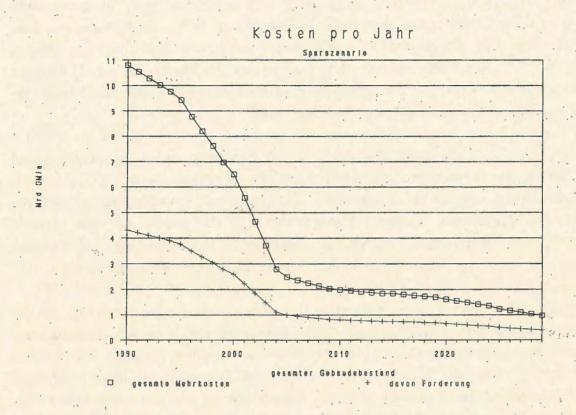
In Anlehnung an den Katalog wärmetechnischer Sanierungsmaßnahmen sind auch klare technische Vorgaben für die Dämmschichtdicken festzuschreiben. Die Erfahrungen aus der Energiespar-Förderung des Landes Hessen zeigen, daß es sinnvoll ist, die Mindestwerte für die Dämmschichtdicken relativ hoch anzusetzen. Wird demgegenüber mit geringen Mindestanforderungen gearbeitet (z. B. Außenwandwärmedämmung mit mindestens 6 cm Dämmstärke) werden auch nur diese Mindestdämmschichtdicken ausgeführt. Sinnvoll sind die in Tabelle 11.11 angegebenen Maßnahmen und Zuschußgrößen.

Tabelle 11.11: Bundesrepublik Deutschland - Maßnahmenkatalog eines Bund-Länder-Förderprogrammes "wärmetechnische Wohngebäudesanierung"

Dämmung der Außenwand von außen mit 12 cm Stärke als Vorhang- fassade, Wärmedämmverbundsystem	40-60 DM/m²
Dämmung der Außenwand von innen mit 6 cm Stärke	20-25 DM/m²
Dämmung der Außenwand durch Kerndämmung mind, 4 cm Stärke	10-15 DM/m²
Dämmung des Steildaches mit 16-20 cm Stärke	30-40 DM/m²
Dämmung des Dachbodens mit mind. 16-20 cm Stärke	20-30 DM/m²
Dämmung des Flachdaches mit insgesamt 12 - 20 cm Dämmstoff unter Anrechnung des vorhandenen k-Wertes gestaffelt	30-40 DM/m <sup>2</sup>
Dämmung der Kellerdecke mit 6 cm Stärke	10-15 DM/m²
Einbau von Fenstern oder Verglasungen mit k <sub>F</sub> ≤ 1,5-1,8 W/(m <sup>2</sup> K)	40-60 DM/m <sup>2</sup>
Sonderaufwand bei denkmalgeschützten Bauten in Verbindung mit den Denkmalschutzbehörden	Einzelfall bis 50 % der Mehrkosten
Niedertemperatur-Ölheizkessel und NTK mit modulierenden oder mehr- stufig arbeitenden Brennern sowie Spezialkessel mit Pufferspeicher, die für Biobrennstoffe zugelassen sind	1.500 pro Gebäude
Sonstige Wärmeschutzmaßnahmen auf Einzelnachweis mit Begründung	Einzelfall bis 50 %
Umstellung auf Fernwärme	2.500 DM pro Gebäude
Austausch elektrischer Widerstandsheizungen durch Warmwasserzentral- heizungen	4000 DM pro Gebäude
Umstellung von Einzelöfen auf Warmwasserzentralheizung mit genannten Wärmeerzeugern	40 DM/m <sup>2</sup> Wohnfläche

Werden diese Maßnahmen bei Fälligkeit im Instandsetzungszyklus im gesamten Gebäudebestand gefördert, wären dafür in den alten Bundesländern in den nächsten Jahren nach Einführung der Maßnahmen bei 100 %iger Durchführung ein Fördervolumen von ca. 4 Mrd. DM pro Jahr notwendig; dieses würde anschließend im Zeitverlauf geringer werden, nach zehn Jahren auf weniger als die Hälfte, nach zwanzig Jahren auf weniger als ein Viertel des ursprünglichen Betrages sinken, wie Abb. 11.12 verdeutlicht. In den neuen Bundesländern richtet sich der Verlauf des notwendigen Fördervolumens nach der Umsetzungsgeschwindigkeit der notwendigen Instandsetzungsmaßnahmen.

Abbildung 11.12: Jährlich notwendiges Investitionsvolumen und Förderanteil im Sparszenario für die alten Bundesländer.



Quelle: Studien für die Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" /IWU 1989/.

Das Bund-Länder-Förderprogramm "Wärmetechnische Gebäudesanierung" kann wahlweise auch als Zinsstützungsprogramm in Zusammenarbeit mit den jeweils örtlichen Banken, Sparkassen und Bausparkassen durchgeführt werden. Der Vorteil von Zinsstützungsprogrammen läge in der Mobilisierung von Kapitalmarktmitteln durch ein sicheres und niedriges Zinsniveau und der Übernahme großer Teile der Verwaltungsaufgaben durch die Infrastruktur der Banken und Sparkassen. Als Nachteil steht dem gegenüber, daß Gebäudeeigentümer mit kreditmäßiger Vorbelastung kaum von dem Programm erfaßt werden. Auch werden energiesparende Investitionen im eigengenutzten Gebäudebestand erfahrungsgemäß eher durch angesparte Mittel plus Zuschüsse als über Bankkredite finanziert, so daß auch deshalb eine geringere Effizienz zu vermuten ist. Die Weitergabe des Entlastungseffektes an die Mieter ist zu regeln.

Besondere Priorität bei Fördermaßnahmen sollten sozialpolitisch bedeutsame Sanierungsmaßnahmen haben; zu nennen sind hier der Bereich des belegungsgebundenen Wohnungsbestandes, Obdachlosenunterkünfte, Altbauwohnungen mit einkommensschwachen

Mietern, Studentenwohnheime, Altersheime. Erforderlich sind hier <u>Sonderprogramme</u> zur wärmetechnischen Sanierung von Mietwohnungen für finanziell schwache Bevölkerungsgruppen. Diese Sonderprogramme sind in enger Abstimmung mit den Städten, Landkreise und Gemeinden aufzustellen, da in diesen Gebietskörperschaften die genau örtliche Kenntnis der Erfordernisse vorhanden ist. Denkbar ist z. B. die Koordination über die Wohnungs- und Hochbauämter. Solche Sonderprogramme sind auch ein Beitrag zum Abbau der Sozialhilfebelastung der kommunalen Haushalte, da die Heizkosten von Obdachlosen und Sozialhilfeempfängern ganz oder teilweise durch den Sozialhilfehaushalt aufgebracht werden müssen /Burgdorf 1988/.

Zu prüfen sind ebenfalls zusätzliche Modelle der Förderung durch Bürgschaften und Zinsverbilligungen (etwa durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau) an Energieversorgungsunternehmen, die für Hauseigentümer energiesparende Investitionen durchführen (Finanzierung, Installation, Wartung, Management) und als Entgelt von den Eigentümern über einen bestimmten Zeitraum die eingesparten Heizkosten erhalten (Beispiel Rottweil, vgl. auch das Saarbrücker Modell warmmietneutraler Wärmedämmung).

Anzustreben ist weiterhin eine Integration der Ziele der Energieeinsparung in die Städtebauförderung und Dorferneuerung. Sinnvoll scheint hier eine Mittelaufstok-kung in diesen Programmen entsprechend des zuwachsenden Handlungsbedarfes oder alternativ die Ermöglichung der Mittelkombination mit dem Zuschußprogramm in städtebaulichen Erneuerungs- und Sanierungsgebieten. Erforderlich ist eine offensive Information der Kommunen durch das Bundesbauministerium über diese Neuorientierung mit dem Ziel der Stimulierung inhaltlich entsprechend ausgestalteter Förderanmeldungen der Kommunen. Notwendig ist dazu eine kritische Überarbeitung der Förderrichtlinien der Dorferneuerung und eine Kopplung der Dorferneuerungsmaßnahmen mit dem Programm Energieberatung und der Aufstellung von handlungsorientierten Energiekonzepten.

Als weitere Fördermaßnahmen sind denkbar

- der Fernwärmeanschluß von Wohngebäuden bei Wärmelieferung aus Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung, Einbau von nichtelektrischen Wärmepumpen, von Solaranlagen, Nutzung von Biomasse.
- Maßnahmen von Wohnungsmietern und bei eigengenutzten Wohnungen, die an bestimmte Einkommensgrenzen zu binden wären.

# 11.7.4 Kopplung der Förderung an Auflagen und Erfolgskontrolle

Die Förderung von Energiesparmaßnahmen im Wohnungsbestand sollte an die Einhaltung bestimmter technischer Mindestvoraussetzungen geknüpft werden, die sich in den Fördertatbeständen darstellen. Generell sollte die Mittelvergabe an eine geeignete Konzeptentwicklung durch eine qualifizierte Energieberatung am Ort gebunden werden um

Folgeschäden durch eine isolierte und mangelhafte Planung zu verhindern. Eine hohe Wirksamkeit von Fördermaßnahmen setzt außerdem verstärkte Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen für das ausführende Handwerk, Ingenieure etc. voraus (vgl. hierzu Abschnitt 11.2. Förderung der Energieberatung).

Es sollte außerdem gewährleistet sein, daß keine unbilligen Mietsteigerungen durch die geförderten Sanierungsmaßnahmen entstehen, d. h. evtl. Mieterhöhungen in einer vernünftigen Relation zu den eingesparten Betriebskosten stehen. Eine Kontrolle der Einhaltung von Förderrichtlinien und -zwecken könnte über die Energiegutachten, die vor der Durchführung einer Maßnahme zu erstellen sind, geschehen. Da Energieberater am Ort die zur Förderung anstehenden Maßnahmen analysieren, könnte die Ordnungsmäßigkeit von Anlagen auch von ihnen bestätigt werden.

# 11.7.5 Einführung des Niedrigenergiestandards als Regelbauweise

Obwohl inzwischen in einigen Bundesländern, Kommunen und bei wenigen EVU Förderprogramme existieren, besteht nach wie vor ein "Handlungsbedarf hinsichtlich einer systematischen, zwischen den Handlungsebenen Bund-Ländern-Kommunen und Handlungsträgern Öffentliche Hand, Forschung, Bauwirtschaft, Handwerk, Architekten, Ingenieuren und EVU abgestimmten Forschungs- und Markteinführungspolitik" zur breiten Einführung der Niedrigenergiestandards.

Die kommende Novelle zur Wärmeschutzverordnung wird 1995 noch nicht den Niedrigenergiestandard einführen, sondern den Heizwärmebedarf von Neubauten um ca. 30 % senken, was mit Verbesserungen des Wärmeschutzes nur an einzelnen Bauteilen erreicht werden kann. Für eine Einführung des NEH-Standards ist es sinnvoll, eine emeute Novelle der WSchVO für das Jahr 2000 anzukündigen und den kommenden Standard als Orientierungswert für Architekten und die Bauwirtschaft in der Novelle 1995 anzukündigen. Zu diesem Zeitpunkt wird eine Novelle ohnehin erforderlich, da das kommende europäische Wärmebilanzverfahren in das deutsche Recht eingeführt werden muß. Die EN 832 wird (als Kurzrechenverfahren) geeignet sein, das in der jetzigen Novelle WSchVO verankerte Rechenverfahren abzulösen, das zu sehr realitätsfernen Heizwärmebedarfswerten führt. Die Einführung von Energiekennwerten und eines verläßlich rechnenden Wärmebilanz-Nachweisverfahrens erhält in diesem Zusammenhang die Funktion der Kontrollinstanz. Ähnlich wie in der Schweiz könnte nach Gebäudebezug über ein zweijähriges Anpassungsverfahren der reale Heizwärmebedarf überprüft und auf den Rechenwert hinentwickelt werden, wenn größere Abweichungen vorliegen (Einstellung der Haustechnik, Überprüfung des Lüftungsverhalten etc.).

Verbreitung der Konstruktionsmerkmale von Niedrigenergiehäusern. Über die breite Vorstellung von realisierten Projekten sollten die Konstruktionsmerkmale der NEH-Bauweise im Bundesgebiet verbreitet werden. Erforderlich ist eine klare Beschreibung des NEH-Konzeptes als das Konzept für das klimagerechte, energiesparende Bauen in Deutschland.

Eine Kooperation zwischen Bund und NEH-Förderländern ist unerläßlich, um die bisherigen Erfahrungen mit der Bauweise auszuwerten und die im jeweiligen Bundesland begrenzten Mittel zur Schaffung von entsprechenden Materialien, Kursen, Weiterbildungsbausteinen und Kongreßen um Bundesmittel zu ergänzen. Hierüber ist es auch besser möglich, Siedlungskonzepte mit NEH-Standard zu verwirklichen und Nahwärmelösungen auf Basis der Kraftwärmekopplung und weitere Bausteine des ökologischen Bauens zu ergänzen.

Unbedingt erforderlich ist auch ein NEH-Förderprogramm beim Bundesbauministerium zur Schaffung von Demonstrationsbauten, da nicht alle Bundesländer hierzu in der Lage sind. Von Demonstrationsbauten geht eine starke Ausstrahlung auf den jeweiligen örtlichen Bauprozeß aus. Erforderlich ist es hierzu, die Anzahl der bisher existierenden Objekte deutlich zu vermehren. Ab 1995 könnte der Bund für 5 Jahre jährlich 50.000 Niedrigenergiehäuser als Demonstrationsbauten fördern (500 Mio DM p.a.). Die Existenz von Demonstrationsbauten kann wiederum zur Verbreitung von Bauerfahrungen, Schaffung von Weiterbildungsmaterialien und Kursen für Handwerker und Architekten genutzt werden. Wird parallel eine unabhängige Energieberatungsinfrastruktur aufgebaut, ist damit die Möglichkeit für eine dauerhafte, vor Ort wirksame Öffentlichkeitsarbeit gelegt.

In die gleiche Richtung wirkt eine Kooperation von Bund und Ländern mit den Kommunen und Landkreisen, die Einflußmöglichkeiten auf das energiesparende Bauen über die Bebauungsplanung, die Stadtentwicklungsplanung und die Veräußerung kommunalen Baulandes besitzen (Festschreibung von Energiekennwerten und Nachweisverfahren in Grundstücksverträgen, Begründung des Bebauungsplanes, Architektenwettbewerbe). Die kommunalen Handlungsmöglichkeiten müssen indes über Kongresse und Publikationen stärker als bisher verdeutlicht werden. Hier kommen bereits vorhandene Vorbilder der Umsetzung zugute (Schopfheim, Ansbach, Schwerin, Fulda, Rotenburg/Fulda, Freiburg, Bremen). Die Förderung von Niedrigenergiehäusern und -siedlungen ist für Kommunen ein positives Handlungsmuster im Klimabündnis der Städte.

Die Entwicklung von Ausbildungs- und Weiterbildungsbausteinen kann sich sehr stark auf die Erfahrungen in der Schweiz stützen (Impulsprogramme). Erforderlich ist eine Weiterbildungsoffensive in Zusammenarbeit von Bund und Ländern mit den Handwerks-, Ingenieur-, und Architektenkammern. Erreicht werden muß eine neue "Weiter-

bildungskultur", bei der nicht "das Wissen wir doch alles schon", sondern "das wollen wir wissen" im Vordergrund steht. Sinnvoll ist die klare Zielformulierung "Einführung des Niedrigenergiestandards". Zu entwickeln ist ein System aus

- aus der bisherigen Praxis abgeleiteten Informations-Materialien,
- Kursen, Zertifikaten,
- Besichtigungen von Modellgebäuden (Praxisbeweis),
- laufender Berichterstattung über Erfahrungen,
- Vorträgen, örtlichen Kongressen.

Inhaltlich bietet sich aus der Sicht der hessischen Erfahrungen an:

- Wärmebilanzprogramme,
- energiebewußter Gebäudeentwurf,
- Wirtschaftlichkeitsberechnung,
- Konstruktionsmerkmale von NEH in der Detailzeichnungen (s. Planungshilfe der Stadtwerke Hannover),
- Bedeutung der Aufstellung von Gebäudenergiebilanzen für die Maßnahmenauswahl
- Bedeutung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle unter unseren Klimabedingungen,
- Bauphysik am praktischen Beispiel,
- Bedeutung und Vermeidung von Wärmebrücken,
- Dichtheit der Gebäudehülle, Vermeidung von Undichtigkeiten,
- Kosten von NEH, Wirtschaftlichkeitsberechnung,
- kontrollierte Wohnungslüftung, Einsatzbedingungen und möglicher energetischer Nutzen,
- sorgfältiger, sachgerechter Einbau von Wohnungslüftungsanlagen , Komponenten der Anlagen,
- Heizsysteme für Niedrigenergiehäuser,
- ökolgische Bilanzierung herkömmlicher und gedämmter Konstruktionen,
- sorgfältige Bauausführung und die Vermeidung von Schwachstellen.

Erforderlich ist die Schaffung attraktiver, aus der Praxis geschöpfter Materialien für Architekten wie für den bauausführenden Handwerker, die Konstruktionen, aber auch Schwachstellen (Leckagen, Wärmebrücken) deutlich machen.

Niedrigenergiehäuser bedürfen eher der Markteinführungshilfen als einer intensiveren Bauforschung. Gleichwohl gibt es eine Reihe ungeklärter Fragestellungen, zu denen eine umsetzungsorientierte baupraxisnah arbeitende Bauforschung zukünftig Beiträge liefern kann und die in einem Forschungsverbund zwischen Bund-Ländern und beteiligten Instituten abgestimmt werden könnten:

- Aufarbeitung der fehlgeschlagenen Konzepte der Solararchitektur und der haustechniklastigen "Energiesparhäuser", Erhebung der Energiekennwerte solcher Projekte.
- Erarbeitung eines leistungsfähigen Wärmebilanzprogrammes zum energetischen Gebäudeentwurf i.V. mit der kommenden europäischen Lösung (EN 832),
- Entwicklung von Detaillösungen für den energiesparenden Gebäudeentwurf (Beispiel Planungshilfe Niedrigenergiehäuser der Stadtwerke Hannover),
- Klärung der Einsatzbedingungen für eine effiziente, stromsparend betriebene Wärmerückgewinnung in Wohngebäuden,
- Erforschung des Nutzerverhaltens und der Bewohnererfahrungen,
- Konstruktionslösungen und Materialien für die Gebäudedichtheit,
- Untersuchung der Behaglichkeitswerte in NEH,
- Lösungen für die Vermeidung von Wärmebrücken,
- Begleitung von Siedlungsprojekten möglichst mit Integration von Nah- oder Fernwärme auf Basis der Kraft-Wärme-Kopplung,
- Weiterentwicklung von Heizsystemen für Energiesparhäuser, ausführungstechnische Hinweise,
- Übertragung des NEH-Konzeptes auf Büro- und Verwaltungsbauten unter Einbeziehung der elektr. Energie und Fragen der Gebäudekühlung und -klimatisierung,
- Schaffung von Lösungen für den Holzleichtbau,
- Baustoff-Recycling,
- ökologische Bilanzierung von herkömmlichen und gedämmten Konstruktionen,
- Schaffung einer informationstechnischen Lösung zur Umsetzung der Erkenntnisse in Materialien für die Fortbildung.

Erforderlich ist eine Bauforschung, die auch praxisgerechte Forschungsergebnisse liefert, die für die Bauausführung von Bedeutung sind und von Architekten, Handwerkern oder über Energieberatungsstellen genutzt werden können. Regelmäßige jährliche nationale Kongreßtage (Ausrichter: BMBau) sollten der Abstimmung der beteiligten Institute dienen.

# 11.8 Wohnungswirtschaftlicher Handlungsbedarf: Wärmetechnische Gebäudesanierung

In den zukünftigen Wohnungsmodernisierungsprogrammen des Bundes- und der Länder und allen Sonderprogrammen zur Schaffung von Wohnraum für einkommensschwächere Bevölkerungsgruppen und die neuen Bundesländer ist auf die Notwendigkeit der Kopplung von Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen mit wärmetechnischen Sanierungsmaßnahmen zu verweisen.

Durch Änderung der II. Berechnungsverordnung sollte für den öffentlich geförderten Wohnungsbestand die Möglichkeit des Gegenrechnens von Kaltmietensteigerungen und Heizkostensenkungen bei wärmetechnischen Sanierungsmaßnahmen ermöglicht werden. Dies ist z.B. in Hessen im öffentlich geförderten Wohnungsbau bereits möglich. Nach dem Beispiel der hessischen Förderichtlinie, "Modernisierungsrichtlinie-Land" sollte eine bis zu 30 %ige Überschreitung der Höchstmiete zugelassen werden, wenn durch Dämmaßnahmen und Heizungsmodernisierung die Heizkosten sinken.

