

Potentiale zur Reduzierung der CO₂-Emissionen bei der Wärmeversorgung von Gebäuden in Hessen bis 2012

Studie im Rahmen von INKLIM 2012 (Integriertes Klimaschutzprogramm Hessen 2012)

Institut Wohnen und Umwelt
Darmstadt, den 21.04.2007

Autoren: Nikolaus Diefenbach
Andreas Enseling

Titel: Potentiale zur Reduzierung der CO₂-Emissionen bei der Wärmeversorgung von Gebäuden in Hessen bis 2012
Studie im Rahmen von INKLIM 2012 (Integriertes Klimaschutzprogramm Hessen 2012)
Im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (HMULV)

Projektträger: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (ZEW), Mannheim
Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Stuttgart

Autoren: Nikolaus Diefenbach
Andreas Enseling

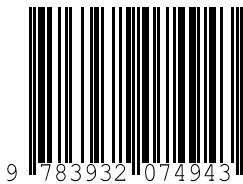
Reprotechnik: Reda Hatteh

1. Auflage

Darmstadt, den 21.4.2007

ISBN: 3-932074-94-7

IWU-Bestellnummer: 01 / 07



INSTITUT WOHNEN UND UMWELT GMBH

Annastraße 15

64285 Darmstadt

Fon: 06151/2904-0 / Fax: -97

Internet: www.iwu.de

Inhalt

1	CO₂-Minderungspotentiale bei der Wärmeversorgung von Gebäuden.....	1
1.1	Aktuelle Situation im Bereich der Wohngebäude.....	1
1.2	Annahmen zur zukünftigen Entwicklung im Bereich der Wohngebäude.....	4
1.3	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen für die Wärmeversorgung von Wohngebäuden bis 2012	6
1.4	Kosten der energetischen Modernisierungsmaßnahmen	10
1.5	Abschätzungen der CO ₂ -Minderungspotentiale bei der Wärmeversorgung von Nichtwohngebäuden	12
2	Maßnahmen zur Reduzierung der CO₂-Emissionen bei der Gebäude- Wärmeversorgung in Hessen.....	14
2.1	Ausgangssituation.....	14
2.2	Maßnahmenvorschläge	15
	Anhang A: Ergänzungen zur Ermittlung der CO₂-Minderungspotentiale	18
	Anhang B: Nichtwohngebäude in Hessen.....	26
	Literatur	30

1 CO₂-Minderungspotentiale bei der Wärmeversorgung von Gebäuden

1.1 Aktuelle Situation im Bereich der Wohngebäude

Die Berechnungen erfolgten auf Basis der IWU-Gebäudetypologie für Hessen, die den Gebäudebestand je nach Baualtersklasse und Gebäudeart durch 35 Typgebäude (33 für den Bestand, 2 für den Neubau) beschreibt¹.

Aus dem Mikrozensus 2002 kann die Gesamt-Wohnfläche, die in Hessen auf den jeweiligen Gebäudetyp entfällt, näherungsweise ermittelt werden. Tabelle 1 zeigt das Ergebnis. In den vorliegenden Untersuchungen werden als Ausgangswert für die Wohnfläche runde 250 Mio m² angesetzt.

Tabelle 1: Hessische Gebäudetypologie: Wohnfläche nach Gebäudetypen

Buchstaben A-I: Abkürzungen der Baualtersklassen
 EZFH: Ein/Zweifamilienhäuser, RH: Reihenhäuser,
 MFH: Kleine und mittlere Mehrfamilienhäuser,
 GMFH: Große Mehrfamilienhäuser, HH: Hochhäuser

Baualter		Wohnfläche in m ²					Summe
		EZFH	RH	MFH	GMFH	HH	
vor 1901	A	15.150.000	0	5.570.000	0	0	20.720.000
1901 - 1918	B	7.130.000	970.000	6.890.000	200.000	0	15.190.000
1919 - 1948	C	13.780.000	1.880.000	8.350.000	390.000	0	24.400.000
1949-1957	D	16.260.000	3.100.000	10.430.000	2.860.000	0	32.650.000
1958-1968	E	22.280.000	4.240.000	14.290.000	2.940.000	980.000	44.730.000
1969-1978	F	21.680.000	4.130.000	13.900.000	2.860.000	950.000	43.520.000
1979-1983	G	9.730.000	1.850.000	4.610.000	0	0	16.190.000
1984-1994	H	15.650.000	2.130.000	10.530.000	0	0	28.310.000
1995-2001	I	8.860.000	1.210.000	7.510.000	0	0	17.580.000
zusammen		130.520.000	19.510.000	82.080.000	9.250.000	1.930.000	243.290.000

Der Mikrozensus 2002 liefert ebenfalls Informationen über die Heizsysteme von Wohngebäuden. Abbildung 1 zeigt die Heizungsarten getrennt nach Ein- und Mehrfamilienhäusern². Es zeigt sich eine starke Dominanz von Öl- und Gas-Zentralheizungen.

¹ In Anhang A sind teilweise noch detailliertere Hinweise zur Datengrundlage und Methodik gegeben.

² Unter dem Oberbegriff „Einfamilienhäuser“ werden hier vereinfachend auch Zweifamilienhäuser und Reihenhäuser zusammengefasst.

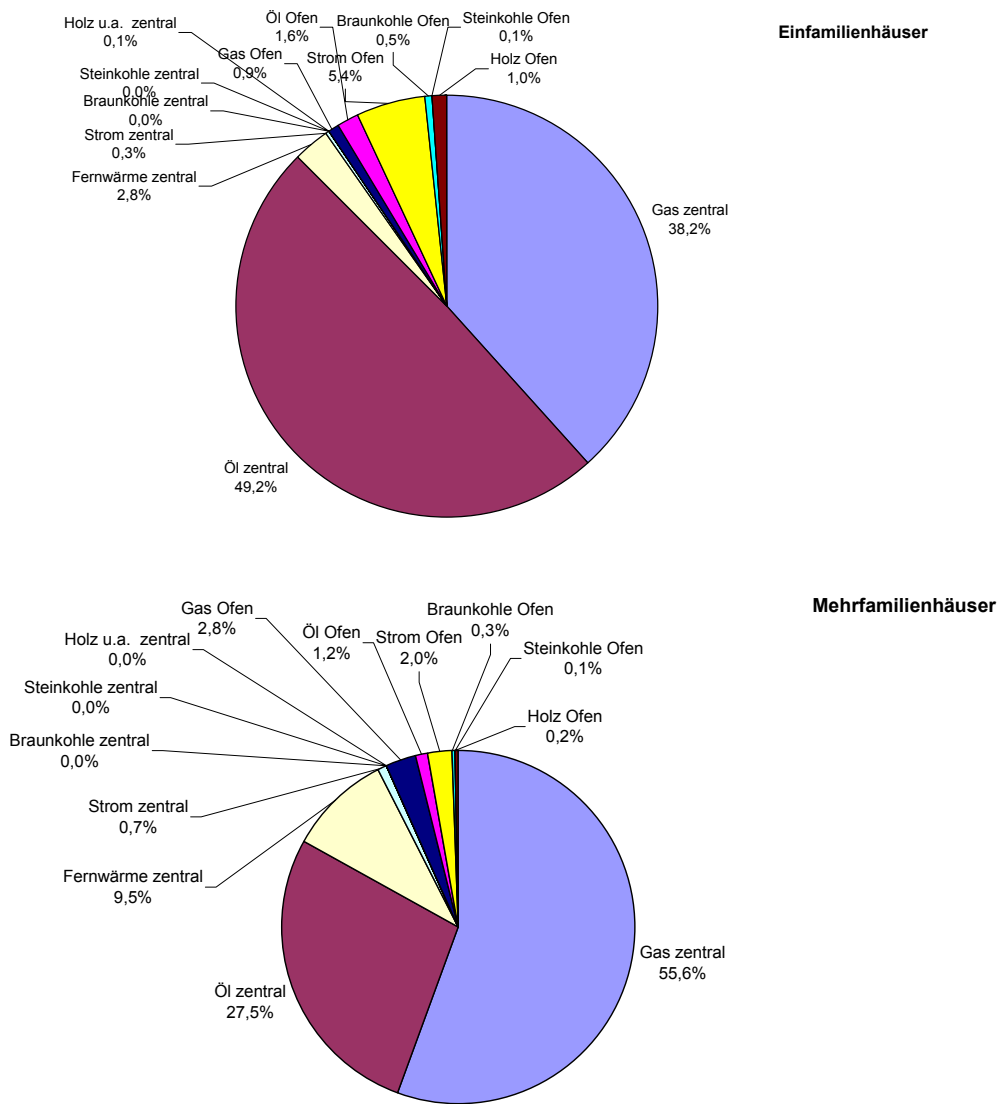


Abbildung 1: Beheizung der Hessischen Wohngebäude gemäß Mikrozensus 2002

Auch über die Art der Warmwasserbereitung liegen im Mikrozensus Angaben vor. Die Altersverteilung von Heizsystemen ist aus Untersuchungen des Schornsteinfegerhandwerks bekannt. Aus diesen Informationen kann überschlägig die in Tabelle 2 gezeigte Beheizungsstruktur im Gebäudebestand ermittelt werden. Als „neue“ Heizkessel werden dabei Anlagen seit Anfang der 90er Jahre bezeichnet. Die Abkürzung „el. WW“ steht für „elektrische Warmwasserbereitung“. Die Mittelwertbildung („zusammen“) erfolgte auf Basis der Anzahl der Wohneinheiten, die sich etwa gleich auf Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser verteilen.

Tabelle 2: Angenommene Beheizungsstruktur des hessischen Wohngebäudebestandes nach Einfamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern

Hessen jetzt	EFH	MFH	zusammen
Sammelheizungen			
Gas-Zentralheizung alt	10,8%	14,3%	12,5%
Gas-Zentralheizung alt + el. WW	1,3%	2,2%	1,8%
Gas-Zentralheizung neu	25,1%	33,5%	29,2%
Gas-Zentralheizung ne +el.WW	3,0%	5,2%	4,1%
Öl-Zentralheizung alt	18,8%	9,6%	14,3%
Öl-Zentralheizung alt + el. WW	0,4%	1,1%	0,7%
Ölzentralheizung neu	28,2%	14,5%	21,4%
Ölzentralheizung neu + el. WW	0,5%	1,6%	1,1%
Fernwärme	0,8%	7,1%	3,9%
Fernwärme + el. WW	2,1%	2,9%	2,5%
Ofenheizungen			
Elektroheizung	5,2%	2,8%	4,1%
Ofenheizung Gas	0,8%	3,1%	1,9%
Ofenheizung Öl	1,5%	1,3%	1,4%
Ofenheizung Kohle	0,5%	0,4%	0,5%
Ofenheizung Holz	1,0%	0,3%	0,7%
	100,0%	100,0%	100,0%
Gas	40,9%	58,3%	49,5%
Öl	49,4%	28,1%	38,8%
Strom	5,2%	2,8%	4,1%
Fernwärme	2,9%	10,0%	6,4%
Kohle	0,5%	0,4%	0,5%
Holz	1,0%	0,3%	0,7%
	100,0%	100,0%	100,0%
Zentral-Etagen.	88,0%	82,0%	85,0%
Fernwärme	2,9%	10,0%	6,4%
Ofen.	9,1%	7,9%	8,5%
	100,0%	100,0%	100,0%

Auf Grundlage der angegebenen Daten zur Gebäudetypologie und Beheizungsstruktur konnten die Gesamt- CO₂-Emissionen für die Beheizung und Warmwasserversorgung der hessischen Wohngebäude ermittelt werden. Dabei wurde angenommen, dass ein Anteil von 15 % des Gebäudebestandes bereits energetisch modernisiert ist (Wärmeschutz nach Altbau-Anforderungen der EnEV für die gesamte Gebäudehülle)³. Es ergeben sich etwa **14,5 Mio t CO₂**, wenn man die vorgelagerten Emissionen bei der Fernwärme- und Stromerzeugung mit berücksichtigt. Dabei ist eingerechnet, dass Strom nicht nur zur direkten Wärmeerzeugung, sondern auch als Hilfsstrom für Heizungsregelungen und Umwälzpumpen verwendet wird.

Beachtet man nur die Vor-Ort-Emissionen fossiler Brennstoffe (Gas, Öl, Kohle) in den Gebäuden, so erhält man **11,3 Mio t CO₂**. Dieser Wert kann mit der hessischen Energiebilanz verglichen werden. Als Mittelwert der Jahre 1997-1999 ergeben sich danach für die Haushalte 10,9 Mio t, nach Durchführung einer Klimakorrektur sind es 11,7 Mio t. Der überwiegende Anteil dieser Emissionen wird durch die Heizung und Warmwasserbereitung verursacht, ein kleiner Anteil dient aber anderen Zwecken (Verwendung von Dieselkraftstoffen, Gasverbrauch zum Kochen) und wäre hier, wenn die Höhe genauer bekannt wäre, herauszurechnen. Beachtet man außerdem, dass statistische Werte und insbesondere die Klimabereinigung immer mit einer gewissen Unsicherheit behaf-

³ Belastbare Angaben über die Anzahl energetisch modernisierter Gebäude gibt es nicht. Die Annahme eines Wertes von 15 % des Bestandes, die zu einer guten Übereinstimmung mit der Energiebilanz Hessen führt, ist nicht unplausibel (vgl. Angaben zu Modernisierungsraten und zur Frage teilmodernisierter und vollständig modernisierte Gebäude in den folgenden Kapiteln). Es wird angenommen, dass die modernisierten Gebäude bis 1978 errichtet wurden. Da Gebäude mit Baujahr bis 1978 ungefähr 75 % des Bestandes ausmachen beträgt der Modernisierungsanteil hier umgerechnet 20 %.

tet sind und die Angaben der Statistik einige Jahre zurückliegen, so kann man nicht mehr als eine ungefähre Übereinstimmung zwischen dem berechneten Wert und der hessischen Energiebilanz erwarten. Insofern lässt sich sagen, dass die Hochrechnung ein plausibles Ergebnis liefert.

1.2 Annahmen zur zukünftigen Entwicklung im Bereich der Wohngebäude

Um Aussagen über die CO₂-Emissionen in den nächsten Jahren treffen zu können, sind Annahmen über die relevanten Entwicklungen im Gebäudesektor notwendig.

Besonders unsicher ist die Vorhersage der Entwicklung im Neubau. Hier kann allerdings auf eine aktuelle Studie des IWU zurückgegriffen werden, die die Entwicklung des Wohnungsbedarfs für 2010 und 2020 untersucht⁴. Auf dieser Grundlage wird hier von einer Neubaurate von 2,6 Mio m²/a bis 2010 und von 2,3 Mio m²/a ab 2010 ausgegangen⁵. Für den Abriss werden entsprechend knapp 0,5 Mio m²/a angesetzt.

