



Bericht 2010.

# dena-Sanierungsstudie. Teil 1: Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung im Mietwohnungsbestand.

Begleitforschung zum dena-Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“.

**dena-Sanierungsstudie. Teil 1: Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung im Mietwohnungsbestand. Begleitforschung zum dena-Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“.**



**Projektkoordination und Projektleitung:**

Nicole Pillen

**Autoren:**

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Henning Discher



Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU)

Eberhard Hinz

Dr. Andreas Enseling

Berlin, 8. Dezember 2010

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Wir danken dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), der BASF SE und dem Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) für die langjährige Unterstützung und konstruktive Zusammenarbeit in der Projektlaufzeit.

## Inhaltsverzeichnis.

<b>1</b>	<b>Einleitung.</b> .....	<b>8</b>
1.1	Mit gutem Beispiel voran: das dena-Modellvorhaben „Niedrigenergiehaus im Bestand“. .....	9
1.2	Wissenschaftliche Begleitforschung – Grundlagen und Methodik. ....	9
1.2.1	Aufbereitung der Daten und Berechnungsgrundlagen .....	10
1.2.2	Differenzierte Kostenbetrachtung .....	12
1.2.3	Untersuchte Sanierungsstandards .....	13
1.3	Zusammenfassung und Fazit. ....	14
1.4	Ausblick. ....	16
<b>2</b>	<b>Entwicklung der Modellgebäude.</b> .....	<b>17</b>
2.1	Baualtersklassen. ....	17
2.2	Gebäudearten. ....	17
2.3	Gebäudematrix. ....	17
2.4	Auswertung der Daten - Detaillerggebnisse. ....	18
2.5	Spezifische Transmissionswärmeverluste. ....	19
2.6	Anlagentechnik. ....	20
2.7	Einordnung des berechneten Energiebedarfs. ....	22
<b>3</b>	<b>Ergebnisse der Energiebilanzberechnungen.</b> .....	<b>24</b>
3.1	Energiebilanzverfahren. ....	24
3.2	Untersuchte energetische Standards. ....	24
3.3	Spezifische Transmissionswärmeverluste. ....	26
3.4	Primär- und Endenergiebedarf, CO <sub>2</sub> -äquivalente Emissionen. ....	28
<b>4</b>	<b>Praxistauglichkeit der Maßnahmen.</b> .....	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>Vollkosten und energiebedingte Mehrkosten.</b> .....	<b>32</b>
5.1	Datenbasis – systematische Auswertung abgerechneter Projekte. ....	32
5.2	Definition der Vollkosten. ....	32
5.3	Wohnwertverbessernde Maßnahmen. ....	32
5.4	Vollkosten der Maßnahmenpakete. ....	33
5.5	Energiebedingte Mehrkosten der Maßnahmenpakete. ....	34
5.6	Abgleich mit den Angaben der Projektteilnehmer. ....	36
<b>6</b>	<b>Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen.</b> .....	<b>38</b>
6.1	Kapitalwertmethode. ....	38

6.2	Break-even-Mieterhöhungen. ....	39
6.3	Warmmietenneutrale Mieterhöhungen. ....	39
6.4	Parameter und Rahmenbedingungen. ....	40
6.5	Mietverlaufsmodelle. ....	41
6.6	Tatsächlich realisierte Mieterhöhungen und ortsübliche Vergleichsmieten der Modellvorhaben. ....	43
6.7	Konsequenz für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen. ....	45
<b>7</b>	<b>Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen. ....</b>	<b>46</b>
7.1	Energiekosteneinsparung und Break-even-Mieterhöhung ohne Förderung. ....	46
7.2	Kosten und Refinanzierung der energiesparenden Maßnahmen mit Förderung. ....	48
7.3	Exkurs: Energetisches Portfoliomanagement. ....	52
	<b>Anlage 1 – Tabellenblätter. ....</b>	<b>54</b>
	<b>Anlage 2 – Hausdatenblätter. ....</b>	<b>54</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis. ....</b>	<b>56</b>

#### Tabellennachweis.

Tabelle 1: Gliederung der Kosten bei Sanierungen und Modernisierungen .....	12
Tabelle 2: Gebäudeklassen für die Rechenmodelle .....	18
Tabelle 3: Energetische Standards .....	25
Tabelle 4: Beschreibung der Maßnahmenpakete .....	26
Tabelle 5: Berechnete durchschnittliche Vollkosten und energiebedingte Mehrkosten .....	34
Tabelle 6: Berechnete durchschnittliche Vollkosten und energiebedingte Mehrkosten im Vergleich zu den Angaben der Projektteilnehmer .....	36
Tabelle 7: Rahmenbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen .....	40

**Abbildungsnachweis.**

Abbildung 1: Ergebnisse der Auswertung der dena-Datenbank: anteilig Anzahl Projekte, Wohnfläche und Heizwärmebedarf ..... 19

Abbildung 2: Ergebnisse der Auswertung der dena-Datenbank: spezifische Transmissionswärmeverluste nach EnEV ..... 20

Abbildung 3: Eingesetzte Energieträger/Heizsysteme in den MFH und GMFH nach Angaben der Projektteilnehmer ..... 21

Abbildung 4: Spezifische Transmissionswärmeverluste nach EnEV für die einzelnen energetischen Standards und die einzelnen Varianten der Modellgebäude ..... 27

Abbildung 5: Spezifische Transmissionswärmeverluste nach EnEV für die einzelnen energetischen Standards der Modellgebäude (gemittelt) ..... 28

Abbildung 6: End- und Primärenergiebedarf, CO<sub>2</sub>-äquivalente Emissionen für die einzelnen energetischen Standards und die einzelnen Varianten der Modellgebäude ..... 29

Abbildung 7: End- und Primärenergiebedarf, CO<sub>2</sub>-äquivalente Emissionen für die einzelnen energetischen Standards der Modellgebäude (gemittelt) ..... 30

Abbildung 8: Vollkosten und energiebedingte Mehrkosten für die einzelnen energetischen Standards und die einzelnen Varianten der Modellgebäude ..... 35

Abbildung 9: Vollkosten und energiebedingte Mehrkosten für die einzelnen energetischen Standards der Modellgebäude (gemittelt) ..... 35

Abbildung 10: Mietverlaufsmodell I - Ausgangsmiete auf dem Niveau der ortsüblichen Vergleichsmiete ..... 42

Abbildung 11: Mietverlaufsmodell II - Ausgangsmiete unter dem Niveau der ortsüblichen Vergleichsmiete ..... 43

Abbildung 12: Auswertung der Datenbank: tatsächlich realisierte durchschnittliche Mieterhöhungen nach Angaben der Projektteilnehmer ..... 44

Abbildung 13: Auswertung der Datenbank: tatsächlich realisierte durchschnittliche Mieterhöhungen nach Angaben der Projektteilnehmer ..... 45

Abbildung 14: Energiekosten, Energiekosteneinsparung und Break-even ohne Leerstandsreduzierung (gemittelt) ..... 48

Abbildung 15: Vollkosten mit Förderung sowie energiebedingte Mehrkosten (gemittelt) ..... 51

## Abkürzungen.

a	Jahr
$A_N$	Gebäudenutzfläche in Quadratmeter gemäß Energieeinsparverordnung
$CO_2$	Kohlendioxid
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
$€/(\text{m}^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{Mon})$	Euro je Quadratmeter Wohnfläche und Monat
EFH	Einfamilienhäuser; Kurzbezeichnung gemäß Gebäudetypologie Deutschland (1)
EnEV	Energieeinsparverordnung (Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden)
GMFH	Große Mehrfamilienhäuser; Kurzbezeichnung gemäß Gebäudetypologie Deutschland (1)
$H_T$	Transmissionswärmekoeffizient
HH	Hochhäuser; Kurzbezeichnung gemäß Gebäudetypologie Deutschland (1)
K	Kelvin
$\text{kg}/(\text{m}^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{a})$	Kilogramm je Quadratmeter Wohnfläche und Jahr
kWh	Kilowattstunde
kWh/a	Kilowattstunde pro Jahr
$\text{kWh}/\text{m}^2$	Kilowattstunde je Quadratmeter
$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	Kilowattstunde je Quadratmeter und Jahr
$\text{kWh}/(\text{m}^2_{AN} \cdot \text{a})$	Kilowattstunde je Quadratmeter Gebäudenutzfläche und Jahr
$\text{kWh}/(\text{m}^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{a})$	Kilowattstunde je Quadratmeter Wohnfläche und Jahr
$\text{kWh}/\text{m}^3$	Kilowattstunde je Kubikmeter
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
$\text{m}^2$	Quadratmeter
MFH	Mehrfamilienhäuser; Kurzbezeichnung gemäß Gebäudetypologie Deutschland (1)
NEH	Niedrigenergiehaus
U	Wärmedurchgangskoeffizient

$V_e$	Beheiztes Gebäudevolumen
$W/(m^2 \cdot K)$	Watt je Kelvin und Quadratmeter
$W/(m^2_{Hüll} \cdot K)$	Watt je Kelvin und Quadratmeter Hüllfläche
WRG	Wärmerückgewinnung
WSchV	Wärmeschutzverordnung

## 1 Einleitung.

Angesichts des weltweit zunehmenden Energiebedarfs, stark schwankender Energiepreise und nicht zuletzt der Auswirkungen des Klimawandels stehen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft vor großen Herausforderungen. Energieeffizienz im Gebäudesektor spielt bei der Reduzierung des Energieverbrauchs eine zentrale Rolle. Denn nach wie vor liegen im Gebäudebereich die größten Einsparpotenziale: Allein 35 Prozent der Endenergie werden in Deutschland zur Beheizung, Warmwasserversorgung und Beleuchtung von Gebäuden benötigt.

Zudem wurde ein Großteil der rund 18 Millionen Wohngebäude in Deutschland vor 1978 und damit vor dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet. Gleichzeitig liegt der Anteil der Neubauten bei unter einem Prozent. Zur Erreichung der Klimaschutzziele ist im Gebäudebereich demnach die energetische Modernisierung der bestehenden Gebäude entscheidend.

In kaum einem anderen Bereich schaffen Investitionen einen so vielfachen Nutzen: Vermietbarkeit und Betrieb der Immobilie sind langfristig gesichert und der Wert des Gebäudes steigt. Für den Nutzer bewirkt die Steigerung der Energieeffizienz einen höheren Wohnstandard, eine größere Unabhängigkeit von Energiepreissteigerungen und langfristig eine Erhöhung des frei verfügbaren Einkommens. Zudem werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland gesenkt.