## 11.9 Energiesteuer und Umweltabgaben

Der marktwirtschaftlichen Konzeption nach soll sich in der Energiepreisstruktur der Märkte die Kostenstruktur (d.h. die langfristigen volkswirtschaftlichen Grenzkosten der Energiegewinnung) widerspiegeln. Im gegenwärtigen Energiepreisniveau werden jedoch externe Umweltkosten der Energienutzung sowie die Knappheit und Begrenztheit von Energieressourcen nicht oder nur unzureichend reflektiert. Nur wenn diese Belastungen und Risiken beim Einsatz von Energieträgern in die betriebswirtschaftlichen Kosten "internalisiert" sind, würden sich private und volkswirtschaftliche Kosten entsprechen. Gegenwärtig werden diese Kosten auf Dritte oder die Gesellschaft abgewälzt, so daß die tatsächlich gezahlten Preise bestenfalls die bloßen einzelwirtschaftlichen Kalküle widerspiegeln, dagegen die an anderer Stelle anfallenden Schadens-, Vermeidungs- oder Beseitigungskosten von Umweltbelastungen der Energienutzung nicht einschließen. Die der gegenwärtigen und zukünftigen Generationen aufgebürdeten Umweltschäden sind daher nach dem gesellschaftlich akzeptierten marktwirtschaftlichen Zurechnungskriterien des Verursacherprinzips in den Preis einzubeziehen.

Wir schlagen daher vor, Anreizsignale über den Markt durch eine Energiesteuer zu geben. Damit soll eine Korrektur des Preismechanismus vorgenommen werden, um diejenigen, die Investitions- und Nutzungsentscheidungen treffen, zur rationellen Nutzung von Energie bzw. zur Umschichtung ihrer Nachfrage zu bewegen.

Zu Energie-/Umweltabgaben existiert gegenwärtig eine Vielzahl von Modellen. Zunächst kann man grundsätzlich unterscheiden,

- ob damit energie-/umweltpolitische Umstellungsprozesse in Gang gesetzt werden sollen (Lenkungssteuer) oder
- ob eine zusätzliche Finanzierungsquelle geschaffen werden soll, deren Aufkommen dann ggfs. zweckgebunden zur Förderung von Maßnahmen rationeller Energienutzung verwendet wird (Finanzierungssteuer). Bei ihr handelt es sich um eine Steuererhöhung, die erweiterte Finanzierungsspielräume für das Gemeinlastprinzip erschließt. Ihre Höhe kann z. B. danach bemessen werden, wie hoch die zu finanzierenden umweltbezogenen Ausgaben sein werden.

ar graves

Hinsichtlich des Anreiz- und Lenkungseffektes kann man mehrere grundsätzliche Formen unterscheiden:

- Mit der "klassischen" Emissionssteuer soll eine möglichst vollständige Internalisierung der bisher nicht in den einzelnen Wirtschaftsrechnungen enthaltenen sozialen Zusatzkosten bewirkt werden (Internalisierungssteuer). Die Steuer stellt einen (politisch gesetzten) Preis für die durch die Emittenten verursachten externen Kosten (= Schattenpreis) dar. Sie scheitert in ihrer reinen Form meist an den Problemen der exakten Erfassung, Zurechnung und Bewertung.
- Bei einer Umweltweltqualitätssteuer will man im Unterschied zur Internalisierungssteuer die Steuerhöhe so wählen, daß durch den Anreiz zur Umstrukturierung von Produktions- und Nutzungsverhalten ein bestimmtes Qualitätsziel (z. B. Senkung der Kohlendioxid-Emissionen bis 2005 um x %) erreicht wird. Ein Beispiel stellt das ursprüngliche Abwasserabgabensystem der Bundesrepublik Deutschland dar.
- Mit kombinierten Abgaben-Auflagensystemen soll ein politisch vorgegebener Standard der Umweltnutzung erreicht werden (sog. Standard-Preis-Ansatz). So legen z. B. politische Instanzen durch Schätzung Steuern auf Emissionen fest, die bei Rationalverhalten der ökonomischen Akteure geeignet sein könnten, im Durchschnitt die Einhaltung der Standards zu gewährleisten. Durch wiederholte Abgabenkorrekturen sollen die Standards erreicht werden.
- Schadstoffabgaben werden erhoben, um deren Einsatz zu reduzieren. Sie existieren z. B. in Form einer
  - o Rohstoffabgabe (z. B. Schwefelgehalt-Besteuerung von Treibstoffen in Norwegen)
  - o Abgabe auf Einsatzstoffe (z. B. Asbest, FCKW)
  - o Produktabgabe (z. B. Abgabe auf Einwegbehälter).

Das IWU befürwortet aus der Vielzahl möglicher Varianten von Energie-/Umweltabgaben eine auf die Primärenergieeinheit bezogene Steuer. Ihre Gestaltung soll nachfolgend erörtert werden. Auf eine weitere diskussionswürdige Alternative, die Emissionsabgabe als Schadstoffsteuer, soll anschließend kurz eingegangen werden.

Die Primärenergiesteuer ist als Abgabe auf alle (importierten und einheimischen) nichtregenerativen Primärenergieträger (Kohle, Gas, Erdöl, Erdölprodukte, Uran) konzipiert.
Als Bemessungsgrundlage kommt der Energieinhalt der Energieträger (Kilowattstunde
Primärenergieeinsatz) in Betracht, der beim jeweiligen Umwandlungssystem (Raffinerie,
Kraftwerk) bzw. im Rahmen des Zollverfahrens besteuert wird. Im Vordergrund steht
die (annäherungsweise) Zurechnung und Internalisierung sozialer Kosten der Energienutzung und der Lenkungseffekt. Sie wird als indirekte Steuer von den Umsätzen an
Gütern und Dienstleistungen erhoben, betrifft also die Energieausgaben der Verbraucher
(Haushalte, Kleinverbraucher, Industrie, Verkehr). Durch eine fiskalische Belastung von
Verbrauchern, welche Energie auf der Basis nicht-regenerierbarer Energieträger nutzen,
sollen Anpassungsanreize zur Verminderung der Nachfrage und zu Energiesparinvesti-

tionen gegeben werden. Im Bereich des Gebäudebestandes würden damit die Preisrelationen zwischen dem Energieeinsatz und den Einspar-Investitionskosten für das energieumwandelnde System (Wärmedämmung, Heizung etc.) verändert und u. a. bewirkt, daß Investitionen in Energiesparmaßnahmen wirtschaftlicher würden. Bestehende Verzerrungen der Wettbewerbsstruktur und Wirtschaftlichkeitsdefizite von Technologien rationeller Energienutzung als Folge falscher Preissignale könnten korrigiert werden.

Hinsichtlich des Steueraufkommens sind gegenwärtig mehrere Varianten im Gespräch. Eine von verschiedenen Seiten befürwortete aufkommensneutrale Steuerverlagerung würde bedeuten, daß in Höhe des neuen Primärenergie-Aufkommens ein anderes Aufkommen zu senken wäre, so daß sich gesamtwirtschaftlich keine Mehrbelastung ergäbe. D. h., daß Energiesteuererhöhungen entweder mit Steuersenkungen bei anderen indirekten Steuern ausgeglichen (Mehrwertsteuer) oder entlastet würden über eine Rückgabe bei der Lohn- und Einkommenssteuer(Erhöhung der Grundfreibeträge im Einkommenssteuerrecht), eine Senkung der Gewerbesteuer, der Erhöhung des Wohngeldes, der BAföG-Sätze und der Sozialhilfe bei Nichtsteuerpflichtigen. Das IWU plädiert dagegen für die Gestaltung einer Energiesteuer, die zu einem Zusatzaufkommen führt.

Die von uns befürwortete Möglichkeit bedeutet, die Energiesteuer so zu konzipieren, daß das erzielte Aufkommen höher als das ersetzte Mehrwert- bzw. Einkommenssteueraufkommen ist und aus den Mehreinnahmen die genannten Fördermaßnahmen rationeller Energienutzung oder weitere Maßnahmen zum Ausgleich sozialer Härten finanziert werden. Möglicherweise könnte die Energiesteuer (teilweise) den Ländern und/oder Kommunen zugewiesen werden (letzteren auch unter dem Aspekt, wenn die Konzessionsabgaben gemindert werden sollten). Denkbar wäre eine Verwendung des Steueraufkommens aus der Primärenergiesteuer:

- zur Finanzierung eines Forschungsprogramms "Schutz der Erdatmosphäre"
- zur Finanzierung von Fördermitteln
- zum Ausgleich sozialer Härten im Rahmen von Umstrukturierungsmaßnahmen (z. B. Strukturprogramm für die Montanreviere).

So könnten z. B. aus den die Mehrwertsteuer übersteigenden Energiesteuereinnahmen Mittel im Wohnungsbereich zur Verwendung als Zuschüsse bzw. zinsgünstige Darlehen frei werden, die dann durch die Landesministerien bzw. Landkreise vergeben werden (sinnvoll wäre hierzu eine geeignete Clearingstelle - evtl. Energiesparagentur - , die sowohl Finanzierungshilfen gewährt, als auch für die Verwendung der Primärenergiesteuer zuständig ist).

Gegen eine zweckgebundene Primärenergiesteuer, die neben dem Lenkungsziel auch dazu dient, öffentliche Fördermaßnahmen zu finanzieren, werden oft rechtliche Bedenken und das Argument geltend gemacht, daß sie dann zur reinen Finanzierungssteuer

verkomme. Dagegen ist einzuwenden, daß zweckgebundene Steuern bereits bestehen: durch besondere Gesetzesbestimmungen wird ein Teil der Mineralölsteuereinnahmen zugunsten des Straßenbaus zweckgebunden eingesetzt; die finanziellen Mittel aus der Ausgleichsabgabe ("Kohlepfennig") werden zweckgebunden für die Finanzierung der Maßnahmen nach dem dritten Verstromungsgesetz verwandt. (Weitere Beispiele: "Waldpfennig", NRW-Sonderabfalleinnahmen, verwendet zur Altlastensanierung). Hier sind noch weitere Überlegungen nötig: Das Aufkommen aus Umweltsteuern muß im Vergleich zu dem aus Umwelt-Sonderabgaben nicht zweckgebunden verwandt werden; es kann daher für Entlastungen bei der Lohn- und Einkommensteuer verwandt werden. Wenn ein Teil der Energiesteuer zu Förderungszwecken verwandt würde, könnte jedenfalls ihr Allokationseffekt noch verstärkt werden; die Einnahmen verschwänden nicht in der "Anonymität" des Staatshaushalts).

Die Höhe des Steueraufkommens richtet sich nach dem Niveau der Energiesteuersätze. Soll der entsprechende Allokations-(Einspar)effekt im Sinne des angestrebten Ziels wirkungsvoll sein, müßten die Steuersätze entsprechend hoch sein. Zu denken ist an eine Besteuerung, die etwa auf das Energieniveau abzielt, das Anfang der achtziger Jahre bei uns herrschte (z. B. fünf Pfennig Steuer pro kWh). Die wirtschaftlichen Auswirkungen wären mit den damaligen aber keinesfalls vergleichbar, weil das Steuervolumen auf dem Binnenmarkt weiterhin zur Verfügung steht. Die Steuersätze wären in bestimmten zeitlichen Abständen zu variieren (d. h. entsprechend den Änderungen energie- und gesamtwirtschaftlicher Daten wie Einsparerfolgen, Inflationsraten, Wachstum des Sozialprodukts).

Was die Besteuerung der verschiedenen Energieträger und damit die Struktur der Steuersätze anbelangt, wäre es möglich, die Energiesteuersätze aufgrund weiterer Kriterien wie z. B. der unterschiedlichen Emissionsintensität zu differenzieren (dementsprechend wären z. B. Kohle, Benzin, schweres Heizöl, Uran stärker zu belasten als leichtes Heizöl und Erdgas).

Zusätzlich zu bzw. als Bestandteil der Primärenergiesteuer könnte ebenfalls eine Ausgleichszahlung (statt des Kohlepfennigs) erwogen werden (hier wäre z. B. die dänische Regelung zu prüfen), die als weitere Abgabe auf den Primärenergieverbrauch vorzusehen ist. Sie soll der Verstetigung des Energiepreises dienen. Bei fallenden Energiepreisen ergäbe sich eine zusätzliche Abgabe auf den Primärenergieverbrauch; in Phasen spekulativ steigender Energiepreise sollte aus der Abgabe der Energiepreis gestützt werden (vorübergehende Steuersenkung). Die Ausgleichszahlung wäre so zu bemessen, daß sich eine Veränderung der Energiepreise von max. 5 % über der Inflationsrate jährlich nach oben oder unten ergäbe. Die Ausgleichsabgabe könnte außerdem gewährleisten, daß langfristig eine Steigerung der Primärenergiepreise erfolgt.

Janes Commence V

Die Auswirkungen auf makroökonomische Größen und die Wirtschaftsstruktur (regional, sektoral) hängen u.a. vom Ausmaß der Steuererhöhung und der Struktur der Steuersätze ab. Sie sind außerdem wesentlich davon bestimmt, ob beabsichtigt ist, das Steueraufkommen nicht zu erhöhen, sondern die Energiesteuererhöhungen in gleichem Maße durch Steuersenkungen zu kompensieren, oder ob sie als Zusatzaufkommen konzipiert ist. Je nach Höhe des angestrebten Aufkommens ergeben sich leichte bis stärkere Auswirkungen auf die Einkommensverteilung; d.h. untere Einkommensschichten würden stärker belastet (regressive Wirkung der Steuer).

Um die Wettbewerbsfähigkeit der Volkswirtschaft nicht zu beeinträchtigen, ist im Prinzip eine Außenhandelsneutralität der Steuer anzustreben: Importen wird bei der Verzollung die Energiesteuer auferlegt, Exporten wieder zurückerstattet; innerhalb des Europäischen Binnenmarktes wäre das aber nicht durchsetzbar. Dennoch gebietet die Dringlichkeit des Problems notfalls auch ein Vorangehen der Bundesrepublik, natürlich mit dem mittelfristigen Ziel einer EG-Harmonisierung.

Der instrumentale Charakter einer Energiesteuer erfordert eine genaue Untersuchung der Steuersatz- und Steuertarifgestaltungsmöglichkeiten, die die genannten negativen Auswirkungen vermeiden oder kompensieren könnten. Zu beachten sind ferner Effizienzgesichtspunkte, z. B. die unterschiedlichen Verwaltungs- und Kontrollkosten, die mit der Einführung der Energiesteuer und Variationen der Steuersätze verbunden sind.

Bei der Alternative "Schadstoffabgaben" kommt für eine Besteuerung eine Reihe von Abgaben auf Luftschadstoffe in Betracht, wie z. B. auf CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, eine FCKW-Abgabe, radioaktive Spaltprodukte, Stickstoffabgabe etc. Ein Grundproblem ist hierbei, daß der Kreis der möglichen Schadensquellen, Bemessungsgrundlagen und Emittenten (Abgabepflichtigen) sehr groß und heterogen ist. Bei dieser Alternative wäre ein relativ großer bürokratischer Aufwand zu befürchten wegen unterschiedlicher Auffassungen über Ausmaß und Intensität der Schädlichkeit oder Unschädlichkeit einzelner Emissionen; es ergäben sich eine Vielzahl unterschiedlicher Erfassungs-, Zurechnungs-, Bewertungs- und Kontrollprobleme etc.. Dennoch können selektive Abgaben auf den Einsatz bestimmter Produktionsverfahren, -prozesse und auf Produkte in begründeten Fällen eine sinnvolle Ergänzung der vorgeschlagenen Primärenergiesteuer bilden und zur Lösung spezieller umweltpolitischer Probleme und Aufgaben dienen.

Eine Primärenergiesteuer könnte wichtige Impulse für eine ökologisch orientierte Energienutzung geben. Die Probleme einer Steuerstrategie liegen

in der richtigen Bewertung externer Effekte und der Vermeidungskosten, d. h. in der Wahl der geeigneten Bemessungsgrundlage und des geeigneten Steuersatzes,

- der Notwendigkeit der Steuersatzvariation im Zeitablauf zur Ermittlung eines Allokationsoptimums. Dieser trial- and error-Prozeß bewirkt allerdings eine Reduktion der vorher genannten Informations- und Bewertungsanforderungen. Die "richtige" Steuerhöhe braucht nicht in "einem Zuge" exakt errechnet zu werden, sondern kann nach einer anfänglichen Schätzung durch ein stetiges Herantasten unter Beobachtung der Einsparerfolge gefunden werden,
- in ggfs. langen Zeitverzögerungen bei den Anpassungsreaktionen. Diese hängen allerdings von der "Fühlbarkeit" der Abgabenhöhe ab,
- in einem relativ hohen administrativen Aufwand (Informations-, Erhebungs- und Kontrollkosten). Dieser ist allerdings bei der vorgeschlagenen Primärenergiesteuer erheblich geringer als bei einer Vielzahl von einzelnen Schadstoffabgaben,
- in möglichen negativen sozialen Verteilungswirkungen. Diese könnten jedoch, wie oben vorgeschlagen, durch Transferzahlungen bzw. andere Entlastungen kompensiert werden,
- in der Möglichkeit von Verursachern, die Steuer zu zahlen und evtl. die umweltbelastende Energienutzung nicht einzuschränken. Sind die individuellen Vermeidungs- (Einsparkosten) für die Mehrzahl der Verursacher höher als die Steuer, führt dies zu höheren Abgabezahlungen als beabsichtigt, so daß die angestrebten Einsparziele nicht erreicht werden.

Demgegenüber ergeben sich durch eine Primärenergiesteuer eine Reihe von Vorteilen:

- Die Steuer soll die Schadenswirkungen des gegenwärtigen Energieverbrauchs signalisieren (Informationsfunktion) und diese tendenziell den Verursachern (Nutzern von Energie) zurechnen. Sie sollen somit zur Substitution nicht-erneuerbarer umweltbelastender Energieträger durch Energiesparmaßnahmen und inländischer erneuerbare Energieträger beitragen (Allokationsfunktion). Durch die Festlegung eines politischen Preises (Steuer), orientiert an der Belastbarkeit der Umwelt, werden für den einzelnen Energienutzer bzw. Emittenten Energiesparmöglichkeiten bzw. Vermeidungsmaßnahmen bis zu dem Punkt attraktiv, an dem die (Grenz-)Kosten der Vermeidung (d. h. der erforderlichen Sparmaßnahmen) dem Grenzsteuersatz gleich werden. Für die verbleibende (umweltbelastende) "Rest-Energienutzung" muß er weiterhin eine Steuer entrichten.
- Es werden daher dem Konzept nach jeweils diejenigen Energienutzungen mit den geringsten Vermeidungskosten reduziert und so der volkswirtschaftliche Aufwand minimiert.
- Ein weiterer Vorteil gegenüber der Auflagenstrategie bildet die Besteuerung der "Rest-Energienutzung" (d. h. von Restemissionen). Während diese bei Auflagen nicht weiter beeinflußt werden, gelten Abgaben auch unterhalb entsprechender Grenzwerte, so daß die Anreizwirkung der Steuer auch für die "Rest-Energienut-

zung" bestehen bleibt, so daß eine evtl. stärkere Integration volkswirtschaftlicher Kosten in die individuelle Wirtschaftsrechnung erreichbar wäre.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die maximalen Einspar- bzw. Vermeidungskosten dem Nutzer bzw. Emittenten bekannt sind (Höhe des Abgabesatzes). Durch die Setzung neuer Daten werden den verschiedenen Wirtschaftssubjekten Entscheidungsspielräume überlassen, die von der Auffindung der kostengünstigsten Vermeidungsmöglichkeiten zur Erreichung eines gegebenen Umweltzieles bis hin zur weiteren Energienutzung bei Zahlung der Umweltsteuer reichen. Eine Primärenergiesteuer in geeigneter Höhe bietet einen permanenten innovativen Anreiz zu kostengünstigeren Substitutionsmaßnahmen, da jede Verringerung umweltbelastender Energienutzung die Steuerlast mindert.

## 11.10 Forschungsbedarf

## 11.10.1 Erstellung regionaler Haustypologien

Die vorliegende Haustypologie repräsentiert ausschnittsweise den Gebäudebestand der Bundesrepublik. Eventuelle Unschärfen sind, gemessen am Ziel der Untersuchung, der Abschätzung des Einsparpotentials im Raumwärmebereich, durchaus tolerabel. Diese notwendigerweise allgemeinen - Aussagen können jedoch in dieser Form kaum noch konkrete Impulse für die spätere Umsetzung geben. Diese kann überhaupt erst ansetzen, wenn die Haustypologie so weit differenziert wird, daß der einzelne Hausbesitzer sein Gebäude erkennt. Dazu reicht die hier vorstellte Typologie bei weitem nicht aus.

Der Vergleich verschiedener Haustypologien, die in der Vergangenheit erstellt wurden, hat gezeigt, daß in derselben Baualtersklasse in verschiedenen Regionen Haustypen in unterschiedlichen Varianten (geometrisch, konstruktiv) vorkommen. Auch können in derselben Baualtersklasse mehrere Haustypen nebeneinander existieren, die sich deutlich voneinander unterscheiden. Zwei Beispiele sollen dies verdeutlichen.

Je nach Region findet sich bei den EZFH der Zwischenkriegszeit zum einen das i. d. R. zweigeschossige Bürgerhaus mit flach geneigtem Zeltdach ("Kaffeemühle" s. Haustyp C 1919 - 1948) in den Varianten mit einschaligem Mauerwerk oder Hohlschichtmauerwerk, jeweils verputzt und/oder verblendet. Daneben gibt es das ausschließlich verputzte ein- bis anderthalbgeschossige Siedlerhaus mit über 50° geneigtem Satteldach (Vorläufer des EZFH der 50er Jahre).