Im Gebäudebestand ist insbesondere die Höhe der energetischen Modernisierungsrate der Gebäudehülle von Interesse. Diese Größe gibt an, welcher Anteil des Gebäudebestandes pro Jahr vollständig wärmegeklärt wird (unter Berücksichtigung der Fenstererneuerung). Dabei handelt es sich um eine „statistische“ Zahl: In der Realität werden Gebäude häufig nicht vollständig modernisiert, sondern es wird eine entsprechend größere Anzahl teilmodernisiert⁶. Auch sind die Modernisierungsraten für die einzelnen Bauteile unterschiedlich (Fenster werden häufiger ausgetauscht als Kellerdecken gedämmt). Diese Teilmodernisierungen lassen sich aber, entsprechend ihrem Anteil an den Sanierungsmaßnahmen und ihrem Beitrag zur Energieeinsparung in eine gleichwertige Zahl von vollständigen Modernisierungen umrechnen. Auf diese Weise erhält man einen greifbaren Indikator für die energetische Modernisierungstätigkeit im Gebäudebestand.

Leider ist aber die vorhandene Datenlage ausgesprochen „dünn“: Ein Monitoring der durchgeführten Maßnahmen (Wie häufig werden in Deutschland Wände, Dächer, Kellerdecken gedämmt, Fenster ausgetauscht?) wäre eigentlich geboten, findet aber bisher nicht statt. Dies ist insbesondere für die Abschätzung der kurzfristigen CO₂-Minderungspotentiale (wie im vorliegenden Bericht aufgrund des INKLIM-Projektes die Potentiale bis 2012) äußerst problematisch, denn die energetische Modernisierungsrate der Gebäudehülle (kurz: „Modernisierungsrate Wärmeschutz“) hat einen sehr hohen Einfluss auf die Energieeinsparung im Gebäudesektor.

In der vorliegenden Studie wird die **aktuelle energetische Modernisierungsrate der Gebäudehülle** zu **0,75 %/a** abgeschätzt, d.h. 0,75 % der Bestandsgebäude werden (statistisch gesehen) pro Jahr vollständig mit einem Wärmeschutz versehen⁷.

⁴ Heinz Sautter, *Wohnungsbedarfsprognose Hessen 2020*, im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, August 2004

⁵ Ansätze der „Zielprognose“ der IWU-Studie und zusätzliche Annahme einer mittleren Wohnfläche von 105 m² pro Wohnung gemäß bundesweiten Statistiken zum Neubau (Baugenehmigungen 2002). Der Anteil der Einfamilienhäuser im Neubau wird gemäß der bundesweiten Statistik zu 75 % angenommen.

⁶ In diesem Sinne ist auch die in Kapitel 1.1 genannte Annahme von 15 % bereits modernisierter Gebäude zu interpretieren.

⁷ Entsprechend der Unsicherheit über den tatsächlichen Wert existieren unterschiedliche Abschätzungen von 0,5 %/a bis über 1 %/a, vgl. Diekmann et al., *Politiksznarien für den Klimaschutz – Langfristszenarien und Handlungsempfehlungen ab 2012*, Forschungszentrum Jülich 2003; A. Schlesinger et al., *Szenarienerstellung*, Bericht für die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ des Deutschen Bundestages, Prognos/IER/WI, 17. Juni 2002; Diefenbach et al., *Beiträge der EnEV und des KfW-CO₂-Gebäudemodernisierungsprogramms zum Nationalen Klimaschutzprogramm*, durchgeführt von IWU und ifeu im Auftrag des UBA (fertiggestellt im Juli 2005).

Auf jeden Fall ist klar, dass die energetische Modernisierung weit hinter den Möglichkeiten und Notwendigkeiten zurückbleibt. Ein Wert von 0,75 %/a würde rein rechnerisch bedeuten, dass der Gebäudebestand erst in 130 Jahren vollständig modernisiert wäre, viel zu spät, um die langfristigen Klimaschutzziele angemessen zu unterstützen (CO₂-Emissionsminderung von mindestens 80 % bis 2050 in den Industriestaaten laut den Klimaschutz-Enquetekommissionen des Deutschen Bundestages). Gerade aber auch für die Erreichung kurzfristiger CO₂-Einsparungen ist die Erhöhung der energetischen Modernisierungsrate von entscheidender Bedeutung.

Es ist bekannt, dass unter wirtschaftlichen Bedingungen energetische Modernisierungsmaßnahmen der Gebäudehülle im Allgemeinen nicht zu einem beliebigen Zeitpunkt durchgeführt werden können, da viele der Maßnahmen (insbesondere Außenwanddämmung, Dachdämmung, Fenster-austausch) an den Erneuerungszyklus des Bauteils gebunden sind, d.h. die Investition in die Energieeinsparung ist ökonomisch dann sinnvoll, wenn sie an eine ohnehin stattfindende Erneuerungsmaßnahme gekoppelt wird. Allgemein gesprochen kann folgendes Ziel formuliert werden: Jede Instandsetzungsmaßnahme an der Gebäudehülle sollte idealerweise mit einer Energiesparmaßnahme verknüpft werden. Dadurch würde eine Erhöhung der energetischen Modernisierungsrate auf die allgemeine Sanierungsrate der Gebäudehülle (die sowohl Energiesparmaßnahmen als auch reine Instandhaltungsmaßnahmen berücksichtigt) erreicht. Auch über diese **allgemeine Sanierungsrate** gibt es keine verlässlichen Zahlen. Sie wird hier zu **2,5 %/a** abgeschätzt. Dieser Wert wird in den folgenden Potentialabschätzungen als Zielwert bzw. realistische obere Grenze der erreichbaren energetischen Modernisierungsrate angenommen.

Neben dem Gebäudewärmeschutz ist auch die Erneuerung von Heizungsanlagen zu beachten. Die Lebensdauer von Heizkesseln ist mit 20 – 25 Jahren deutlich niedriger als bei baulichen Wärmeschutzmaßnahmen, entsprechend betragen die Erneuerungsraten etwa 4 – 5 %/a. Es ist also davon auszugehen, dass die noch vorhandenen alten Heizkessel von ca. 1990 und vorher (vgl. „alte Gas- und Öl-Zentralheizung“ in Tabelle 2) in nicht allzu ferner Zukunft vollständig abgelöst werden. In der vorliegenden Untersuchung wird angenommen, dass dies in 15 Jahren der Fall ist und zu diesem Zeitpunkt auch alle Verteilleitungen zur Heizung und Warmwasserbereitung gedämmt und neuere Umwälzpumpen eingesetzt wurden. Zusätzlich wurden bundesweite Trends zur Reduzierung der Zahl der Ofenheizungen und zur Verdrängung des Energieträgers Öl durch Erdgas überschlägig berücksichtigt⁸. Auf diese Weise lässt sich für die Wärmeversorgung der heutigen hessischen Bestandsgebäude eine Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen (pro erzeugter Kilowattstunde Nutzenergie) von 11 % in 15 Jahren ableiten. Unter der Annahme einer kontinuierlichen Effizienzsteigerung sind dies 0,7 %/a.⁹ In den folgenden Untersuchungen wurde im Sinne einer eher vorsichtigen Abschätzung ein glatter Wert von **0,5 %/a** für die **Effizienzsteigerung der Wärmeversorgung** heutiger Bestandsgebäude, d.h. im vorliegenden Fall für die Abnahme der spezifischen CO₂-Emissionen pro erzeugter Kilowattstunde Nutzenergie, angesetzt.

Neubauten weisen eine andere Beheizungsstruktur auf als der Gebäudebestand. Für Hessen ergeben sich auf Basis des Mikrozensus 2002 (Auswertung der Jahre 1996-2000) die in Tabelle 3 dargestellten Werte.

⁸ weitere Details s. Anhang A

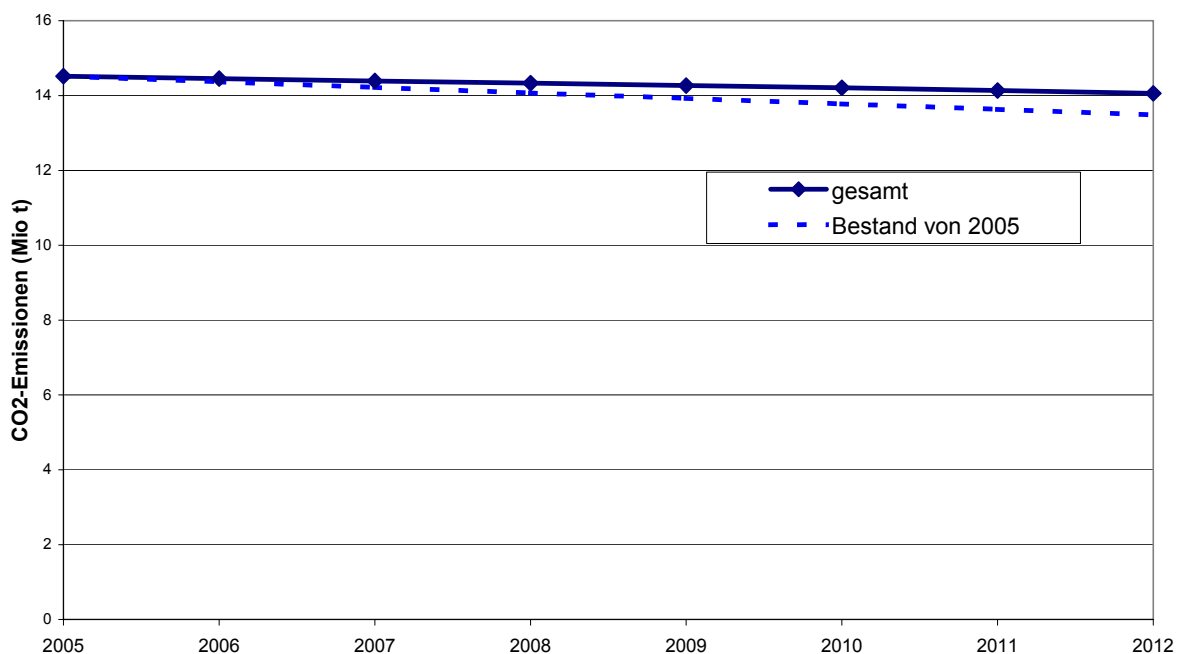
⁹ Natürlich ist auch dieser Wert mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Es ist besonders darauf hinzuweisen, dass sich dieser Trend - anders als bei der sehr niedrigen energetischen Modernisierungsrate der Gebäudehülle - kaum mehr weiter als über die genannten 15 Jahre fortschreiben lässt, da ja von einer vollständigen Ablösung der alten Heizkesselgeneration ausgegangen wird. Denkbar wäre noch eine Effizienzsteigerung der Wärmeversorgung von wenigen Prozentpunkten durch einen generellen Übergang zur Brennwerttechnik (hier wurde bei neuen Gaskesseln von einem 70prozentigen Anteil der Brennwertkessel ausgegangen, während bei neuen Ölkesseln generell Niedertemperaturkessel angenommen wurden). Weitergehende Steigerungen erscheinen nur möglich, wenn längerfristig ein Übergang zu anderen, effizienteren Wärmeversorgungssystemen erfolgt.

Tabelle 3: Angenommene Beheizungsstruktur hessischer Neubauten

Neubau: Einfamilienhäuser	
Gas-Zentralheizung	59%
Öl-Zentralheizung	35%
Fernwärme	3%
Fernwärme + elektr. WW	2%
Ofenheizung Strom	1%
Neubau: Mehrfamilienhäuser	
Gas-Zentralheizung	58%
Gas-Zentralheizung + elektr. WW	10%
Öl-Zentralheizung	20%
Öl-Zentralheizung + elektr. WW	2%
Fernwärme	7%
Fernwärme + elektr. WW	2%
Ofenheizung Strom	1%

1.3 Entwicklung der CO₂-Emissionen für die Wärmeversorgung von Wohngebäuden bis 2012

Aus Basis der getroffenen Annahmen kann die Entwicklung der CO₂-Emissionen für die Beheizung und Warmwasserversorgung der hessischen Wohngebäude bis 2012 untersucht werden. Es werden die direkten CO₂-Emissionen in Gebäuden und die CO₂-Emissionen zur Erzeugung des verwendeten Stroms und der Fernwärme in Kraftwerken, Heizkraftwerken und Heizwerken berücksichtigt. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis, wenn die energetische Modernisierungsrate der Gebäudehülle zu 0,75 %/a angesetzt wird. Es wurde angenommen, dass im Neubau und Bestand die jeweiligen Anforderungen der Energieeinsparverordnung EnEV eingehalten werden.


Abbildung 2: Entwicklung der CO₂-Emissionen für die Wärmeversorgung von Wohngebäuden bei Annahme einer energetischen Modernisierungsrate der Gebäudehülle von 0,75 %/a

Aufgrund der geringen Dynamik bei der Durchführung von Wärmeschutzmaßnahmen im Bestand ist in dem betrachteten kurzen Zeitraum von nur sieben Jahren und bei Annahme einer energetischen Modernisierungsrate der Gebäudehülle von 0,75 %/a keine bedeutende Verringerung der CO₂-Emissionen möglich. Die Emissionen sinken leicht von 14,5 Mio t auf 14,1 Mio t. An der gestrichelten Linie ist zu erkennen, dass die Bestandsemissionen etwas stärker, nämlich auf knapp 13,5 Mio t sinken. Die Differenz zum Gesamtergebnis wird durch den Neubau hervorgerufen, der knapp 0,6 Mio t zusätzlich beiträgt.

Es wichtig darauf hinzuweisen, dass es sich hier nicht um eine Prognose über die Entwicklung der CO₂-Emissionen handelt. Vielmehr liegt eine Modellrechnung vor, die von den getroffenen Annahmen abhängt. Wenn z.B. die energetische Modernisierungsrate der Gebäudehülle – über die ja wie gesagt praktisch keine belastbaren Werte vorhanden sind - statt bei 0,75 %/a nur bei 0,5 %/a liegt und der Neubau um 50 % stärker ist als angenommen, können keine CO₂-Einsparungen erreicht werden.

In Abbildung 3 ist die Änderung der CO₂-Emissionen im Wohngebäudebestand des Jahres 2005 detailliert dargestellt. Zusätzlich ist hier eine Variante mit einer energetischen Modernisierungsrate der Gebäudehülle von 2,5 %/a dargestellt. In dieser Variante wurde außerdem ein verbesserter Wärmeschutz angenommen. Es wurden gegenüber dem EnEV-Altbau-Standard erhöhte, aber keineswegs extrem hohe Dämmstoffstärken angesetzt¹⁰, von denen angenommen werden kann, dass sie ohne weiteres als Standardwerte in der Praxis der Gebäudesanierung Eingang finden könnten.