Die Einsparpotenziale sind, insbesondere bei Bestandsbauten, enorm. Häuser, die mit marktgängigen Techniken energetisch modernisiert werden, können ihren Energiebedarf um bis zu 85 Prozent senken und weit besser als ein Standard-Neubau sein. Trotzdem gibt es noch Vorbehalte gegenüber energieeffizientem Bauen und Sanieren. Dies ist auf die hohe Komplexität der Bauvorhaben, auf mangelndes Vertrauen in ein hochwertiges Ergebnis, die notwendigen Investitionskosten und auf die Intransparenz des Marktes zurückzuführen. Für die Zukunft gilt es, die Markthemmnisse gezielt abzubauen und die Chancen energieeffizienter Sanierungen zu nutzen, denn immerhin steht in den nächsten 20 Jahren bei fast der Hälfte aller Wohnhäuser in Deutschland eine Sanierung an. Bei einem Bestand von 40,2 Millionen<sup>1</sup> Wohnungen entspricht das rund einer Million zu sanierenden Wohnungen pro Jahr.

---

<sup>1</sup> Statistisches Bundesamt. *Gebäude und Wohnungen. Wiesbaden, 2010*

## 1.1 Mit gutem Beispiel voran: das dena-Modellvorhaben „Niedrigenergiehaus im Bestand“.

Dass die energieeffiziente Modernisierung von Bestandsgebäuden funktioniert, hat die dena im Rahmen des Modellvorhabens „Niedrigenergiehaus im Bestand“ in den vergangenen sieben Jahren an rund 350 Wohngebäuden gezeigt: Bundesweit wurden Häuser mit innovativen und marktgängigen Techniken – energetisch so modernisiert, dass sie zukünftig durchschnittlich 85 Prozent Energie einsparen. Das primärenergetische Niveau der Gebäude liegt durchschnittlich 50 Prozent unter dem eines Neubaus und reicht an das Niveau eines Passivhauses heran. Bei den Sanierungsvorhaben wurden vielfältige bauliche und technische Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz erfolgreich erprobt und realisiert.

Die Modellvorhaben regen als Best-Practice-Beispiele zur Nachahmung an. Denn sie zeigen sowohl den Eigentümern als auch den Fachakteuren, dass ein hocheffizienter Sanierungsstandard mit enormen Energieeinsparpotenzialen realisierbar ist. Und das mit Techniken, die sich längst von der Innovation hin zum Breitenmarkt entwickelt haben. Um den Teilnehmern und weiteren Marktakteuren die gesammelten Erfahrungen zur Verfügung zu stellen, werden von der dena kontinuierlich Daten erhoben und die Erfahrungen in Arbeitskreisen und Kongressen ausgetauscht. Die Verteilung der Modellvorhaben "Niedrigenergiehaus im Bestand" zum Ende des Jahres 2009 ist in der nebenstehenden Grafik dargestellt.



## 1.2 Wissenschaftliche Begleitforschung – Grundlagen und Methodik.

Die Erzeugung von Nachahmungseffekten durch Wissenstransfer sowie Informations- und Motivationskampagnen und die Qualifizierung von Fachleuten sind wichtige Bestandteile des Modellvorhabens.

Die Basis für den Know-how-Transfer schafft die wissenschaftliche Begleitforschung, die zwei vorrangige Ziele verfolgt:

- die Gewinnung praktischer Erfahrungen zu den am Markt verfügbaren Techniken und ihren Kosten sowie die Entwicklung konkreter Handlungsempfehlungen daraus
- die Gewinnung wissenschaftlicher Grundlagen und Basisdaten, die in die Definition neuer Förderstandards und die Gesetzgebung einfließen können.

Die Forschungsergebnisse der vergangenen Projektphasen sind in die stetige Weiterentwicklung der Modellvorhaben eingeflossen. Mit der vorliegenden Studie soll ein weiterer Meilenstein im Rahmen des Know-how-Transfers gesetzt werden und die Erfahrungen aus den Modellvorhaben sollen hinsichtlich der baulichen und technischen Maßnahmen, der Kosten, der Wirtschaftlichkeit und der Energieeinsparung untersucht und bewertet werden.<sup>2</sup>

Ziel war es, auf Basis der Erfahrungen aus dem Projekt übertragbare Handlungsempfehlungen für wohnungswirtschaftlich sinnvolle Maßnahmen zur energetischen Optimierung des Wohngebäudebestandes zu entwickeln. Folgende zentrale Fragestellungen wurden dabei formuliert:

- Welche energetischen Standards sind in der Breite praxistauglich?
- Zu welchen Vollkosten bzw. energiebedingten Mehrkosten sind die Maßnahmen realisierbar?
- Wie stellt sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen dar?
- Welche Förderanforderungen ergeben sich aus den Erfahrungen?

Daneben wurden auch Aspekte der nachhaltigen Vermietbarkeit und die Positionierung am Markt (u. a. Imageverbesserung der Siedlung, höhere erzielbare Mieten etc.) berücksichtigt, auch wenn diese Fragestellungen keine Schwerpunkte der Studie darstellen.

### 1.2.1 Aufbereitung der Daten und Berechnungsgrundlagen

Für die Erstellung der Studie wurden die Daten der fertiggestellten Mehrfamilienhäuser aus dem dena-Modellvorhaben „Niedrigenergiehaus im Bestand“ aufgearbeitet und anonymisiert ausgewertet. Neben den allgemeinen Angaben zu Gebäudegröße, Wohnfläche, Ist-Zustand der Gebäude und energetischen Kenndaten wurden auch abgerechnete Baukosten aus den Handwerkerrechnungen einzelner Projekte einbezogen. Als weitere wichtige Auswertungsgrundlagen dienten die Teilnehmerbefragungen und Zwischenberichte des Instituts Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) und des Instituts für Wohnungswesen, Immobilienwirtschaft, Stadt- und Regionalentwicklung (InWIS) aus den Jahren 2005 bis 2008.

Um eine gute Übertragbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen und die von den Projektteilnehmern übermittelten Daten zu verifizieren, wurden alle Berechnungen bezogen auf die Wohnfläche<sup>3</sup> durchgeführt und folgende Schritte in der vorliegenden Auswertung festgelegt:

- Zuordnung der Daten zu Typengebäuden nach Baualtersklassen auf Basis der deutschen Gebäudetypologie (1), um eine gute Übertragbarkeit der Sanierungsempfehlungen sicherzustellen

---

<sup>2</sup> Die Berechnungen wurden Ende des Jahres 2009 auf Basis der Anforderungen der EnEV 2009 durchgeführt. Detaillierte Angaben hierzu finden sich in Kapitel 3.

<sup>3</sup> Gemäß § 19 (2) EnEV ist die Nutzfläche  $A_N$  um den Faktor 1,2 größer als die Wohnfläche. Die Energiebedarfs- und Verbrauchswerte aus Berechnungen gemäß EnEV werden auf die Nutzfläche bezogen (z. B. 225 kWh/(m<sup>2</sup> Wohnfläche\*a) entsprechen 187,5 kWh/(m<sup>2</sup>  $A_N$ \*a)). Abweichend von den Berechnungsmethoden der EnEV wurden in der vorliegenden Untersuchung die Verbrauchswerte auf die Wohnfläche bezogen, um die Vergleichbarkeit mit den Mietkosten je Quadratmeter Wohnfläche sicherzustellen.

- Zusammenstellung der energetischen Kennwerte und Bildung von Durchschnittswerten für den baulichen und anlagentechnischen Ist-Zustand und sanierten Zustand je Typengebäude
- Abgleich der berechneten Durchschnittswerte (z. B. U-Werte,  $H'_T$ -Werte) mit Erfahrungswerten unter anderem aus der deutschen Gebäudetypologie
- Berechnung des Primärenergiebedarfs und der Transmissionswärmeverluste anhand des öffentlich-rechtlichen Nachweises, um die gesetzlichen Grenzwerte und die Förderbedingungen der Bundesförderung schlüssig abbilden zu können
- Berechnung des Endenergiebedarfs und der Energieeinsparung für die Maßnahmenpakete in den Hausdatenblättern nach dem Leitfaden „Energiebewusste Gebäudeplanung“ des IWU (Monatsverfahren, Randbedingungen in Anlehnung an DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10), um die Energiebedarfskennwerte besser mit gemessenen Energieverbrauchskennwerten vergleichbar zu machen und die Energiesparpotenziale realistischer abzubilden
- Abgleich der berechneten Energiebedarfswerte mit gemessenen Verbrauchswerten aus dem bundesweiten Heizspiegel
- Bewertung der Praxistauglichkeit der Maßnahmen auf Basis der gewonnenen Erfahrungen aus Workshops und Teilnehmerbefragungen während der Projektbegleitung
- Trennung der Investitionskosten in Kosten für wohnwertverbessernde Maßnahmen, Instandhaltungskosten und energiebedingte Mehrkosten auf Basis systematisch ausgewerteter Kostenfeststellungen (2)
- Berechnung der mit der Energiekostensparnis erzielbaren warmmietenneutralen Mieterhöhung
- Berechnung der aus den zusätzlichen energiesparenden Investitionen erforderlichen Mieterhöhung aus Sicht der ökonomischen Mindestanforderungen des Vermieters
- Vergleich der Ergebnisse aus den Wirtschaftlichkeitsberechnungen unter Berücksichtigung einer Förderung aus Mitteln der KfW Förderbank und ohne Berücksichtigung der Förderung

### 1.2.2 Differenzierte Kostenbetrachtung

Voraussetzung für eine verlässliche Berechnung ist die genaue Differenzierung der anfallenden Gesamtkosten. Dabei gilt es, Kosten für wohnwertverbessernde Maßnahmen, Vollkosten der Sanierung und energiebedingte Mehrkosten<sup>4</sup> zu unterscheiden.

<b>Vollkosten der Instandhaltung und Modernisierung</b>	<b>Vollkosten der Sanierung</b>	<b>Instandhaltungskosten und Instandsetzungskosten</b>	Anteiliger Erhaltungsaufwand, um Schäden zu beheben bzw. die Zunahme von Schäden zu verhindern und das Gebäude in einem vermietbaren Zustand zu halten	Finanziert über Rücklagen und künftige Einnahmen aus der bestehenden Nettokaltmiete
		<b>Energiebedingte Mehrkosten (energiebedingte Modernisierungskosten)<sup>5</sup></b>	Anteilige Kosten für energetisch wirksame Bestandteile und Mehraufwendungen an einem Bauteil	Mieterhöhungsspielraum gemäß § 558 oder § 559 BGB
	<b>Modernisierungskosten<sup>5</sup></b>	Wohnwertverbessernde Maßnahmen wie Wohnraumerweiterung (z. B. Dachausbau, Balkonanbau) oder Modernisierung des Innenausbau (z. B. Badmodernisierung)	Mieterhöhungsspielraum gemäß § 558 oder § 559 BGB	

Tabelle 1: Gliederung der Kosten bei Sanierungen und Modernisierungen

Die detaillierte Auswertung der vorliegenden Kostenfeststellungen zu den Modellvorhaben und viele Anfragen bei der dena lassen den Schluss zu, dass es bei den Projekt- und Marktteilnehmern eine große Unsicherheit in Bezug auf die Bestimmung der Vollkosten und der energiebedingten Mehrkosten einer energetischen Modernisierung gibt.