Ebenso unterscheidet sich der Mietskasernenbau der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts je nach Großstadt: in Berlin herrschte die bis zu 6geschossige Hinterhofbebauung vor, die hinteren Gebäude wurden nur über einen Innenhof belichtet. In Hamburg dagegen war die "Schlitzbauweise" vorherrschend, die Gebäude wurden mit zunehmender Tiefe schmaler, die Belichtung erfolgte von der Grundstücksgrenze zum Nachbargebäude her. In Bremen dagegen findet sich fast ausschließlich Blockrandbebauung ohne Seitenoder Hinterflügel mit maximal 4 1/2 Geschossen ("Bremer Haus"). Diese Beispiele zeigen, daß die Erstellung einer differenzierten Haustypologie auf Bundesebene zu einer unübersehbaren Zahl von Typen und Varianten führen würde.

Ein sinnvoller Ansatz ist, auf regionaler Ebene Haustypologien zu erstellen, die von vornherein nicht nur nach Baualtersklassen und Einfamilienhäusern/Mehrfamilienhäusern unterschieden, sondern auch nach großstädtischer (Gemeinden mit > 200.000 EW), mittel- bis großstädtischer (Gemeinden mit 50 - 200.000 EW) und kleinstädtisch/ländlicher Bebauung differenzieren. Diese Typologie muß nicht vollständig sein. Sie sollte aber so aufgebaut werden, daß Fachleute vor Ort (Architekten, Energieberater, Baubeamte) in der Lage sind, sie so weit zu ergänzen bzw. zu korrigieren, daß tatsächlich jeder Hausbesitzer sein Gebäude wiedererkennen kann.

Diese Typologien auf regionaler Ebene müssen gleichzeitig methodische Hinweise, etwa in Form eines Handbuches, enthalten, die die Ergänzung vor Ort erleichtern. Die Ergebnisse der örtlichen Typologie sollten in Datenblättern dokumentiert werden, die neben einem Foto die wichtigsten energierelevanten Daten enthalten, Skizzen zum konstruktiven Aufbau beinhalten und über leicht verständliche Grafiken das Einsparpotential für Sparmaßnahmen und -kombinationen aufzeigen.

# 11.10.2 Wärmetechnische Sanierungskonzepte

Für die wärmetechnische Sanierung im Gebäudebestand sind Instrumente erforderlich, die es dem Praktiker (Architekten, Bauingenieur) erleichtern, zugeschnittene Maßnahmen für konkrete Objekte zu entwerfen. In diesem Zusammenhang fällt auch der Energieberatung (vgl. Kapitel 11.2) eine wichtige Rolle zu.

Instrumente in diesem Sinn sind:

#### o Handbuch wärmetechnische Gebäudesanierung

Vorbildlich ist hierfür das "Handbuch wärmetechnische Gebäudesanierung" des Schweizer Bundesamtes für Konjunkturfragen (/Schweizer Bundesamt 1983/). Dieses Buch könnte nach leichter Überarbeitung und Ergänzung auch für die Bundesrepublik Deutschland sehr gute Dienste leisten.

- Loseblattsammlung: Detaillösungen der energiebewußten Gebäudesanierung
  Hier sollten marktgängige Sanierungsverfahren (vgl. Maßnahmenkatalog, Kapitel 4)
  einschließlich bauphysikalisch richtiger Detailkonstruktion (Luftdichtigkeit, Vermeidung von Wärmebrücken, Anschlüsse) zur laufenden Ergänzung zusammengefaßt werden.
- o Ablaufschema wärmetechnischer Gebäudekonzepte
- o Rechnerprogramme für die Heizenergiebilanzierung bei Gebäuden

## 11.10.3 Mustersanierungen, begleitende Forschung

Die Umsetzung der Energieeinsparung auf dem in diesem Bericht beschriebenen Weg hat einen entscheidenden Vorteil:

o Energiesparmaßnahmen können jeweils gekoppelt an ohnehin erforderlichen Sanierungs- oder Erneuerungsaufwand durchgeführt werden.

Dadurch läßt sich eine systematische Erfassung des gesamten Bestandes und eine erhebliche Reduzierung der zuwachsenden Kosten erreichen. Ein "Nachteil" dieser Vorgehensweise ist, daß die Zielwerte auch objektweise erst nach einer verhältnismäßig langen Zeit, nämlich dem Durchlaufen aller Erneuerungszyklen, erreicht werden. Dies ist für den Großteil des Gebäudebestandes durchaus zu tolerieren.

Um aber überhaupt eine greifbare Vorstellung von den angestrebten Zielwerten zu bekommen, ist es erforderlich, zumindest an ausgewählten typischen Objekten, entsprechende Mustersanierungen durchzuführen, welche den angestrebten Zielzustand direkt und nicht erst im Laufe der Erneuerungszyklen erreichen. Ein Beispiel für eine solche Vorgehensweise ist das "Münchner Energiesparhaus" (vgl. Abschnitt 6). Das Abrücken von den Sanierungszyklen bedeutet jedoch einen ungleich höheren finanziellen Mehraufwand, der sich durch die Energieeinsparung auf keinen Fall zurückzahlt (da z. B. eine Neueindeckung des noch intakten Daches erforderlich wird).

Die Durchführung solcher konsequenten wärmetechnischer Mustersanierungen ist aber aus zwei Gründen dennoch für eine Reihe von typischen Objekten in verschiedenen Regionen erforderlich:

- o In begleitenden Forschungsprojekten muß überprüft werden, inwieweit die prognostizierten Energieeeinsparungen in den konkreten Objekten auch wirklich erreicht wurden, welche Probleme bei der praktischen Umsetzung eintraten und wie die Nutzer auf das veränderte Innenklima reagieren.
- o Die Mustersanierungen sind zugleich Pilot- und Demonstrationsprojekte, an denen Eigentümer vergleichbarer Häuser, bauausführendes Handwerk sowie Planer, Ingenieure und Energieberater Hinweise für Ausführungsdetails und Wirksamkeit von Maßnahmen erhalten können.

Projekte dieses Typs sind in einiger Vielfalt durch den Schwedischen Bauforschungsrat gefördert worden (Energiesparblocks Göteborg, Ulea, u. a.). Die Kosten für die eigentliche wärmetechnische Sanierung einschließlich des erforderlichen Erneuerungsaufwands können im Bereich von 50 bis 100 tausend DM pro Wohneinheit, die für die projektbegleitende Forschung noch einmal in der gleichen Größenordnung liegen.

## 11.10.4 Angepaßte Konstruktionsdetails für typische Sanierungsfälle

Die baulichen Konstruktionen für die energietechnische Gebäudesanierung sind im Prinzip am deutschen Markt erhältlich (vgl. Kapitel 3, Maßnahmenkatalog). In einer Reihe von Fällen ist jedoch eine Erweiterung des Produktspektrums zugunsten von für bestimmte Gebäudetypen und bestimmte Sanierungsmaßnahmen angepaßte Detaillösungen erforderlich. Dies bedeutet z. B.:

- o kostengünstige vorfabrizierte Bauteile für bauphysikalisch einwandfreie Anschlüsse von
  - Fenstern an Außendämmung
  - Fensterbänken auf Wärmedämmverbundsystemen
  - Rollädenkästen und deren nachträgliche Dämmung
  - Wände an Dächern/Perimeterdämmung
  - Innendämmung an Fensterlaibung/Innenwände
- o Systemlösungen für strukturierte Fassaden
- o Sonderlösungen für Fachwerkhäuser
- o FCKW-freie Dämmung erdberührter Bauteile
- o kostengünstige nachträgliche Installation von Lüftungsanlagen.

## 11.10.5 Neue Komponenten für weitergehende Energieeeinsparung

Wie in Kapitel 12 ausgeführt, schöpfen die heute am Markt verfügbaren Techniken zur wärmetechnischen Gebäudesanierung das Energiesparpotential nach dem Stand der Technik noch nicht aus. Vielmehr können weitere Forschungen zusätzliche Potentiale für weitergehende Energiesparmaßnahmen erschließen helfen. Einen Forschungsbedarf sehen wir hier vor allem in folgenden Bereichen:

- o Entwicklung von vorgefertigten Bauelementen (Verbundbauteilen) für die Verwendung von Vakuum-Super-Isolation im Baubereich. Dies könnte sowohl für die Innen-, als auch für die Außendämmung von Interesse sein.
- o Entwicklung von neuen Randverbundtechniken bei Fenstern, welche den Wärmebrückeneffekt des üblichen Aluminium-Abstandhalters vermeiden.
- o Entwicklung von hochdämmenden Fensterrrahmen.
- o Entwicklung von gedämmten Aufsatzprofilen, welche Wärmebrücken bei bestehenden Verglasungen (z. B. mit Metallrahmen) reduzieren können.
- o Entwicklung von Verglasungstechniken mit kostengünstigen Scheiben für k-Werte unter 0,7 W/(m²K) (z. B. Dreifach-Wärmeschutzglas mit eingeklemmter innerer Scheibe und nur einem Randverbund-Abstandhalter).
- o Entwicklung von Regelungsanlagen für die bedarfsgeführte luftqualitätsgeregelte kontrollierte Lüftung.

Diese Liste erhebt selbstverständlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Durchaus denkbar ist, daß solche Techniken bis Ende der neunziger Jahre zu Kosten für die eingesparte Endenergie zwischen 12 und 25 Dpf/kWh entwickelt werden können. Aus physikalisch-technischer, bautechnischer und baupraktischer Sicht sind überhaupt keine prinzipiellen Grenzen für eine immer weitergehende Reduktion des Heizenergieverbrauchs auch im Gebäudebestand gegeben, d. h. das theoretische Einsparpotential beträgt 100 %, umd das technische Potential läßt sich an diese Grenze heranführen.

# 11.11 Notwendigkeit eines abgestimmten Instrumentenbündels

Die von uns in den Abschnitten 11.1 bis 11.10 dargestellten energiepolitischen Instrumente bilden ein in sich abgestimmtes Bündel, welches seine volle Wirkung nur beim gemeinsamen Einsatz aller Maßnahmen entfalten kann. Die Instrumente verstärken sich gegenseitig durch synergistische Effekte und bieten erst dadurch die Chance, das ehrgeizige Ziel einer letztlich über 50 % hinausgehenden Energieeinsparung im Gebäude-

bestand zu erreichen. Ohne den Ausbau der Instrumente, aber auch beim Fehlen nur einer der Maßnahmen kann das dargestellte Ziel sicher nicht erreicht werden. Die Interdependenz soll für den Ausfall jeweils einer Komponente erläutert werden:

12 257234

3. 1 140%

- O Gelingt es nicht, einen allgemein anerkannten Maßstab für die energietechnische Qualität von Gebäuden (Energiekennwerte 11.5) zu etablieren, so wird noch nicht einmal der Erfolg der anderen Instrumente meßbar. Die Chance, marktwirtschaftliche Triebfedern für den Einsparprozeß zu aktivieren, bleibt dann ungenutzt. Für die Energieberatung mangelt es an Orientierungspunkten, für evtl. Förderprogramme an Einsatzkriterien.
- o Fehlt der quantitative und qualitative Ausbau der Energieberatung (11.2), so bleiben neben den eigentlichen Kosten für die Ausführung von Wärmeschutzmaßnahmen auch die Informationskosten für den Eigentümer hoch. Da das erforderliche Fachwissen erfahrungsgemäß nicht breit gestreut ist, ist in diesem Fall die Gefahr suboptimaler Maßnahmen, oder noch schlimmer, die Gefahr von Maßnahmenausführungen, welche zu Bauschäden führen, sehr groß.
- Ohne die Internalisierung von Umweltkosten (11.9) in den Energiepreis bleibt ein großer Teil des heute am Rand zur Wirtschaftlichkeit stehenden Einsparpotentials unerschließbar. Auch durch Information, Beratung und selbst Förderung werden sich Eigentümer nicht zur Durchführung von Maßnahmen bewegen lassen, die vor dem Hintergrund niedriger Energiepreise einzelwirtschaftich unrentabel erscheinen.
- Ohne das vorgeschlagene Förderprogramm (11.7) ist mit einer hohen Quote von ungenutzen Gelegenheiten ("lost opportunities") zu rechnen, da die Sanierungsmaßnahmen i. d. R. jeweils genau zu dem Zeitpunkt ohnehin erforderlicher Erneuerungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen. Zu exakt diesem Zeitpunkt müssen die notwendigen umweltschutzbedingten Mehrinvestitionen getroffen werden: Hierfür kann, insbesondere bei Eigentümern, die nicht selbst Nutzer sind, nur ein gezieltes Anreizprogramm helfen.

In der IWU-Studie für die Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" /IWU 1989/, /Ebel,Eicke 1990/ wurde dargestellt, daß für den Erfolg drei wesentliche Kriterien zu erfüllen sind:

- die Rahmenbedingungen müssen frühzeitig geschaffen werden,
- es müssen deutlich mehr als 70 % aller Eigentümer dafür gewonnen werden, bei Erneuerungsmaßnahmen die wärmetechnische Sanierung auch anzukoppeln,
- es müssen Sanierungsmaßnahmen zum Einsatz kommen, die in ihrer Qualität deutlich über das heute übliche Niveau hinausgehen (hohe Dämmstoffstärken).

Insbesondere die beiden letzten Punkte sind nur in Verbindung mit einem Förderprogramm umsetzbar.

Ohne die weiterführende wissenschaftliche Forschung (11.10) wäre der Umsetzungsaufwand für die vorgeschlagenen baulichen Maßnahmen in der Praxis unüberwindlich hoch. Insbesondere die Durchführung und wissenschaftliche Begleitung von Mustersanierungen und die Aufstellung regionaler Gebäudetypologien haben hohen Demonstrations- und Informationswert. Forschung zur Weiterentwicklung baulicher Komponenten zur Energieeinsparung über den erreichten Stand der Technik hinaus bietet erst die Chance, in Zukunft Einsparpotentiale zu erschließen, die über das SPAR-Szenario hinausgehen.

Wenn das Instrumentenbündel in der vorgeschlagenen Form zum Einsatz kommt, sind die Chancen für eine Mobilisierung der nachgewiesenen Einsparpotentiale sehr groß. Dies belegen Erfahrungen, die mit der Umsetzung von Energiesparkonzepten bereits gemacht wurden.

Im Bericht "Energy use in the built environment" /SCBR 1988/ werden die bisherigen Erfolge und die weiteren Ziele der schwedischen Energiesparpolitik dargestellt. Wie bereits vorne erwähnt wurde, wurde dort 1980 das Ziel formuliert, den Energieverbrauch des Gebäudebestandes in den zehn Jahren von 1978 bis 1988 um 45 kWh/m² oder 37 % zu reduzieren. Davon wurde bis 1983 mehr als die Hälfte, nämlich 23 %, erreicht. Dieses Beispiel beweist, daß beträchtliche Einsparpotentiale zum Nutzen der Umwelt und der Volkswirtschaft erschlossen werden können, wenn diese Aufgabe ernsthaft und engagiert ("whole-heartedly") angegangen wird.

Auch die Auswertung zahlreicher staatlicher, regionaler, kommunaler und von Energieversorgungsunternehmen durchgeführter Energiesparprogramme in den USA (/Olsen 1987/, /Hirst 1985/) zeigte, daß zum Erreichen einer ausreichenden Ausschöpfung vorhandener Potentiale nur eine Kombination aller Instrumente (Information, Preissignale, Anreizprogramme, Forschung) nachhaltig Erfolg verspricht.

# Ausblick: Zukünftig zu erwartende weitere Fortschritte bei Komponenten und Konzepten zum Energiesparen im Gebäudebestand

Die in diesem Bericht zugrundegelegten wärmetechnischen Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand (vgl. 3.2, Katalog) sind sämtlich

- o bereits heute am Markt der Bundesrepublik Deutschland verfügbare Systeme,
- o in hinreichender Vielzahl in Gebäuden des Bestandes erprobt und bewährt,
- o bei Kopplung ihrer Durchführung an ohnehin auszuführende Erneuerungs- und Erhaltungsmaßnahmen einzelwirtschaftlich rentabel bzw. an der Grenze zur Rentabilität.

Über diese Maßnahmen hinaus gibt es selbstverständlich weitergehende Möglichkeiten der Reduktion des Heizenergiebedarfs durch bauliche und haustechnische Maßnahmen, die teilweise in Einzelfällen erprobt, teilweise in der Erprobung oder auch erst im Stadium der Komponentenentwicklung sind. Dieser Ausblick soll einige dieser weitergehenden Möglichkeiten darstellen und versuchen, die Auswirkungen eines künftigen weiteren technologischen Fortschrittes abzuschätzen.

# 12.1 Entwicklung neuer Dämmstoffe und Dämmsysteme

Bisher wurden im Baubereich vor allem Mineralwolle- und Kunststoffschaumdämmstoffe sowie Schüttungen aus diesen Materialien oder Altpapier und Bims eingesetzt. Als "Füllgas" in den Poren des Dämmstoffes wird hier letztendlich Luft verwendet. Die Wärmeleitfähigkeit der Materialien liegt somit im Bereich zwischen  $\lambda=0.03$  bis 0.05 W/(mK) mit einem Mittelwert von um 0.04 W/(mK). Die Verwendung solcher Dämmstoffe wurde in diesem Bericht (als konservative Annahme) unterstellt. Eine Konsequenz dieser Annahme sind die resultierenden notwendigen Dämmstoffstärken von z. B. 120 mm bei der Außendämmung von Außenwänden, um die für den Umweltschutz erforderlichen Wärmedurchgangskoeffizienten von weniger als 0.3 W/(m $^2$ K) zu erreichen.

Mit den FCKW-geschäumten extrudierten Kunststoffdämmaterialien (wie Polyurethan-Hartschaum, extrudiertes Polystyrol) sind z.Z. auch Dämmstoffe am Markt, welche eine erheblich kleine Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda=0.02$  W/(mK) erreichen können und daher auch mit geringeren Dämmstoffstärken vergleichbar hohe Einsparungen erlauben. Die starke Schädigung der Erdatmosphäre durch FCKW verbietet es jedoch, solche Materialien im Baubereich zur Energieeinsparung einzusetzen. Die Umweltbelastung durch die FCKW-Freisetzung ist um ein Vielfaches höher anzusetzen als die Entlastung durch die erzielte Energieeinsparung – zudem läßt sich letztere in nahezu allen Fällen auch durch dickere Dämmstofflagen von FCKW-freien Dämmstoffen erreichen.

Andererseits wurde von verschiedenen Dämmstoffherstellern angekündigt, daß in wenigen Jahren Ersatzstoffe für das Schäumen von Hartschaumdämmstoffen verfügbar sein werden, welche gesundheitlich und umweltseitig unbedenklich sind und dennoch weiterhin Wärmeleitfähigkeiten zwischen 0,02 und 0,03 W/(mK) dauerhaft ermöglichen. Die Verfügbarkeit solcher Dämmstoffe würde das Erreichen der in diesem Bericht genannten Zielwerte für Energiekennwerte im Gebäudebestand erleichtern und in einigen Fällen konstruktiven Mehraufwand verringern helfen. Insbesondere im Bereich der Innendämmung ließen sich auch in einigen der bisher aus konstruktiven oder gestalterischen Gründen ausgenommenen Objekte weitere Energieeinsparungen erzielen. Auch die Zielwerte der Dachdämmung lassen sich mit solchen Materialien in einigen Fällen weniger aufwendig und ohne Aufdoppelung der Konstruktion erreichen. Letztendlich wird der Einsatzbereich jedoch (wie bisher auch) eine Frage des Preises sein, da die entsprechenden Materialien deutlich teurer sind als Dämmstoffe mit Wärmeleitfähigkeit um 0,04 W/(mK).

Völlig neue Perspektiven könnten sich jedoch ergeben, wenn künftig auch für den Baubereich neuentwickelte Superdämmstoffe verfügbar würden. Solche Materialien sind als "Vakuum-Super-Isolation" (VSI) in Form von Schüttungen, die zwischen Decklagen eingebracht und evakuiert werden, in der Zwischenzeit von einigen Forschergruppen entwickelt worden und teilweise für spezielle Anwendungen (Fernwärmeleitungen, Industrielle Wärmedämmung, Dämmung von Natrium-Schwefel-Batterien) bereits am Markt. Die eigentliche Dämmschicht kann hier Wärmeleitfähigkeiten von weniger als 0,004 W/(mK) erreichen, rund ein Zehntel wie bei heute im Baubereich üblichen Dämmstoffen. Ob solche Materialien (als Verbundplatten zur besseren Handhabung) künftig auch im Baubereich Einsatz finden können, hängt vor allem von folgenden Fragen ab:

- Lassen sich für den praktischen Einsatz leicht handhabbare Verbundelemente anbieten, die ohne Notwendigkeit von Zuschnitt z. B. für die Innen- und Außendämmung geeignet sind?
- Lassen sich die Kosten in vertretbaren Größenordnungen halten?

Mit solchen VSI-Verbundelementen würden sich dann gegenüber den von uns definierten Standardmaßnahmen folgende Verbesserungen von typischen k-Werten im Bestand erreichen lassen:

Tabelle 12.1		Außendämmung	Innendämmung
Anfangs-k-Wert		1,3 W/(m <sup>2</sup> K)	1,3 W/(m <sup>2</sup> K)
Standard-Maßnahme im Katalog		Außendämmung mit 12 cm Thermohaut	Innendämmung mit 6 cm Dämmstoff
*	End-k-Wert	0,27 W/(m <sup>2</sup> K)	0,44 W/(m <sup>2</sup> K) : :
	Energie-Einsparung	79 %	66 %
VSI-Maßnahme	#	Verbundelement mit 40 mm VSI, Gesamtdicke 70 mm	Verbundelement mit 20 mm VSI, Gesamtdicke 45 mm
	End-k-Wert	0,1 W/(m <sup>2</sup> K)	0,16 W/(m <sup>2</sup> K)
	Energie-Einsparung	93 %	88 %

Mit solchen Vakuum-Super-Isolationen würden sich im Bestand somit durchaus k-Werte der im Neubau heute verfügbaren fortgeschrittensten Niedrigenergiehäuser erreichen lassen.