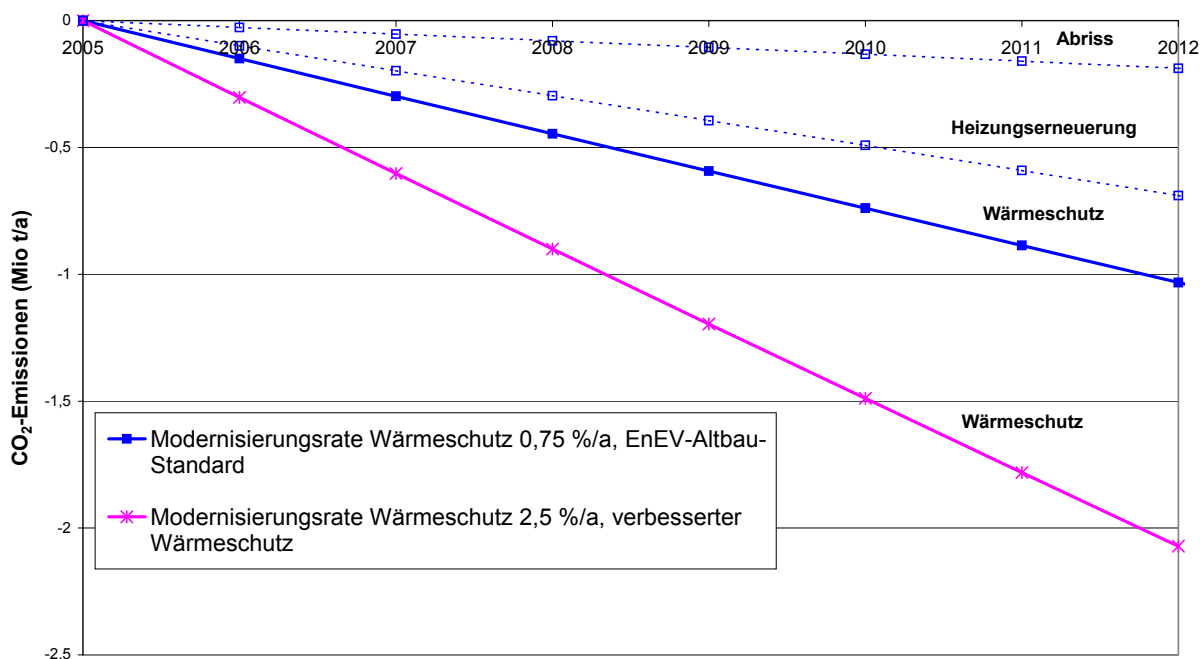


Abbildung 3: Änderungen der CO₂-Emissionen im Wohngebäudebestand des Jahres 2005

¹⁰ Außenwand: 14 cm, Dach/Obergeschossdecke: 20 cm, Kellerdecke: 6 cm mit Dämmstoffen der Wärmeleitfähigkeit 0,04 W/mK, Wärmedurchgangskoeffizient der Fenster: 1,3 W/m²K

Bei Annahme einer Wärmeschutz-Modernisierungsrate von 0,75 %/a beträgt die CO₂-Minderung im Bestand insgesamt etwa 1 Mio t/a bis 2012. Der Abriss spielt mit knapp 0,2 Mio t bis 2012 eine eher geringe Bedeutung, wichtig sind vor allem die Heizungserneuerung (0,5 Mio t bis 2012) und der Wärmeschutz (0,34 Mio t). Der geringfügig höhere Beitrag der Heizungserneuerung darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Einsparpotentiale im Gebäudebestand durch Wärmeschutzmaßnahmen natürlich höher sind als die durch Kesselerneuerung. Im Schaubild macht sich die niedrige Umsetzungsrate beim Wärmeschutz bemerkbar. Könnte diese, bei gleichzeitiger Erhöhung der Dämmstoffstärken, von 0,75 %/a auf 2,5 %/a angehoben werden, so würden sich die CO₂-Minderungen des Wärmeschutzes auf knapp 1,4 Mio t bis 2012 erhöhen. Insgesamt ergäben sich dann in diesem Zeitraum CO₂-Minderungen im Gebäudebestand von mehr als 2 Mio t.

Abbildung 4 zeigt zusätzlich die durch den Neubau verursachten CO₂-Emissionen. Als Variante ist dabei auch die Möglichkeit einer Verschärfung der EnEV für den Neubau (Absenkung des zulässigen Primärenergiebedarfs um 30 % und damit bei angenommener gleicher Energieträgerstruktur etwa gleiche Minderung der CO₂-Emissionen) eingetragen. Zum Vergleich sind auch noch einmal die CO₂-Einsparungen im Wohngebäudebestand bei Wärmeschutz-Modernisierungsraten von 0,75 %/a bzw. 2,5 %/a eingetragen.

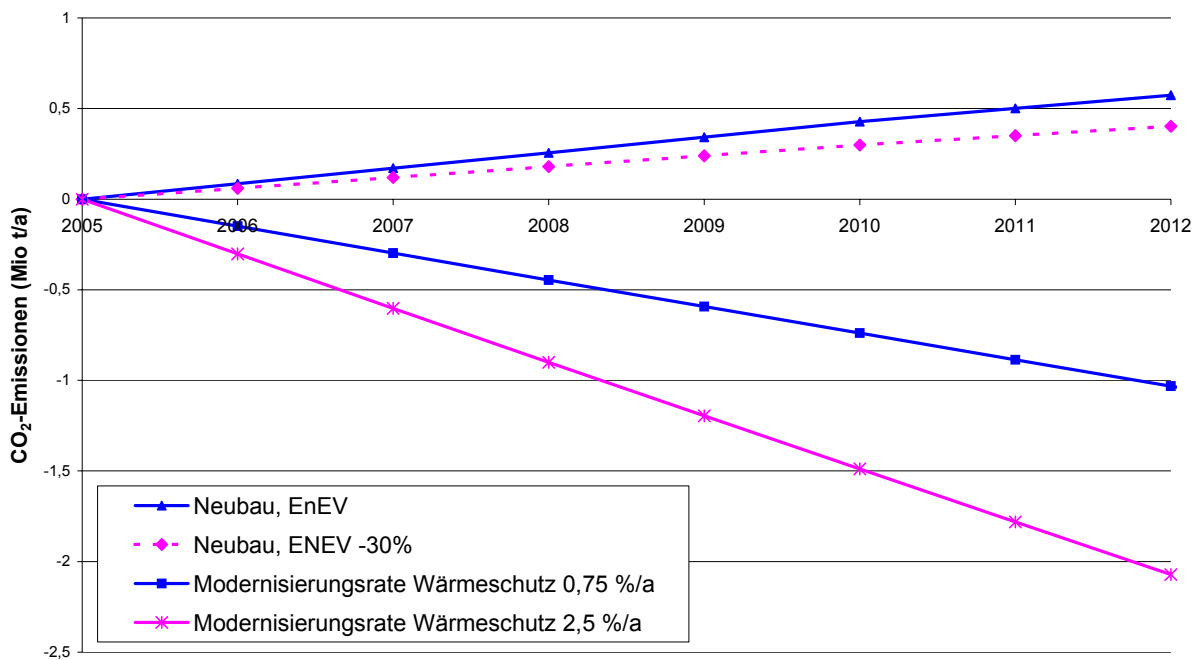


Abbildung 4: CO₂-Emissionen des Neubaus im Vergleich zu den Änderungen der CO₂-Emissionen im Wohngebäudebestand

Es wird noch einmal deutlich, dass – vor dem Hintergrund der getroffenen Annahmen - die größten Einsparpotentiale im Bestand liegen, aber auch der Neubau in erheblichem Maße zur CO₂-Bilanz beiträgt, so dass auch die dort erzielten CO₂-Minderungen für die Erreichung von Klimaschutzziele relevant sind. Insgesamt sind im hessischen Wohngebäudebereich unter Berücksichtigung des Neubaus bis 2012 CO₂-Minderungen von 1,67 Mio t möglich. Dabei ist zu beachten, dass sich die CO₂-Minderungspotentiale im Gebäudebereich aufgrund der geringen Umsetzungsraten (auch bei 2,5 %/a dauert es im Mittel 40 Jahre, bis alle Gebäude einmal saniert wurden) grundsätzlich über

längere Zeiträume entfalten. Bundesweite Szenarienrechnungen des IWU weisen bis 2050 Einsparpotentiale von 50 – 80 % bei der Wärmeversorgung von Gebäuden aus.¹¹

Tabelle 4 gibt noch einmal einen Überblick über die Ergebnisse dieses Kapitels.

Bei den CO₂-Emissionen wurden bisher die direkten Emissionen bei der Produktion der für die Wärmeversorgung dienenden Energieträger Strom- und Fernwärme mit berücksichtigt. Da aber häufig die CO₂-Emissionen sektorweise (z.B. nach Haushalten, Industrie, Verkehr, Kleinverbrauchern) bilanziert werden, sind im rechten Teil der Tabelle als Zusatzinformation die Ergebnisse auf die Vor-Ort-Emissionen in den Wohngebäuden bezogen, d.h. die Emissionen der Strom- und Fernwärmeerzeugung sind hier weggelassen.

Tabelle 4: Überblick über die Ergebnisse zur CO₂-Minderung im Wohngebäudebestand

	inklusive Emissionen bei Strom und Fernwärme		nur Vor-Ort-Emissionen in den Gebäuden	
	jährlich	2005-2012	jährlich	2005-2012
Änderung der CO₂-Emissionen durch...	Mio t CO ₂	Mio t CO ₂	Mio t CO ₂	Mio t CO ₂
Abriss	-0,027	-0,19	-0,021	-0,15
Erneuerung der Wärmeversorgung	-0,072	-0,50	-0,056	-0,39
Wärmeschutz (Modernisierungsrate 0,75 %/a)	-0,049	-0,34	-0,042	-0,29
Neubau (EnEV)	0,082	0,57	0,069	0,48
Summe	-0,065	-0,46	-0,049	-0,35
<i>Erhöhung der Modernisierungsrate Wärmeschutz, verbesserter Wärmeschutz im Altbau und Verschärfung der EnEV im Neubau:</i>				
Abriss	-0,027	-0,19	-0,021	-0,15
Erneuerung der Wärmeversorgung	-0,072	-0,50	-0,056	-0,39
Wärmeschutz (Modernisierungsrate 2,5 %/a, verbesserter Standard)	-0,197	-1,38	-0,139	-0,97
Neubau (EnEV - 30 %)	0,057	0,40	0,048	0,34
Summe	-0,238	-1,67	-0,167	-1,17
Zum Vergleich: Gesamtemissionen 2005		14,5		11,3

Die Zahlen sind wie folgt zu interpretieren: Die CO₂-Bilanz Hessens (inklusive Strom und Fernwärme) wird z.B. durch Wärmeschutzmaßnahmen an jährlich 2,5 % des Wohnungsbestandes (mit verbessertem Standard) in jedem Jahr um 0,197 Mio t entlastet. Nach sieben Jahren beträgt die Entlastung das siebenfache, also ca. 1,38 Mio t: Um diesen Betrag sind die jährlichen hessischen CO₂-Emissionen im Jahr 2012 niedriger als 2005.

Geht man gegenwärtig von einem Wärmeschutz von jährlich nur 0,075 % des Bestandes (EnEV-Altbau-Standard) aus, so beträgt die jährliche Entlastung der hessischen CO₂-Bilanz nur 0,049 Mio t. Durch die Ausweitung von 0,075 %/a auf 2,5 %/a und die verbesserten Wärmeschutzstandards wird also eine zusätzliche Entlastung von jährlich 0,197 Mio t – 0,049 Mio t = 0,148 Mio t erreicht.

¹¹ Vgl. Ebel et al.: *Der zukünftige Heizwärmebedarf der Haushalte*, Darmstadt 1996. Bei Fortschreibung der für die vorliegende Modellrechnung gemachten Annahmen bis 2045 ergeben sich für den hessischen Wohngebäudebereich ohne Berücksichtigung von Effizienzsteigerungen bei der Wärmeversorgung und beim Wärmeschutz Einsparpotentiale von ca. 66 % bezogen auf die Gesamtemissionen 2005.

1.4 Kosten der energetischen Modernisierungsmaßnahmen

Die Kostenanalyse wurde mit Hilfe der hessischen Gebäudetypologie durchgeführt. Es ist zwischen den Investitionskosten und den energetischen Mehrkosten zu unterscheiden. Die Investitionskosten berücksichtigen die Gesamtkosten der jeweiligen Energiesparmaßnahme, während die energetischen Mehrkosten die Kostendifferenz der Investition zu einer reinen Instandhaltungsmaßnahme angeben. Unter der Voraussetzung, dass die energetische Erneuerung zu dem Zeitpunkt durchgeführt wird, zu dem eine Sanierung des jeweiligen Bauteils ohnehin ansteht, sind für die Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen nur die energetischen Mehrkosten entscheidend. Die verwendeten Kostenansätze sind im Anhang A dargestellt.

Für den Wärmeschutz ergeben sich im Falle einer Modernisierungsrate von 2,5 %/a folgende Ergebnisse (erhöhter Wärmeschutzstandard gegenüber EnEV-Altbau):

Jährliche Investitionskosten für Wärmeschutz (Modernisierungsrate 2,5 %):	1,67 Mrd €
Jährliche energetische Mehrkosten für Wärmeschutz (Modernisierungsrate 2,5 %):	0,37 Mrd €

Für andere Werte der Wärmeschutz-Modernisierungsrate lassen sich die Ergebnisse entsprechend umrechnen. In den Angaben ist berücksichtigt, dass nicht 0,75 % des Gebäudebestandes vollständig saniert werden, sondern dass für die einzelnen Bauteile unterschiedliche Modernisierungsraten vorliegen, die entsprechend dem Flächenanteil der Bauteile und ihrem Beitrag zur Energieeinsparung zu gewichten sind (siehe Anhang A).

Wenn Aussagen über die Wirtschaftlichkeit der CO₂-Minderung getroffen werden, sind die annuierten Kosten zu betrachten. Diese wurden aus den energetischen Mehrkosten auf Basis eines Zinssatzes von 4 % und einer wirtschaftlichen Nutzungsdauer von 30 Jahren (Fenster: 25 Jahre) ermittelt¹². Die eingesparten Energiekosten ergeben sich unter Berücksichtigung der Beheizungsstruktur und der im Anhang genannten mittleren Energiepreise über die Nutzungsdauer.