Deshalb wurden die in dieser Studie angesetzten Kostenanteile auf der Basis einer aktuellen umfangreichen Kostenauswertung ermittelt, die das Institut Wohnen und Umwelt derzeit im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) erstellt (2). In diese Untersuchung sind auch die Angaben der Projektteilnehmer eingeflossen, sofern sie nachvollziehbar in detaillierten Rechnungen vorlagen. Die Kostenstrukturen sind detailliert in Kapitel 5 beschrieben.

<sup>4</sup> Detaillierte Erläuterungen der Kostenstrukturen und der Datenbasis der angesetzten Kosten finden sich in Kapitel 5.

<sup>5</sup> Die energiebedingten Modernisierungskosten und weitere Modernisierungskosten sind die aufgewendeten Kosten für bauliche Maßnahmen, die den Gebrauchswert der Mietsache nachhaltig erhöhen, die allgemeinen Wohnverhältnisse auf Dauer verbessern oder nachhaltig Einsparungen von Energie oder Wasser bewirken. Gemäß § 559 BGB sind dies die für eine Mieterhöhung umlagefähigen Kosten.

Nach Auswertung der Daten liegen die energiebedingten Mehrkosten bei einer Sanierung zwischen 30 und 55 Prozent der Vollkosten. Damit sind etwa die Hälfte bis zwei Drittel der Vollkosten einer Sanierung Instandhaltungs- oder Instandsetzungskosten.<sup>6</sup>

In der Untersuchung werden sonstige wohnwertverbessernde Maßnahmen und notwendige Instandsetzung von Gebäudeschäden, die im Zuge einer aufwendigen Instandsetzung und Modernisierung ohnehin durchgeführt werden, nicht betrachtet. Denn diese Maßnahmen ergeben sich aus den Mindestanforderungen des Wohnungsmarktes, mit dem Ziel, die langfristige Vermietbarkeit zu sichern. Diese Kosten können nicht ursächlich im Zusammenhang mit der Energieeinsparung diskutiert werden. Sie müssen vor dem Hintergrund der strategischen Entwicklung des Gebäudebestandes und unter Beachtung der Anforderungen des Wohnungsmarktes (Zuschnitt und Ausstattung der Wohnungen, demografische Entwicklungen, Stadt- und Regionalentwicklung) beurteilt werden. Diese Gesamtkosten aus Modernisierung und Instandsetzung und ihre Umlagefähigkeit am Markt stellen aber eine wichtige Größe für die Entscheidungsfindung eines Investors in der Portfoliobetrachtung seines Gebäudes oder Gebäudebestandes dar. Um klare Aussagen zu erhalten, müssen die verschiedenen Kostenanteile ihren jeweiligen Umlagemöglichkeiten gegenübergestellt und beurteilt werden.

*Einen Beitrag zur Beurteilung der energetisch bedingten Kosten und der ihnen gegenüberstehenden Energiekosteneinsparung liefert die vorliegende Untersuchung. Sie konzentriert sich damit auf die Betrachtung eines wichtigen Bausteins aus der Gesamtbetrachtung des Portfoliomanagements.*

### 1.2.3 Untersuchte Sanierungsstandards

Die für die Typengebäude erarbeiteten Maßnahmen – zusammenfassend dargestellt in den Tabellen in Anlage 1 und den Hausdatenblättern in Anlage 2 – orientieren sich an den Erfordernissen der EnEV 2009 und der verschiedenen Effizienzhaus-Standards (Effizienzhaus 100 bis Effizienzhaus 55). Dabei wurden diese Standards mit weitestgehend am Markt eingeführten Maßnahmen berechnet. Mit diesem Ansatz soll die Übertragbarkeit der Ergebnisse gesichert werden. Dieses Vorgehen unterscheidet sich bewusst vom Ansatz des dena-Projekts „Niedrigenergiehaus im Bestand“, bei dem u. a. auch an der Schwelle zur Wirtschaftlichkeit stehende innovative Technologien mit entsprechend höheren Kosten in den Markt eingeführt wurden.

Die dena hat energetisch wirksame Maßnahmenpakete für Mehrfamilienhäuser im Mietwohnungssegment mit durchschnittlichen Sanierungskosten erarbeitet und auf Typengebäude nach Baualterklassen bezogen. Mit dieser Zusammenfassung und Typenbildung wird eine Vereinheitlichung vorgenommen, die den Fachplanern die Übertragung und Anwendung der Erkenntnisse auf eigene Projekte vereinfacht.

---

<sup>6</sup> Die Kostenanteile sind in Kapitel 5.4 ausführlich diskutiert.

### 1.3 Zusammenfassung und Fazit.

*Die energetische Sanierung von Mehrfamilienhäusern rechnet sich – sowohl für Vermieter als auch für Mieter. Bis zu dem energetischen Standard Effizienzhaus 70 können sanierungsbedürftige Mehrfamilienhäuser warmmietenneutral saniert werden. Das heißt: Der Vermieter kann die Investitionskosten rentabel auf die Kaltmiete umlegen. Der Mieter profitiert gleichzeitig von geringeren Heizkosten, so dass die Warmmiete – also das, was der Mieter letztendlich zahlt – nicht steigt. Voraussetzung hierfür sind die Kopplung der energetischen Maßnahmen mit sowieso anstehenden Modernisierungs- und Instandhaltungsarbeiten sowie eine gute Planung, Ausführung und strategische Bewertung des Gebäudes.*

Die in diesem Fazit getroffenen Aussagen gelten für Mehrfamilienhäuser im Mietwohnungsbestand, die bisher gegenüber dem Zustand der Errichtung energetisch nicht wesentlich modernisiert wurden und bei denen zudem ein hoher Instandsetzungsbedarf besteht. Darüber hinaus liegen diese Gebäude unter dem Niveau der ortsüblichen Vergleichsmiete mit entsprechenden Mieterhöhungspotenzialen nach § 558 BGB. Diese Voraussetzungen treffen z. B. auf die geförderten Gebäude aus dem dena-Modellvorhaben „Niedrigenergiehaus im Bestand“ zu.

Bei diesen Gebäuden stehen umfangreiche Modernisierungen und sonstige wohnwertverbessernde Maßnahmen an den Bauten und deren Umfeld ohnehin an und können mit der energetischen Modernisierung optimal verbunden werden.

- Die erforderlichen Mieterhöhungen zur Refinanzierung der Kosten aus den energiesparenden Maßnahmen sind bei diesen Gebäuden häufig niedriger als die Energiekosteneinsparung auf Mieterseite. Damit ist eine warmmietenneutrale Mieterhöhung kostendeckend für den Vermieter und auch den Mietern gut vermittelbar.
- Während die Energiestandards gemäß EnEV 2009 und die Effizienzhaus-Standards bis zum Effizienzhaus 70 sich schon heute als wirtschaftlich darstellen, steht der Effizienzhaus-55-Standard noch an der Schwelle zur Wirtschaftlichkeit. Aus Sicht des Investors kann jedoch gerade dieser hohe Effizienzhaus-Standard vorteilhaft sein, wenn in die Betrachtung die finanzielle Förderung aus Bundes- oder Landesmitteln einbezogen wird und sich damit die Refinanzierungslücke verkleinert.<sup>7</sup>
- Steht eine umfassende Modernisierung der Gebäudehülle und Anlagentechnik aufgrund eines erheblichen Instandsetzungsrückstaus ohnehin dringend an, so erweisen sich aus Sicht der dena gerade die hohen Effizienzstandards aus ökologischen und ökonomischen Gründen als nachhaltig:
  - Es erscheint wahrscheinlicher, dass infolge der hochwertigen energetischen Modernisierung im Vergleich zu einer Modernisierung entsprechend den ordnungsrechtlichen Mindestanforderungen der EnEV (Anlage 1, Tabelle 3) über den Betrachtungszeitraum tatsächlich dauerhaft höhere Mieterträge

---

<sup>7</sup> Eine detaillierte Betrachtung hierzu erfolgt in Kapitel 7.2.

erwirtschaftet und Leerstände reduziert und werden können. Die Investitionen in diesen hochwertigen Standard erscheinen damit weniger risikoreich.

- Die hohen Effizienzstandards führen zu weiteren Reduktionen der CO<sub>2</sub>-Emissionen und stellen damit einen nachhaltigen Beitrag zum Klimaschutz dar.
- Die für hochwertige energetische Standards erforderlichen Komponenten sind praxistauglich und im Breitenmarkt verfügbar.
- Die Gebäude aus den dena-Modellvorhaben bilden im Mittel den Zustand energetisch ungenügender Gebäude sehr gut ab. Der Energieverbrauch lag durchschnittlich bei jährlich 225 Kilowattstunden pro Quadratmeter Wohnfläche.<sup>8</sup> Die Ergebnisse der Auswertung und Typenbildung lassen sich auf unsanierte Gebäude der gleichen Baualtersklassen gut übertragen.
- Die hier untersuchten Gebäude mit einem hohen Energieverbrauch entsprechen in etwa 15 Prozent<sup>9</sup> des Mietwohngebäudebestands in Deutschland. Nutzt man die Chancen der hier ohnehin anstehenden Sanierung kann dies, bei entsprechender Fokussierung, zu der deutlichen Erhöhung der energetischen Sanierungsrate<sup>10</sup> beitragen.
- Gebäude unterscheiden sich von anderen Gütern durch eine sehr hohe ökonomische Nutzungsdauer. Diese schließt mehrere Erneuerungszyklen von Einzelsystemen und -komponenten ein. Bei zahlreichen Gebäuden aus der Mitte des vergangenen Jahrhunderts steht in den kommenden Jahren eine Erneuerung der Außenbauteile (Fassade, Dächer, Fenster) an. In einer weiteren differenzierten Ausarbeitung kann ein detaillierter Sanierungsfahrplan diese technischen Sanierungszyklen aufgreifen und darauf abzielen, zunächst die Gebäude mit dem höchsten Verbrauch und dem größten Sanierungsstau zu fokussieren. Dadurch wird die energetische Sanierung in den Gebäuden gefördert, bei denen sich durch das Kopplungsprinzip das wirtschaftliche Optimum aus der Sanierung ergibt und gleichzeitig die höchsten Einsparungen zu erreichen sind. Bei Gebäuden mit einem geringen oder mittleren Heizenergiebedarf, bei denen derzeit noch keine Vollsanierung ansteht, ist es sinnvoll, bei dem Austausch von Einzelbauteilen besonders hochwertige energieeffiziente Bauteile zu verwenden. Mit einer entsprechenden Förderung kann so eine hohe Breitenwirkung erzielt und mit sinnvollen Maßnahmen gekoppelt werden.
- Werden die Sanierungen dazu genutzt, eine Verbindung zwischen den Anforderungen an die Energieeffizienz und städtebaulichen und demografischen Entwicklungen zu knüpfen, kann ein zukunftsfähiger und nachhaltiger Gebäudebestand aufgebaut werden.