Begrenzend für die weitere Energieeinsparung durch weitere Verbesserung der Dämmwerte über die im Katalog gegebenen Werte hinaus sind vor allem im Bestand in großer Vielzahl anzutreffende Wärmebrücken.

Praktikable Lösungen, solche Wärmebrücken auch im Bestand zu verringern, können vorgefertigte Dämmelemente sein, die als fertige Profile z. B. in Fensterlaibungen ("Laibungsdämmer"), auf Fensterrahmen ("Rahmendämmer"), im Perimeterbereich, bei Innendämmung auf einmündende Innenwände ("Dämmkeile") oder auf Fußböden und an der Decke eingesetzt werden können. Auch mit konventionellen Dämmstoffen lassen sich hier bereits deutliche Fortschritte erzielen. In Verbindung mit der VSI ist es denkbar, daß solche Elemente in der auftragenden Dicke erheblich reduziert werden können und dadurch auch praktikabler werden.

# 12.2 Neue Fenstergläser und Fensterbauarten

Für das Energiesparszenario wurde in diesem Bericht die überwiegende Verwendung von (Zweischeiben-)Wärme-Schutzglas mit einem k-Wert der Verglasung von 1,5 W/(m²K) und einem Sonnenenergiedurchlaß g bei senkrechtem Einfall von 0,69 empfohlen. Diese Gläser haben bereits heute einen nennenswerten Marktanteil mit steigender Tendenz und sind problemlos als Ersatz für bestehende Isolierverglasungen in der gleichen Rahmenkonstruktion einsetzbar, reduzieren den Wärmeverlust aber um fast 50 %. Mit einem Mehrpreis von ca. 50-70 DM/m² (Fensterfläche) gegenüber "normalem" Isolierglas ist der Einsatz von Zweischeibenwärmeschutzglas in aller Regel wirtschaftlich vertretbar.

Über das Standard-Zweischeiben-Wärmeschutzglas hinaus werden jedoch auch heute schon von verschiedenen Herstellern Gläser und Fenster am Markt angeboten, die noch bessere thermische Eigenschaften aufweisen. Einen Überblick zeigt folgende Tabelle 12.2.

Tabelle 12.2: Perspektiven für Verglasungen mit noch besseren thermischen Eigenschaften als Standard-Zweischeiben-Wärmeschutzglas

	k-Wert im Zentrum der Verglasung W/(m²K)	g-Wert der Verglasung bei senkrechtem Einfall	Jahresenergiebilanz von 1 m² Glasfläche (südorien- tiert) (kWh/(m²A)) *
Zum Vergleich: normale Zweischeibenisolierver- glasung	2,6	0,77	- 76,3
Zum Vergleich: "Standard"-Zweischeiben-Wärme- schutzverglasung	. 1,4 .	0,69	- 1,4 °
Dreifach-Wärmeschutzglas mit Argon-Füllung	0,78 (erhältlich)	0,52	+ 18,7
Dreifach-Wärmeschutzglas mit Krypton-Füllung	0,65 (erhältlich)	0,52	+ 28,1
2-Scheiben-Verbundglas mit einer selektiv beschichteten Folie dazwischen (Luftfüllung; "Heat-Mirror")	i,10 (erhältlich)	0,54	- 1,4
2-Scheiben-Verbundglas mit se- lektiv beschichteter Folie (beide Seiten) und Argon-Füllung	0,65 (Sonderfertigung)	0,48	* + 22,3
2-Scheiben-Verbundglas mit zwei selektiv beschichteten Folien und Argon-Füllung	0,45 (Sonderfertigung)	0,42	+ 28,1
2-Scheiben-Glas mit mehreren Folien und Luftfüllung ("HIT-Ver- glasung")	0,6 (erhältlich)	0,4	+ 14,4
2-Scheiben-Vakuum-Glas mit se- lektiver Beschichtung und Aero- gel-Stützen	0,34 (Forschung)	0,68	+ 73,4
2-Scheiben-Glas mit evakuierter Areogel-Füllung	0,49 (Forschung)	0,65	+ 58,3
Kastenfenster: Außen: 2fach ISO Innen: 2fach Wärmeschutzglas	0,84 (erhältlich)	0,65	+ 18,7
Kastenfenster: Außen: 2fach Wärmeschutzglas Innen: 2fach Wärmeschutzglas	0,66 (erhältlich)	0,50	+ 24,5
Kastenfenster: Außen: 2fach ISO Innen: 2fach Wärmeschutzglas mit Rollo-System für Folien Tag/Nacht	k-Tag: 0,5 k-Nacht: 0,3 (erhältlich)	0,45	+ 33,6

negative Werte: Netto-Verlust positive Werte: Netto-Wärmegewinne

Wie die Tabelle zeigt, sind sowohl Einfachfenster mit k-Werten um 0,8 W/(m²K), als auch Kastenfenster dieser Qualität mit jeweiligen Energiedurchlaßwerten um 50 % bereits heute am Markt erhältlich (wenn auch relativ teuer). Mit solchen Fenstern wird in aller Regel nun für wenig verschattete Südorientierungen bereits ein Netto-Wärmegewinn auch in den kalten Monaten der Heizperiode erreicht. Von der künftigen Entwicklung müssen vor allem Preisreduktionen bei diesen hochwertigen Fensterverglasungen angestrebt werden. Dies ist denkbar durch rationellere Produktionsmethoden, wie z. B. im Forschungsprojekt "Dreifach-Wärmeschutz-Krypton-Verglasung" angestrebt /LBL 1988/.

Ob der Durchbruch bei selektiv beschichteten Vakuumfenstern mit Aerogel-Stützen (Forschung!) oder beim Aerogel-Fenster (Forschung!) gelingen wird, kann aus heutiger Sicht noch nicht abgesehen werden. Hier sind vor allem neuartige Lösungen für den Randverband gefordert. Sollten solche Fenster eines Tages möglich werden, so ist die Netto-Energiebilanz von derart verglasten Flächen nicht nur für unverschattete Südflächen, sondern selbst für Ost/West und Nordflächen positiv.

Selbstverständlich sind weitere Verbesserungen auch durch zusätzliche Nachtwärmedämmung ("temporärer Wärmeschutz" als Rolladen, Folienpaket oder Dämmfensterladen) denkbar. Je besser der jeweils benutzte Verglasungstyp jedoch schon ohne Nachtwärmedämmung ist, desto geringer sind die zusätzlich zu erwartenden Effekte. Interessant kann ein speziell wärmegedämmter Rolladen dennoch sein, wenn er aus anderen Gründen ohnehin gebraucht wird (z. B. Einbruchsschutz und Sichtschutz). Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß entsprechende Konstruktionen extrem dicht sein müssen, wenn ein wärmetechnischer Gewinn erwartet wird.

Wie bei den gedämmten Bauteilen Wand, Dach und Keller treten auch beim Fenster mit zunehmender Verbesserung des Bauteils in der Fläche Wärmebrückeneffekte mehr und mehr in den Mittelpunkt. Beachtet werden müssen hier insbesondere der Randverbund der Isolierglasscheiben (heute meist aus Aluminium) und der Fensterrahmen. Tabelle 12.3 zeigt schlaglichtartig das Problem: während der Aluminiumrandverbund und normale Fensterrahmen bei der Standard-Isolierverglasung noch kaum nennenswerten Einfluß haben, wird ein großer Teil des Energiespareffektes der fortgeschrittensten Verglasungsart (3-fach-Wärmeschutz-Krypton-Glas) durch Randverbund und Fensterrahmen wieder verzehrt.

Tabelle 12.3: Wärmebrückeneffekte durch Fensterrahmen und Aluminium-Randverbund (zugrundeliegend: Scheibenabmessung 1200 x 1200 mm in einer Öffnung von 1460 x 1460 mm mit Holzrahmen)

Verglasung	k-Glas, Zentrum W/(m²K)	Randverbund k- Glas, Mitte W/(m <sup>2</sup> K)	k-Fenster W/(m²K)	Energiedurchlaß des Fensters
Standard-Zweischeiben- isolierglas	2,6	2,8	2,7 (+ 4 %)	51 %
Zweifach-Wärmeschutz- glas mit Argon-Füllung	. 1,4"	1,63	1,75 (+ 25 %)	46 %
Dreifach-Wärmeschutz- glas mit Krypton-Füllung	0,65	0,97	1,316 (+ 102 %)	34 %

Nach diesem Ergebnis ist es offensichtlich, daß schon für den Einsatz von handelsüblicher Wärmeschutzverglasung eine deutliche Reduzierung der Wärmebrückenwirkung des Randverbundes und wesentlich besser als heute gedämmte Rahmenkonstruktionen wünschenswert sind. Ab dem Einsatz des Krypton-Dreifach-Wärmeschutzglases sind solche Verbesserungen an Rahmen und Randverbund jedoch unverzichtbar: Selbst bei großen Scheibenformaten dominieren nun die Randverluste bei weitem.

Die Forschungsanstrengungen sollten sich daher insbesondere auf besser dämmende Randverbundsysteme (z. B. aus aluminiumbeschichteten Kunststoffabstandshaltern) und auf Fensterrahmen für hochdämmende Wärmeschutzgläser konzentrieren (Rahmen-k-Werte unter 0,7 W/(m²K) sollten erreichbar sein). Mit solchen Verbesserungen ist letztendlich ein k-Wert für das Gesamtfenster von um 0,75 W/(m²K) erreichbar, wie Prototypen bereits heute demonstrieren. In diesem Zusammenhang kann die Energieeinsparung, die hochdämmende Fenstergläser versprechen, erst voll zur Auswirkung kommen.

# 12.3 Effizienzverbesserung bei der Lüftung

Die im Bericht gewählten Annahmen für den Betrieb von Wärmerückgewinnungsanlagen in Gebäuden des Bestandes unterstellen eine durchschnittliche Restinfiltration durch verbleibende Undichtheiten von 0,1 (1/h), einen durchschnittlichen Gesamtluftwechsel im Haus von 0,5 fach (1/h) mit einer Enthalpierückzahl von 60 %. Diese Werte zu erreichen, bedarf es bereits einiger Anstrengungen bei der nachträglichen Abdichtung der Gebäude, dem Projektieren der Zu- und Abluftführungen und einer guten marktgängigen Wärmerückgewinnungsanlage. Hygienisch einwandfreie Luftverhältnisse werden dabei in jedem Fall erreicht, wenn die Abluft aus den Problemräumen Bad, Küche und WC entnommen wird.

Der resultierende verbleibende Lüftungswärmeverlust entspricht dann dem eines 0,3 fachen (1/h) Luftaustausches ohne Wärmerückgewinnung.

Weitere Verbesserungen dieser Werte sind auf drei Wegen erreichbar:

## I. Weitere Verbesserung der Abdichtung gegen unerwünschte Luftinfiltration

Dies ist z. B. durch Abkleben oder Ausstopfen verbleibender Undichtheiten erreichbar, wozu jene jedoch zunächst aufgespürt werden müssen. Dies ist bei der hier bereits unterstellten Dichtheit nur noch im Unterdrucktest bei niedrigen Außentemperaturen und Innenthermographie zu leisten. Ein optimistischer Zielwert könnte auf mittlere Sicht eine verbleibende mittlere Infiltration von 0,05 (1/h) im jährlichen Durchschnitt sein. Maßnahmen dieser Art haben nur im Zusammenhang mit dem Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen einen Sinn!

## II. Erhöhung der Effizienz der Lufterneuerung

Austausch von verbrauchter Luft durch frische Außenluft hat nur dort einen Sinn, wo Frischluft auch gebraucht wird. Durch eine intelligente Regelung sowohl der räumlichen als auch der zeitlichen Verteilung der Zuluftströme läßt sich daher die Raumluftqualität für die Bewohner noch einmal deutlich erhöhen, gleichzeitig aber ein nicht erforderlicher Lüftungswärmeverlust (z. B. bei Abwesenheiten) auf ein Minimum reduzieren. Interessant ist in diesem Zusammenhang eine mit Zeitprogramm programmierbare und von Luftqualitätsparametern geführte mikroprozessorgesteuerte Regelung der Luftströme (nach Menge und Verteilung). Regelungen dieser Bauart sind für große Säle bereits eingeführt. Im Zuge der Kostendegression bei der Mikroelektronik können solche Regelungen auch für die Wohnungslüftung interessant werden. Ihr Einsatz ist nicht nur auf Wärmerückgewinnungsanlagen beschränkt. Auch reine Abluftsysteme würden von einer solchen Regelung deutlich profitieren. Dabei würde sowohl die Raumluftqualität dann verbessert, wenn dies erforderlich ist, als auch zusätzliche Energieeinsparungen erreicht, die nach vorsichtigen Schätzungen bei ca. einem Drittel der verbleibenden Lüftungs-Wärmeverluste der Anlage liegen.

### III. Erhöhung des Wärmerückgrades der Lüftungsanlage

Hierbei sind unterschiedliche Konzepte vorstellbar. Ein einfacher Ansatz besteht darin, den Plattenwärmetauscher aufzudoppeln -- eine Reihe von Anlagen dieser Bauart sind bereits am Markt erhältlich. Bedacht werden muß allerdings, daß durch einfachen Wärmeaustausch ein Teil der latenten Wärme der Abluft (Feuchtigkeit aus Quellen im Inneren der Gebäude) grundsätzlich nicht zurückgewonnen werden kann. Andere Ansätze versuchen zu diesem Zweck kleine Wärmepumpenaggregate einzusetzen. Bei der Bewertung dieser Systeme muß jedoch äußerste Vorsicht walten, da zum Betrieb der Wärmepumpe exergetisch hochwertige

Energie (mechanischer Antrieb) verwendet werden muß. Erst wenn hier Heizzahlen deutlich über 3 erreicht werden, ergeben sich energetische und umweltseitige Vorteile.

Ein anderes innovatives Konzept ist die Adsorption oder Resorption von Feuchtigkeit in der Abluft durch spezielle Trocknungsmittel (Silikagel, Zeolith, Calciumchlorid). Dabei wird die latente Wärme zu einem großen Teil freigesetzt, die Ablufttemperatur wird erhöht und die Abluft kann im (konventionellen) Wärmetauscher mehr Energie an den Zuluftstrom abgeben. Auch solche Konzepte sind für Großanlagen, insbesondere bei Hallenbädern, bereits realisiert worden.

Mittelfristig scheinen Enthalpie-Rückgewinnungsgrade von um 70 % im Mittel der Heizperiode erreichbar. Auf längere Sicht sollten auch Konzepte zur Rückgewinnung eines größeren Teils der latenten Wärme zum Durchbruch kommen.

# 12.4 Systeme zur passiven/aktiven Solarenergienutzung in Gebäuden

## 12.4.1 Fenster

Zu künftigen Entwicklungsperspektiven bei Fenstern sind bereits Aussagen unter 12.2. gemacht worden. Künftige hochdämmende Fenstergläser führen erstmals zu tatsächlichen Nettowärmegewinnen für Verglasungen in nicht zu stark verschatteten Orientierungen zur Sonne. Es muß unterstrichen werden, daß dies für gängiges Zweischeibenisolierglas nicht der Fall ist.

# 12.4.2 Transparente Wärmedämmung von opaken Bauteilen

Mit den heute in der Forschung untersuchten Systemen lassen sich bei optimistischer Sicht künftig Dämmsysteme für Wand und Dach erwarten, die in wenig verschatteten Lagen auf süd-, südost- oder südwestorientierten Flächen ganzjährig Energiegewinne versprechen. Vermutlich werden die Gewinne in derselben Größenordnung liegen wie die der besten heute am Markt erhältlichen Fenstersysteme (Dreifach-Wärmeschutzglas mit Argonfüllung). Die bisher vorliegenden Forschungsberichte über die Effizienz von mit TWD ausgestattenen Neuund Altbauten zeigen, daß TWD gegenüber der opaken Wärmedämmung im Wohnungsbau keine Vorteile aufweist. Die erzielten Heizenergieverbräuche liegen in gleicher Größenordnung wie von Niedrigenergiehäusern oder baugleichen opak gedämmten Wohngebäuden. Mit dem Passivhaus Darmstadt (Kapitel 7) wurde ein baupraktischer Weg gezeigt, wie durch Optimierung des Konzeptes der Wärmebedarfsminderung durch kostengünstige opake Dämmstoffe etc. zu weitaus geringeren Investitionskosten ein Heizwärmeverbrauch von 10 kWh/m² Wohnfläche und Jahr erreicht werden kann. Angesichts der hohen Kosten und son-

stigen Einsatzbeschränkungen von TWD im Gebäudebestand (Brandschutz, vorhandene Verschattung, Sonnenschutz), kann TWD für den Wohnungsbau als nachrangig eingestuft werden. [ISE, Sonnenäckerweg 1993], [ISE, Windberg, 1993], [Stadt Freiburg, Solarenergieführer, 1993].

# 12.4.3 Solare Hybridsysteme

Transparente Wärmeschutzmaterialien lassen sich auch als Abdeckung von luft- oder wasserführenden Solarkollektorsystemen verwenden. Diese können außen auf hochgedämmte opake Hüllflächen eines Gebäudes aufgebracht werden und reduzieren dadurch tagsüber den Wärmeverlust zusätzlich. Im Absorber auftreffende Sonnenenergie wird über Hilfsantriebe (Lüfter, Pumpen) in innere Strukturen des Gebäudes zur Speicherung gebracht (Hohldecken, Innenwände). Eine Zusatznutzung ist im Sommer zur Brauchwassererwärmung denkbar.

Solche Hybridsysteme können noch höhere solare Nutzungsgrade erreichen wie die transparente Wärmedämmung von massiven Außenbauteilen - zudem wird der Nachtverlust durch die konventionelle Dämmung weiter verringert.

Hybridsysteme für die Nachrüstung von sonnenverwöhnten Flächen im Gebäudebestand könnten als Fertigkomponentensystem zur Montage auf Wand oder Dach entwickelt werden. Eine Entscheidung über die Vielzahl der in diesem Bereich denkbaren Systemalternativen ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch verfrüht. Zunächst müssen durch intensivere Forschung weitere Erfahrungen mit Systemen unterschiedlicher Bauart gewonnen werden.

Die heute vorliegenden Ergebnisse lassen aber die Hoffnung zu, daß künftig auch für opake Bauteile wie Wand und Dach optimierte Konstruktionen entwickelt werden können, die auf diesen Flächen auch in den kalten Wintermonaten Nettowärmegewinne ermöglichen. Sollte dies in Form der Hybridsysteme erfolgen, so wäre eine möglichst gute, konventionelle (opake) Wärmedämmung der Bauteile für den künftigen Einsatz vorteilhaft. Die in diesem Bericht dargestellten Maßnahmen zur wärmetechnischen Gebäudesanierung erweisen sich dann als Voraussetzung für den künftigen Einsatz noch effizienterer Solarsysteme.

# 12.5 Zu erwartende Energiesparpotentiale mit Zukunftstechnologien in zwei ausgewählten Fällen des Gebäudebestands

Um die mit den vorausgehend beschriebenen Zukunftstechnologien zusätzlich im Gebäudebestand erreichbaren Energieeinsparungen abzuschätzen, werden im folgenden die Heizenergiebilanzen für je ein Ein- und ein großes Mehrfamilienhaus der Gebäudetypologie untersucht. Dabei wurde jeweils die (häufige) Baualtersklasse 1957-68 ausgewählt.

Als mit zukünftiger Technik erreichbar wurde dabei unterstellt:

- o opake Wärmedämmung aller nichttransparenten Bauteile (Wand/Dach/Keller etc.) mit einem Super-Wärmedämm-Verbundsystem auf einen k-Wert von 0,1 W/(m²K).
- o Verwendung von Krypton-gefüllten Dreifach-Wärmeschutzgläsern mit je einer selektiven Beschichtung pro Zwischenraum. Reduzierung der Wärmebrücke des Randverbundes und Verwendung hochdämmender Fensterrahmen (k-Wert Fenster 0,75 W/(m²K), Energiedurchlaß der Verglasung 0,52 bei senkrechtem Einfall).
- o Reduzierung der Wärmebrückenwirkung bei Perimeter, Laibung und auskragenden Bauteilen durch vorgefertigte supergedämmte Bauelemente auf den <u>im Bestand</u> erreichbaren Wert (<u>ohne</u> thermische Trennung, welche im <u>Neubau</u> z. B. durch gedämmte Auflager oder gedämmte Kragbauteile realisierbar wären).
- o Abdichtung des Gebäudes auf eine Restundichtheit mit weniger als 0,05facher (1/h) Infiltrationsrate. Einsatz einer luftqualitätsgeregelten Wärmerückgewinnungsanlage mit 70 % Enthalpie-Rückgewinnungsgrad. Der Wärmeverlust durch Lüftung entspricht dann noch einer äquivalenten Kaltluftzufuhr von 0,2fach (1/h).
- o Verfügbarkeit kleiner Brennwertwärmeerzeuger (10 kW) mit geringen Bereitschaftsverlusten (0,5 %).