Annuierte energetische Mehrkosten für Wärmeschutz bei Modernisierung von 2,5 % des Bestandes (erhöhter Wärmeschutz)	21,6 Mio €/a
Jährlich eingesparte Energiekosten durch die Wärmeschutzmaßnahmen an 2,5 % des Bestandes	36,4 Mio €/a
Verbleibende jährliche Kosten (negativer Wert: Gewinn)	- 14,8 Mio €/a
Jährliche CO ₂ -Minderung durch den Wärmeschutz (2,5 % des Bestandes)	0,197 Mio t/a
Spezifische CO ₂ -Vermeidungskosten (negativer Wert: spez. Gewinn) des Wärmeschutzes	- 75 €/t CO ₂

¹² Die annuierten Kosten sind die jährlichen Kosten, mit denen man einen Kredit über die Höhe der Investition über die angenommene wirtschaftliche Nutzungsdauer zurückzahlen müsste. Die einmalig auftretenden Investitionskosten werden hier also in jährliche Kosten umgerechnet, damit sie mit den jährlich eingesparten Energiekosten verglichen werden können. Dass die Investitionskosten ein paar Absätze höher auch als „jährliche Investitionskosten“ angegeben wurden, darf hier nicht verwirren: Es wird ja angenommen, dass jährlich neue Gebäude modernisiert werden, aus Sicht der jeweiligen Bauherren handelt es sich aber um einmalige Investitionen.

Die negativen Kostenwerte zeigen, dass der Gebäudewärmeschutz insgesamt wirtschaftlich ist: Die jährlich eingesparten Energiekosten übersteigen die annuisierten energetischen Mehrkosten. Folglich sind auch die spezifischen CO₂-Vermeidungskosten negativ, d.h. die CO₂-Minderung ist nicht mit Zusatzkosten, sondern mit einem wirtschaftlichen Vorteil verbunden.

Aus rein ökonomischer Sicht besteht hier also ein erhebliches Potential zur Erhöhung der CO₂-Einsparungen. Trotz dieser günstigen Ausgangssituation ist die energetische Modernisierungsrate der Gebäudehülle offensichtlich noch weit von dem Zielwert von 2,5 %/a entfernt. Die in Kapitel 2 vorgeschlagenen Instrumente und Maßnahmen zielen daher vor allem auf dieses Potential ab.

Natürlich ist auch die Verbesserung der Wärmeversorgung zu beachten. Hier liegen deutlich höhere Modernisierungsraten vor, die, wie bereits dargestellt, unter den angenommenen Randbedingungen in Hessen zu einer jährlichen CO₂-Minderung von etwa 0,07 Mio t führen. Hier überlagern sich verschiedene Maßnahmen, die außer durch die erwünschten Energieeinsparungen auch durch die notwendige Instandhaltung (Austausch eines alten Kessels) oder den Wunsch nach einem neuen Heizsystem motiviert sind (Ersatz von Ofenheizungen durch Zentralheizungen, Wechsel des Energieträgers). Energiebedingte Mehrkosten (z.B. durch Wahl eines Brennwertkessels statt eines Niedertemperaturkessels) fallen insgesamt nur gering ins Gewicht. Hier ist also in noch stärkerem Maße als beim Wärmeschutz davon auszugehen, dass die durchgeführten Maßnahmen wirtschaftlich sind (negative annuisierte Kosten nach Abzug der eingesparten Energiekosten, negative CO₂-Vermeidungskosten). Die Gesamthöhe der Investitionen in die Erneuerung der Wärmeversorgung beläuft sich gemäß den getroffenen Annahmen zur Veränderung der Beheizungsstruktur und zu den Einzelkosten (s. Anhang A) auf jährlich ca. 160 Mio €.

In der folgenden Tabelle 5 sind die oben genannten Kosten und CO₂-Einsparungen des Wärmeschutzes noch einmal differenziert für die Gebäudetypen Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser sowie für die Eigentumsformen (Selbstnutzender Eigentümer/Mieter) dargestellt. Etwa 60 % der hessischen Wohnfläche entfällt laut Mikrozensus auf Einfamilienhäuser (inkl. Zweifamilien- und Reihenhäuser), 40 % auf Mehrfamilienhäuser. 56 % der Gesamtwohnfläche wird von Wohnungseigentümern, 44 % von Mietern bewohnt. Die Gesamtfläche der Einfamilienhäuser verteilt sich zu 78 % auf Eigentümer und 22 % auf Mieter, bei den Mehrfamilienhäusern ist es genau umgekehrt: 78 % der Wohnfläche entfällt auf Mieter, 22% auf Eigentümer.

Tabelle 5 Kosten und CO₂-Minderungen in hessischen Ein- und Mehrfamilienhäusern (EFH/MFH), erhöhter Wärmeschutz gegenüber EnEV

		insgesamt	EFH	MFH	Eigentümer	Mieter
Jährliche Investitionskosten in den Wärmeschutz (Modernisierungsrate 2,5 %)	Mrd €	1,67	1,19	0,48	1,03	0,64
Jährliche energetische Mehrkosten für Wärmeschutz (Modernisierungsrate 2,5 %)	Mrd €	0,37	0,26	0,11	0,23	0,14
Annuisierte energetische Mehrkosten für Wärmeschutz bei Modernisierung von 2,5 % des Bestandes	Mio €/a	21,6	14,9	6,7	13,10	8,50
Jährlich eingesparte Energiekosten durch die Wärmeschutzmaßnahmen an 2,5 % des Bestandes	Mio €/a	36,4	24,4	12,0	21,67	14,73
Verbleibende jährliche Kosten (negativer Wert: Gewinn)	Mio €/a	-14,8	-9,5	-5,3	-8,58	-6,22
Jährliche CO ₂ -Minderung durch den Wärmeschutz	Mio t/a	0,197	0,132	0,065	0,117	0,080
Spezifische CO ₂ -Vermeidungskosten (negativer Wert: spez. Gewinn) des Wärmeschutzes	€/t _{CO2}	-75	-72	-82	-73	-78

Die Zahlen in der Tabelle sind genau so zu verstehen wie oben im Text: Beispielsweise betragen die Investitionskosten für den Wärmeschutz von 2,5 % aller hessischen Einfamilienhäuser 1,19 Mrd €, davon sind 0,26 Mrd € als energetische Mehrkosten anzusehen. Rechnet man die energetischen Mehrkosten auf Basis des angegebenen Zinssatzes und der Nutzungsdauer in annuisierte Kosten um, so erhält man einen jährlichen Betrag von 14,9 Mio €. Dem stehen jährlich eingesparte Energiekosten 24,4 Mio € gegenüber. Pro Jahr ergibt sich damit ein ökonomischer Gewinn von 9,5

Mio €. Dividiert man durch die jährlich eingesparten CO₂-Emissionen (0,132 Mio t), so erhält man die spezifischen CO₂-Vermeidungskosten von -72 €/t. Der negative Wert zeigt an, dass mit der CO₂-Einsparung keine Kosten entstehen, sondern ein ökonomischer Gewinn vorliegt.

1.5 Abschätzungen der CO₂-Minderungspotentiale bei der Wärmeversorgung von Nichtwohngebäuden

Die Datenlage über Nichtwohngebäude in Deutschland und in Hessen ist ausgesprochen schlecht. Statistische Erhebungen wie bei Wohngebäuden gibt es in dieser Form nicht. Angesichts der Vielfalt unterschiedlicher Arten von Nichtwohngebäuden wäre für Hochrechnungen, wie sie bei den Wohngebäuden durchgeführt wurden, detaillierte Angaben zu den Nutzflächen, den Neubauraten und dem energetischen Zustand bzw. dem Energieverbrauch der verschiedenen Gebäudetypen in Hessen notwendig. Diese Daten sind nicht zu erhalten. Gleiches gilt, dies wie bei den Wohngebäuden, für die Häufigkeit der Durchführung von Energiesparmaßnahmen. In Anhang B ist der hier vorliegende Kenntnisstand zusammengefasst.

Bei der Abschätzung der CO₂-Minderungspotentiale für Nichtwohngebäude in Hessen sind daher grob vereinfachende Annahmen notwendig, die hier wie folgt getroffen werden.

- Die CO₂-Emissionen für die Wärmeversorgung von Nichtwohngebäuden werden in starker Anlehnung an den Bereich der Wohngebäude abgeschätzt: Es wird ein Gewichtungsfaktor ermittelt, der grob das Verhältnis des Energieverbrauchs bzw. der Emissionen in beiden Sektoren angibt.
- Es wird dieselbe Dynamik der CO₂-Minderung wie bei den Wohngebäuden unterstellt, d.h. die CO₂-Minderung der Nichtwohngebäude wird mit dem genannten Gewichtungsfaktor aus der CO₂-Minderung der Wohngebäude ermittelt.

Der Gewichtungsfaktor wurde hier auf zwei unterschiedlichen Wegen abgeleitet:

- In Anhang B wird der Heizenergieverbrauch (d.h. der Endenergieverbrauch für die Beheizung ohne Hilfsstrom und Warmwasser) für die hessischen Nichtwohngebäude zu 16 Mrd kWh/a abgeschätzt. Die Hochrechnungen zu den Wohngebäuden ergeben einen Wert von rund 44 Mrd kWh/a. Hieraus ergäbe sich ein Gewichtungsfaktor von $16/44 = 0,36$
- In der hessischen Energiebilanz 1999 können die CO₂-Emissionen durch Verbrauch von Erdgas und leichtem Heizöl, d.h. der wichtigsten Energieträger der Wärmeversorgung, für die Sektoren Haushalte einerseits und Gewerbe/Handel/Dienstleistungen andererseits miteinander verglichen werden. Es ergeben sich für die Haushalte 9,5 Mio t CO₂ und für die gewerblichen Sektoren 4,3 Mio t CO₂. Der Gewichtungsfaktor würde sich daraus zu $4,3/9,5 = 0,45$ ergeben¹³.

Für die folgenden Abschätzungen wird ein Gewichtungsfaktor von 0,4 angesetzt. Der Anteil der Nichtwohngebäude an den Gesamtemissionen betrüge danach $0,4/(1+0,4) = \text{ca. } 30\%$. Unter dieser Annahme ergeben sich die in Tabelle 6 dargestellten Ergebnisse. Die Angaben beziehen sich auf die CO₂-Emissionen inklusive Strom- und Fernwärmeproduktion¹⁴. Bei der Umrechnung der

¹³ Nicht enthalten wären hierin die beheizten Gebäude des verarbeitenden Gewerbes, vor allem aber kann hier nicht ermittelt werden, in welchem Umfang Öl und Gas im Bereich Gewerbe/Handel/Dienstleistungen zu anderen Zwecken als der Heizung und Warmwasserbereitung verwendet werden.

¹⁴ Es soll hier noch einmal darauf hingewiesen werden, dass es sich bei den dargestellten CO₂-Emissionsminderungen und Investitionssummen auch in der „unteren Variante“ (Modernisierungsrate

Kosten wurden etwas niedrigere Gewichtungsfaktoren angesetzt: Hier wurde berücksichtigt, dass Nichtwohngebäude meist größere Gebäude sind, zur Umrechnung wurden daher die Kostenverhältnisse bei den Mehrfamilienhäusern herangezogen.

Tabelle 6: CO₂-Emissionen, CO₂-Einsparungen und Investitionskosten bei der Wärmeversorgung von Nichtwohngebäuden auf Basis einer Grobabschätzung in Anlehnung an die Wohngebäude (Umrechnung Wohngebäude in Nichtwohngebäude mit Gewichtungsfaktoren)

		Wohngebäude	Nichtwohngebäude	Summe
CO ₂ -Emissionen 2005	Mio t/a	14,5	5,8	20,3
jährliche Veränderungen der CO ₂ -Emissionen				
Modernisierungsrate Wärmeschutz 0,75 %/a nach EnEV-Standard, Neubau nach EnEV	Mio t/a	-0,065	-0,026	-0,092
Modernisierungsrate Wärmeschutz 2,5 %/a, verbesserte Dämmung, Neubau: EnEV -30 %	Mio t/a	-0,238	-0,095	-0,334
Modernisierungsinvestitionen Wärmeschutz (Modernisierungsrate: 2,5%/a)	Mio €/a	1670	583	2253
Energiebedingte Mehrinvestition Wärmeschutz (Modernisierungsrate 2,5 %/a)	Mio €/a	370	133	503
Modernisierungsinvestitionen Wärmeversorgung	Mio €/a	160	56	216

Wärmeschutz 0,75 %/a) nicht um eine Prognose handelt: Die Ergebnisse hängen von den angesetzten Randbedingungen ab (neben der Modernisierungsrate Wärmeschutz auch Einsparungen durch Heizungsenergieerneuerung, Neubauraten). Diese können hier nicht prognostiziert werden, nicht zuletzt auch wegen der schlechten Datenlage im Gebäudebestand, wo es über die Häufigkeit der gegenwärtig und in den letzten Jahren durchgeführten Energiesparmaßnahmen keinerlei belastbaren Informationen gibt. Es ist also beispielsweise bei abweichenden Rahmenbedingungen durchaus denkbar, dass im Trend, d.h. ohne zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen, keine Senkung der CO₂-Emissionen bei der Wärmeversorgung in hessischen Gebäuden stattfindet.

2 Maßnahmen zur Reduzierung der CO₂-Emissionen bei der Gebäude-Wärmeversorgung in Hessen

2.1 Ausgangssituation

Die CO₂-Emissionen aus dem Gebäudebereich können mit heute bekannten und beherrschbaren Energiespartechniken (insbesondere Wärmeschutzmaßnahmen an der Gebäudehülle und Verbesserung von Heizanlagen) gesenkt werden. Die Herausforderungen des Klimaschutzes für den Gebäudesektor betreffen dabei sowohl die Qualität als auch die Quantität dieser Energiesparmaßnahmen:

- Die Qualität der durchgeführten Energiesparmaßnahmen muss gesteigert werden. In der Praxis ist man noch weit davon entfernt, den langfristig notwendigen Zielwert der CO₂-Emissionen von etwa 10 kg/m²a zu erreichen¹⁵. Die Werte typischer Neubauten bzw. energetisch modernisierter Altbauten liegen im Bereich von ca. 30 kg/m²a.
- Energetische Erneuerungsmaßnahmen müssen häufiger durchgeführt werden. Die angenommene energetische Modernisierungsrate von 0,75 %/a (d.h. Durchführung von Wärmeschutzmaßnahmen durchschnittlich einmal in 130 Jahren) ist zu niedrig, um die langfristigen Klimaschutzziele zu erreichen (siehe Kapitel 1.2).