---

<sup>8</sup> 225 kWh/(m<sup>2</sup> Wohnfläche·a) für Heizung und Warmwasser entsprechen gemäß Berechnung nach § 19 (2) EnEV bezogen auf die Nutzfläche 187,5 kWh/(m<sup>2</sup> AN·a).

<sup>9</sup> eigene Auswertungen im Rahmen von Hochrechnung auf den dt. Gebäudebestand aus ca. 7.000 Energieausweisen der Energieausweis-Datenbank der dena

<sup>10</sup> Bei der Sanierungsrate ist zwischen „energetischer Sanierungsrate“ und „Gesamtsanierungsrate“ zu unterscheiden. Die energetische Sanierungsrate nimmt dabei nur einen Teil der gesamten Sanierungen ein, die aus baulicher und technischer Notwendigkeit im Rahmen des Sanierungszyklus der Gebäude erfolgen. Im Energiekonzept der Bundesregierung wird eine Verdopplung der energetischen Sanierung von ein auf zwei Prozent angestrebt. Dies bedeutet, dass wesentlich mehr rein bauliche und technische Sanierungen zur energetischen Sanierung genutzt werden müssen.

#### 1.4 Ausblick.

Mit der wissenschaftlichen Auswertung gibt die dena einen umfassenden Überblick über die eingesetzten Techniken und Maßnahmen, deren Wirtschaftlichkeit und bestehenden Hemmnissen. Die Ergebnisse basieren auf den Mittelwerten aller in die Auswertung einbezogenen Sanierungsprojekte. Für die einzelnen Typengebäude nach Baualtersklassen werden derzeit die Hausdatenblätter (Anlage 1 und Anlage 2) ergänzt, übersichtlich aufgearbeitet und im Anschluss veröffentlicht. Darin sind die Gebäude typenbezogen in ihrem Ausgangszustand und in der bestehenden und möglichen technischen Ausstattung sowie mit den mit der Sanierung verbundenen Vollkosten und energiebedingten Mehrkosten dargestellt. Die Darstellung erfolgt in Tabellen als übersichtliche Planungshilfe für Energieberater, Ingenieure, Architekten und Gebäudeeigentümer.

Auf Basis des vorliegenden Berichts erarbeitet die dena derzeit außerdem eine Zusammenstellung von Fachbeiträgen zu repräsentativen Erfahrungen mit unterschiedlichen Gebäudetypen. Um eine größtmögliche Praxisnähe zu erlangen, werden Fachleute (Architekten, Ingenieure und Energieberater) in die Erstellung der Beiträge einbezogen. Die Publikation wird neben einer allgemeinen Beschreibung der Gebäudetypen die typischen Konstruktionen und Schwachstellen darstellen sowie Handlungsempfehlungen und Lösungsmöglichkeiten aufzeigen.

In den kommenden Jahren wird die Umsetzung der Modellvorhaben und die Begleitforschung mit einer Untersuchung zu den teilnehmenden Einfamilienhäusern und kommunalen Nichtwohngebäuden in gleicher Art und Weise fortgesetzt.

## 2 Entwicklung der Modellgebäude.

Als Basis der Studie wurden Modellgebäude entwickelt. Diese Modellgebäude basieren wiederum auf Angaben der Teilnehmer des dena-Projekts „Niedrigenergiehaus im Bestand“. Sie sind in ihrem Ist-Zustand vor der Modernisierung typisch für die im Rahmen des Projekts geförderten Bauvorhaben und bilden die Grundlage der Energiebilanzberechnungen. Alle wesentlichen energetischen Kenndaten der Modellgebäude im Zustand vor und nach der Modernisierung sind anschaulich in den sogenannten Hausdatenblättern in Anhang 2 zusammengefasst.

### 2.1 Baualtersklassen.

Die Modellgebäude wurden entsprechend der deutschen Gebäudetypologie in fünf Baualtersklassen unterschieden.

- vor 1948: Jahrhundertwende und Weimarer Republik
- 1949 bis 1957: Gründung der Bundesrepublik, Nachkriegszeit und Wiederaufbau
- 1958 bis 1968: wirtschaftlicher Aufschwung
- 1969 bis 1978: erste Ergänzungen der DIN 4108 um energetische Mindestanforderungen
- 1979 bis 1983: erste Ölkrise und Wirksamwerden der 1. und 2. WSchV

Gebäude ab 1984 wurden in der vorliegenden Studie nicht untersucht, da solche Gebäude im NEH-Projekt nicht gefördert wurden.

### 2.2 Gebäudearten.

Allgemein erfolgt die Unterscheidung nach der Gebäudeart in Einfamilienhäuser (EFH), Mehrfamilienhäuser (MFH), große Mehrfamilienhäuser (GMFH) und Hochhäuser (HH). In der hier vorliegenden Studie wurden wegen der grundlegend andersartigen Betrachtung der Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen jedoch keine Einfamilienhäuser und wegen der geringen Anzahl von solchen im Rahmen des dena-Projekts geförderten Gebäuden keine Hochhäuser untersucht. Die Studie fokussiert somit auf Mehrfamilienhäuser (MFH) und große Mehrfamilienhäuser (GMFH).

### 2.3 Gebäudematrix.

Man erhält mit diesen Unterscheidungsmerkmalen auf Basis der zur Verfügung gestellten Projektdaten eine Gebäudematrix mit maximal zehn Modellgebäuden aus zwei Gebäudetypen (MFH, GMFH) und fünf Baualtersklassen (bis 1948, 1949 bis 1957, 1958 bis 1968, 1969 bis 1978, 1979 bis 1983). Diese Gebäude können in Bezug auf ihre energetischen Eigenschaften vor der Modernisierung als typisch für die im Rahmen des Projekts „Niedrigenergiehaus im Bestand“ geförderten Bauvorhaben angesehen werden. Die im Folgenden benutzte Nomenklatur dieser Modellgebäude setzt sich zusammen aus der Kennzeichnung für den

Gebäudetyp und der Baualtersklasse, z. B. „MFH48“ für ein Mehrfamilienhaus aus der Baualtersklasse vor 1948.

Entsprechend der Unterteilung in Gebäudearten und Baualtersklassen wurden letztlich insgesamt acht repräsentative Modellgebäude auf Basis der Angaben der Projektteilnehmer entwickelt.

Mehrfamilienhäuser aus der Baualtersklasse 1958 bis 1968 waren nur in sehr geringem Umfang vertreten. Zudem ist für diese Gebäude die Datenbasis nicht vollständig. Große Mehrfamilienhäuser aus der Baualtersklasse nach 1978 haben nicht teilgenommen. Damit waren diese beiden Gebäudetypen in der Untersuchung nicht ausreichend repräsentativ vertreten und es wurden für sie keine Modellgebäude entwickelt.

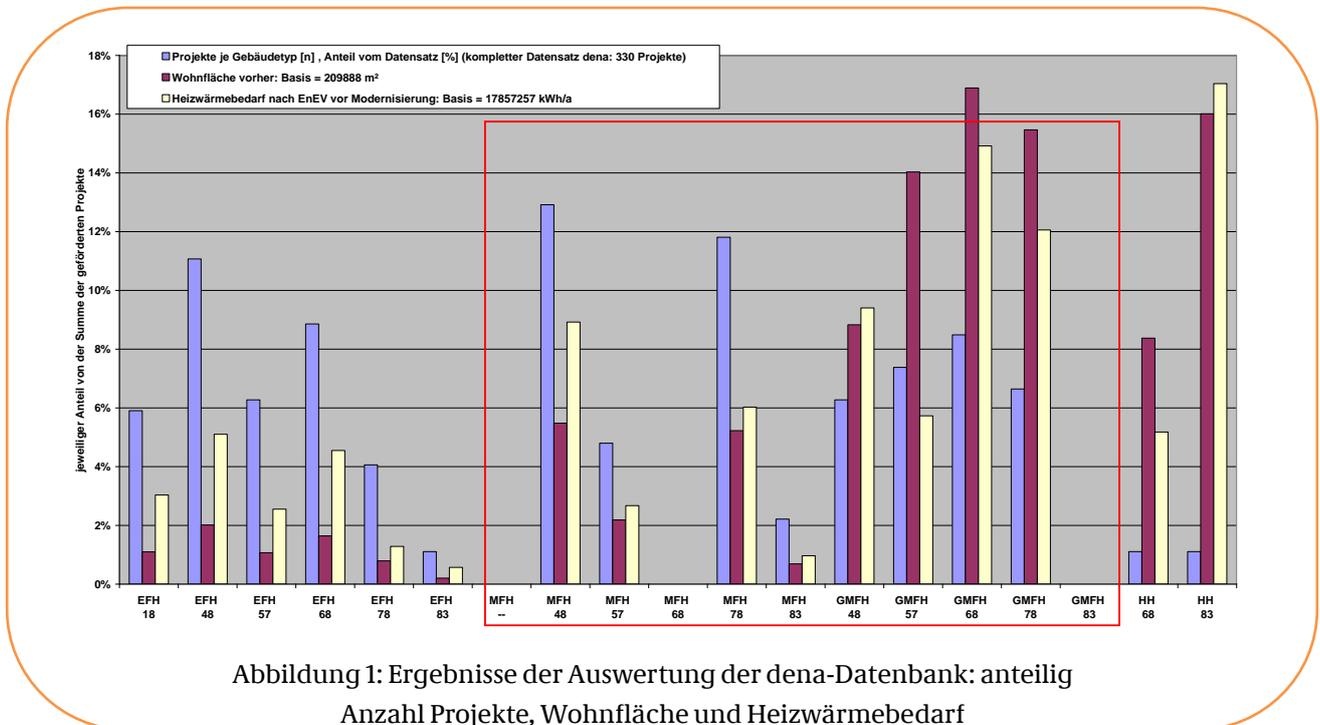
Mehrfamilienhäuser	Große Mehrfamilienhäuser
vor 1948	vor 1948
1949 – 1957	1949 – 1957
1969 – 1978	1958 – 1968
1979 – 1983	1969 – 1978

Tabelle 2: Gebäudeklassen für die Rechenmodelle

Die typischen Wohnflächen der einzelnen Modellgebäude ergeben sich unmittelbar aus den Angaben der Projektteilnehmer. Die mittleren U-Werte der einzelnen Bauteile der thermischen Gebäudehülle wurden in der Regel ebenfalls unmittelbar aus den Angaben der Projektteilnehmer übernommen. Die jeweiligen Flächen der Bauteile der thermischen Gebäudehülle wurden für jedes Modellgebäude mit dem „Kurzverfahren Energieprofil“ (3) ermittelt.