Alle aufgeführten Punkte sind nach dem gegenwärtigen Stand der Forschung und Entwicklung bereits in Prototypen realisiert, entsprechende Produkte sind für den Einsatz in anderen Marktbereichen teilweise sogar am Markt erhältlich. Gegenwärtig liegen die Kosten für solche Systeme allerdings noch weit über den heute wirtschaftlich vertretbaren Grenzen.

Tabelle 12.4 zeigt den energietechnischen Datensatz für ein entsprechend diesen Vorgaben nachträglich saniertes Einfamilienhaus im Bestand. Tabelle 12.5 und Abb. 12.1 dokumentieren die Energiebilanz für dieses Gebäude mit Zukunftstechnik.

Der spezifische Endenergieverbrauch für Heizzwecke für das Einfamilienhaus ließe sich danach auf etwa 24 kWh/(m²a) reduzieren. Dies sind nur noch etwa 13 % des Endenergieverbrauchs für Heizzwecke im Vergleich zum heutigen durchschnitt-lichen IST-Zustand dieses Gebäudetypes und nur noch etwa ein Drittel des Verbrauchs, der sich nach Durchführung aller im Standard-Katalog (Abschnitt 3.2) dargestellten Maßnahmen ergeben würde.

Tabelle 12.6 zeigt die Daten für ein mit Zukunftstechnologie saniertes großes Mehrfamilienhaus im Bestand. Tabelle 12-7 und Abb. 12.2 dokumentieren die Energiebilanz.

Der spezifische Endenergieverbrauch für das Mehrfamilienhaus im Bestand ließe sich mit Hilfe der Zukunftstechniken demnach weiter auf etwa 16 kWh/(m²a) reduzieren. Dies sind nur noch 9 % des durchschnittlichen Verbrauchs im heutigen IST-Zustand und nur noch etwa ein Drittel des Verbrauchs, der nach Durchführung aller Maßnahmen im Standard-Katalog erreicht wird.

Die dargestellten (durchaus typischen) Fallbeispiele machen deutlich, daß mit den heute verfügbaren und ökonomisch sinnvoll einsetzbaren Techniken der rationellen Energienutzung die technischen Grenzen der Energieeinsparung im Gebäudebestand noch lange nicht erreicht sind. Laufende und absehbare Weiterentwicklungen lassen vielmehr die Perspektive sehr wahrscheinlich erscheinen, daß künftig verfügbare noch weiter verbesserte Techniken der Heizwärmeverbrauch in noch größerem Umfang reduzieren können.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist es jedoch verfrüht, Aussagen über die ökonomischen Parameter solcher Komponenten zu treffen. Durchaus wahrscheinlich ist jedoch, daß solche Techniken bis Ende der neunziger Jahre zu Kosten für die eingesparte Endenergie zwischen 12 und 25 Pf/kWh entwickelt werden können. Da die Ausgestaltung der Komponenten im Detail heute ebenfalls noch nicht absehbar ist, konnten solche perspektivisch verfügbaren Techniken auch noch nicht in der "supply-curve" (Einsparpotential über spezifischen Energiekosten) berücksichtigt werden. Im Bereich der Techniken zu Einsparkosten oberhalb von 12 Pf/kWh ist die Standard-supply-curve (Abb. 8.1) daher unvollständig.

Tabelle 12.4: Datensatz für ein mit Zukunftstechnik saniertes Einfamilienhaus

Gebäude-Dokumentation
Objektdaten EFHE\_Z

Haustyp : Einfamilienhaus

Baualtersklasse : Zukunftstechnik

Umbautes Volumen: 904 Kubikm

Wohnfläche : 242 m²

Raumhöhe : 2.52 m

Luftwechsel : 0.20 1/h

HÜLLFLÄCHEN	Fläche / m²	k-Wert/ W/(m2K)		
Dach und Dachgeschoßdecke Außenwände	180.90 170.00 196.00	0,100 0,100 0,100		
erdberü. Bauteile, Kellerdecke Außenwände vor Heizkörpern gesamte Fensterfläche	15.33	0.100 Tag: 0.750		
Nachts: Rolladen / Klappladen sonstige : GLASBAU	38.55	Nacht: 0.750 0.700		
WÄRMEBRÜCKEN (lineare)	Gesamtlänge / m	WBrüKoeff/ W/(mK)		
Wärmebrücke-Perimet Wärmebrücke-Laibung Wärmebrücke-Balkon	25.55 106.70 4.50	0.400 0.100 0.400		
SOLARENERGIE Fenster S	OD OST/WEST NORD	Gesamtdurchlaß		
Fensterfläche / m² 1	0.02 18.24 10	.29 0.2500		
Wärmespeicherkapazi. = 12100 Wh/K DATEN zur NUTZUNG				
Tagsolltemperatur = 17.50 °C Nachtsolltemperatur = 14.00 °C Maximaltemperatur = 24.00 °C Leistung Pers/Geräte = 387 W Dauer Nachtabsenk. = 8.0 h Wochenendabsenkung : N				
DATEN der HEIZANLAGE				
Kesselleistung = 10000 W Kesselwirkungsgrad = 96.0 % Bereitschaftsverl. = 0.500 % Bereitschaftsabschaltung: J Länge Heizleitungen= 35.50 m k*-Wert (Leitungen) = 0.200 W/m/K Vorlauftemperatur = 45.00 °C Rücklauftemperatur = 35.00 °C Zentrale Regelung : J				
DATEN ZUF WARMWASSERBEREITUNG	Warmwasser wird	mitgerechnet : N		

Tabelle 12.5: Energiebilanz: Saniertes Einfamilienhaus "Zukunft"

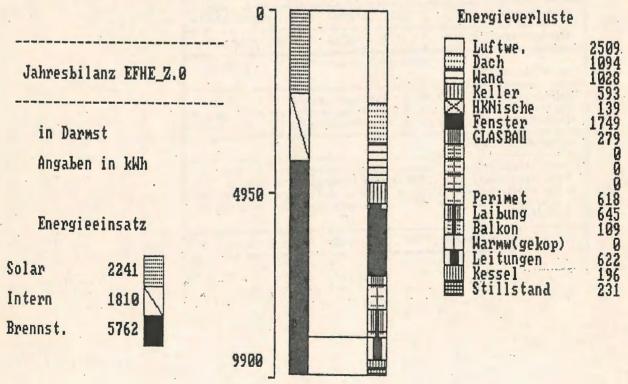
· ·		
ENBIL-Energiebilanz Referenzobjekt EFHE_Z	E.	. 1. 1216 67
I W U		
Der Energieeinsatz		
Folgende Energieströme werden dem Haus zugeführt	(in kWh/a)	(in %):
Einstrahlung der Sonne durch		. 6
die Fenster (nur Heizzeit) Wärmequellen im Innern des	2241	23
Gebäudes (Personen,Geräte) Brennstoff in der Keizanlage	1810	18
(Öl, Gas, Kohle,)	5762	59
Summe Energieeinsatz	9814	100
Die Energieverluste		
Die Wärmeverluste verteilen sich wie folgt	(in kWh/a)	(in %):
Lüftungswärmeverlust	2509	26
Dach und oberste Geschoßdecken	1094	11
Wärmeleitung durch die Außenwand	1028	10
Grundfläche, Kellerdecke und -wände	593	6
Verluste durch die Heizkörpernischen	139	1
Wärmeverluste durch die Fensterscheiben	1749	18
Wärmeverluste durch zusätzliche Flächen	279	3
Wärmeverluste durch Wärmebrücken	2745	28

Abbildung 12.1: Energiebilanz: Saniertes Einfamilienhaus "Zukunft"

Warmwasser aus der Zentralheizung

Verluste der Heizanlage

Summe Energieverluste



0

11

1049

9814

# Tabelle 12.5: Saniertes Einfamilienhaus "Zukunft": Verbrauchsbeurteilung

Referenzobjekt

EFHE Z

### Verbrauchsbeurteilung

Der Brennstoffverbrauch des Gebäudes liegt im Referenzfall durchschnittlich bei 576 Liter HEIZÖL-EL pro Jahr. Zusätzliche Brennstoffe wurden dem Hauptenergieträger zugerechnet.

Dieser Verbrauch entspricht in Energieeinheiten (kWh) umgerechnet 5762 Kilowattstunden HEIZÖL-EL pro Jahr. Die Energiekennzahl Heizung (Endenergieverbrauch pro Jahr bezogen auf die Wohnfläche) beträgt

24 kWh/(m2a) .

### Brennstoffkosten

Für HEIZÖL-EL liegt der Berechnung ein heutiger (1989) Durchschnittspreis von brutto 0.380 DM/Liter zugrunde.

Die Brennstoffkosten betragen daher momentan

219 DM/Jahr.
Für die nächsten 25 Jahre wird eine durchschnittliche Teuerung von
real 2.60 % pro Jahr für HEIZÖL-EL angenommen.
Die durchschnittlichen Brennstoffkosten OHNE Energiesparmaßnahmen
betragen dann im Mittel der nächsten 25 Jahre real 295 DM/Jahr.
Dieser Vergleichswert ist für den Wirtschaftlichkeitsvergleich mit
den auf den folgenden Seiten beschriebenen ENERGIESPARMASSNAHMEN
zugrundgelegt (es wird Energie zu künftigen Preisen eingespart).

### Kapitalkosten für Sparmaßnahmen

Für das eingesetzte Kapital sind Zinsen und Tilgung zu bezahlen. Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung wurde angenommen, daß die nachfolgenden Energiesparmaßnahmen zu den Bedingungen eines Hypothekendarlehens mit derzeit 4.0 % effektivem realem Jahreszins finanziert werden.

Tabelle 12.6: Datensatz für ein mit Zukunftstechnik saniertes Mehrfamilienhaus

Gebäude-Dokumentation
Objektdaten GMHE\_Z

Haustyp : Mehrfamilienhaus

Baualtersklasse : Zukunftstechnik

Umbautes Volumen: 11510 Kubikm

Wohnfläche : 3534 m²

Raumhöhe : 2.50 m

Luftwechsel : 0.20 1/h

HÜLLFLÄCHEN	Fläche / m² k-Wert/ W/(m²K)			
Dach und Dachgeschoßdecke Außenwände erdberü. Bauteile, Kellerdeck Außenwände vor Heizkörpern gesamte Fensterfläche Nachts: Rolladen / Klappladen	115.20 0.100 687.03 Tag: 0.750			
WÄRMEBRÜCKEN (lineare)	Gesamtlänge / m WBrüKoeff/ W/(mK)			
Wärmebrücke-Perimet Wärmebrücke-Laibung Wärmebrücke-Balkon	135.99 0.400 1726.50 0.100 172.00 0.400			
SOLARENERGIE Fenster	SÚD OST/WEST NORD Gesamtdurchlaß			
Fensterfläche / m²	26.59 646.13 14.31 0.2900			
DATEN zur NUTZUNG Wärmespeicherkapazi. = 180200 Wh/K				
Tagsolltemperatur = 18.00 °C Nachtsolltemperatur = 15.00 °C Maximaltemperatur = 24.00 °C Leistung Pers/Geräte = 7100 W Dauer Nachtabsenk. = 8.0 h Wochenendabsenkung : N				
DATEN der HEIZANLAGE				
Kesselleistung = 100000 W Kesselwirkungsgrad = 103.0 % Bereitschaftsverl. = 0.500 % Bereitschaftsabschaltung: J Länge Heizleitungen= 85.60 m k*-Wert (Leitungen) = 0.150 W/m/l Vorlauftemperatur = 45.00 °C Rücklauftemperatur = 30.00 °C Zentrale Regelung : J				
DATEN ZUF WARMWASSERBEREITU	G Warmwasser wird mitgerechnet : N			

Tabelle 12.7: Energiebilanz: Saniertes Mehrfamilienhaus "Zukunft"

ENBIL-Energiebi	lanz
Referenzobjekt	GMHE_Z
INA	

Der Energieeinsatz

L L				
Folgende Energieströme	werden dem Haus	zugeführt (	(in kWh/a)	(in %):

Einstrahlung der Sonne durch die Fenster (nur Heizzeit) Wärmequellen im Innern des	44028	33
Gebäudes (Personen, Geräte) Brennstoff in der Heizanlage	32053	24
(Ŏl, Gas, Kohle,)	55407	42
Summe Energieeinsatz	131489	100

Die Energieverluste

Die	Wärmeverluste verteilen sich wie folgt	(in kWh/a)	(in %)
	Lüftungswärmeverlust	43148	33
	Dach und oberste Geschoßdecken	3444	3
	Wärmeleitung durch die Außenwand	22513	17
	Grundfläche, Kellerdecke und -wände	1649	1
	Verluste durch die Heizkörpernischen	1241	1
	Wärmeverluste durch die Fensterscheiben	37007	28
	Wärmeverluste durch Wärmebrücken	42496	32
	Warmwasser aus der Zentralheizung	0	0
	Verluste der Heizanlage	1238	1
===	Summe Energieverluste	131489	100

Abbildung 12.2: Energiebilanz: Saniertes Mehrfamilienhaus "Zukunft"

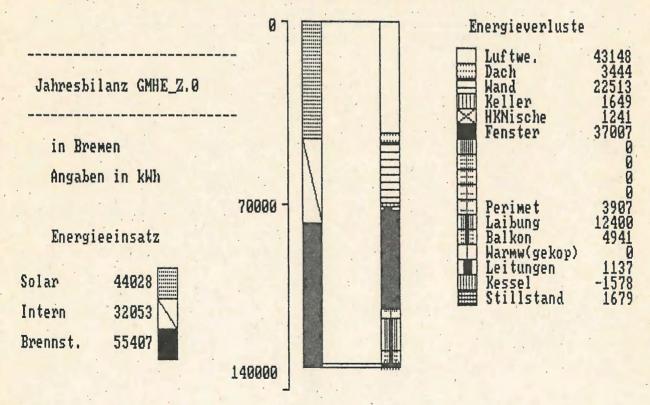


Tabelle 12.8: Saniertes Mehrfamilienhaus "Zukunft": Verbrauchsbeurteilung

Referenzobjekt

GMHE Z

#### Verbrauchsbeurteilung

Der Brennstoffverbrauch des Gebäudes liegt im Referenzfall durchschnittlich bei 55407 kWh Erdgas pro Jahr. Zusätzliche Brennstoffe wurden dem Hauptenergieträger zugerechnet.

Dieser Verbrauch entspricht in Energieeinheiten (kWh) umgerechnet 55407 Kilowattstunden Erdgas pro Jahr. Die Energiekennzahl Heizung (Endenergieverbrauch pro Jahr bezogen auf die Wohnfläche) beträgt

16 kWh/(m2a) .

#### Brennstoffkosten

Für Erdgas liegt der Berechnung ein heutiger (1989) Durchschnittspreis von brutto 0.055 DM/kWh zugrunde.

Die Brennstoffkosten betragen daher momentan 3047 DM/Jahr. Für die nächsten 25 Jahre wird eine durchschnittliche Teuerung von real 4.50 % pro Jahr für Energie angenommen. Die durchschnittlichen Brennstoffkosten OHNE Energiesparmaßnahmen betragen dann im Mittel der nächsten 25 Jahre real 5194 DM/Jahr. Dieser Vergleichswert ist für den Wirtschaftlichkeitsvergleich mit den auf den folgenden Seiten beschriebenen ENERGIESPARMASSNAHMEN zugrundgelegt (es wird Energie zu künftigen Preisen eingespart).

### Kapitalkosten für Sparmaßnahmen

Für das eingesetzte Kapital sind Zinsen und Tilgung zu bezahlen. Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung wurde angenommen, daß die nachfolgenden Energiesparmaßnahmen zu den Bedingungen eines Hypothekendarlehens mit derzeit 4.0 % effektivem realem Jahreszins finanziert werden.

# 12.6 Konsequenzen für das (technische) Einsparpotential

Bei den Potentialabschätzungen in Kap. 8 wurde von der konservativen Annahme ausgegangen, daß über die 1990 verfügbaren Techniken hinaus kein weiterer technischer Fortschritt zu erwarten sei. Dies ist sicher nicht richtig, wie die vorausgehenden Abschnitte zeigen. Vielmehr wird der technische Fortschritt das technische Potential an zusätzlich erreichbaren Einsparungen über der Zeitachse ständig vergrößern.

Abb. 12.3 zeigt exemplarisch einen realistischen Verlauf des technischen Einsparpotentials ( $\nabla$ ) und des wirtschaftlichen Einsparpotentials ( $\times$ ) unter Berücksichtigung des zu erwartenden weiteren Fortschritts der Technik.

Wie in den Abschnitten 12.1 bis 12.5 beschrieben, ist die Reduktion des Heizenergieverbrauchs in einem Wohngebäude im Bestand auf Werte unter 24 kWh/(m²a) mit in Prototypen realisierten Technologien denkbar, jedoch noch nicht demonstriert. Setzt man konservativ Diffusionszeiträume von 20 Jahren von der Entwicklung bis zur breiten Einsatzmöglichkeit an, so könnte um 2010 eine Gebäudesanierung mit Restheizenergieverbrauch von um 24 kWh/(m²a) dem Stand der Technik entsprechen - ohne daß heute hierzu irgendeine Aussage zur Wirtschaftlichkeit möglich ist.

Dennoch ist zu erwarten, daß zumindest ein Teil der in Frage kommenden Techniken letztendlich auch zu ökonomisch interessanten Perspektiven führt (z.B. die lichtdurchlässige Wärmedämmung oder das superisolierte Fenster, sehr wahrscheinlich aber luftqualitätsgeführte Regelungen für Lüftungsanlagen). Unter dieser Perspektive muß auch das ökonomische Potential "dynamisch" im Rahmen der Technologienentwicklung gesehen werden. Für die Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" wurden Modellrechnungen durchgeführt, bei denen im Sparszenario die Einsparungen entlang einer abklingenden Exponentialkurve um das Jahr 2020 herum allmählich ausgeschöpft erscheinen /IWU 1989/ (diese Entwicklung ist in Abbildung 12.3 mit  $\Diamond$  wiedergegeben). Dieser Effekt ist jedoch einzig auf die konservative Annahme der ausschließlichen Verwendung von heute bereits am Markt verfügbarer, erprobter und bewährter Technik zurückzuführen. Der technische Fortschritt resultiert jedoch eher in einem Verlauf, wie er in Abb. 12.3 in der Kurve "ökonomisches Potential bei Berücksichtigung eines weiteren technischen Fortschritts" dargestellt ist.

Die schraffiert eingetragene Nutzwärme kann zusätzlich über das Standard-SPAR-Szenario hinaus eingespart werden, wenn heute wissenschaftlich in Prototypen entwickelte Komponenten zur Marktreife gebracht werden. Es bedeuten:

"Referenz"-Szenario ohne bauliche Energiesparmaßnahmen

TREND-Szenario

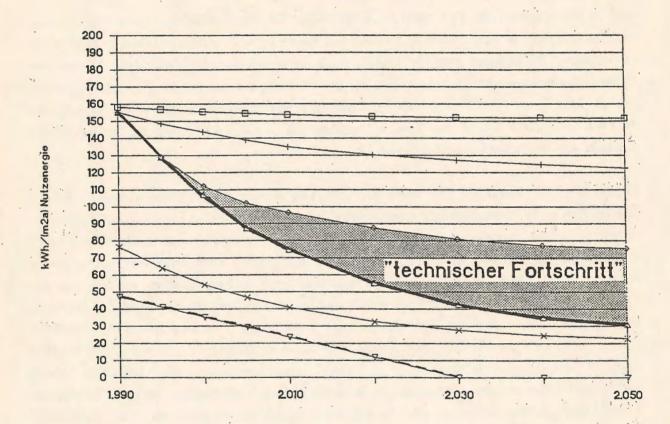
Standard-SPAR-Szenario: technisch/ wirtschaftlich sinnvolle Energiesparmaßnahmen

nach dem Katalog "SPAR" ausschließlich mit bereits 1990 am deutschen Markt verfügbaren und erprobten Techniken, sofern diese zum Zeitpunkt der Sanierung rentabel sind SPAR-Plus-Szenario: Energieeinsparung durch Maßnahmen, die unter Berücksichtigung des technischen Fortschritts zum jeweiligen Sanierungszeitpunkt wirtschaftlich sein können

Wirtschaftliches Energiesparpotential unter Berücksichtigung des künftigen technischen Fortschritts

Technisches Energiesparpotential unter Berücksichtigung des künftigen technischen Fortschritts.

Abbildung 12.3: Energiesparpotentiale im Gebäudebestand unter Berücksichtigung des zu erwartenden weiteren technischen Fortschritts (Alte Bundesländer) aus /IWU 1989/



Die Abbildung zeigt die möglichen Entwicklungen des spezifischen Nutzenergiebedarfs im Gebäudebestand gemäß Abb. 8.3.3-1

-B- Referanzszenario

+ Trendszenario

Sparszenario

Spar-Plus-Szenario

Wirtschaftliches Potential

- Technisches Potential

Die Abbildung zeigt die möglichen Entwicklungen des spezifischen Nutzenergiebedarfs im Gebäudebestand

☐ Referenzszenario

+ Trendszenario

♦ Standard - Sparszenario

Spar-Plus-Szenario

x Wirtschaftliches Potential

∇ Technisches Potential

Nach diesen Perspektiven sind aus physikalisch-technischer, bautechnischer und baupraktischer Sicht keine prinzipiellen Grenzen für eine immer weitergehende Reduktion des Heizenergieverbrauchs auch im Gebäudebestand gegeben. Die Frage, ob über die hier dargestellten und im einzelnen nachgewiesenen Einsparungen hinaus weitere Energieeinsparungen in der Zukunft angestrebt und realisiert werden, hängt nach unserer Auffassung weniger von technischen und ökonomischen Grenzen als davon ab, ob beim Erreichen bestimmter Werte (z. B. 30-40 kWh/(m²a)) eine weitere Verbesserung aus ökologischen oder sozialen Gründen überhaupt erstrebenswert erscheint, zumal derart geringe Heizwärmeverbräuche entweder vollständig aus regenerativen Quellen oder aber anderwärtig umweltfreundlich und kostengünstig bereitgestellt werden könnten.