Das Einsparpotential bei der Raumwärme im Gebäudebereich kann in den nächsten Jahren schrittweise ausgeschöpft werden, wenn die Energiesparmaßnahmen mit dem ohnehin ablaufenden Bau- und Instandsetzungsprozess im Gebäudebestand verbunden werden.

Für Hessen kann es als großer Erfolg angesehen werden, wenn die energetische Modernisierungsrate der Gebäudehülle bei *Wohngebäuden* von derzeit ca. 0,75 %/a signifikant gesteigert werden könnte. Als optimistischer Zielwert kann das Erreichen der allgemeinen Sanierungsrate der Gebäudehülle von etwa 2,5 %/a angesetzt werden.¹⁶

Dies würde bedeuten, dass in Hessen pro Jahr ca. 32.000 Gebäuden mit ca. 70.000 Wohneinheiten und ca. 6,25 Mio. m² Wohnfläche energetisch saniert werden¹⁷. Die mit verbesserten Wärmeschutzmaßnahmen und mit der Erneuerung der Wärmeversorgung sowie mit Abriss und Neubau verbundenen CO₂-Einsparungen lassen sich wie in Kapitel 1.2 dargestellt zu 0,238 Mio t CO₂ pro Jahr berechnen. Bei der gegenwärtigen energetischer Modernisierungsrate von 0,75 %/a sind es nur etwa 0,065 Mio t CO₂ pro Jahr. Dies bedeutet, dass im Wohngebäudebereich im Vergleich zum Referenzfall (Modernisierungsrate Wärmeschutz 0,75 %/a; Neubau nach EnEV) ein *zusätzliches* Potential von jährlich 0,173 Mio t CO₂ durch geeignete Maßnahmen und Instrumente erschlossen werden kann. Davon entfallen jährlich 0,025 Mio t CO₂ auf den Neubau.

Für den Bereich der *Nichtwohngebäude* besteht entsprechend den Annahmen und Berechnungen in Kapitel 1.5 ein *zusätzlich* erschließbares CO₂-Minderungspotential von 0,069 t CO₂ pro Jahr. Davon entfallen jährlich 0,01 Mio t CO₂ auf den Neubau.

¹⁵ Dieser Zielwert entspricht in etwa einer 80prozentigen Emissionsminderung in Deutschland bis 2050., vgl. Diefenbach et al., *Beiträge der EnEV und des KfW-CO₂-Gebäudemodernisierungsprogramms zum Nationalen Klimaschutzprogramm*, durchgeführt von IWU und ifeu im Auftrag des UBA (fertiggestellt im Juli 2005)

¹⁶ siehe Kapitel 1.2

¹⁷ Hier handelt es sich um „statistische Zahlen“. Teilsanierungen sind in energetisch gleichwertige vollständige Sanierungen umgerechnet, tatsächlich ist also eine entsprechend größere Anzahl von Gebäuden betroffen.

Das gesamte in Hessen im Vergleich zum Referenzfall *zusätzlich* erschließbare Potential (Wohngebäude und Nichtwohngebäude) beläuft sich auf 0,242 Mio t CO₂ pro Jahr.¹⁸ Bis zum Jahr 2012 ist somit eine Reduzierung der jährlichen Emissionsrate um 1,7 Mio t CO₂ erzielbar.

2.2 Maßnahmenvorschläge

Die Potentialanalyse verdeutlicht, dass große CO₂-Einsparpotentiale im hessischen Gebäudebestand vorhanden sind. Es stellt sich daher die Frage, wie diese Potentiale im Rahmen des politischen Handlungsspielraums erschlossen werden können. Die dazu notwendigen Instrumente müssen in der Regel nicht neu erfunden werden. Eine ganze Reihe von Maßnahmen wurden und werden im Bund und in Hessen mit unterschiedlich großen Erfolgen durchgeführt. Angesichts der bestehenden Defizite bei den energetischen Qualitätsstandards im Alt- und Neubau und bei der energetischen Erneuerungsrate im Altbau ist man jedoch noch weit von einem entscheidenden „Durchbruch“ entfernt.

Wir schlagen vor, ein Instrumentenbündel zur Förderung von Energiesparmaßnahmen im Wohngebäudebestand zum Einsatz zu bringen. Die Maßnahmen beziehen sich nicht ausschließlich auf Hessen, da in dem Projekt eine teils bundesweite Perspektive, z.B. die Berücksichtigung einer bundesweiten steuerlichen Förderung, vorgegeben war. Die Vorschläge sind als ein allgemeiner Überblick über die Handlungsmöglichkeiten bzw. als Diskussionsgrundlage zu verstehen. Vor einer konkreten Umsetzung wären noch viele notwendige Details auszuarbeiten und zu diskutieren.

Grundsätzlich sind wir der Auffassung, dass das zur Erreichung der Klimaschutzziele notwendige Investitionsvolumen nur erreicht wird, wenn die öffentliche Hand die rechtlichen Voraussetzungen schafft, bei den Energiepreisen die erforderlichen Signale setzt, die entsprechende Forschung in effizienter Weise unterstützt, bei Investoren und Verbrauchern Aufklärung und Markttransparenz schafft und unter bestimmten Bedingungen auch investiv fördert.

Diese Punkte müssen zu einem abgestimmten System zusammengefügt werden. Die Bundesregierung hat mit der Energieeinsparverordnung (EnEV) und den Programmen der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) bereits Eckpunkte eines Verordnungs- bzw. Fördersystems festgelegt. Zusätzlich fordert die EU-Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ die breite Einführung von Energiepässen (-zertifikaten) in den Mitgliedsstaaten der EU bis zum Jahr 2006. Dieses System ist schrittweise auszubauen, zu verbessern und um neue Maßnahmen und Instrumente zu ergänzen. Die dazu vorgeschlagenen Maßnahmen betreffen:

1. *Die Erhöhung der Markttransparenz:* Ein wesentliches Hemmnis bei der energetischen Gebäudesanierung ist die mangelnde Markttransparenz. Selbstnutzern, Vermietern und Mietern fehlen wichtige Informationen, um die energetische Qualität ihrer Gebäude zu ermitteln und zu vergleichen.
2. *Die Steigerung von Information und Motivation:* Eine Strategie, die vor allem auf die Eigenverantwortung der Entscheidungsträger im Gebäudesektor setzt, muss der Information und Motivation aller Beteiligten eine zentrale Rolle beimessen. Auf diesem Feld erscheinen deutlich verstärkte Anstrengungen angebracht, wenn die gesetzten Klimaschutzziele erreicht werden sollen.

¹⁸ Siehe Tabelle 6, Kap. 1.5. Das gesamte zusätzliche Potential errechnet sich als Differenz der jährliche CO₂-Einsparungen im gesamten Gebäudebereich bei Modernisierungsrate 2,5 %, verbesserter Wärmeschutz, Neubau EnEV –30 % (0,334 Mio t CO₂) und Modernisierungsrate 0,75 % nach EnEV-Standard, Neubau nach EnEV (0,092 Mio t CO₂). Das zusätzliche Potential im Wohn- und im Nichtwohngebäudebereich errechnet sich nach Tabelle 6 entsprechend.

3. *Die Förderung (Energiesparförderung):* Es ist unklar, ob ohne eine erhebliche Ausweitung der Energiesparförderung die Klimaschutzziele im Gebäudebestand erreicht werden können. Es sollten daher Breitenförderprogramme aufgelegt werden, mit denen sich bei entsprechender Inanspruchnahme eine deutliche Erhöhung der energetischen Modernisierungsrate erreichen ließe. Unabhängig von einer Ausweitung des Fördervolumens kann die Energiesparförderung wichtige Aufgaben erfüllen. Sie sollte im Idealfall die Rolle eines „Motors“ der Klimaschutzpolitik übernehmen: Neben der Anstoßwirkung, d.h. der direkt bei den geförderten Gebäuden erreichten Energieeinsparung kommt gerade auch der Ausstrahlungswirkung, d.h. der Wirkung über die geförderten Fälle hinaus, eine entscheidende Rolle zu: In den geförderten Fällen sollte das vorweggenommen werden, was als die allgemeine bauliche Praxis der zukünftigen Jahre angestrebt wird. Dies betrifft die energetischen Qualitätsstandards ebenso wie die Einbeziehung energetischen Sachverstands in den Bauprozess.
4. *Die Verbesserung von Ausbildung und Qualifikation:* Neben der Information ist vor allem auf die Qualifikation der in den Sanierungsprozess eingebundenen Berufsgruppen zu achten. Gerade im Hinblick auf die Vermittlung der notwendigen und aktuellen Kenntnisse über die Energieeinsparung bei Gebäuden sind hier kontinuierliche und verstärkte Aktivitäten notwendig. Insbesondere der Gebäudebestand, auf den mehr als die Hälfte des gesamten Hochbauvolumens in der Bundesrepublik entfällt, verdient hier eine noch stärkere Aufmerksamkeit als bisher.
5. *Die Gebäude der öffentlichen Hand:* Bei Gebäuden der öffentlichen Hand nimmt das Land Hessen eine Vorbildfunktion ein, die über die eigenen Liegenschaften hinaus auf den gesamten Gebäudebereich in Hessen einwirken kann.
6. *Das Ordnungsrecht:* Hessen hat als Bundesland gestaltenden Einfluss auf die Energiespargesetzgebung des Bundes. Insbesondere gilt dies für die Energieeinsparverordnung EnEV. Für die Umsetzung und die Kontrolle der Anforderungen der EnEV sind die Bundesländer direkt zuständig.

Im Folgenden werden die wesentlichen Maßnahmen für den Wohn- und Nichtwohngebäudebereich skizziert:

Zur Erschließung der genannten Potentiale im *Wohngebäudebereich* erscheint, neben der Anhebung der ordnungsrechtlichen Standards für den Neubau (EnEV) und der Gewährleistung des Vollzugs, insbesondere eine energetische Breitenförderung für bestehende Wohngebäude sinnvoll. Ohne ein solches Förderprogramm ist es fraglich, ob ein Durchbruch bei der energetischen Bestandssanierung, hin zu höheren Sanierungsraten und besseren energetischen Standards, gelingen kann. Für ein solches Programm wären erhebliche Finanzmittel und ein modifizierter Ansatz notwendig. So ist zu beachten, dass zinsverbilligte Kredite nicht für jeden Bauherrn, insbesondere nicht bei geringem Maßnahmenumfang, gleichermaßen interessant sind. Hier müssten Ergänzungen/Alternativen zur Kreditförderung geschaffen werden. In den Blickpunkt rückt dabei – neben der Möglichkeit eines direkten Zuschussprogramms – auch eine steuerliche Förderung für selbstnutzende Eigentümer in Abhängigkeit vom Umfang und der energetischer Qualität der durchgeführten Modernisierungsmaßnahmen. Das Land Hessen kann über das Initiieren einer Bundesratsinitiative einen Impuls zur Realisierung solcher Maßnahmen auf Bundesebene geben.

Für den vermieteten Bereich empfiehlt es sich, ebenfalls ein Breitenförderprogramm aufzulegen. Es wird vorgeschlagen, die bestehende Förderung über die Kreditanstalt für Wiederaufbau in dieser Hinsicht auszuweiten. Alternativ oder ergänzend zu einem solchen Programm wird die Einführung des ökologischen Mietspiegels in Hessen vorgeschlagen. Durch den ökologischen Mietspiegel wird das im Mietwohnungsbereich bestehende sog. „Investor-Nutzer-Dilemma“ gemindert und Markttransparenz geschaffen.

Es ist an dieser Stelle deutlich darauf hinzuweisen, dass sowohl ein Breitenförderprogramm für Eigentümer und Vermieter als auch der ökologische Mietspiegel ihre Wirkungen nicht ohne die massive Unterstützung durch „weiche“ Instrumente (Energieberatung, Energiepass Hessen, Inten-

sivierung der Aus- und Weiterbildung, Informationskampagnen etc.) entfalten können. Es ist daher notwendig, diese Maßnahmen parallel durchzuführen, um das gesamte Potential in Hessen auszuschöpfen. In Hessen besteht mit der Hessischen Energiesparaktion bereits ein etabliertes Programm. Wir schlagen daher vor, die Hessische Energiesparaktion auszubauen und einen Großteil der in Frage kommenden „weichen“ Maßnahmen unter dem Dach der Hessischen Energiesparaktion zu bündeln. Daneben sollte gerade hinsichtlich der mittel- und langfristigen Auswirkungen ein Schwerpunkt auf die Integration von Fragen der energetischen Gebäudemodernisierung in die Ausbildung der beteiligten Akteure gelegt werden (Rahmenlehrpläne an Hochschulen, Änderung von Ausbildungsordnungen).

Neben der Breitenförderung ist auch die Förderung gezielter Einzelprojekte (Modell-, Demonstrationsförderung) von Bedeutung. Insbesondere sollten Energiesparttechnologien, die ein hohes CO₂-Einsparpotential und gleichzeitig auf mittlere Sicht gute Marktchancen erwarten lassen, erprobt werden. Das Land Hessen hat bereits Erfahrung mit der Durchführung von Modellprojekten im Gebäudesektor. Diese Tradition sollte systematisch fortgeführt und ausgeweitet werden.

Das Thema der energetischen Qualität sollte auch bei der Breitenförderung differenziert berücksichtigt werden: In aller Regel sollten Wärmeschutzmaßnahmen gefördert werden, die die Anforderungen der EnEV für den Gebäudebestand überschreiten. Auf diese Weise wird man aber vorläufig noch kein Niveau erreichen können, das dem langfristigen Klimaschutz gerecht wird. Daher sollte ein Teil der Fördermittel dazu verwendet werden, zukunftsweisende Gebäudekonzepte die dem oben genannten Zielwert von 10 kg CO₂/m²a zumindest nahe kommen, in den Markt einzuführen.

Für den *Nichtwohngebäudebereich* gelten die oben gemachten Aussagen entsprechend: Durch eine Kombination von Förderprogrammen und „weichen“ Maßnahmen sowie eine Verschärfung der ordnungsrechtlichen Standards für den Neubau (EnEV) kann das bestehende Potential besser ausgeschöpft werden. Unterstützend kann das Land Hessen mit seinen Landesliegenschaften eine Vorbildfunktion für Kommunen, Wohnungsunternehmen und Bürger einnehmen.

Anhang A: Ergänzungen zur Ermittlung der CO₂-Minderungspotentiale

Hessische Gebäudetypologie:

Die Baualtersklassen und Gebäudetypen des Mikrozensus stimmen nicht genau mit der IWU-Gebäudetypologie überein. So mussten z.B. die Werte verschiedener Baualtersklassen entsprechend der Länge der jeweiligen Periode neu aufgeteilt werden. Die Zuordnung von Reihenhäusern und Hochhäusern erfolgte auf Basis früherer Auswertungen zur deutschen Gebäudetypologie.