## 2.4 Auswertung der Daten - Detailergebnisse.

Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse der Auswertung der dena-Datenbank – also der gesammelten Daten aller Projektteilnehmer – mit der Zuordnung zu den Modellgebäuden. Der Datensatz umfasste zur Zeit der Untersuchung insgesamt 330 Projekte mit einer Wohnfläche von etwa 210.000 m<sup>2</sup>. Rot umrandet sind die in dieser Studie untersuchten Gebäude: Das Modellgebäude „MFH48“ repräsentiert z. B. 13 Prozent der insgesamt geförderten Projekte. Bezogen auf die geförderte Wohnfläche sind dies jedoch nur etwa 5,5 Prozent. Diese Gebäude tragen aber zu ca. 9 Prozent zum gesamten Heizwärmebedarf aller geförderten Gebäude bei. Lediglich 2 Prozent der geförderten Mehrfamilienhäuser stammen aus der Baualtersklasse 1979 bis 1983 („MFH83“). Insgesamt waren dies nur sechs Projekte, die zu weniger als 1 Prozent zur gesamten geförderten Wohnfläche beitragen.



## 2.5 Spezifische Transmissionswärmeverluste.

Abbildung 2 zeigt zum einen die spezifischen Transmissionswärmeverluste der Gebäude aus den jeweiligen Baualtersklassen im Zustand vor bzw. nach der energetischen Modernisierung, basierend auf den Angaben der Teilnehmer aus dem Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“. So haben die Mehrfamilienhäuser aus der Baualtersklasse vor 1948 („MFH48“) nach Angaben der Projektteilnehmer zum Beispiel im Mittel spezifische Transmissionswärmeverluste von  $1,51 \text{ W}/(\text{m}^2_{\text{Hüll}} \cdot \text{K})$  vor und  $0,31 \text{ W}/(\text{m}^2_{\text{Hüll}} \cdot \text{K})$  nach der Modernisierung. Die spezifischen Transmissionswärmeverluste sind ein Kriterium für den energetischen Zustand der Gebäudehülle: Wie die Auswertung zeigt, war dieser vor der energetischen Modernisierung sehr hoch. Insbesondere die Gebäude aus den Nachkriegsjahren geben ein extrem schlechtes Bild ab, während sich der energetische Zustand vor der Modernisierung über die Baualtersklassen langsam verbessert. Bei den Mehrfamilienhäusern aus der Baualtersklasse 1979 bis 1983 zeigt sich die Wirkung der damals neu eingeführten Wärmeschutzverordnung.

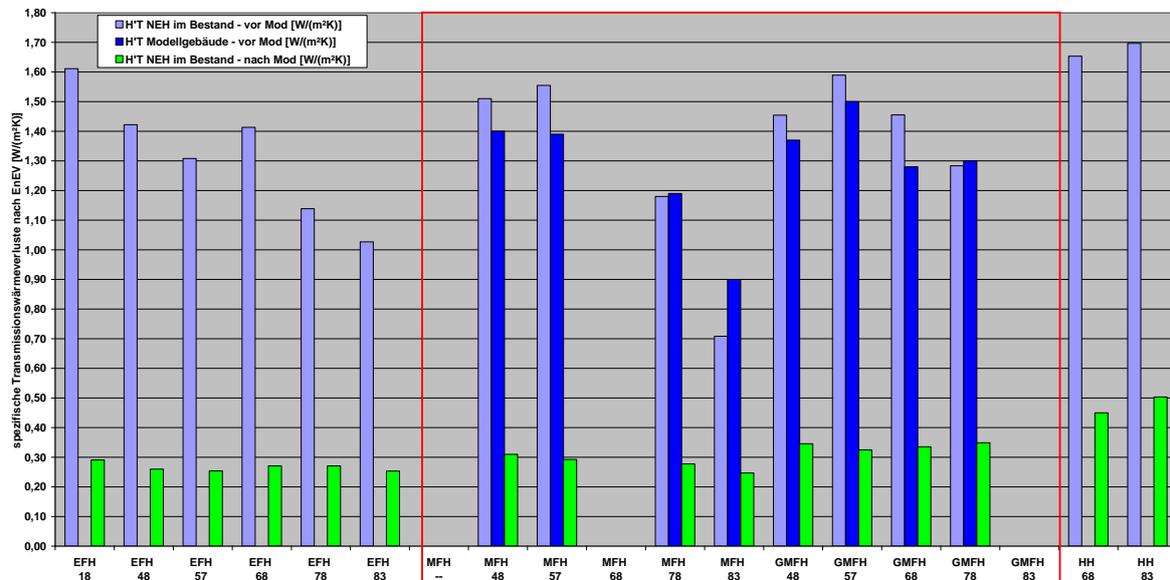


Abbildung 2: Ergebnisse der Auswertung der dena-Datenbank:  
spezifische Transmissionswärmeverluste nach EnEV

Abbildung 2 zeigt zum anderen auch die auf Basis der neu entwickelten Modellgebäude ermittelten spezifischen Transmissionswärmeverluste in den jeweiligen Baualterklassen im Zustand vor der energetischen Modernisierung. Hier betragen die spezifischen Transmissionswärmeverluste des Modellgebäudes „MFH48“ zum Beispiel  $1,40 \text{ W}/(\text{m}^2_{\text{Hüll}} \cdot \text{K})$  vor der energetischen Modernisierung und sind damit um  $0,11 \text{ W}/(\text{m}^2_{\text{Hüll}} \cdot \text{K})$  niedriger als die aus den Angaben der Projektteilnehmer berechneten spezifischen Transmissionswärmeverluste. Diese Abweichung entsteht, da sich die U-Werte der Teilnehmerdaten in der Datenbank von den berechneten Werten der neu entwickelten Modellgebäude unterscheiden. Die Werte der Datenbank erschienen für dieses Gebäude zum Teil unplausibel hoch.

Auffällig ist die große Abweichung zwischen den auf Basis der Angaben der Projektteilnehmer berechneten mittleren spezifischen Transmissionswärmeverlusten von  $0,71 \text{ W}/(\text{m}^2_{\text{Hüll}} \cdot \text{K})$  für die Gebäude „MFH83“ und denen des Modellgebäudes „MFH83“ mit  $0,90 \text{ W}/(\text{m}^2_{\text{Hüll}} \cdot \text{K})$ . Wie oben dargestellt, stammten lediglich 2 Prozent der geförderten Mehrfamilienhäuser aus der Baualterklasse 1979 bis 1983 (sechs Projekte). Die Projektdatenbasis für das Modellgebäude „MFH83“ ist an dieser Stelle unzureichend für eine Auswertung.

## 2.6 Anlagentechnik.

Nach den Angaben der Projektteilnehmer erfolgte die Warmwasserbereitung in den MFH und GMFH vor der Modernisierung zu etwa 35 Prozent ( $n = 60$ ) zentral und zu 65 Prozent ( $n = 109$ ) dezentral. Nach der

Modernisierung wird das Warmwasser ausschließlich zentral erzeugt. Dabei wird die Warmwasserbereitung nach der Modernisierung in 43 Prozent (n = 71) der Projekte durch Solarthermie unterstützt.

Abbildung 3 zeigt den Anteil der eingesetzten Energieträger bzw. Heizsysteme bei den geförderten MFH und GMFH vor der Modernisierung. Demnach wurden die Gebäude vor der Modernisierung zu etwa 60 Prozent (n = 61) über eine Öl- bzw. Gasheizung (sowohl dezentral als auch zentral) und jeweils zu gut 10 Prozent (n = 11) über Fernwärme bzw. dezentrale Holzkohleöfen beheizt. Zu etwa 3 Prozent (n = 3) wurden dezentrale Elektroheizungen, in etwa 12 Prozent (n = 12) der Gebäude eine Kombination verschiedener Systeme eingesetzt.

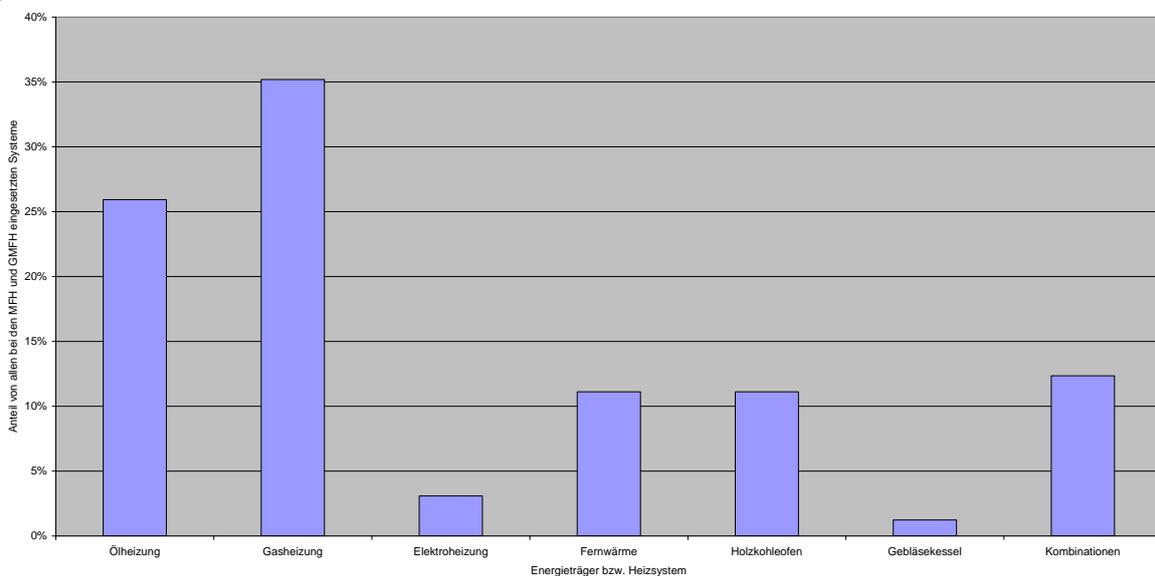


Abbildung 3: Eingesetzte Energieträger/Heizsysteme in den MFH und GMFH nach Angaben der Projektteilnehmer

Die Auswertung zeigt einen sehr inhomogenen, aber typischen Zustand der Heizanlagentechnik vor der Modernisierung, wie er erfahrungsgemäß häufig bei unsanierten Altbauten vorzufinden ist. Die Heizungsanlagen waren nach Angaben der Projektteilnehmer vor der Modernisierung in einem schlechten bis sehr schlechten Zustand und wurden bei allen Projekten komplett erneuert. Lüftungsanlagen waren vor der Modernisierung nur in Ausnahmefällen und dann nur als „sanierungsbedürftige Abluftanlagen“ vorhanden.