## Literaturverzeichnis

- (Achtziger 1984), Achtziger J.; Tauwasserbildung im Innern von zweischaligem Mauerwerk mit Kerndämmung, in: Bauphysik 2/1984
- (Adamson 1979), Adamson, Bo und Eftring, B., Design of Low-Energy-Houses (Stockholm climate) Lund Institute of technology, report BKL 1979:4 (E)
- (Adamson 1988), Adamson, Bo, Feist, Wolfgang, Konstruktionsmerkmale von Niedrigenergiehäusern, IWU-Darmstadt 1988
- (Ahnert 1986), Ahnert R., Krause K.; Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960, Wiesbaden 1986
- (Anderson 1980), Anderson A. C., Folgen zusätzlicher Wärmedämmung-Wärmebrücken, Feuchteprobleme, Wärmespannungen, Haltbarkeit, in: Bauphysik 2, 1980
- (ARENHA 1986), Arbeitsgemeinschaft Energieberatung Hannover, Energiekonzept Nienberg/Weser; Band 9 der Reihe "örtliche und regionale Energieversorgungskonzepte; PBE Jülich 1986
- (ARENHA/ESP/FPB 1986), ARENHA/ESP/FPB: Energiestudie für den Landkreis Nienburg/Weser, BfLR (Hrsg.), Bonn, 1986
- (Atlas 1984), Atlas für die Sonneneinstrahlung Europas, Köln 1984
- (Auerbach 88), Andreas Auerbach, Wolfgang Pfaffenberger, Veränderungen des Erdgasverbrauchs bei privaten Haushalten. in: ZfE 3/88
- (Aydinnli), Aydinnli, Sirri, Wärmeeinstrahlung in Innenräumen durch Solarstrahlung, in: Bauphysik Heft 4/1984, 1/1983, 4/1982, 4/1983
- (Bänkert 1987), Bänkert, W., Die steuerliche Förderung privater Umweltschutzmaßnahmen, in: Wirtschaftsdienst, H. IV, 1987, S. 208 ff.
- (Baum 1988), Baum, G.R., Mehr Steueranreize schaffen, in: Wirtschaftswoche, Nr. 5, 1989, S. 32
- (bausubstanz 8/1989), Energiegerechte Instandsetzung von Nachkriegswohngebäuden, in: bausubstanz 8/1989
- (Beck-Texte 1987), Beck-Texte; Baugesetzbuch, München 1987
- (Benkert 1988), Benkert, W., Wie sinnvoll sind haushaltswirtschaftliche Sonderregelungen für die umweltbezogene Finanzwirtschaft?, in: Zeitschrift für Umweltpolitik, H. 2, 1988, S. 101 ff.
- (Binswanger, 1983), Binswanger, H. C., Frisch, H. u. A., Arbeit ohne Umweltzerstörung Strategien für eine neue Wirtschaftspolitik, Frankfurt/M. 1983

- (Blomsterberg 1985), Arne Blomsterberg: Superinsulation and warm air heating in Sweden. National Testing Institute; Boras, Sweden 1985
- (BMBau 1976/1), Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebauliche Forschung, Kostenanalyse der Modellsanierung von Altbauten, Bonn 1976
- (BMBau 1976/2), Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Städtebaubericht 1975, Bonn 1976
- (BMBau 1981), Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Schriftenreihe; Sanieren und Modernisieren von Fachwerkbauten, Bonn 1981
- (BMBau 1983), Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Wirtschaftlichkeitsuntersuchung bei Baumaßnahmen des Bundes; Schriftenreihe, Bonn 1983
- (BMBau 1984), Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Praktische Untersuchung der Tauwasserbildung im Innern von Bauteilen mit Innendämmung, Stuttgart 1984
- (BMBau 1978), Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Realisierung des Wettbewerbes THERMA, Bonn 1977
- (BMBau F2112), BMBAU, Bau und Wohnungswesen., herausgegeben im IRB-Verlag, F 2112 Architektur und Energie, Stuttgart o.J.
- (BMBau F2130), Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Rechnerische Untersuchung des Wärmeschutzes von Leichtfassaden, Forschungsbericht F 2130 (IRB-Verlag)
- (BMBAU 1983), BMBAU, Schriftenreihe 04.093 Praxisinformation Energieeinsparung, 1983
- (BMBAU 1984), BMBAU, Schriftenreihe 04.097, Handbuch Passive Nutzung der Sonnenenergie, 1984
- (BMBAU 1988), BMBAU, Bau und Wohnungswesen., Energiesparhäuser Berlin 3. Teilbericht F 2023, IRB-verlag 1988
- (BMBAU1992), BMBau, Forschungsbericht, Heizenergieverbrauch von Wohnungen, Bonn/Frankfurt 1992
- (BMBau, 1992a), BMBau, Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern Bauformen und Konstruktionsmerkmale, Bonn 1992
- (BMBau, 1992b), BMBau, Typenserie P2 5,0 t, Leitfaden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in Plattenbauweise, Bonn 1992
- (BMBau 1993), BMBau, Streifenbauart 2,0 t, Leitfaden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in Plattenbauweise, Bonn 1993

- (BMBau 1993a), BMBau, Blockbauart 1,1, t, Leitfaden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in Plattenbauweise, Bonn 1993
- (BMBau 1993b), BMBau, WBS 70, Wohnungsbauserie 70 6,3 t, Leitfaden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in Plattenbauweise, Bonn 1993
- (BMBau 1993c), BMBau, WHH Wohnhochhäuser, Leitfaden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in Plattenbauweise, Bonn 1993
- (BMBau 1991), BMBau, Vortragsveranstaltung Instandsetzung und Modernisierung des Gebäudebestandes in den neuen Bundesländern weitere Entwicklung des Fertigbaus, Berlin 1991
- (BMBau 1993), BMBau, Forschungsarbeit, Qualitative und quantitative Erfassung und Analyse der Flachdach Bauschäden bzw. des Reparatur- und Sanierungsbedarfes auf dem Gebiet der ehemaligen DDR, Darmstadt/Brandenburg 1993
- (BMBau 1994), Bau und Wohnforschung, Grenzen der Energieeinsparung durch Wärme dämmung im Bestand der Altbauten der neuen Bundesländer aus konstruktiver und wirtschaftlicher Sicht, IRB Verlag Stuttgart und Bonn 1994
- (BMFT 1991), BMFT, Passive Solarenergienutzung und Energieeinsparung in Gebäuden, Statusbericht, 1991
- (Bauakademie 1990), Bauakademie der DDR, Gebäudeatlas Mehrsfamilienwohngebäude der Baujahre 1880 bis 1980, Teil 1 und 2, Berlin 1990
- (BMFT), BMFT, Bau- und energietechnisches Demonstrationsvorhaben Berlin-Woltmannweg, o.O., o.J. zu beziehen: GSW Gemeinnützige Siedlungs- und Wohnungsbaugesellschaft Berlin mbH und Weidlich Ingenieurgesellschaft, Berlin
- (BMWi 1989), Bundesministerium für Wirtschaft; Bericht zur sparsamen und rationellen Energieverwendung in den Jahren 1985 1988, Bonn 1989
- (BMWI 1988), Gesellschaft für anwendungsorientierte Forschung, Management- und Systemberatung mbH; "Vor Ort"-Beratung zur Energieeinsparung, Studie im Auftrag des BMWI, Hamburg 1988
- (BfLR), Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Zehn Jahre Energiekonzepte, Erfahrungen und Perspektiven, in: Informationen zur Raumentwicklung Heft 6/7 1990, Bonn 1990
- (BfLR), dieselbe, Örtliche und regionale Energieversorgungskonzepte, Band 1 19, Energiekonzepte, Bonn 1985-1988
- (BfLR), dieselbe, Örtliche und regionale Energieversorgungskonzepte, Band 20, Dokumerntation des Arbeitsprogramms, Teil 1, Bonn 1988
- (BfLR), dieselbe, Örtliche und regionale Energieversorgungskonzepte, Band 21, Dokumen-

- tation des Arbeitsprogramms, Teil 2, Bonn 1988
- (BfLR), dieselbe, Örtliche und regionale Energieversorgungskonzepte, Band 31, Schad stoffminderung im Städtebau, Bonn 1994
- (BfLR ,Wirkungsanalyse,1992), dieselbe, Wirkungsanalyse von Länderprogrammen der Förderung von Modernisierungs- und Instandsetzungsmaßnahmen an Wohnungen in den neuen Bundesländern, Abschlußbericht, Bonn, 1992
- (BfLR, Förderung, 1992). dieselbe, Förderung der Wohnungsmodernisierung, Bonn 1992
- (BONNSTRÖM 1987), Ch. Bonnström, C.-G. Hillström: "The Lyckebo Projekt, Solar District Heating with Seasonal Storage in A Rock Cavern" Swedish Council for Building Research, Stockholm 1987
- (Bracchetti 1984), Untersuchung zur rationellen Wärmeversorgung im Niedertemperaturbereich unter Berücksichtigung des Einsatzes der Fernwärme in Niedersachsen, Fernwärmeforschungsinstitut Hannover 1984
- (Braun 1992), Braun, Voss, Sick, Niedrigenergiehäuser TWD Der Baustoff für die Zukunft, in: Sonnenergie 2/1992
- (Bremer Energiebeirat 1989/2), Bremer Energiebeirat; Materialien zum Abschlußbericht, Band II, Bremen 1989
- (Bremer Energiebeirat 1989/1), Bremer Energiebeirat; Abschlußbericht, Bremen 1989
- (Brennan 1986), T. Brennan and Bill Turner: "Defeating Radon"; in solar age, March 1986, S. 33ff
- (Breuel 1989), Breuel, B., Aus Eigennutz mehr Umweltschutz Zu neuen Umweltsteuern gibt es keine Alternative, in: DIE ZEIT, Nr. 14, 1989
- (BUND 1989), Bund Umwelt- und Naturschutz Deutschland: "Umweltfreundliches Bauen"; Stuttgart 1989
- (Bundesamt Bern 1983/1), Bundesamt für Konjunkturfragen; Handbuch Planung und Projektierung wärmetechnischer Gebäudesanierungen, Bern 1983
- (Bundesamt Bern 1985/2), Bundesamt für Energiewirtschaft, Studie Nr. 33, Oberflächentemperaturen im Bereich von Wärmebrücken, Bern 1985
- (Bundesamt Bern 1985/3), Bundesamt für Konjunkturfragen, Wärmetechnische Gebäudesanierungen in der Praxis, Bern 1985
- (Bundesamt Bern 1988), Bundesamt für Konjunkturfragen, Luftaustausch in Gebäuden, Bern 1988

- (Bundesamt Zürich 1987), Bundesamt für Konjunkturfragen, Heizsystem für Energiesparhäuser, Zürich 1987
- (Bundesanstalt 1990), Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, Forschungsbericht 168, Numerische Untersuchung geometriebedingter Wärmebrücken (Winkel und Ecken) unter Einsatz hochauflösender Farbgrafik bei Berücksichtigung der Tauwasserproblematik und des Mindestluftwechsels, Berlin 1990
- (Burgdorf 1989), Burgdorf, D., Energiesparmaßnahmen und Verbrauchskostensenkung durch Sanierung von Sozialhilfeempfängerwohnungen in: Bremer Energiebeirat (Hg.), Materialien zum Abschlußbericht, Band II, Bremen 1989
- (Buss 1987), Buss H.; Aktuelles Tabellenhandbuch Feuchte, Wärme, Schall, Kissing 1987
- (Büttner 1979), Büttner, G., Folgen der Gebietsreform für die Energieversorgung in: der Landkreis, 49. Jg., 1979, S. 405 ff.
- (Caemmerer 1962), Caemmerer, Winfried, Beitrag zum Problem des Sonnenschutzes von Fenstern, in: gi 12/1962
- (Caemmerer 1967), Caemmerer, Winfried, Die Problematik des Sonnenschutzes von Gebäuden, in: gi Heft 3/1967
- (Carlsson 1980), Carlsson, Elmroth, Engvall: Airtightness and Thermal Insulation, Swedish Council for Building Research, D. 37: 1980, Stockholm 1980
- (Carlson 1989) P.-O. Carlson and Åke Blomsterberg: Lättbygg 85 Energi-& resurssnåla småhus med låg boendekostnad; Swedish Council for Building Research, Stockholm R41:1989
- (Carlsson 1980), B. Carlsson, A. Elmroth, P.-A. Engvall: "Airtightness and thermal insulation" Bericht D37:1980 des Schwedischen Bauforschungsrates, Stockholm 1980
- (Cerveny 1989), Cerveny, M., Meyer, M., Umweltabgaben als Instrument der Umweltpolitik Theoretische Basis und Anwendungsbeispiele aus der internationalen Praxis, Wien 1989
- (Christensen 1978), Christensen G., Prebensen K.; Zusatzdämmungen nach dem Umkehr-Prinzip im zu Warmdach-Aufbauten, in: Bauphysik 4/1987
- (Cube 1983/1), Cube, H.L. (Hrsg.); Handbuch der Energiespartechniken, Bd. 1, Technische und wirtschaftliche Grundlagen, Karlsruhe 1983
- (Cube 1983/2), Cube, H.L.; Handbuch der Energiespartechniken, Bd. 2, Spartechniken bei der Nutzung fossiler Energieträger, Karlsruhe 1983
- (Cube 1984), Cube, H.L.; Handbuch der Energiespartechniken, Bd. 3, Nutzung regenerativer Energien und passive Spartechnik, Karlsruhe 1984

- (Cziesielski 1985), Cziesielski, Erich, Wärmebrücken im Hochbau, in: Bauphysik 5/1985
- (Däumler 1987), Däumler, K.-D.; Grundlagen der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung, 5. Aufl., Herne/Berlin 1987
- (Däumler 1988), Däumler, K.-D.; Praxis der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung, 2. Aufl., Herne/Berlin 1988
- (Dehnen 1989), Dehnen, H.; Ratgeber zur Modernisierung und Instandsetzung von Wohngebäuden, Bonn 1989
- (DIN 1998), Unterbringung von Leitungen und Anlagen in öffentlichen Flächen; 1978
- (DIN 4108), Wärmeschutz im Hochbau; Deutsches Institut für Normung, Berlin 1981.
- (DIW 1986), DIW, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Analyse der Rahmenbedin gungen für energiesparende Investitionen im Mietwohnungsbereich, Berlin 1986
- (DLR 89), P.-M. Nast: Solarkollektoren und solare Nahwärmesysteme: "Nutzung erneuerbarer Energiequellen" im Auftrag der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre", DLR Stuttgart, 1989
- (Ebel 1994) Ebel, Witta: Haushalts-Stromverbrauch: Senkung um 50% durch rationelle Energienutzung; Energieanwendung, 43. Jahrgang (1994), in Vorbereitung
- (Ebel 1991) Ebel, Witta: Rechenverfahren für den Wärmeschutznachweis auf der Basis von Energiekennwerten, 1. Aufl., Darmstadt, Institut Wohnen und Umwelt 1991
- (Ebel 1989), Witta Ebel, Stromverbrauch im Haushalt: Einsparpotentiale, Wirtschaftlichkeit und zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 1989
- (Ebel/Eicke 1990), Ebel, Witta, Eicke, W. u.a., Energiesparpotentiale im Gebäudebestand, Darmstadt 1990; Hrsg. Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten, Wiesbaden 1990
- (Eicke 1993), Eicke-Hennig, Werner: Investive Mehrkosten der Niedrigenergiebauweise, Darmstadt, Institut Wohnen und Umwelt, 1993
- (Eicke 1990) Energieberatung als Instrument zur Förderung der Energieeinsparung in Städ ten, Gemeinden und Landkreisen, in: Energie-Sparen, Handbuch für rationelle Energienutzung, Bonn 1991
- (efeu 87), Arbeitsgemeinschaft Energiestudie Wulfen-Barkenberg efeu-ifes-GERTEC: Energiestudie Wulfen-Barkenberg (Band II) -Konzeption für eine energiesparende umwelt- und sozialverträgliche Energieversorgung in Wulfen-Barkenberg, Essen 1987

- (Ehm 1986), H. Ehm: Zukunftsweisender Schall- und Wärmeschutz, Wksb20 / 1986
- (EMPA 1989), Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA); Luftdurchlässigkeit von Gebäudehüllen im Holzbau, Dübendorf 1989
- (Endres 1983), Endres, A., Do Effluent Charges (always) reduce Environmental Damages? in: Oxford Economic Papers, Bd. 35, 1983, S. 254 ff.
- (Energeisparinfo 1), Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten (Hrsg.); Energiesparinformationen Nr. 1, fortlaufend
- (Energie-/Umweltzentrum 1991), Energie- und Umweltzentrum, Springe, Baufachtagung 1991, Springe-Eldagsen 1991
- (Energiesparinfo 4), Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten, Energiespar-Information Nr. 4, Wärmebrücken
- (Energiezentrum Kassel 1987), Energiezentrum der Stadt Kassel; Auswertung von Ausschreibungen wärmetechnischer Gewerke 1987, unveröffentlichtes Manuskript
- (Enquete 1980), Bericht der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages Zukünftige Kernenergiepolitik, Teil II, Bonn 1980
- (Enquete 1988), Enquete-Kommission des 11. deutschen Bundestages "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre"; Schutz der Erdatmosphäre Eine internationale Herausforderung, Bonn 1988
- (Erhorn 1988), Erhorn, H.; Schäden durch Schimmelbildung im modernisierten Mietwohnungsbau, in: Bauphysik 10/1988
- (Ewringmann 1985), Ewringmann, D., Schafhausen, F., Abgaben als ökonomischer Hebel in der Umweltpolitik, Umweltbundesamt-Berichte 8/1985, Berlin 1985
- (Fahrenholtz 1988), Fahrenholtz, G.; Handbuch für den Dachdeckermeister, Bochum 1988 und 1993
- (Fanger 1970), Fanger, P.O., Thermal Comfort, Danish Technical Press, Copenhagen 1970
- (FBW 1981), Heide u.a., Einsparpotential von Heizenergie in den Wohngebäuden Baden-Württembergs, Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen, Stuttgart 1981
- (Fisch 1994) Fisch, Norbert; Kübler, Rainer; Lutz, Anton; Hahne, Erich: Solare Nahwärme Stand der Projekte; Sonneneenergie und Wärmetechnik, 1/94, S.14-18
- (Feist 1983) Feist, Wolfgang: Zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit bei wärmetechnischen Sanierungsmaßnahmen; in Schmidt, Helmut: Wirtschaftlichkeit und Finanzierungsprobleme rationeller Energienutzung; 1. Aufl., Darmstadt, Institut Wohnen und Umwelt, 1988

- (Feist 1985), W. Feist: Ist Wärmespeichern wichtiger als Wärmedämmen? IWU, 1985
- (Feist 1986/2), Feist, W.: Primärenergie- und Emissionsbilanzen von Dämmstoffen, Institut Wohnen und Umwelt 1986
- (Feist 1986/5), Feist, W.; Energieberatung Notwendigkeit, Anforderungen, Probleme; Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 1986
- (Feist 1987/1), Feist, W.; Wirtschaftlichkeit von Niedrigenergiehäusern, Darmstadt 1987
- (Feist 1987/3), Wolfgang Feist, Stromsparpotentiale bei den privaten Haushalten in der Bundesrepublik Deutschland in: D.Sievert (Hrsg.): Zukünftiger Strombedarf - Bedeutung von Einsparmöglichkeiten. TÜV Rheinland, Köln 1987
- (Feist 1989/1), Wolfgang Feist, Das vereinfachte Heizenergieprogramm STATBIL/ENBIL, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 1989
- (Feist 1989/2), Feist W., Klien J.: Das Niedrigenergiehaus, Karlsruhe 1989
- (Feist 1990/1), Feist, Wolfgang, (Hrsg.), Forschungsprojekt Passive Häuser, Zwischenbericht, Darmstadt 1990
- (Feist 1990/2), Feist, W.: Das vereinfachte Heizenergiebilanzprogramm STATBIL/ENBIL, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 1990
- (Feist 1993/1), Feist, Wolfgang, Thermische Gebäudesimulation, Karlsruhe 1993
- (Feist 1993/2), Feist, Wolfgang, Das Passivhaus, Karlsruhe 1993 (im Erscheinen)Feist, Wolfgang, Erste Meßergebnisse aus dem Passivhaus Darmstadt-Kranichstein, in: gi 2/1993
- (Feist-Adamson 1987), W. Feist, B. Adamson: Kooperationsprojekt: Konstruktionsmerkmale von Niedrigenergiehäusern in der Bundesrepublik Deutschland. Parameterstudie, IWU, Darmstadt 1987
- (Feist-Adamson 1988), W. Feist, B. Adamson: Konstruktionsmerkmale von Niedrigenergiehäusern in der Bundesrepublik Deutschland. Zusammenfassung - Empfehlungen, IWU, Darmstadt 1988
- (Feist-Klien 1989/1), W. Feist, J. Klien: Das Niedrigenergiehaus Karlsruhe 1989
- (Feist-Zolper 1985), Wolfgang Feist, Manfred Zolper, STATBIL-Handbuch, Tübingen 1985
- (Passivhaus 1994) Passivhaus Darmstadt Kranichstein. Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten und Institut Wohnen und Umwelt; 1. Aufl., Wiesbaden 1991; 3. Auflage 1994
- (Feist/Werner 1994) Feist, Wolfgang und Werner, Johannes: Passivhaus Darmstadt Gesamtenergiekennwert < 32 kWh/(m²a); BundesBaublatt 1994, Heft 2, Februar