Tabelle 7 gibt Originaldaten des Mikrozensus 2002 wieder (vereinfachte Klasseneinteilung).

Tabelle 7: Wohnfläche nach Gebäudealtersklassen und Gebäudeart nach Mikrozensus 2002
(WE: Anzahl der Wohneinheiten)

	Wohnfläche in ²					zusammen
	1 bis 2 WE	3 bis 6 WE	7 bis 12 WE	13 bis 20 WE	> 21WE	
bis 1918	23.250.000	8.170.000	4.200.000	190.000	100.000	35.910.000
1919 bis 1948	15.660.000	5.280.000	3.080.000	190.000	190.000	24.400.000
1949 bis 1978	71.690.000	23.480.000	15.130.000	3.400.000	7.200.000	120.900.000
1979 bis 1990	23.820.000	5.890.000	2.550.000	680.000	840.000	33.780.000
1991 bis 2002	15.620.000	7.230.000	4.140.000	690.000	630.000	28.310.000
zusammen	150.040.000	50.050.000	29.100.000	5.150.000	8.960.000	243.300.000

Unter Einbeziehung von Wohnungen in Nichtwohngebäuden liefert der Mikrozensus 2002 eine Wohnfläche von 247 Mio m². Nach Angaben des statistischen Landesamtes betrug die Wohnfläche in Hessen im Jahr 2002 ca. 251 Mio m². Es ist also von gewissen statistischen Unsicherheiten auszugehen. Im vorliegenden Bericht wird als Ist-Situation (2005) ein runder Wert von 250 Mio m² Wohnfläche angesetzt.

Bei den Berechnungen wird davon ausgegangen, dass die Gebäude (bis auf den genannten Anteil von 15 % des Bestandes) nicht nachträglich gedämmt wurden, dass aber überall die typische 2-Scheiben-Isolierverglasung (aber noch keine Wärmeschutzverglasung) vorliegt.

Beheizungsstruktur

Zur Ableitung der Beheizungsstruktur nach Tabelle 2 waren einige vereinfachende Annahmen notwendig. Die Zahlenwerte für 2002 wurden für das Jahr 2005 unverändert angesetzt. Es wurde angenommen, dass Gebäude mit Ofenheizung über elektrische Warmwasserbereitung verfügen. Die verbleibenden Fälle mit elektrischer Warmwasserbereitung wurden anteilig auf die Gas-, Öl- und Fernwärme-Zentralheizungen verteilt. Hinweise zur Alterstruktur von Kesseln werden in den „Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks für 2002“ (herausgegeben vom Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks) gegeben. Überschlägig wurde angesetzt, dass der Anteil „alter“ Kessel (vor Anfang der 90er Jahre installiert) im Fall der Gaskessel bei 30 % und im Fall der Ölkessel bei 70 % liegt.

Berechnung des Energiebedarfs

Die Berechnung des Heizwärmebedarfs beruht auf dem Heizperiodenbilanzverfahren der DIN 4108-6. Die in der EnEV eingesetzten Gradtagzahl von 2900 Kd, die an sich für den Neubau bei einer Heizgrenze von 10 °C gelten, können hier übernommen werden, da sie dem mittleren Frankfurter Klima bei einer (für Berechnungen im unsanierten und sanierten Altbau eher angemessenen) Heizgrenze von 12 °C entsprechen¹⁹. Der mittlere Luftwechsel wurde, entsprechend den Annahmen im hessischen Leitfaden für energiebewusste Gebäudeplanung von 0,7 auf 0,6 h⁻¹ reduziert. Die Kenndaten der Wärmeversorgungssysteme (Verluste für Wärmeverteilung und Speicherung, Aufwandszahlen der Wärmeerzeuger, Hilfsstrombedarf) wurden in vereinfachter Form auf Basis des vom IWU entwickelten „Kurzverfahren Energieprofil“²⁰ angesetzt. Für die Berechnung des Energieverbrauchs der Neubauten wurde die am IWU entwickelte Software ENEV-XL angewendet. Dabei wurden die Randbedingungen des hessischen Leitfadens „Energiebewusste Gebäudeplanung“ angesetzt.

Zusammenfassend ist in Tabelle 8 der Heizwärmebedarf der hessischen Gebäude vor und nach einer energetischen Erneuerung der kompletten Gebäudehülle angegeben. In den Untersuchungen wurde angenommen, dass die modernisierten Gebäude im Baujahr vor 1979 liegen.

Tabelle 8: Heizwärmebedarf für die hessische Gebäudetypologie

Hessische Gebäudetypologie: Angabe des Heizwärmebedarfs (in kWh pro m ² Wohnfläche) vor und nach einer energetischen Erneuerung der Gebäudehülle (bis Altersklasse H)											
Baualtersklasse	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Baujahre	bis 1900	1901-1918	1919-1948	1949-1957	1958-1968	1969-1978	1979-1983	1984-1994	1995-2001	ab 2002	
	EFH A	EFH B	EFH C	EFH D	EFH E	EFH F	EFH G	EFH H	EFH I	EFH J	
unsaniert	kWh/m ² a	237	249	211	233	187	143	102	150	112	102
Wärmeschutz nach EnEV (Altbau)	kWh/m ² a	75	102	82	108	88	108	68	106		
verbesserter Wärmeschutz	kWh/m ² a	59	78	62	79	67	75	49	71		
			RH B	RH C	RH D	RH E	RH F	RH G	RH H	RH I	
unsaniert	kWh/m ² a		216	148	198	110	161	111	79	55	
Wärmeschutz nach EnEV (Altbau)	kWh/m ² a		86	67	87	51	75	86	64		
verbesserter Wärmeschutz	kWh/m ² a		68	53	65	40	57	60	45		
		MFH A	MFH B	MFH C	MFH D	MFH E	MFH F	MFH G	MFH H	MFH I	MFH J
unsaniert	kWh/m ² a	220	123	135	189	188	144	119	99	70	65
Wärmeschutz nach EnEV (Altbau)	kWh/m ² a	79	63	75	75	60	72	65	72		
verbesserter Wärmeschutz	kWh/m ² a	60	50	55	60	47	55	48	49		
			GMH B	GMH C	GMH D	GMH E	GMH F				
unsaniert	kWh/m ² a		113	159	137	130	119				
Wärmeschutz nach EnEV (Altbau)	kWh/m ² a		54	70	63	59	53				
verbesserter Wärmeschutz	kWh/m ² a		43	55	48	46	41				
						HH E	HH F				
unsaniert	kWh/m ² a					89	79				
Wärmeschutz nach EnEV (Altbau)	kWh/m ² a					46	50				
verbesserter Wärmeschutz	kWh/m ² a					35	38				

Es ist zu beachten, dass es bisher an Untersuchungen mangelt, die (möglichst in differenzierter Form unter Berücksichtigung verschiedener Gebäudetypen, Wärmeschutzstandards und Heizsystemen) den Zusammenhang zwischen berechnetem und dem tatsächlichen gemessenen Verbrauch (als statistischer Mittelwert) untersuchen. Im vorliegenden Fall ist ausschlaggebend, dass durch die Berechnung die Werte der Landesstatistik „Energiebilanz Hessen“ ungefähr wiedergegeben werden. Die gute Übereinstimmung (bei zusätzlicher Annahme, dass 15 % des Bestandes bereits energetisch modernisiert wurden²¹) bei den Vor-Ort-CO₂-Emissionen wurde bereits dokumentiert. Es ist zu ergänzen, dass sich bei separater Betrachtung der beiden wichtigsten Energieträger zur Wärmeversorgung – Erdgas und Öl – ebenfalls eine befriedigende, aber keine genaue Übereinstimmung ergibt: Laut hessischer Energiebilanz (1999-1997) beträgt der Verbrauch an

¹⁹ Die Werte gelten für eine Innentemperatur von 19 °C.

²⁰ T. Loga, N. Diefenbach, J. Knissel, R. Born, *Entwicklung eines vereinfachten, statistisch abgesicherten Verfahrens zur Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung des Energieprofils von Gebäuden – „Kurzverfahren Energieprofil“*, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2005

²¹ Es ist hier noch zu erwähnen, dass bei der Durchführung von Modellrechnungen darauf geachtet werden muss, dass die bereits sanierten Gebäude separat behandelt werden, d.h. z.B. nicht mit mittleren U-Werten teilsanierter Gebäude gerechnet werden darf. In diesem Fall würden die Einsparpotentiale unterschätzt, denn zunächst werden auch weiterhin unsanierte Bauteile gedämmt werden.

Erdgas und Öl 23,2 bzw. 24,9 TWh (klimabereinigt). Die Hochrechnung mit Hilfe der Gebäudetypologie und Beheizungsstruktur ergibt für Erdgas und Öl 24,1 bzw. 23,7 TWh.

Klimabereinigungen wurden auf Basis der Heizgradtage durchgeführt. Dabei wurde angenommen dass 20 % des Energiebedarfs nicht klimaabhängig sind (z.B. Warmwasserbedarf, konstanter Anteil von Verteilungsverlusten).

Grundsätzlich stellt sich die Frage, in welchem Umfang sich die vom Menschen verursachte Klimaänderung auch in Hessen bereits heute durch mildere Winter und eine entsprechende Reduzierung des Heizenergieverbrauchs auswirkt. Als langjähriger Mittelwert des Frankfurter Klimas wird hier wie gesagt von einer jährlichen Gradtagzahl von 2900 Kd für die Heizgrenze 12 °C und 19 °C Innentemperatur ausgegangen. Der InKlim-Baustein II (HLUG) liefert hierzu interessante Ergebnisse. Demnach wäre es durchaus denkbar, dass die Gradtagzahlen in der Periode 2001-2010 nur ca. 2620 und 2011-2020 nur noch ca. 2500 Kd betragen. Ob dies tatsächlich so eintritt, ist schwer zu beurteilen, zumal nach Aussagen aus der Klimaforschung regionale Vorhersagen im Allgemeinen erheblich schwieriger zu treffen sind als Aussagen über die globale Mitteltemperatur. Für die vorliegende Untersuchung dürfte ausschlaggebend sein, dass als Ergebnis vor allem die - insbesondere durch neue Klimaschutzmaßnahmen - von 2005-2012 erreichbaren CO₂-Einsparungen von Interesse sind. Für einen so kurzen Betrachtungszeitraum erscheint es nicht als angebracht, den technisch erreichbaren CO₂-Minderungen eine kontinuierliche Klimaänderung zu überlagern. Für längerfristige Betrachtungen z.B. den Vergleich zwischen 1990, dem Basisjahr des Kyoto-Prozesses, und 2012 können derartige Betrachtungen dagegen durchaus von Interesse sein. Hier ist allerdings anzumerken, dass das Jahr 1990 auch schon einen sehr milden Winter aufwies (in Frankfurt: 2548 Kd).

Energiebilanz der Wärmeversorgung

Die Ansätze zur Berechnung der Energiebilanz der Wärmeversorgung (Heizung und Warmwasser) im Gebäudebestand sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Für den Neubau wurde das vom IWU entwickelte Programm EnEV-XL verwendet (s. www.iwu.de).

Tabelle 9: Ansätze zum Wärmeversorgungssystem. Die Angaben in kWh/m²a beziehen sich auf die Wohnfläche der Gebäude

Verteilungsverluste Heizung in kWh/m ² a	
EFH, zentral alt, Wand ungedämmt	21,3
MFH, zentral alt, Wand ungedämmt	15,0
EFH, zentral, neu	11,3
MFH, zentral, neu	7,5
Verteilungsverluste Warmwasser in kWh/m ² a	
EFH zentral alt	25,0
MFH zentral alt	18,8
EFH zentral neu	10,0
MFH zentral neu	6,3
dezentral alt	1,3
dezentral neu	1,3
Speicherverluste Warmwasser in kWh/m ² a	
EFH zentral alt	8,8
MFH zentral alt	3,8
EFH zentral neu	3,8
MFH zentral neu	1,3
dezentral	1,3

Erzeugeraufwandszahlen Heizung	
Gaskessel alt	1,18
Gaskessel neu	1,06
Ölkessel alt	1,25
Ölkessel neu	1,12
Elektroheizung	1
Fernwärme	1
Ofenheizung Öl/Gas (inkl. Teilbeheizung)	1,1
Ofenheizung Kohle/Holz (inkl. Teilbeheizung)	1,2
Erzeugeraufwandszahlen Warmwasser	
Gaskessel alt	1,5
Gaskessel neu	1,11
Ölkessel alt	1,7
Ölkessel neu	1,15
Elektrisch	1
Fernwärme	1
Hilfsstrom Heizung in kWh/m ² a	
Zentralheizung alt	5,0
Zentralheizung neu	3,8
dezentrales System	0,0
Hilfsstrom Warmwasser in kWh/m ² a	
zentrales System alt	2,5
zentrales System neu	1,9
dezentrales System	0,0

Ermittlung der CO₂-Emissionen

Es werden direkte CO₂-Emissionen ausgewiesen (keine CO₂-Äquivalente unter Berücksichtigung anderer Klimagase, keine Berücksichtigung von Vorketten für Gewinnung, Aufbereitung und Transport der Energieträger). Ausnahme: Bei der Verwendung von Strom und Fernwärme werden, so lange nichts anderes gesagt ist, die direkten CO₂-Emissionen in den Kraftwerken und Heizkraftwerken mit berücksichtigt. Als Stromverbrauch wird nicht nur die direkte Wärmeerzeugung, sondern auch der Hilfsstrom (Regelung von Heizungsanlagen, Umwälzpumpen) angerechnet.

Die CO₂-Emissionsfaktoren wurden im Sinne einer einheitlichen Analyse weitgehend vom IER Stuttgart für das Inklim-Projektteam vorgegeben. Im Fall der Kohle wurde hier eine Mittelwertbildung entsprechend der Anteile von Stein- und Braunkohle in der Beheizungsstruktur vorgenommen. Der Wert für Fernwärme hängt grundsätzlich von der gewählten Methodik zur Bewertung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen ab und kann daher immer nur als grober Anhaltswert angesehen werden. Biomasse aus nachhaltigem Anbau wird als regenerativer Energieträger behandelt (es wird genauso viel CO₂ erzeugt, wie vorher in den Pflanzen gebunden wurde). In Tabelle 10 sind die verwendeten Faktoren aufgelistet.