## 2.7 Einordnung des berechneten Energiebedarfs.

Bei den hier durchgeführten Energiebilanzberechnungen stellt sich natürlich die Frage, inwiefern die berechneten Einsparungen auch in der Praxis erzielt werden. Im Einzelfall ergeben sich Abweichungen durch die Unschärfe sowohl der baulichen (z. B. welche Wärmeleitfähigkeiten haben die Baumaterialien) als auch der anlagentechnischen (z. B. Verluste von Rohrleitungen), aber auch der nutzerspezifischen Randbedingungen (Raumtemperaturen, Lüftungsverhalten etc.). Einige erste Hinweise auf den statistischen Zusammenhang und systematische Abweichungen zwischen dem Bedarf und dem gemessenen Verbrauch energetisch nicht sanierter Altbauten finden sich z. B. in (4), (5) und (6). Die Untersuchungen zeigen gegenüber dem berechneten Bedarf systematisch einen geringeren gemessenen Energieverbrauch – allerdings ist die Abweichung für größere Mehrfamilienhäuser geringer als für Einfamilienhäuser. Da in dem gesetzlichen Nachweis nach EnEV mit Normrandbedingungen für Klima und Nutzungsprofilen gerechnet wird, die nicht empirisch abgeleitet sind, ist das Vorhandensein einer solchen systematischen Abweichung durchaus plausibel. Umfangreichere statistische Untersuchungen zur genaueren Quantifizierung für unterschiedliche Gebäudegruppen im Hinblick auf die beiden Verfahren der EnEV 2009 stehen allerdings noch aus, sodass hierzu keine abschließenden Aussagen getroffen werden können.

Systematisch gemessene Verbrauchswerte für dezentral beheizte Wohngebäude, zudem noch mit einer sehr inhomogenen Anlagenstruktur, wie sie in der Praxis in unsanierten Altbauten vorzufinden ist, liegen somit nicht vor. Dies gilt auch für die meisten der im Rahmen des NEH-Projekts geförderten Gebäude. Eine Einordnung der berechneten Bedarfswerte erfolgt daher über sogenannte Heizspiegel (7). Diese enthalten eine Auswertung gemessener Energieverbrauchswerte sowohl auf kommunaler als auch auf bundesweiter Ebene. Dabei werden zentral gemessene und auf die Wohnfläche bezogene Energieverbrauchswerte für die Beheizung von Wohngebäuden in typischen Klassen zusammengefasst und entsprechend bezeichnet, z. B. als „günstig/optimal“, „mittel/durchschnittlich“, „erhöht“ oder „zu hoch/extrem hoch“. Unter der Bezeichnung „zu hoch“ werden die 10 Prozent der energetisch schlechtesten Gebäude zusammengefasst. Dies sind Gebäude, deren Gebäudehülle und Heizanlagentechnik in einem schlechten Zustand sind – vergleichbar dem Zustand der Gebäude aus dem Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“ vor der Modernisierung.

Diese gemessenen und nach Heizspiegel als „zu hoch“ klassifizierten Verbrauchswerte zentral beheizter Wohngebäude bilden den Maßstab, nach dem die hier entwickelten Modellgebäude eingeordnet werden. Zum Vergleich sind daher die entsprechenden aus dem bundesweiten Heizspiegel ermittelten Kennwerte für den „mittleren/durchschnittlichen“, „erhöhten“ und „zu hohen/extrem hohen“ Verbrauch in den jeweiligen Hausdatenblättern (Anlage 2) dargestellt.

Der aus dem bundesweiten Heizspiegel ermittelte „zu hohe“ Heiz-Endenergieverbrauch für die hier untersuchten zentral beheizten Wohngebäude mit Öl-/Gasheizung und mehr als 250 m<sup>2</sup> Wohnfläche liegt bei Verbrauchswerten von 194 bis 223 kWh/(m<sup>2</sup> Wohnfläche·a) und für die mit Fernwärme beheizten Gebäude von 174 bis 183 kWh/(m<sup>2</sup> Wohnfläche·a). Der Mittelwert des „zu hohen“ Heiz-Endenergieverbrauchs nach Heizspiegel liegt bei den hier untersuchten Gebäuden bei ca. 200 kWh/(m<sup>2</sup> Wohnfläche·a). Hinzu kommen entsprechend den Angaben nach Heizspiegel 25 kWh/(m<sup>2</sup> Wohnfläche·a) Endenergieverbrauch für Warmwasser. In der Summe sind dies 225 kWh/(m<sup>2</sup> Wohnfläche·a) Endenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser.

Der aus den Energiebilanzen berechnete Endenergiebedarf der sechs öl-/gasbeheizten und zwei fernwärmeversorgten Modellgebäude ist in den jeweiligen Hausdatenblättern dargestellt. Im Mittel resultiert für diese Gebäude ein Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasser von 224 kWh/(m<sup>2</sup> Wohnfläche·a)<sup>11</sup> (siehe Abbildung 7). Damit bilden die Modellgebäude im Mittel den Zustand energetisch ungenügender Gebäude sehr gut ab, die nach dem Heizspiegel an der Grenze des „erhöhten“ zum „zu hohen“ Energieverbrauch liegen. Diese Modellgebäude entsprechen baulich dem Zustand der Gebäude aus dem Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“ vor Modernisierung.

---

<sup>11</sup> 225 kWh/(m<sup>2</sup> Wohnfläche·a) für Heizung und Warmwasser entsprechen gemäß Berechnung nach §19 (2) EnEV bezogen auf die Nutzfläche 187,5 kWh/(m<sup>2</sup> AN·a).

### 3 Ergebnisse der Energiebilanzberechnungen.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Energiebilanzberechnungen für verschiedene Maßnahmenpakete zusammenfassend dargestellt.

#### 3.1 Energiebilanzverfahren.

Die für die Untersuchung verwendeten Energiebilanzberechnungen zur Ermittlung des Primärenergiebedarfs  $q_p$  sowie der spezifischen Transmissionswärmeverluste  $H_T$  basieren auf dem Schema der EnEV 2009. Grundlage sind die DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 in Verbindung mit DIN V 4701-12 und PAS 1027. Das Verfahren des öffentlich-rechtlichen Nachweises wurde verwendet, um die gesetzlichen Grenzwerte und die Förderkonditionen der KfW schlüssig abbilden zu können. Abweichend davon wurde der in den Hausdatenblättern im Einzelnen abgebildete Endenergiebedarf nach dem Leitfaden „Energiebewusste Gebäudeplanung“ des IWU (Monatsverfahren, Randbedingungen in Anlehnung an DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10) berechnet. Damit sind die Energiebedarfskennwerte besser mit gemessenen Energieverbrauchskennwerten vergleichbar. Zudem werden die Energiesparpotenziale durch die energiesparenden Maßnahmen im Vergleich zur Berechnung nach EnEV 2009 realistischer (d. h. geringer als nach EnEV) abgebildet.

#### 3.2 Untersuchte energetische Standards.

Die zu untersuchenden energetischen Standards wurden in Anlehnung an die vorgegebenen aktuellen Förderstandards der KfW aus dem CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm abgeleitet<sup>12</sup>. Dementsprechend wurden folgende energetische Standards vorab definiert, aus denen sich die entsprechenden Einzelmaßnahmen ergeben:

Ist	Typische Modellgebäude aus dem Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“ im Zustand vor der energetischen Modernisierung
EnEV 140	Primärenergiebedarf und spezifische Transmissionswärmeverluste nach EnEV max. 40 Prozent über den Anforderungen des Referenzgebäudes
EnEV Bauteil	Bauteilbezogene Anforderungen der EnEV 2009 nach Anlage 3, Tabelle 1
EnEV Referenz	Primärenergiebedarf und spezifische Transmissionswärmeverluste entsprechend dem Referenzgebäude nach EnEV 2009
Effizienzhaus 100	Primärenergiebedarf entsprechend dem Referenzgebäude, spezifische Transmissionswärmeverluste max. 15 Prozent über dem Referenzgebäude nach EnEV

<sup>12</sup> KfW-Förderstandard „Energieeffizient Sanieren“, Stand Ende 2009

<b>Effizienzhaus 85</b>	Primärenergiebedarf max. 85 Prozent des Referenzgebäudes, spezifische Transmissionswärmeverluste max. 100 Prozent des Referenzgebäudes nach EnEV
<b>Effizienzhaus 70</b>	Primärenergiebedarf max. 70 Prozent des Referenzgebäudes, spezifische Transmissionswärmeverluste max. 85 Prozent des Referenzgebäudes nach EnEV
<b>Effizienzhaus 55</b>	Primärenergiebedarf max. 55 Prozent des Referenzgebäudes, spezifische Transmissionswärmeverluste max. 70 Prozent des Referenzgebäudes nach EnEV

Tabelle 3: Energetische Standards

Eine Darstellung der einzelnen Maßnahmenpakete zeigen die Tabellenblätter in Anhang 1. Die Ergebnisse der Energiebilanzberechnungen zu den verschiedenen energetischen Standards sind in den Hausdatenblättern in Anhang 2 zusammenfassend dokumentiert. In den folgenden Abbildungen werden die berechneten Maßnahmenpakete wie folgt benannt:

Kennzeichnung	Maßnahmenpaket
DB Ist	Entsprechend den Angaben der Projektteilnehmer (Auswertung der Datenbank)
Modelle Ist	Ergebnisse aus den Berechnungen mit den Modellgebäuden im Ist-Zustand (vor Modernisierung)
EnEV 140	Überschreitung des Jahresprimärenergiebedarfs und der spezifischen Transmissionswärmeverluste des Referenzgebäudes nach EnEV 2009 um max. 40 Prozent
EnEV Bauteil	Ergebnisse aus den Berechnungen mit den bauteilbezogenen Anforderungen der EnEV nach Anlage 3, Tabelle 1 bei Umsetzung aller dort definierten Anforderungen
EnEV Referenz	Ergebnisse der Berechnungen mit den EnEV-Referenzgebäuden
Effizienzhaus 100 entsprechend Referenz	Einhaltung der Effizienzhaus-100-Anforderungen mit einem Maßnahmenpaket, das sich weitestgehend an den Anforderungen des jeweiligen Referenzgebäudes orientiert
Effizienzhaus 100 + WRG – Sol(WW)	Ergebnisse aus den Berechnungen mit den Referenzgebäuden, allerdings mit einer effizienten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) anstelle einer Abluftanlage, dafür ohne Solaranlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung
Effizienzhaus 85 + WS	Einhaltung der Effizienzhaus-85-Anforderungen mit einem Maßnahmenpaket, das sich weitestgehend an den Anforderungen des jeweiligen Referenzgebäudes orientiert, jedoch mit etwas verbessertem baulichen Wärmeschutz
Effizienzhaus 85 + WRG	Einhaltung der Effizienzhaus-85-Anforderungen mit einem Maßnahmenpaket, das sich weitestgehend an den Anforderungen des jeweiligen Referenzgebäudes orientiert, jedoch mit einer effizienten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung anstelle einer Abluftanlage
Effizienzhaus 70 + WS + WRG	Einhaltung der Effizienzhaus-70-Anforderungen mit einem Maßnahmenpaket, das gegenüber dem Referenzgebäude einen deutlich verbesserten baulichen Wärmeschutz aufweist, sowie einer effizienten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung anstelle einer Abluftanlage
Effizienzhaus 70 + WS + WBV + WRG	Einhaltung der Effizienzhaus-70-Anforderungen mit einem Maßnahmenpaket, das gegenüber dem Referenzgebäude einen verbesserten baulichen Wärmeschutz aufweist, sowie einer effizienten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung anstelle einer Abluftanlage. Zusätzlich ist der Wärmebrückenverlustkoeffizient auf $0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ reduziert.
Effizienzhaus 55 + WS + WBV + WRG + Sol(WW)	Einhaltung der Effizienzhaus-55-Anforderungen mit einem Maßnahmenpaket, das in Bezug auf den baulichen Wärmeschutz inklusive der Fenster nahezu Passivhausstandard erreicht. Der Wärmebrückenverlustkoeffizient ist auf $0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ reduziert. Die Gebäude werden mit einer effizienten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sowie einer Solaranlage zur