- (Feist, Umzulänglichkeiten 1994), Feist Wolfgang, Unzulänglichkeiten des Rechenverfahrens nach dem Entwurf der neuen Wärmeschutzverordnung, in: Sonnenenergie & Wärmetechnik, Heft 1/1994 (1991)
- (Feist, Wirtschaftlichkeit 1994), Feist Wolfgang u.a., Wirtschaftlichkeit von Niedrigenergiehäusern, in: Sonnenergie und Wärmetechnik, Nr. 4, 1994
- (Feist, Innere Gewinne 1994), Feist Wolfgang, Innere Gewinne werden überschätzt, in: Sonnenergie und Wärmetechnik 1/1994
- (Feldmeier 1992), Feldmeier, Franz, Innen- oder Außenmaß, Ein Diskussionsbeitrag zur Berücksichtigung von Wärmebrücken, in: Bauphysik Nr. 14/1992
- (FfE 1989), B. Geiger; M. Wegner: Emissionsminderung durch rationelle Energienutzung im Raumwärmebereich / Teilstudie im Studienkomplex A.1.2. im Auftrag der Enquete-Kommission: "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre", München, 1989
- (Filleux 1988), Filleux, Charles, Passive Sonnenergienutzung mit konvektiven Systemen, in: Schweizer Ingenier und Architekt 21/1988
- (Fingerling 1986/1), Fingerling, K.-H.; Bauphysikalische Aspekte nachträglicher Wärmeschutzmaßnahmen; in: Institut Wohnen und Umwelt, Zukunftsweisender Wärmeschutz, Darmstadt 1986
- (Fingerling 1988), Karl-Heinz Fingerling: Fachwerkschäden Fachwerkerhaltung; Isofach, Kassel 1988
- (Fischer 1986), Manfred Fischer: "Gesundheitliche Gefahren von Baustoffen Erfahrungen und Erkenntnisse"; DAB6/1986
- (FK 1989), Styregruppen for forsyningskulaloget: "Varmeforsyning af lavenergibebyggelse i omrader med kollektiv forsyning" Kopenhagen 1989
- (FBW), Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen Stuttgart, Einsparpotential von Heizenergie in den Wohngebäuden Baden-Würtembergs, Stuttgart 1981
- (FPB 1987), Freie Planungsgruppe Berlin (FPB); Universitätsstadt Marburg, Energiekonzept nördliche Altstadt, Berlin 1987
- (FPN 1988), FPN Arbeitsforschung und Raumentwicklung, Dorfentwicklungsplanung nach dem Hessischen Dorferneuerungsprogramm, Untersuchungen zu ihrer Methodik anhand von Fallbeispielen in Nord-Osthessen, Band I, Kassel 1988
- (Forschungsgesellschaft, Kiel 1994), Forschungsgesellschaft für umweltschonende Energie umwandlung und -nutzung mbH, Ermittlung des Wärmeverbrauchs in ausgewählten Niedrig-Energie-Häusern in Schleswig-Holstein, Kiel 1994

- (Fraunhofer 1983), Fraunhofer Institut für Bauphysik, Forschungsbericht T 1187, Untersuchungen über den effektiven Wärmeschutz verschiedener Ziegelaußenwandkonstruktionen, Rechnerische Untersuchung über die thermische Wirkung von Wärmebrücken, Holzkirchen 1983
- (Fraunhofer 1984), Fraunhofer Institut für Bauphysik, Wärmebrückeneinfluß auf die Wandoberflächentemperaturen zweier Mehrfamilienhauswohnungen in München, Stuttgart 1984
- (Fraunhofer 1985), Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI); Konzeption von Beratungsinstrumenten und Seminaren auf dem Gebiet der rationellen Energienutzung für die Verbraucher-Beratungsstellen in Nordrhein-Westfalen, Karlsruhe 1985
- (Fraunhofer 1987), Fraunhofer Institut für Bauphysik, Transparente Wärmedämmung, Schlußbericht T1830 IRB-Verlag 1987
- (Fraunhofer 1988), Fraunhofer Institut für Bauphysik, Das Münchner Energiespar-Testhaus, EB 20/1988, Stuttgart 1988
- (Fraunhofer 1991), Fraunhofer Institut für Bauphysik, Passive und hybride Solarenergienutzung im Mehrfamilienwohnhausbau, Bericht WB 64/91, Stuttgart 1991
- (Fraunhofer 1991/2), Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme, Transparente Wärmedämmung (TWD) Einsatz nicht nur bei Neubauten, sondern auch zur Sanierung von Altbauten, in: Bauphysik 13/1991
- (Fraunhofer, Sonnenäckerweg 1992), Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme, Energetische Optimierung der Solarapertur, Pilotvorhaben Sonnenäckerweg Freiburg, Freiburg 1992
- (Fraunhofer, Solarhaus 1992), Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme, Das energieautarke Solarhaus, Freiburg 1992
- (Fraunhofer, Windberg, 1993), Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme, Abschlußbericht, Jugendbildungsstätte Windberg, Energetische Vermessung und Bewertung der TWD-Fassade, Freiburg 1993
- (Fraunhofer T1825), Fraunhofer Institut für Bauphysik, Experimentelle Untersuchung über das energetische Verhalten von Einfamilienhäusern in Verbindung mit passiven Maßnahmen zur Energieeinsparung, Bericht T 1825, Stuttgart
- (Fredlund 1987), Fredlund, Bertil, Blocks of flats with glazed verandas, Taberg, Analysis of energy und internal climate, D3: 1989, Stockholm 1987
- (Freimann 1982), Freimann, J.; Plädoyer für eine alternative ökonomische Rationalität: Zur Kritik geldökomischer Wirtschaftlichkeitsrechnungen, in: AGAT (Hrsg.), Technik für den Menschen, Frankfurt/M. 1982, S. 128 144

- (Freimann 1983), Freimann, J.; Betriebswirtschaftslehre für Sie, Bd. 1, 2. Aufl., München 1983
- (FWM 1984), Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München; Wasserdampfdurchlässigkeit von Bau- und Wärmedämmstoffen, Gräfelfing 1984
- (Gans 1977), Gans, B., W. Looss, D. Zickler; Investitions- und Finanzierungstheorie, 3. Aufl., München 1977
- (Garnreiter 1983/1), Garnreiter, F., Jochem, E. u.a.: Auswirkungen verstärkter Maßnahmen zum rationellen Energieeinsatz auf Umwelt, Beschäftigung und Einkommen, (Studie des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung im Auftrag des Umweltbundesamts), Berlin 1983
- (GEMIS 1989), Fritsche et al.: Umweltwirkungsanalyse von Energiesystemen: Gesamt-Emissions-Modell Integrierte Systeme, Öko-Institut Darmstadt 1989
- (Gerner 1978), Gerner M.; Instandsetzen und Erhalten historischer Häuser, Wiesbaden 1978
- (Gerner/Seehausen 1988), Gerner/Seehausen; Denkmalschutz in Hessen, Wiesbaden 1988
- (Gertis 1982), Gertis, Karl, Erhorn Hans, Jetzt: Wärmebrücken im Kreuzfeuer, in: Bauphysik 4/1982
- (Gertis 1984), Gertis, Karl, Auswirkungen der Lage des Fensters auf den Wärmeschutz von Wänden, in: Fenster und Fassade 2/1984
- (Gertis 1985), Gertis, Karl, Energieeinsparung und Solarenergienutzung im Hochbau, in: Rheinisch-Westfälische Akademie der Wissenschaften Vorträge N 340, Westdeutscher Verlag 1985
- (Gezondheidsraad 1984), Gezondheidsraad: Advies inzake het Binnenhuiskli mat, The Hague, January 1984
- (Goldmann 1980), Goldmann Gesetze; Energiegesetze, München 1980
- (Götzberger 1985), A. Götzberger und J. Schmid: Review of Components for Passive Solar Energy Utilization; Int. J. Solar Energy, 1985
- (Greubel 1989), Greubel D.; Diffusionsoffene Dachbahnen für die Instandsetzung, in: bausubstanz 3/1989
- (Gruber 1989), Gruber u.a., Solarhäuser Landstuhl, Chancen und Risiken der Solararchitektur, Verlag TÜV Rheinland, Köln 1989
- (Handbuch 1983), Schweizer Bundesamt für Konjunkturfragen: Handbuch Planung und Projektierung wärmetechnischer Gebäudesanierungen; Bern 1983

- (Hansmeyer/Schneider 1989), Hansmeyer, K.H., Schneider, H.K., Zur Fortentwicklung der Umweltpolitik unter marktsteuernden Aspekten, abschließender und ergänzender Bericht zum Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes, Köln 1989
- (Hauser 1984), Hauser, Gerd, Die Wirksamkeit verglaster Baukörper zur Sonnenenergie--Nutzung, in: Sonnenergie und Wärmepumpe 3/1984
- (Hauser 1989/1), Wärmebrückenkatalog, Gesamthochschule Kassel 1989
- (Hauser 1989/2), Hauser, Gerd, Wärmebrückenprobleme bei Gebäuden mit hoher Wärmedämmung, in: DBZ 37 1989
- (Hauser 1989/3), Hauser Gerd, Meßtechnische Untersuchung eines nach den Prinzipien der Grünen Solar-Architektur erweiterten Verwaltungsgebäudes, in: Bauphysik 11/1989
- (Hauser 1989/4), Hauser, Gerd, Auskragende Balkonplatten bei wärmeschutztechnischen Sanierungen, in: Bauphysik 13, 1991
- (Hauser 1990), Hauser, Gerd, Auswirkungen von Außenwänden und Wintergärten auf das Raumklima, in: DAB 3/90
- (Hauser/Schulze/Wolfsseher 1983), Hauser, Schulze, Wolfsseher, Wärmebrücken im Holzbau, in: Bauphysik 1/1983
- (Hauser/Stiegel 1990), Hauser, Stiegel, Wärmebrückenatlas für den Mauerwerksbau, Wiesbaden 1990
- (Hauser/Stiegel 1993), Hauser, Stiegel, Wärmebrückenatlas für den Holzbau, Wiesbaden 1993
- (Hebel 1988), Hebel; Handbuch für den Wohnbau, Emmering 1988
- (Hebgen 1975), Hebgen H., Heck F.; Dächer, Decken, Fußböden mit optimalem Wärmeschutz, Düsseldorf 1975
- (Hegner 1992), Hegner, H.-D., Neue Bundesländer, Sanierung industriell errichteter Wohngebäude, in: BBauBl. Heft 11/1992
- (Heide 1981), Heide, R., Hennig, V., Volwahsen, A.: Einsparpotential von Heizenergie in den Wohngebäuden Baden-Württembergs, Stuttgart, 1981
- (Heindl 1987), Heindl, u.a., Wärmebrücken, Berlin/New York 1987
- (Heizkostenverordnung 1989), Heizkostenverordnung vom 1.3.1989
- (Heizungsanlagenverordnung 1989), Heizungsanlagenverordnung vom 1.3.1989
- (Hennicke 1985), Hennicke, P., Die Energiewende ist möglich Für eine neue Energiepolitik der Kommunen, Frankfurt/M. 1985

- (Herz) Herz, W., Ökosteuern Umbau des Systems, in: Wirtschaftswoche, Nr. 33, S.14 ff.
- (Hildebrandt 1989), Hildebrandt, Olaf, Handbuch zur Abschätzung des g-Wertes von Fenstern, Ingenieurbüro ebök, Stuttgart 1989
- (Hillmann 192), Hillmann, Gustav, Der südorientierte Wintergarten: Aufenthaltsraum und passiv-hybrides Sonnenenergiegewinnelement, Berlin 1992
- (Hirst) Hirst, E. et al.: "Evaluation of the BPA Residential Weatherization Program"; Vale Ridge, Tenn: Vale Ridge National Laboratory Report Con 180
- (HLELL 1986), Hessisches Landesamt für Ernährung, Landwirtschaft und Landentwicklung; Holzbau im ländlichen Raum, Wiesbaden 1986
- (HMdI 1987), Hessisches Ministerium des Innern; Richtlinien für die Modernisierungs-, Energieeinsparungs- und Instandsetzungsmaßnahmen an Wohngebäuden mit Landesmitteln (Modernisierungsrichtlinien-Land), Wiesbaden 1987
- (HMdI 1988), Hessisches Ministerium des Innern, Bauen, Modernisieren und Energiesparen Möglichkeiten und Voraussetzungen der Förderung bei selbstgenutztem Wohnraum in Hessen, Wiesbaden 1988
- (HMdI 1989), Hessisches Ministerium des Innern, Niedrigenergiehäuser Voraussetzungen für eine Förderung durch das HMdI, Wiesbaden 1989
- (HMUE 1986), Hessisches Ministerium für Umwelt und Energie, Gesetz über sparsame, rationelle, sozial und umweltverträgliche Energienutzung in Hessen Energiespargesetz -Wiesbaden 1986
- (HMWT 1988/2), Hessisches Ministerium für Wirtschaft und Technik, Energieberatung in Hessen das Förderkonzept der Landesregierung, Wiesbaden 1988
- (HMWT 1989/1), Hessisches Ministerium für Wirtschaft und Technik, Energieberatung nach Maß, Broschüre, Wiesbaden 1989
- (HMUEB, Energiesparinfo), Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten, Energiesparinformation Nr. 1 ff., Wiesbaden 1989
- (HMUEB/IWU 1990 Institut Wohnen und Umwelt Leitfaden "Energiebewußte Gebäudeplanung" in: Studien zur Energiepolitik, Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegeneiten, Wiesbaden 1990
- (Hölzer 1986), Hölzer, B.; Laistner H.; Ranft, F.; Mobilisierung von Energiesparmaßnahmen durch geeignete Energieberatung unter Einbeziehung von Beschäftigungseffekten für Handwerker und Industrie, Abschlußbericht, Reutlingen 1986
- (Hörster 1981), Hörster, H., Energieeinsparungsmöglichkeiten bei Wohngebäuden unter Berücksichtigung der Möglichkeiten und Grenzen der Sonnenergiegewinnung, in: VDI Berichte 392, 1981

- (Hörster) Hörster, H.: Wege zum energiesparenden Wohnhaus; Philips Fachbücher, Aachen 1980
- (Hummel 1988), Hummel, M., Das Subventionsdickicht erfordert weitere Durchforstung, in: IFO- Schnelldienst, H. 18-19, 1988, S. 22 ff.
- (ifo, 1993), ifo Institut für Wirtschaftsforschung, Wirtschaftlichkeit und Auswirkungen verschiedener Instrumente zur Minderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes auf die Wohnungsversorgung, München 1993
- (Institut Bauen 1978), Institut für das Bauen mit Kunststoffen; Praktische Erfahrungen mit Wärmeschutzmaßnahmen bei einer Gemeinnützigen Wohnungsbaugesellschaft, Darmstadt 1978
- (Institut f. Baustoffkunde 1988), Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung der Universität Hannover; Langzeituntersuchungen an kerngedämmtem Mauerwerk, Stuttgart 1988
- (Institut Brandenburg 1992), Institut für Stadtenwicklung und Wohnen des Landes Brandenburg, Sanierung von Wohnungen und Vitalisierung von Siedlungen des industriellen Wohnungsbaus, Potsdam 1992;
- (IHLGB 1991), Institut für Heizung, Lüftung und Grundlagen der Haustechnik, Altbaumodernisierung und -sanierung der Wohngebäude in den neuen Bundesländern, Berlin 1991
- (ISFH 1994), Institutfür Solarenergieforschung GMBH, Hameln/Emmerthal, Technischer Abschlußbericht, Solarhäuser Hameln-Emmerthal, Hameln-Emmerthal 1994
- (Institut f. Ziegelforschung), Institut für Ziegelforschung, Essen; Energieeinsparung durch Kerndämmung bei zweischaligem Mauerwerk, Forschungsbericht für den BMFT, Stuttgart o.J.
- (IRB 1985), Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen, Energetische Beurteilung des Sonnenglashauses Aichwald, Stuttgart 1985 (IRB-Verlag)
- (IWU 1989), Altbaumodernisierung und -sanierung bei Wohngebäuden, Bericht für die Enquete-Kommision "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre, Darmstadt 1989
- (IWU Archiv), Institut Wohnen und Umwelt, Gebäudedatei, fortlaufende Archivierung Teil3
- (IfB 1991), Institut für Bauforschung e.V., Bewährung der THERMA-Bauten, Hannover 1991
- (Jarras 1989), Jarras, L., Energiepreise und Energiesteuern in der EG, in: BWK, Bd. 41, Nr. 6, 1989, S. 301 ff.

- (JILAR 1985), T. Jilar: "Large Scale Solar Heating Technology" Swedish Council for Building Research, Stockholm 1985
- (Jochem 1987), Jochem, E., Hemmnisse und zielgruppenorientierte Maßnahmen zur rationelleren Stromnutzung, in: Sievert, D. (Hg.), Zukünstiger Strombedarf Bedeutung von Einsparmöglichkeiten, Köln 1987
- (Källblad 1986), Kurt Källblad JULOTTA Datorprogram för beräkning av värmebalans i rum och byggnader, Lund, BKL 1986:28
- Kerschberger 1992), Kerschberger, Weidlich, Energiegerechte Bauschadenssanierung, Karlsruhe 1992
- (Kleinmann 1988), Kleinmann P.; Energie(spar)politik im ländlichen Raum, Basel 1988
- (Kleinmann 1988), Kleinmann, P.; Energieeinsparmöglichkeiten im ländlichen Raum, in: Städte- und Gemeindebund 11/1988
- (Knop 1987), Knop, W.:Bestand an Gebäuden und Wohnungen 1987, in: Wirtschaft und Statistik 8/1989, S. 483 489
- (Knublauch 1987), Knublauch, Schäfer, Sidon: Über die Luftdurchlässigkeit geneigter Dächer; gi 108 (1987)
- (Köster 1991), Köster, Helmut, Solarenergie- und Tageslichtnutzung im Wohnungs- und Verwaltungsbau, in: DAB 7/91
- (Kretschmann 1986), Kretschmann, K., Voeltzkow, H., Öko-soziale Steuerreform: Ein Ausweg aus der Beschäftigungs- und Umweltkrise?, in: Wirtschaftsdienst, H. II, 1986, S. 560 ff.
- (Krochmann 1976), Krochmann, J., Über die Bedeutung des Tageslichtes für Menschen in Innenräumen, in: Ki, 5/1976
- (Krupp 1988), Krupp, H.-J., Eine Korrektur des Energiepreisniveaus ist notwendig, in: Energiedialog, Nr. 1, 1988, S. 35 f.
- (Kruschwitz 1985), Kruschwitz, L., Investitionsrechnung, 2. Aufl., Berlin 1985
- (Küsgen/Tuschinski 1992), Küsgen/Tuschinski, "Wer im Glashaus sitzt...", BAUÖK papiere 54, Institut für Bauökonomie der UNI Stuttgart 1992
- (Lambsdorff 1989), Lambsdorff, O., Ein grundsätzlicher ökologischer Umbau des Steuersystems ist absurd und naiv, in: Handelsblatt, Nr. 167, 1989
- (Laschke), Was zahlen ostdeutsche Haushalte für Energie ?, in: DWW 9/1994
- (LBB 1992), Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung, Projektstudie Weiterentwicklung Blockbau 0,8 Mp, Aachen 1992;

May all ales

- (LBB 1992a), dasselbe, Bauteilkosten im ökologisch orientierten Bauen, Aachen 1992;
- (Land Brandenburg 1992), Land Brandenburg Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr, Modernisierung und Instandsetzung in industrieller Bauweise errichteter Wohnbauten, Potsdam 1992;
- (Lange 1985), E. Lange, Techn. Universität Lund: unveröffentl. Manuskript über die Messungen an 32 Niedrigenergiehäusern in Waldemarsro/Malmö; 1985 mit freundlicher Genehmigung des Autors
- (Lange 1988), Mads Lange: "Presentation of the Vester-Nebel Demonstration Plant results and economic viability" in: Workshop on the Application of Renewable Energies for Village Heating, Copenhagen 1988
- [Lange 1990] Egon Lange: Radhus i Valdemarsro, Malmö En energi- och innklimatanalys, Byggforskningsrådet. Stockholm R1:1990
- (Laufs/Schäfer), Steuern als Instrument der Umweltpolitik, et-kontrovers: Beiträge von P. Laufs und H. B. Schäfer, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 39. Jg., H. 6, S. 350 ff.
- (LBFI, Leipzig 1994), LBFI, Institut für Regional- und Baumarktentwicklung, Auswirkung der Wohnungsmodernisierung und Gebäudeinstandsetzung auf die Mietentwicklung, Leipzig 1994, unveröffentlicht
- (LBL 1988), D. Arasteh, S. Selkowitz, J. Wolfe: The Design and Testing of a Highly Insulating Glazing System for Use with Conventional Window Systems, Lawrence Berkeley Lab., LBL-24903, 1988
- (Leonhardt 1989), Leonhardt W.; Klopfleisch R.; Jochum G.; Kommunales Energie-Handbuch, Karlsruhe 1989
- (Lethi 1984), H. Lethi: Vacuum Cleaner Friend or Foe; in: Indoor Air 5, Swedish Councilfor Building Research, Stockholm 1984
- (Liersch 1981), Liersch K; Belüftete Dach- und Wandkonstruktionen, Band 1 Vorhangfassaden, Wiesbaden 1981
- (Liersch 1986), Liersch K.; Belüftete Dach- und Wandkonstruktionen, Band 3 Dächer, Wiesbaden 1986
- (Loga/Menje 1992) Tobias Loga und Horst Menje: Die "Niedrigenergiesiedlung Distelweg" in Niedernhausen; IWU, Darmstadt 1992
- (Loga/Menje 1994) Loga, Tobias und Menje, Horst: Mehrkosten für Wärmeschutz und Nahwärmeversorgung in der "Niedrigenergiesiedlung Distelweg" (Niedernhausen); 1. Aufl., Darmstadt, Institut Wohnen und Umwelt 1994
- (Lüneburg 1994) Lüneburg, Marita: Vergleich von Verfahren zur Berechnung des Energie-