Tabelle 10: CO₂-Emissionsfaktoren

Angaben in kg CO ₂ pro kWh Endenergie	
	CO ₂ -Emissionen in Haushalten, ohne Vorketten
Erdgas	0,2
Öl	0,27
Strom	0,75
Kohle	0,354
Fernwärme	0,18
Biomasse	0

Bei den Berechnungen wurde berücksichtigt, dass die Verbesserung des Wärmeschutzes und der Wärmeversorgungseffizienz gemeinsam weniger CO₂ einsparen als die Summe der Einzelmaßnahmen. Die Aufteilung wurde hier so vorgenommen, dass die CO₂-Einsparungen der Heizungsenergieerneuerung sich auf die noch nicht modernisierten Gebäude beziehen, d.h. die dem Wärmeschutz zugerechneten CO₂-Einsparungen werden durch die verbesserte Heizungseffizienz verringert. Tatsächlich werden Heizungserneuerungen häufiger durchgeführt, so dass Wärmeschutzmaßnahmen von daher als zusätzliche Maßnahmen betrachtet werden können, theoretisch könnte man aber durchaus auch anders bilanzieren.

Zukünftige Entwicklung der Beheizungsstruktur

Tabelle 11 zeigt die für das Jahr 2020 angesetzte Beheizungsstruktur für die Gebäude des heutigen Bestandes. Sie beruht auf der Annahme, dass bis dahin alle alten Heizkessel von vor 1990 ersetzt wurden. Weiterhin wurden überschlägig Trends berücksichtigt, die sich aus dem Vergleich der bundesweiten Daten zum Mikrozensus 1998 und Mikrozensus 2002 ergeben (die Veränderungen durch den Neubau dieser Jahre mit seiner deutlich anderen Beheizungsstruktur wurden dabei herausgerechnet):

Zunahme von Fernwärme: 0,1 %/a, Zunahme von Zentralheizungen: 0,7 %/a, Abnahme von Ofenheizungen: 0,8 %/a²². Abnahme von Ölheizungen: 0,3 %/a.

²² Hier hätten sich teilweise rechnerisch Werte unter Null ergeben. Es wurde angenommen, dass bei allen Typen von Ofenheizungen ein Restbestand von mindestens 0,1 % übrig bleibt.

Tabelle 11: Angenommene Beheizungsstruktur des heutigen hessischen Gebäudebestandes in 15 Jahren, d.h. im Jahr 2020

Hessen i. 15 Jahren	EFH	MFH	zusammen
Sammelheizungen			
Gas-Zentralheizung alt	0,0%	0,0%	0,0%
Gas-Zentralheizung alt + el. W	0,0%	0,0%	0,0%
Gas-Zentralheizung neu	42,5%	54,4%	48,4%
Gas-Zentralheizung ne +el.WV	5,4%	8,8%	7,1%
Öl-Zentralheizung alt	0,0%	0,0%	0,0%
Öl-Zentralheizung alt + el. WV	0,0%	0,0%	0,0%
Ölzentralheizung neu	42,7%	20,2%	31,6%
Ölzentralheizung neu + el. WV	0,8%	2,2%	1,5%
Fernwärme	1,2%	8,2%	4,7%
Fernwärme + el. WV	3,2%	2,9%	3,1%
Ofenheizungen			
Elektroheizung	3,7%	2,8%	3,3%
Ofenheizung Gas	0,1%	0,1%	0,1%
Ofenheizung Öl	0,1%	0,1%	0,1%
Ofenheizung Kohle	0,1%	0,1%	0,1%
Ofenheizung Holz	0,1%	0,1%	0,1%
	100,0%	100,0%	100,0%
Gas	48,0%	63,3%	55,6%
Öl	43,6%	22,6%	33,2%
Strom	3,7%	2,8%	3,3%
Fernwärme	4,4%	11,1%	7,7%
Kohle	0,1%	0,1%	0,1%
Holz	0,1%	0,1%	0,1%
	100,0%	100,0%	100,0%
Zentral-Etagen.	91,4%	85,6%	88,6%
Fernwärme	4,4%	11,1%	7,7%
Ofenh.	4,1%	3,2%	3,7%
	100,0%	100,0%	100,0%

Beim Neubau wurden die Ergebnisse des Mikrozensus 2002 für die Baujahre 1996-2000 ausgewertet, da die Daten der jüngeren Gebäude teilweise nicht als plausibel erschienen.

Kostenbetrachtung

Die Kostendaten wurden aus verschiedenen Projekten des IWU (unter Berücksichtigung neueren Auswertungen über Niedrigenergiehäuser im Bestand) angesetzt.

Tabelle 12: Angenommene Kosten von Wärmeschutzmaßnahmen

	Sockelkosten (hypothetische Kosten der Wärmeschutzmaßnahme bei 0 cm Dämmung)	Zusatzkosten pro cm Dämmstoff	Kosten einer reinen Instandhaltungsmaßnahme (ohne Wärmedämmung)
	€/m ² Bauteilfläche	€/m ² Bauteilfläche cm	€/m ² Bauteilfläche
Dämmung Außenwand	69	1,3	50
Dämmung Steildach	115	1,1	100
Dämmung Flachdach	110	1,1	100
Dämmung Obergeschosdecke (zur Hälfte begehbar)	13	0,9	0
Dämmung Kellerdecke	17	1	0
Fenster austausch	300	-	300

Bei der Hochrechnung wurden unterschiedliche Erneuerungsraten für die einzelnen Gebäudebauteile berücksichtigt. Über die aktuellen Werte ist nichts genaues bekannt, nach Ergebnissen der 1 %-Gebäude- und Wohnungsstichprobe von 1993 sowie Untersuchungen über Erneuerungszyklen von Gebäudebauteilen ist aber davon auszugehen, dass der Wärmeschutz von Kellerdecken deutlich seltener durchgeführt wird als die Dach- oder Außenwanddämmung, am häufigsten aber eine Fenstererneuerung stattfindet. In den Untersuchungen wurde von einer Gewichtung der Häufigkeit Kellerdeckendämmung / Wand-/Dachdämmung / Fenstererneuerung von 0,25/1/2 ausgegangen. Tabelle 13 zeigt die Details der Berechnung.

Tabelle 13: Kostenberechnung für die Modernisierung des hessischen Gebäudebestandes von 250 Mio m² Wohnfläche (Wfl) (Modernisierungsrate Wärmeschutz: 2,5%/a, Zinssatz: 4 %)

	Investitionskosten	energ. Mehrk.	Gewichtung	Gewichtung	jährliche	Inv.-Kosten	energ. Mehrk.	Nutzungs-	Annuitäts-	ann. Mehrk.
	Euro/m ² Wfl	Euro/m ² Wfl	Einsparung	Erneuerung	Mod.-Raten	Mio €	Mio €	dauer (Jahre)	faktor	Mio €/a
Wand	78,6	33,5	0,51	1	2,46%	483	206	30	0,058	11,9
Dach/OGD	76,2	23,9	0,28	1	2,46%	468	147	30	0,058	8,5
Kellerdecke	13,4	13,4	0,11	0,25	0,61%	21	21	30	0,058	1,2
Fenster	56,5	0	0,1	2	4,91%	694	0	25	0,064	0,0
					Summe:	1666	373		Summe:	21,6

Die Investitionskosten und energetischen Mehrkosten pro m² Wohnfläche folgen aus den Angaben in Tabelle 12 und der Verteilung der Bauteilflächen in der hessischen Gebäudetypologie (Wärmeschutzmaßnahmen gemäß Altbau-Anforderungen der EnEV). Die „Gewichtung Einsparung“ gibt an, wieviel die energetische Erneuerung der jeweiligen Bauteile zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs bei einer Vollsanierung beiträgt. Sie basiert ebenfalls auf einer Analyse der hessischen Gebäudetypologie. Aus dieser Kenngröße und der bereits erwähnten Häufigkeitsgewichtung bei der Erneuerung lassen sich die Modernisierungsraten der jeweiligen Bauteile ableiten, wenn eine Gesamt-Modernisierungsrate vorgegeben wird (hier 2,5 %/a). Auf dieser Grundlage ergeben sich die Gesamtkosten und, unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer und eines Zinssatzes von 4 %, die annuisierten energetischen Mehrkosten.

Die Unterteilung der CO₂-Einsparungen und Kosten in Ein- und Mehrfamilienhäusern wurde überschlägig mit folgenden Faktoren vorgenommen: Der Wohnflächenanteil der Einfamilienhäuser (inklusive Zweifamilien- und Reihenhäuser) beträgt ca. 60%. Die Energiebilanzberechnungen ergaben, dass die spezifischen CO₂-Einsparung pro m² Wohnfläche durch Wärmeschutz in Mehrfamilienhäusern 75 % des Wertes für Einfamilienhäuser beträgt. Bei den spezifischen Investitionskosten pro m² Wohnfläche kommen die Mehrfamilienhäuser auf 60 %, bei den spezifischen energetischen Mehrkosten auf 68 % der spezifischen Kosten der Einfamilienhäuser. Damit ergibt sich, dass die CO₂-Minderungen in Hessen insgesamt zu rund 2/3 auf Einfamilienhäuser und 1/3 auf Mehrfamilienhäuser entfallen, bei den Investitionskosten für Wärmeschutz beträgt die Aufteilung EFH/MFH 71%/29%, bei den energetischen Mehrkosten 69%/31%. Damit ergeben sich die Werte von Tabelle 5. Bei der Umrechnung der Kosten für Nichtwohngebäude im unteren Teil von Tabelle 6 wurden die Kostenrelationen für Mehrfamilienhäuser (Kosten im Verhältnis zu CO₂-Minderungen) aus Tabelle 5 angesetzt.

Die in Tabelle 14 dokumentierten Energiepreise wurden in Abstimmung mit dem Projektpartner IER, der Basiswerte für das Inklim-Projekt zur Verfügung gestellt hat, angesetzt. Vereinfachend wurde hier keine dynamische Kostensteigerung berücksichtigt, die Preise sind also als Mittelwerte über den Betrachtungszeitraum aufzufassen. Sie entsprechen in etwa dem für 2010 angenommenen Preisniveau.

Tabelle 14: Angesezte Energiepreise (Euro pro kWh Endenergie)

	Euro/kWh
Heizöl	0,047
Erdgas	0,054
Strom	0,186
Fernwärme	0,054
Kohle	0,07
Heizstrom	0,12
Biomasse	0,04

Über die Ansätze bei der Heizungserneuerung, die nur zur einer sehr groben Abschätzung der Investitionskosten dienen, gibt Tabelle 15 Aufschluss.

Tabelle 15: Kostenberechnung für die Modernisierung der Wärmeversorgung.

	jährliche Mod.Rate	jährlich. mod. Wohnfläche in m ²	Kosten Euro/m ² Wfl	jährl. Investition Mio €
Ersatz alter Kessel (Baujahr ca. vor 1990) u. Dämmung der Leitungen	1,90%	4750000	18	85,5
Ersatz von neueren Kesseln (Baujahr ab ca. 1990)	0,55%	1375000	12	16,5
Ersatz von Ofenheizung durch Zentralheizung	0,33%	825000	70	57,75
Summe:	2,78%		Summe:	159,75

Die Modernisierungsraten ergeben sich überschlägig aus den Annahmen zur Änderung der Beheizungsstruktur, bei den neueren Kesseln wurde eine Rate von 1 % angenommen und deren Anteil von ca. 55 % im Heizungsbestand 2005 berücksichtigt. Daraus lässt sich (auf Basis einer Gesamtwohnfläche von 250 Mio m²) die jeweils jährlich modernisierte Wohnfläche ableiten. Bei den flächenbezogenen Modernisierungskosten handelt es sich um grobe Schätzwerte.

Anhang B: Nichtwohngebäude in Hessen

Als Nichtwohngebäude werden Gebäude bezeichnet, die überwiegend (mindestens zu mehr als der Hälfte der Nutzfläche) Nichtwohnzwecken dienen. Zu den Nichtwohngebäuden zählen in der Regel Anstaltsgebäude, Büro- und Verwaltungsgebäude, landwirtschaftliche Betriebsgebäude, nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude (wie z.B. Fabrikgebäude, Handelsgebäude und Hotels) und sonstige Nichtwohngebäude (wie z.B. Schulgebäude, Kindertagesstätten und Sporthallen) (*Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden 2004*).

Über die gesamte Grundfläche der Nichtwohngebäude in Deutschland gibt es keine gesicherten statistischen Angaben. Die Datenlage ist sowohl für Deutschland insgesamt als auch für Hessen unzureichend, da Nichtwohngebäude in Deutschland nur im Jahre 1950 einmalig statistisch erfasst wurden. Dabei wurde nur die Gesamtzahl der Nichtwohngebäude ohne Differenzierung nach Gebäudekategorien und ohne Angaben zur Größe und zum Alter der Gebäude erfasst. Eine Fortschreibung auf dieser Basis ist nicht erfolgt. Eine interne Zählung des Statistischen Bundesamtes ergab für 1988 eine Zahl von 4.973.979 Nichtwohngebäuden (*Gierra und Erhorn 1993*).

Im Mikrozensus werden Nichtwohngebäude nur dann erfasst, wenn Wohnungen in Nichtwohngebäuden (z.B. Hausmeisterwohnung) vorhanden sind. Dies trifft jedoch nur auf einen kleinen Teil der Nichtwohngebäude zu. Weiterhin ist auf Basis der amtlichen Statistiken keine generelle Differenzierung zwischen beheizten und nicht beheizten Nichtwohngebäuden möglich. Im Rahmen der bundesweiten Erfassung von Baugenehmigungen und Baufertigstellungen wird zwar seit 1979 das Kriterium der Beheizbarkeit für neu errichtete Gebäude, nicht aber für Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden ausgewiesen. In den Baufertigstellungsstatistiken für Hessen wird dieses Merkmal nicht erfasst. Für den Nichtwohngebäudebereich sind daher nur grobe Abschätzungen auf Basis vorhandener Studien und Statistiken (z.B. Bautätigkeitsstatistik, Arbeitsstättenzählung) möglich. Erschwerend kommt hinzu, dass die in den Studien und Statistiken gemachten Angaben sich zum Teil auf unterschiedliche Definitionen des Begriffs „Nichtwohngebäude“ stützen und daher mit Vorsicht interpretiert werden müssen.