	Unterstützung der Warmwasserbereitung ausgeführt.
Effizienzhaus 55 + WS + WBV + WRG + Sol(Heiz)	Einhaltung der Effizienzhaus-55-Anforderungen mit einem Maßnahmenpaket, das in Bezug auf den baulichen Wärmeschutz inklusive der Fenster nahezu Passivhausstandard erreicht. Der Wärmebrückenverlustkoeffizient ist gegenüber der vorherigen Variante lediglich auf $0,04 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ reduziert. Die Gebäude werden mit einer effizienten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ausgeführt sowie einer Solaranlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung und Raumheizung (pauschal 10 Prozent).
Effizienzhaus 70 + WS+WRG + Reg	Einhaltung der Effizienzhaus-70-Anforderungen mit einem Maßnahmenpaket, das gegenüber dem Referenzgebäude einen leicht verbesserten baulichen Wärmeschutz aufweist, sowie einer effizienten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung anstelle einer Abluftanlage. Anstelle der Öl-/Gasheizung aus dem Referenzgebäude werden die Gebäude mit einer Pelletheizung bzw. Fernwärme versorgt.
Effizienzhaus 55 + WS + WRG + Reg – Sol	Einhaltung der Effizienzhaus-55-Anforderungen mit einem Maßnahmenpaket, das gegenüber dem Referenzgebäude einen verbesserten baulichen Wärmeschutz aufweist, sowie einer effizienten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung anstelle einer Abluftanlage. Anstelle der Öl-/Gasheizung aus dem Referenzgebäude werden die Gebäude mit einer Pelletheizung bzw. Fernwärme versorgt. Die Gebäude werden ohne Solaranlage errichtet.
DB nach Mod	Ergebnisse der Berechnungen auf Basis der Angaben der Projektteilnehmer

Tabelle 4: Beschreibung der Maßnahmenpakete

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden in den folgenden Abbildungen jeweils zusammenfassend die Mittelwerte aus allen acht Modellgebäuden zu jedem energetischen Standard dargestellt.

### 3.3 Spezifische Transmissionswärmeverluste.

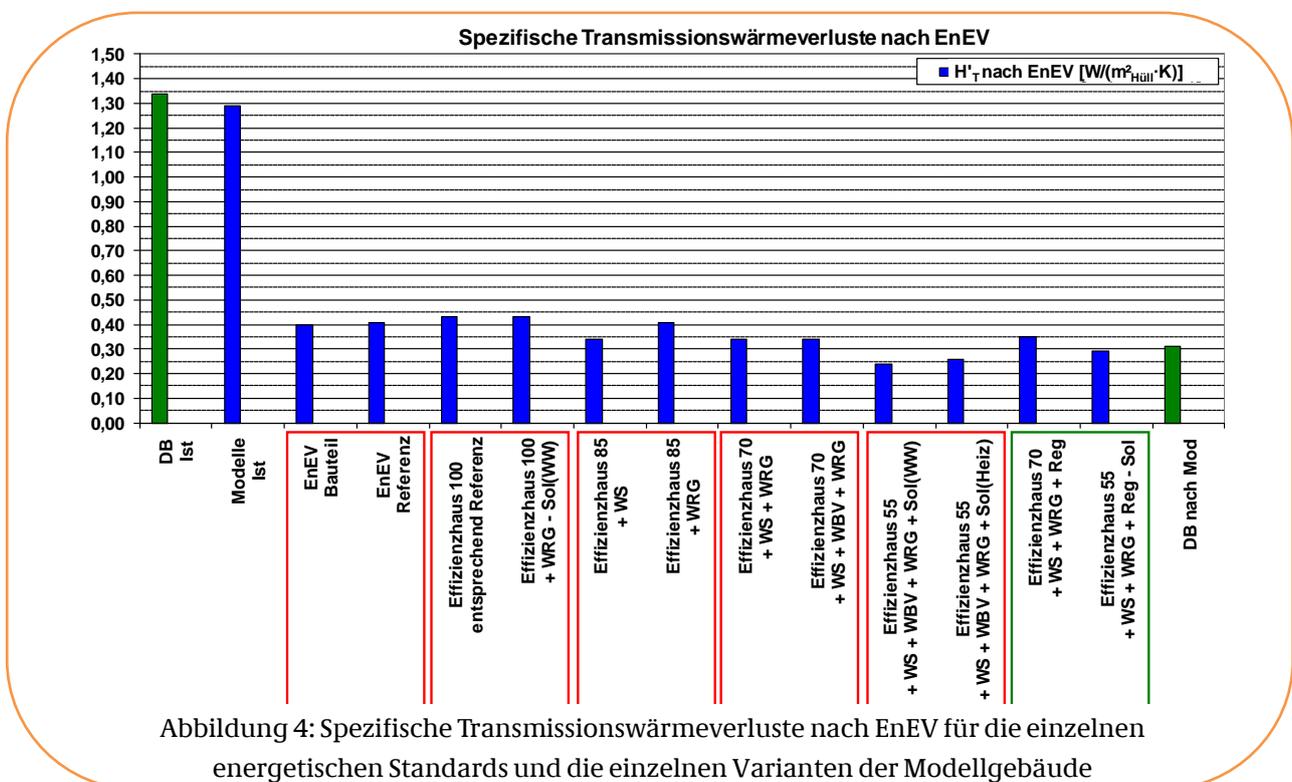
Abbildung 4 zeigt die spezifischen Transmissionswärmeverluste nach EnEV für die verschiedenen Varianten, jeweils berechnet auf Basis der Angaben der Projektteilnehmer bzw. gemittelt über die berechneten acht Modellgebäude. Im Zustand vor der Modernisierung betragen die spezifischen Transmissionswärmeverluste für die geförderten realen Gebäude (MFH und GMFH), berechnet nach den Angaben der Projektteilnehmer, im Mittel  $1,34 \text{ W}/(\text{m}^2_{\text{Hüll}} \cdot \text{K})$  und nach der Modernisierung im Rahmen des NEH-Projekts  $0,31 \text{ W}/(\text{m}^2_{\text{Hüll}} \cdot \text{K})$ . Die spezifischen Transmissionswärmeverluste der berechneten Modellgebäude vor der Modernisierung (im Ist-Zustand) betragen im Mittel  $1,29 \text{ W}/(\text{m}^2_{\text{Hüll}} \cdot \text{K})$ . Die Modellgebäude bilden somit die energetischen Eigenschaften der Gebäudehülle der geförderten Gebäude gut ab.

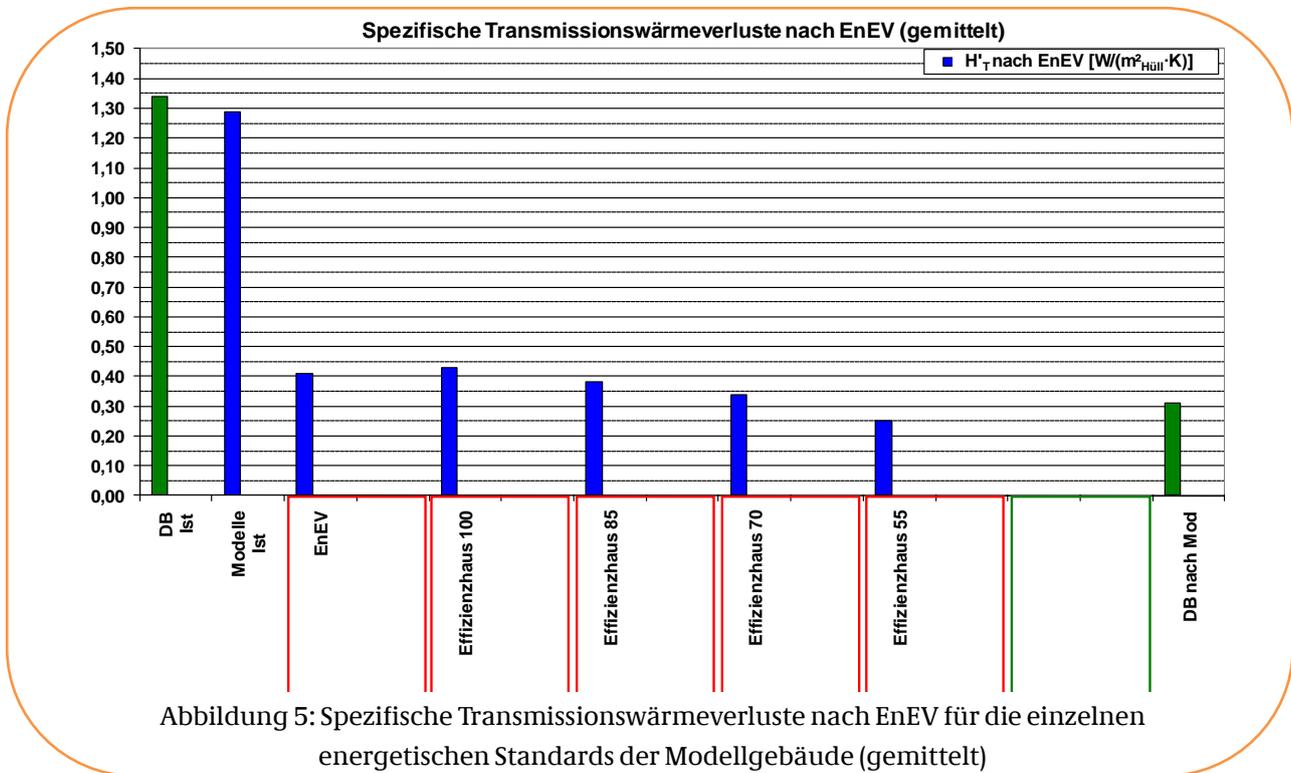
In der Abbildung sind die Kennzeichnungen der Varianten zu den fünf energetischen Standards rot umrandet. Es zeigt sich, dass die bauteilbezogenen Anforderungen nach EnEV zu sehr ähnlichen Ergebnissen führen wie die Anforderungen des Referenzgebäudes. Da sich die Effizienzhaus-Anforderungen sowohl an den spezifischen Transmissionswärmeverlusten als auch am Primärenergiebedarf orientieren, können diese bei unverändertem energetischen Standard in gewissen Grenzen variieren. Dies zeigt sich in der Abbildung.