- kennwertes Heizwärme; 1. Aufl., Darmstadt, Institut Wohnen und Umwelt (in Vorbereitung: 1994)
- (Luhmann 1983), Luhmann, H.-J., Wirtschaftspolitische Maßnahmen zur Einsparung von Energie im Sektor "Haushalte und Kleinverbraucher", in: Meyer-Abich, K.M., Meixner, H. u. A., Energie-Sparen: Die neue Energiequelle, Frankfurt/M. 1983
- (Lundgren 1989), Thomas Lundgren: Bostäder san brukarstyrda energisystem; Byggforskuningsradet, Stockholm, R7: 1989
- (Lundström 1986), E. Lundström: Occupant influence on energy consumption in single-family dwellings; Swedish Council for Building Research, Document D5: 1986
- (LWS), LWS, Landeswohnungs- und Städtebaugesellschaft Bayern, Deutsch-Schwedisches Gemeinschaftsprojekt, Energiesparhäuser Ingolstadt-Halmstadt, München o.J.
- (Mack 1989), Mack, G., Werner J. u.a., Meßtechnische Erfassung zweier Häuser der GrünenSolararchitektur, Schlußbericht, 1989 (Ausleihe TIB, Welfengarten 1b, 3000 Hannover 1)
- (Magistrat Kassel 1988), Magistrat der Stadt Kassel, Energiezentrum der Stadt Kassel -Kommunale Energieberatungsstelle, Endbericht, Kassel 1988, unveröffentlicht
- (Mainka/Paschen 1986/1), Mainka, Paschen: Wärmebrückenkatalog; Stuttgart 1986
- (Mainka/Paschen 1986/2), Mainka G.-W., Paschen H.; Wärmebrückenkatalog, Stuttgart 1986
- (Manier/Fuchs 1979), Manier, Fuchs, Die Berechnung der Globalstrahlung für 69 Orte der BRD, in: HLH 30 Nr. 2/1979
- (Marx 1988), Marx, M.; Probst J.; Erfolgreiche Energiesparberatung? in: Städte- und Gemeindebund 11/1988
- (Masuhr 1987), Masuhr, Eckerle: Rationelle Energieverwendung und -erzeugung ohne Kernenergienutzung, Basel/Köln 1987
- (Mathenia 1984), Erweiterungsmöglichkeiten der Fernwärmenetze bei forcierter Nutzung der Abwärme aus industriellen Anlagen, die dabei auftretenden Speicherprobleme sowie wirtschaftliche Verlegetechnik. VDI-Verlag Düsseldorf 1984
- (Militzer 1994) Militzer, Jürgen und Feist, Wolfgang: Analyse des Kosten-Nutzenverhältnisses der im Passivhaus Darmstadt ergriffenen Energiesparmaßnahmen; 1. Aufl., Darmstadt, Institut Wohnen und Umwelt (in Vorbereitung: 1994)
- (Meixner 1986), Meixner, H., Dezentrale Energiesysteme für den Verbraucher unbezahlbar?, in: Verbraucherpolitische Hefte, Nr. 2, 1986, S. 51 ff.
- (Meyer-R. 1981), Martin Meyer-Renschhausen, Energieverbrauch und Energieeinsparung

- in Mietwohnungen und Eigenheimen, Wirtschaftswissenschaftliche Diskussionsbeiträge Nr. 27 Universität Oldenburg 1981
- (ModEnG 1978-), Modernisierungs- und Energieeinsparungsgesetz ModEnG vom 12. Juli 1978
- (Modernisierungsrichtlinien-Land, 1992), Hessische Landesregierung, Richtlinien für die Förderung von Energieeinsparungs- und Modernisierungsmaßnahmen an Wohngebäuden mit Landesmitteln, Staatsanzeiger vom 29.06.1992
- (Modernisierungsstatistik 1989), Gesamtverband Gemeinnütziger Wohnungsunternehmen e.V.; Modernisierungstatistik 1989
- (Monse/Simon 1982), Monse, K.; Simon L.; Energiepolitische Handlungsfelder für Verbraucherorganisationen, Wuppertal 1982
- (Mühlich-Klinger 1988), Mühlich-Klinger, I., Modernisierungsförderung in der Bundesrepublik - Eine empirische Untersuchung von Konzeption, Implementation und Resultat des Bund-Länder-Modernisierungsprogramms mit Vorschlägen für eine Neuorientierung, Darmstadt 1988
- (MWMV 1982), Der Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen; Energiebericht NRW, Düsseldorf 1982
- (Naumann & Stahr, 1994), Büro Naumann & Stahr, Auswertung der energetischen Sanie rung im Gebiet Leipzig Goyastrasse, Abschlußbericht, Leipzig 1994
- (Niche 1988), Niche, Wolfgang, Glashäuser im Geschoßwohnungsbau, Wiesbaden 1988
- (Nielsen 1989), Jan Erik Nielsen: "Brugervejledning og dokumentation for Fjernsol"
  Teknologisk Institut Taastrup 1989
- (Noack 1989), Noack, C. C. u. a.: Energie für die Stadt der Zukunft. Der Abschlußbericht des Bremer Energiebeirats, Marburg 1989
- (NSGE 1989), Der Minister für Soziales, Gesundheit und Energie des Landes Schleswig-Holstein, Niedrig-Energie-Häuser, Kiel 1989
- (Nybyggnadsregler 1988/2), Boverkets Nybyggnadsregler, Stockholm, BFS 1988: 18
- (Olsen), Olsen, Marvin E.: "Energy Conservation Policies and Programs in the United States"; Department of Sociology-Michigan State University
- (Oswald 1986), Oswald R., Rogier D.; Schwachstellen beim Wärmeschutz, Studie im Auftrag des BMBau, Aachen 1986
- (Planungsgruppe Bruckner 1989), Planungsgruppe Brucker, Kruppa u. a.; Projektliste und Gebäudedokumentation, Mitteilung an die Verfasser, Stuttgart 1989

- (Prognos 1981), Prognos AG (Hrsg.), Wärmeeinsparpotential in Wohnsiedlungen und Wohngebäuden in Baden-Württemberg. 1981
- (Prognos 1983), PROGNOS AG; Beeinflussung der Energienachfrage durch organisatorische und institutionelle Innovation, Basel 1983
- (Prognos 1987/1), Rationelle Energieverwertung und -erzeugung ohne Kernenergienutzung: Möglichkeiten sowie energetische, ökologische und wirtschaftliche Auswirkungen. Basel, Köln 1987
- (Prognos 1987/2), K. P. Masuhr, K. Eckerle u. a., Rationelle Energieverwendung und erzeugung ohne Kernenergienutzung, im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen, Basel/Köln 1987
- (Rentz 1994) Rentz, Michael: Kostenoptimierte Minimierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei saisonaler Wärmespeicherung". 9. Internationales Sonnenforum, Stuttgart 1994 (in Vorbereitung)
- (Röglin 1985), Röglin, Christian; Verbraucherberatung zur Energieeinsparung, Studie im Auftrag des HMDI, Bonn 1985
- (Rostek 1981), Rostek, A., Haarmann, N.; Dynamische Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Praktiker, in: Heizung-Lüftung/Klimatechnik-Haustechnik 32, Nr.8, 1981
- (Rouvel 1979), Rouvel, Wenzl, Kenngrößen zur Beurteilung der Energiebilanz von Fenstern während der Heizperiode, in: HLH 30, Nr. 8/1979
- (Rouvel 1993/1), Rouvel, Lothar Bericht Enq.01.1 für die Enquete-Kommision Schutz der Erdatmosphäre, Gebäudetypologie und spezifischer Energiebedarf für den Wohngebäudebestand in den neuen Bundesländern, München 1993
- (Rouvel 1993/2), Rouvel, Lothar Bericht Enq.02.1 für die Enquete-Kommision Schutz der Erdatmosphäre, Stand und Tendenzen der Neubautätigkeit in Deutschland, München 1993
- (Rouvel 1993/3), derselbe, Berichte Enq.03.1 und 03.2 für die Enquete-Kommision Schutz der Erdatmosphäre, Kostenermittlung für wärmetechnische Maßnahmen an der Gebäudehülle, Textband und Anlagenband, München 1993
- (Rouvel 1993/4), Rouvel, Lothar Bericht Enq.04.2 für die Enquete-Kommision Schutz der Erdatmosphäre, Nutzenergiebedarf für Raumwärme in der Bundesrepublik Deutschland (alte und neue Bundesländer), München 1993
- (Rouvel 1993/5), Rouvel, Lothar Bericht Enq.05.1 für die Enquete-Kommision Schutz der Erdatmosphäre, Gebäude und Beheizungstruktur (Wohngebäude) in den alten Bundesländern, München 1993
- (Rouvel 1993/6), Rouvel, Lothar Bericht Enq.06.1 für die Enquete-Kommision Schutz der Erdatmosphäre, Energiesparpotential im Wohngebäudebestand durch Maßnahmen

- an der Gebäudehülle, München 1993
- (RSV 1981), Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, Energie und Umwelt, Sondergutachten März 1981, BT-Drucksache 9/872
- (RSV 1987), Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, Umweltgutachten 1987, Stuttgart/Mainz 1987
- (Sawert/Witten 1192), Sawert, s., Witten G., Neue Bundesländer, Zur thermischen Sanierung von Wohn- und Gesellschaftsbauten, in: BBauBL, Heft 11/1992
- (sia 1984), Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 12, 1984
- (S.T.E.R.N. 1990), S.T.E.R.N. Gesellschaft der behutsamen Stadterneuerung Berlin mbH; Bauelemente Katalog, Berlin 1990
- (SBN 1980), Schwedische Baunorm 1980
- (SBN 1989), Schwedische Baunorm 1989
- (SCBR 1988), Swedish Council for Building Research, Energy in the Built Environment, G 16: 1988
- (Schäfer 1989), Schäfer, H.B., Ökologische Orientierung des Steuer- und Abgabensystems, Hektograph. Typuskript, Bonn, 4. April 1989
- (Schild 1975), Schild E. u. a.; Bauschäden im Wohnungsbau Teil II; Dortmund 1975
- (Schild 1983), Schild E.; Schäden an ausgeführten Außenwänden mit Kerndämmung, Studie im Auftrag des BMFT, Aachen 1983
- (Schild 1984), Schild E. (Hrsg.); Aachener Bausachverständigentage 1984, Wärme- und Feuchtigkeitsschutz von Dach und Wand, Wiesbaden 1984
- (Schild 1987), Schild E. (Hrsg.); Aachener Bausachverständigentage 1987, Leichte Dächer und Fassaden, Wiesbaden 1987
- (Schild 1988), Schild E. (Hrsg.); Aachener Bausachverständigentage 1988, Problemstellungen im Gebäudeinnern, Wiesbaden 1988
- (Schmidt 1985), Schmidt, H., Informationsinstrumente zur Umweltplanung, Frankfurt/M.

  1985
- (Schmidt 1986), Schmidt, R.-H.; Grundzüge der Investitions- und Finanzierungstheorie, 2.Aufl., Wiesbaden 1986
- (Schmitz 1984), Schmitz H.; Altbaumodernisierung Konstruktions-, und Kostenvergleiche, Köln 1984

- (Schmitz 1993), Schmitz, u.a., Baukosten 1993/94, Wingen-Verlag, Essen 1993;
- (Schmitz 1985), Schmitz, H-P.; Baukosten im Griff, Wiesbaden 1985
- (Schmitz/Böhning/Krings 1989), Schmitz/Böhning/Krings; Altbaumodernisierung im Detail, Köln 1989
- (Schmitz/Hutzelmeyer 1985), Schmitz H., Hutzelmeyer H., u. a.; Bauteilkosten, Modernisierung und Instandsetzung, Essen 1985
- (Schuler-Wallner 1989), Schuler-Wallner, G., Greiff, R., Bestandsaufnahme des Modernisierungsbedarfs der Obdachlosenunterkünfte in Hessen, Band I Ergebnisse und Empfehlungen, Darmstadt 1989
- (Schulz), Preisspiegel, Hochbau, Umbau, Ausbau, Oberhausen 1993
- (Schüller 1985), Schüller, K.-H.; Methodisches Vorgehen bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Kraftwerken, Köln 1985
- (Schweizer Energiefachbuch 1994), Schweizer Energiefachbuch 1994, St. Gallen 1994
- (Seiffert 1982), Seiffert; Wasserdampfdiffusion im Bauwesen, Wiesbaden 1982
- (sia 19878), Schweizer Ingenier und Architekt, Sonderdruck, Zur Bedeutung des Fensters, Heft 35/1987
- (sia 380/1), Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Empfehlungen SIA 380/1 "Energie im Hochbau" 1989
- (sia 380/4), sia 380/4, Elektrische Energie im Hochbau, Zürich, Januar 1992
- (sia D 058 1990), sia D 058, Zwei Solarhäuser unter der Lupe, Zürich 1990
- (sia D 078), Schweizer Ingenieur- und Architektenverein, D 078, Wärmebrückenkatalog 2, Verbesserte Neubaudetails, Zürich, o.J.
- (SIA 99 1985), Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, SIA 99: Wärmebrückenkatalog, Zürich 1985
- (Sieber 1991), Sieber, Georg, Architektur unter der Sonne, in: DBZ 6/91
- (Simons 1987), Simons K.; Lebensdauer von Bauteilen und Baustoffen, Forschungsarbeit im Auftrag des BMBau, Stuttgart 1987
- (Skive 1988), Commission of the European Communities: Low Energy Houses Skive-84, Technological Institute Taastrup/Denmark 1988
- (SPD 1985), SPD-Fraktion im deutschen Bundestag, Öffentliche Anhörung zum Thema "Energiesparen im Bauwesen", Protokolle, Bonn 1985

- (Stadt Bremen), Freie Hansestadt Bremen, Der Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung, Energieleitstelle, Förderrichtlinie "Wärmeschutz im Wohngebäudebestand" nach § 8 BremEG, v. 11.02.1993
- (Stadt Freiburg, Solarenergieführer 1993), Stadt Freiburg, Solarenergieführer, Umweltamt Freiburg 1993
- (Stadt Kassel 1984), Stadt Kassel, Der Magistrat; Energieversorgungskonzept Kassel, Quartierskonzepte, Studie des Batelle Instituts, Frankfurt am Main, Kassel 1984
- (Stahl 1990), Stahl, Friedemann, Wintergärten, in: db 5/1990
- (StatBu 1972), Statistisches Bundesamt
- (StatBu 1978), 1 %-Wohnungsstichprobe 1972, 1978
- (StatBu 1982), Statistisches Bundesamt
- (StatBu 1985), Statistisches Bundesamt, Die Wohnsituation der Haushalte 1985
- (StatBu 1987), Baustatistische Reihen 1960-1986 Bestand an Wohnungen 31. Dezember 1986
- (StatBu 1989), Bestand an Gebäuden und Wohnungen 1987, Wohnraumversorgung der Haushalte 1987 in: Wirtschaft und Statistik 8/1989
- (Steinmüller 1981), Bernd Steinmüller, Zum Energiehaushalt von Gebäuden Dissertation Aachen 1981
- (Stobaugh 1980), Stobaugh, R., Yergin, D., Energie-Report der Harvard-business-school, München 1980
- (Suding 1988), Suding, D.H., Zehn Jahre Energiesparpolitik in der Bundesrepublik Deutschland, in: Zeitschrift für Energiewirtschaft, H. 3, 1988, S. 191 ff.
- (Swedish Council 1985), Swedish Council for Building Research; Energy 85, Energy use in the build environment, Stockholm 1985
- (Swedish Council 1986), Swedish Council for Building Research; Energy 85, Some facts about energy use in the built environment, Stockholm 1986
- (Swedish Council 1988), Swedish Council for Building Research: "Energy in the Built Environment", G. 16: 1988, Stockholm 1988
- (techem 1989), techem Clorius, Heizölverbrauch in zentralbeheizten Mehrfamilienhäusern
- (TI-DK 1988) The Technological Institut, Denmark: Low Energy Houses Skive 84; Final Report to the Directorate-General for Energy of the Commission of the European Community; DK-2630 Taastrup, 1988

- (Teufel 1988), Teufel, D. u.A., Ökosteuern als marktwirtschaftliches Instrument im Umweltschutz Vorschläge für eine ökologische Steuerreform, Heidelberg 1988
- (Trümper 1985), Trümper H., Universität Dortmund, Lehrstuhl für Technische Gebäudeausrüstung, Zusammenhänge zwischen Energieeinsparung und Raumluftfeuchtigkeit, Dortmund 1985
- (UBA 1983), F. Garnreiter, E. Jochem u.a., Auswirkungen verstärkter Maßnahmen zum rationellen Energieeinsatz auf Umwelt, Beschäftigung und Einkommen, im Auftrag des Umweltbundesamts, Berlin 1982
- (UTEC/ARENHA 1988), UTEC/ARENHA: Einsparpotentiale beim Raumwärmebedarf im Wohngebäudebestand in Bremen und Bremerhaven, Bremen, 1988
- (VDI 1988), Verein deutscher Ingenieure; Wirtschaftlichkeit und Finanzierung, VDI-Bericht Nr.684, Düsseldorf 1988
- (VDI 2067, Verein deutscher Ingenieure; Berechnungen der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen. Betriebstechnische und wirtschaftliche Grundlagen. VDJ 2067, Blatt 1, Düsseldorf 1983
- (VDI 2078, 1977), VDI 2078, Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume, August 1977
- (VDI 3807), Verein deutscher Ingenieure, Energieverbrauchskennwerte für Gebäude, Entwurf, Düsseldorf 1993
- (Voelckner 1993), Voelckner, Thomas, Baupreise, München 1993
- (Voß 1987), Voß, A. (Hg.), Perspektiven der Energieversorgung, Möglichkeiten der Umstrukturierung der Energieversorgung Baden-Württembergs unter besonderer Berücksichtigung der Stromversorgung, Stuttgart 1987
- (Walk 1986), Walk, Rainer, Physiologische Wirkung der Sonneneinstrahlung unter Berücksichtigung der Eigenschaften von Isolierverglasungen, in: Bauphysik 8/1986
- (Wärmeschutz Vo 1982), Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden vom 24.02.1982 (Wärmeschutzverordnung)
- (WSchVO 1995), Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden vom 16.08.1984 (Wärmeschutzverordnung)
- (Wärmebedarfsausweis 1994), Bundesrat, Wärmebedarfsausweis nach § 12 WSchVO, Drucksache 907/94 (Entwurf)
- (Wedel 1989), E. Wedel: Bestand an Gebäuden und Wohnungen 1987. Wirtschaft und Statistik 8/1989
- (Weidlich 1987), Weidlich Ingenieurgesellschaft; Energiegutachten Wohnhausgruppe 906, Berlin Märkisches Viertel, Berlin 1987

- (Weidlich 1989), Weidlich Ingenieurgesellschaft; Energiegerechte Bauschadenssanierung, Forschungsbericht für den BMBau, Stuttgart 1989
- (Weidlich 1990), Weidlich B., Energetische Nachbesserungen; in: bausubstanz 3/1990
- (Weizsäcker 1988), Weizsäcker, E.-U., Plädoyer für eine ökologische Steuerreform, in: Scheidewege, Jg. 18, 1988, S. 197 ff.
- (Weizsäcker 1989), Weizsäcker, E.U., Mit Steuern steuern, in: Wirtschaftswoche, Nr. 7, 1989 S. 74 ff.
- (Werner 1994), Werner, H., Anwendungsgrenzen der neuen Wärmeschutzverordnung im Vergleich zu EN 832, in: wksb-Sonderausgabe 1994
- (Wick 1981), B. Wick: Sparobjekt Einfamilienhaus: Zürich 1981
- (Wulkan 1983), Wulkan, E.K.H.; Das Verhalten von Dämmstoffen in nachträglich verfülltem zweischaligen Mauerwerk mit Luftschicht, in: Bauphysik 4/1983
- (Zapke 1981), W. Zapke: Wärmeschutz und Modernisierung bei Mehrfamilienhäusern, BBauBl. 1981, H.7
- (Zeitschrift), Zeitschrift für Energiewirtschaft, H. 3, 1988, S. 191 ff.
- (Zentralverband Dachdecker 1988), Zentralverband des deutschen Dachdeckerhandwerks; Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen, Köln 1988