Die im Rahmen der IKARUS-Untersuchung erstellte Studie von *Gierra und Erhorn (1993)* bezieht sich auf beheizte Nichtwohngebäude für Arbeit, Kultur, Sport und Freizeit (der sog. „Kleinverbrauch“). Nicht berücksichtigt wurden Nichtwohngebäude industrieller Nutzung (zwischen 50.000 und 100.000 Gebäudeeinheiten) und Nichtwohngebäude mit landwirtschaftlicher Nutzung (ca. 1,6 Mio. Gebäude). Die Studie gelangt für Westdeutschland zu folgenden Flächenabschätzungen für das Jahr 1993:

- Gebäudenutzfläche Industrie: 0,2 Mrd. m²
- Gebäudenutzfläche Landwirtschaft: 1,6 Mrd. m²
- Gebäudenutzfläche Kleinverbrauch: 0,91 Mrd. m²

Weiterhin wurden in der Studie die Nichtwohngebäude des Kleinverbrauchs in 21 Gebäudetypen aufgeteilt und zusätzlich nach 4 Baualtersklassen unterschieden.

In *Kleemann (2000)* wurden die Daten der IKARUS-Studie aktualisiert und eine Abschätzung bis 2020 bzw. 2050 unternommen.

Für die Entwicklung der Gebäudeflächen bis 2020 wurden folgende Annahmen gemacht:

	<i>Bestand 1995</i>	<i>Bestand 2020</i>
Nichtwohngebäude (Kleinverbrauch):	0,93 Mrd. m ²	0,99 Mrd. m ²

Der Anteil der Nichtwohngebäude an der gesamten Gebäudefläche in Deutschland wird von *Rußig (1999)* unter Bezugnahme auf die Gemeinschaftsstudie EUROPARC mit 38 %, der Anteil der Wohngebäude an der gesamten Gebäudefläche mit 62 % angegeben. Nichtwohngebäude sind bei EUROPARC:

- Infrastrukturgebäude und Gebäude des gewerblichen Dienstleistungssektors (Bildung und Forschung, Gesundheits- und Sozialwesen, Freizeit, Sport, Kultur, Büro und Verwaltung, Handel)
- Gebäude des produzierenden Sektors („Industriegebäude“, Fabriken und Werkstätten, Produktionslager)
- Lagergebäude für Distributionszwecke (Handelslager)

Nichtwohngebäude mit landwirtschaftlicher Nutzung werden nicht erfasst.

Bei einer Wohnfläche in Deutschland von 3,1 Mrd. m² berechnet sich daraus eine Grundfläche für die Nichtwohngebäude von 1,9 Mrd. m² (*Steinmüller et. al 1999*). Unterstellt man dieselbe Verteilung von Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden auch für Hessen ergibt sich bei einer Gebäudefläche für Wohngebäude von 243 Mio. m² (*Wohnungsbericht Hessen 2004*) eine Gebäudefläche von hessischen Nichtwohngebäuden von 149 Mio. m² für das Jahr 2002.

	<i>Deutschland 1999</i>	<i>Hessen 2002</i>
Gesamtgebäudefläche:	5 Mrd. m ²	392 Mio. m ²
Nichtwohngebäude:	1,9 Mrd. m ²	149 Mio. m ²
Wohngebäude:	3,1 Mrd. m ²	243 Mio. m ²

Ausgehend von dieser Abschätzung kann der Bereich Nichtwohngebäude weiter differenziert werden. Es bietet sich an, zunächst den beheizten Kleinverbrauch aus *Kleemann (2000)* zu berücksichtigen. Dort kann für das Jahr 1995 der Flächenbestand des Kleinverbrauchs für Deutschland mit 0,93 Mrd. m² errechnet werden. Hochgerechnet mit einer durchschnittlichen jährlichen Steigerungsrate für Nichtwohngebäude von 0,3 % (*Kleemann 2000*) ergibt sich für 1999 eine Zahl von 0,94 Mrd. m² (49 % der gesamten Fläche von Nichtwohngebäuden wird vom sog. „Kleinverbrauch“ eingenommen). Übertragen auf Hessen ergibt sich für das Jahr 2002 eine Gebäudefläche des Kleinverbrauchs von 73,68 Mio. m². Hinzu kommen die industriellen Gebäude: Hier wird die Gebäudenutzfläche für Deutschland für das Jahr 1999 mit 0,22 Mrd. m² abgeschätzt (*ausgehend von Gierga und Erhorn 1993*). Nimmt man an, dass die Hälfte der industriellen Nichtwohngebäude be-

heizt ist²³ (*Baufertigstellungen, Statistisches Bundesamt 2003*) ergibt sich daraus eine beheizte Gebäudefläche für industrielle Gebäude für Deutschland von 0,11 Mrd. m² und für Hessen von ca. 8,62 Mio. m² (bei Annahme eines Anteils der industriellen Gebäudefläche an der gesamten Nichtwohngebäudefläche von 6 %). Der verbleibende Rest der Nichtwohngebäude wird als nicht beheizt angenommen (für Deutschland 0,85 Mrd. m², für Hessen 66,62 Mio. m²).

	Deutschland (Mrd. m ²) 1999	Hessen (Mio. m ²) 2002
Gesamte Gebäudefläche	5	391,9
Wohngebäude	3,1	243
Nichtwohngebäude	1,9	149
davon Kleinverbrauch beheizt (aus Kleemann 2000)	0,94	73,68
davon industrielle Gebäude (und Handelslager) beheizt (50%)	0,11	8,62
davon nicht beheizte Nichtwohngebäude	0,85	66,62

Zu den beiden Gruppen „Kleinverbrauch“ und „industrielle Gebäude“ müssen nun noch die beheizten landwirtschaftlichen Betriebsgebäude hinzugezählt werden. Ausgehend von einer geschätzten Anzahl landwirtschaftlicher Gebäude für Hessen von 144.000 Gebäudeeinheiten für das Jahr 1993 (*Gierga und Erhorn 1993, Zahl heruntergebrochen auf Hessen*), einer durchschnittlichen Gebäudenutzfläche von 524,24 m² (*Baufertigstellungen; Statistisches Bundesamt 2003*), einem Anteil der beheizten Gebäudefläche an der Gesamtgebäudefläche landwirtschaftlicher Betriebsgebäude von 10 % (*Baufertigstellungen; Statistisches Bundesamt 2003*) und einer jährlichen Nettozuwachsrate von 0,3 % (*Kleemann 2000*) ergibt sich für 2002 eine beheizte Gebäudefläche landwirtschaftlicher Betriebsgebäude von 7,9 Mio. m² für Hessen. Die insgesamt in Hessen vorhandene beheizte Gebäudefläche in Nichtwohngebäuden beträgt demnach in 2002 ca. 90,2 Mio. m².

Die ermittelten Flächenangaben können für das Segment des Kleinverbrauchs unter Nutzung der IKARUS-Gebäudetypologie für Nichtwohngebäude weiter unterteilt werden. Die Flächenanteile der einzelnen Gebäudetypen wurden dabei für das Jahr 2002 auf Hessen übertragen. Die Gebäudetypen „Industrielle Gebäude“ und „Landwirtschaftliche Betriebsgebäude“ wurden nicht weiter segmentiert. Daraus resultiert folgende Typologie hessischer Nichtwohngebäude mit den entsprechenden Flächenschätzungen. Die ermittelten Zahlen für Nichtwohngebäude in Hessen sollten aufgrund der genannten Unsicherheiten mit einem Zu- bzw. Abschlag von jeweils 10 % versehen werden:

²³ Der Anteil nicht beheizbarer Nichtwohngebäude am Neubauvolumen beträgt ermittelt durch Auswertung der Baufertigstellungen ca. 50 %. Dieser Anteil ist nach der Studie von *Gierga und Erhorn 1993* nur bedingt auf den gesamten Nichtwohngebäudebestand übertragbar, da davon ausgegangen werden muss, dass ein großer Teil sehr alter Gebäude überwiegend nicht beheizt wird und nur zu untergeordneten Zwecken dient. Die ermittelte Gebäudefläche beheizter industrieller Nichtwohngebäude ist daher tendenziell etwas zu hoch abgeschätzt.

Nichtwohngebäudetyp	Hessen	Energiekennwerte hess. Landesliegenschaften	
	Fläche Mio. m ² Schätzung 2002	Mittelwerte Heizenergie kWh/m ² a	Gesamt Mio. kWh/a
1 Stadthaus mit Laden und Büros/Gewerbeflächen	5,66	190	1.074,9
2 Stadthaus mit Büros und Publikumsverkehr	7,85	190	1.491,9
3 Öffentliche Gebäude mit Publikumsverkehr	1,57	140	219,6
4 Ladenlokal freie Lage verarbeitendes Gewerbe	2,41	190	457,1
5 aneinandergereihte Ladenlokale	2,46	190	468,0
6 Ladenlokal Stadtrand	5,07	190	963,7
7 Stadthaus mit Gewerbe, Büros	15,34	150	2.300,8
8 Geschäftshaus mit Bank, Praxen etc.	2,16	190	410,8
9 Kleines Verwaltungsgebäude	6,30	150	944,9
10 Gewerbebau I (z.B. Reoproanstalt)	1,99	170	338,6
11 Grosses Kaufhaus	3,66	150	548,7
12 Bank/Verwaltungsgebäude mit Läden	0,30	150	45,1
13 Gewerbebau II (z.B. Schreinerei)	1,84	210	385,8
14 Beherbergungsstätte	1,98	300	595,0
15 Stadthalle	1,40	250	349,5
16 Altenheim	0,33	300	98,0
17 Grosses Verwaltungsgebäude	3,21	150	481,6
18 Verkaufs- und Ausstellungsgebäude	2,63	190	500,1
19 Berufsschule	1,23	120	147,3
20 Produktionsgebäude mit Büroanteil	1,85	210	387,5
21 Krankenhaus	4,45	300	1.333,9
22 industrielle Gebäude (beheizt)	8,62	210	1.810,6
23 landwirtschaftliche Betriebsgebäude (beheizt)	7,90	110	868,9
Summe	90,20		16.222,4
Durchschnittlicher Heizenergieverbrauch	179,9		

Um den einzelnen Gebäudetypen durchschnittliche Heizenergiekennwerte zuordnen zu können, wurde die *VDI 3807*, eine Untersuchung über Energieverbräuche von Bildungsgebäuden in Deutschland (*Kluttig et al. 2001*), die Untersuchung von Kleemann über die Entwicklung des Wärmemarktes für den Gebäudesektor und 2050 (*Kleemann 2000*) und eine Untersuchung über Energiekennwerte hessischer Landesliegenschaften (*Knissel 1996*) ausgewertet. Die in diesen Studien verwendeten Gebäudebezeichnungen stimmen nicht mit der im IKARUS-Projekt verwendeten Typologie überein. Die erfolgte Zuordnung von durchschnittlichen Heizenergieverbräuchen zu einzelnen Nichtwohngebäudetypen ist daher mit einem hohen Unsicherheitsfaktor belastet. Für den Nichtwohnbereich in Hessen ergab sich ein durchschnittlicher Heizenergieverbrauch von 179,9 kWh/m²a unter Verwendung der Energiekennwerte hessischer Landesliegenschaften und ein durchschnittlicher Heizenergieverbrauch von 159,7 kWh/m²a unter Verwendung der Durchschnittswerte der *VDI 3807*. *Kleemann (2000)* gibt für den Kleinverbrauch der ABL für das Jahr 1995 einen Endenergieverbrauch für Raumwärme von 713 PJ an. Bei einer Gesamtfläche von 850,5 Mio. m² ergibt sich daraus ein durchschnittlicher Heizenergieverbrauch von 233 kWh/m²a. In obiger Abbildung wurden die Energiekennwerte hessischer Landesliegenschaften den jeweiligen Nichtwohngebäudetypen zugeordnet. Demnach ergibt sich für den Nichtwohnbereich in Hessen für 2002 ein geschätzter Heizenergieverbrauch (Endenergieverbrauch für Heizung ohne Hilfsstrom und Warmwasser) von 16.222 Mio. kWh/a.

Literatur

- Bartholmai, B.: Energieeinsparung im Wohnungsbestand – Investitionen müssen verstärkt werden, Wochenbericht des DIW Berlin 31/00
- BASF AG (Hrsg.): Im Dialog, Klimaschutz und Ressourcenschonung: CO₂-Minderung durch Wärmedämmmaßnahmen im Gebäudebestand, 2005
- Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (Hrsg.): Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks für 2002, o.J.
- Diefenbach et al.: *Beiträge der EnEV und des KfW-CO₂-Gebäudemodernisierungsprogramms zum Nationalen Klimaschutzprogramm*, Darmstadt, 2005
- Ebel et al. : Der zukünftige Heizwärmebedarf der Haushalte, Darmstadt, 1996
- Feist, W.: Energiekosten senken – Klimaschutz verbessern – neue Arbeitsplätze schaffen – Jetzt! Förderkonzept Gebäudebestands-Modernisierung, Studie im Auftrag der „jetzt“- Bundesinitiative zukunftsorientierte Gebäudemodernisierung, Darmstadt, 2000
- Gierga, M.; Erhorn, H.: Bestand und Typologie beheizter Nichtwohngebäude in Westdeutschland, IKARUS Teilprojekt 5: Haushalte und Kleinverbraucher, Jülich, 1993
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung (Hrsg.): Wohnungsbericht Hessen 2004, Wiesbaden, 2004
- Kleemann, M., Heckler, R., Kolb, G., Hille, M. : Die Entwicklung des Wärmemarktes für den Gebäudesektor bis 2050, Jülich, 2000
- Kluttig, H., Dirscherl, A. und Erhorn, H.: Energieverbräuche von Bildungsgebäuden in Deutschland, in: Gesundheitsingenieur (gi), Heft 5, 122. Jahrgang 2001, S. 221-268
- Knissel, J.: Energiekennwerte hessischer Landesliegenschaften, Darmstadt, 1996
- Loga, H., Diefenbach, N., Knissel, J., Born, R.: Entwicklung eines vereinfachten, statistisch abgesicherten Verfahrens zur Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung des Energieprofils von Gebäuden – „Kurzverfahren Energieprofil“, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2005
- Rußig, V.: Gebäudebestand in Westeuropa: Fast 17 Mrd. m² Wohn- und Nutzfläche, Ausgewählte Ergebnisse der Studie „EUROPARC – Der Bestand an Gebäuden in Europa“, in: ifo Schnelldienst 12/1999, 52. Jahrgang / 23. April 1999, S. 13-19
- Sautter, H.: Wohnungsbedarfsprognose Hessen 2020, im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, August 2004
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Bautätigkeit und Wohnungen, Bautätigkeit, Fachserie 5 / Reihe 1, Wiesbaden, 2003
- Steinmüller, B., Ebel, W., Knissel, J. Wullkopf, U.: Marktpotential Gebäudesanierung – Grobanalyse, Darmstadt, 1999
- Verein Deutscher Ingenieure: VDI-Richtlinie 3807 Blatt 1, Energieverbrauchskennwerte für Gebäude – Grundlagen, Düsseldorf, 1994