Zusätzlich enthält die Abbildung auch die Ergebnisse der Varianten mit regenerativen Heizsystemen. Diese Varianten spielen eine Sonderrolle, weil durch die regenerativen Energieträger die primärenergieseitige Anforderung des Referenzgebäudes sehr leicht erfüllt werden kann. In der Konsequenz können der bauliche Wärmeschutz sowie der Aufwand für sonstige Anlagentechnik deutlich reduziert werden.

Dies kann im Vergleich zu den fossil beheizten Varianten zu deutlich abweichenden Ergebnissen führen, sodass diese „regenerativen“ Varianten separat betrachtet werden müssen und im Folgenden nicht detailliert diskutiert werden.

Zur leichteren Interpretation der vielen Ergebnisse sind in Abbildung 5 die spezifischen Transmissionswärmeverluste für die verschiedenen energetischen Standards und Varianten nochmals gemittelt dargestellt: Die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz, um das Effizienzhaus-100-Niveau mit spezifischen Transmissionswärmeverlusten von etwa  $0,43 \text{ W}/(\text{m}^2_{\text{Hüll}} \cdot \text{K})$  zu erreichen, entsprechen etwa den EnEV-Anforderungen. Das Effizienzhaus-85- bzw. Effizienzhaus-70-Niveau erfordert jeweils einen etwas verbesserten Wärmeschutz mit entsprechend reduzierten spezifischen Transmissionswärmeverlusten. Beim Effizienzhaus-70-Niveau liegen die spezifischen Transmissionswärmeverluste bei  $0,34 \text{ W}/(\text{m}^2_{\text{Hüll}} \cdot \text{K})$ . Der Schritt weiter in Richtung Passivhausniveau des Effizienzhaus-55-Gebäudes erfordert dagegen einen deutlich verbesserten baulichen Wärmeschutz, sofern diese Gebäude (wie hier unterstellt) fossil beheizt werden. Die spezifischen Transmissionswärmeverluste liegen bei etwa  $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2_{\text{Hüll}} \cdot \text{K})$ . Die geförderten Gebäude aus dem Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“ liegen nach der Modernisierung mit spezifischen Transmissionswärmeverlusten von im Mittel  $0,31 \text{ W}/(\text{m}^2_{\text{Hüll}} \cdot \text{K})$  zwischen den Anforderungen des Effizienzhaus-70- und des Effizienzhaus-55-Niveaus.

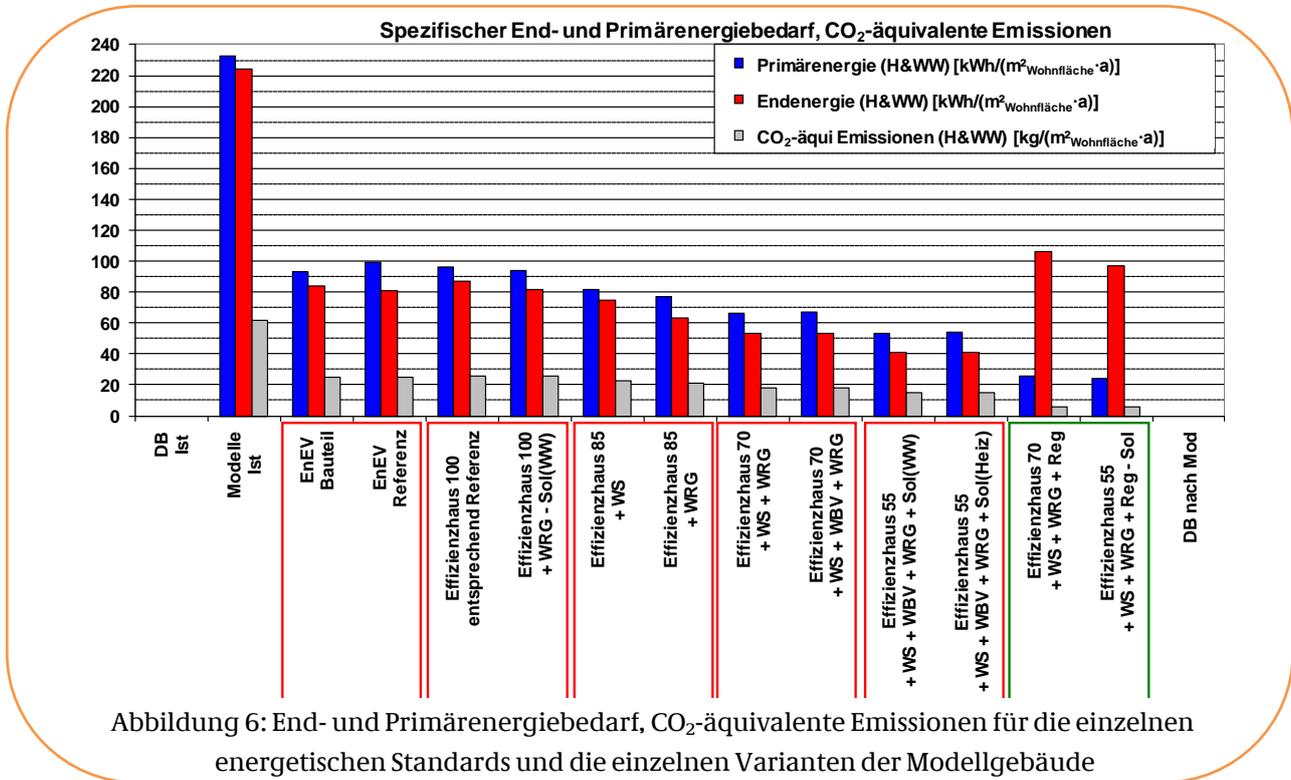




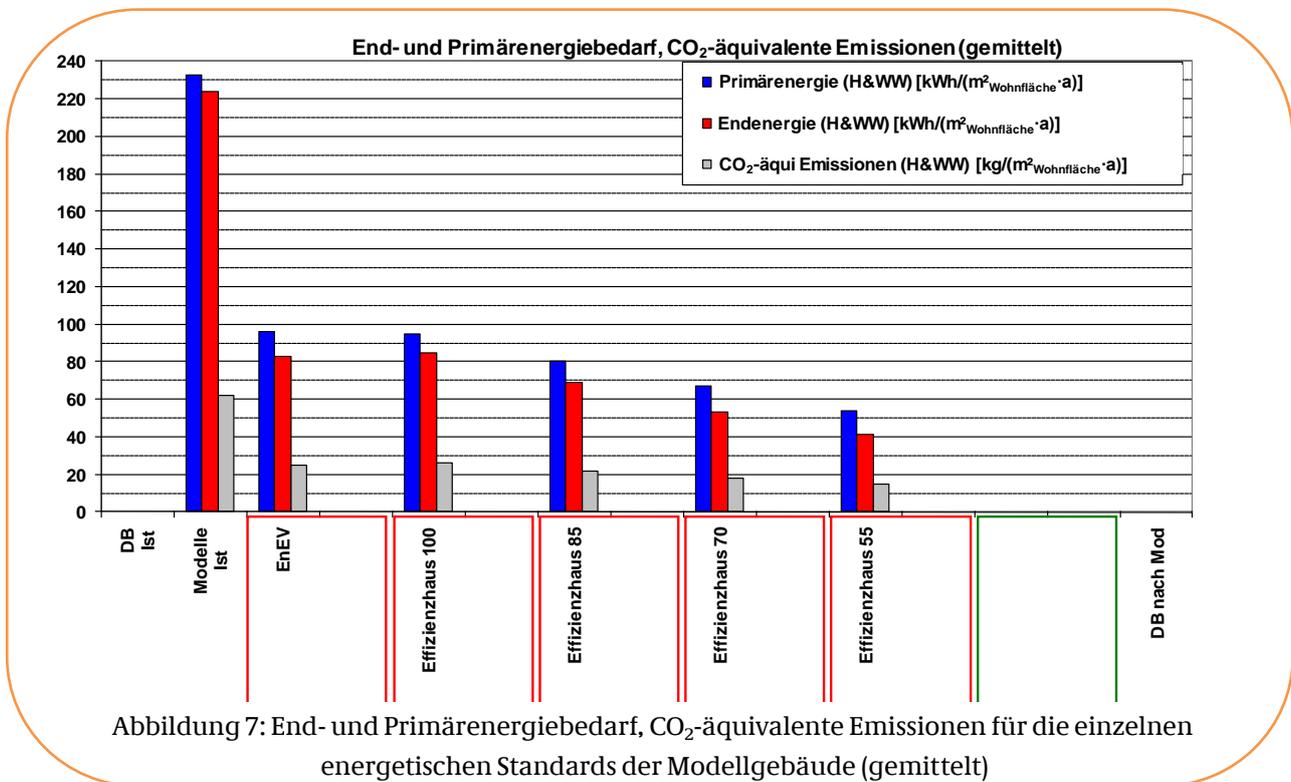
### 3.4 Primär- und Endenergiebedarf, CO<sub>2</sub>-äquivalente Emissionen.

Abbildung 6 zeigt den berechneten Primär- und Endenergiebedarf sowie die daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen für die verschiedenen Varianten. Die Werte sind auf die Wohnfläche bezogen und nicht auf die Gebäudenutzfläche  $A_N$  nach EnEV.

Im Mittel beträgt der Primärenergiebedarf für die sechs öl-/gasbeheizten und zwei fernwärmeversorgten Modellgebäude im Zustand vor der Modernisierung  $233 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{a})$  und der Endenergiebedarf  $224 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{a})$ . Die CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen betragen  $62 \text{ kg}/(\text{m}^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{a})$ . Entsprechend der Qualität der energetischen Modernisierung werden diese Werte ganz erheblich reduziert. Auffällig ist der relativ hohe Endenergiebedarf für die mit Pellets beheizten Gebäude.



Zur leichteren Interpretation sind in Abbildung 7 die Ergebnisse für die verschiedenen Varianten wiederum gemittelt dargestellt. Die EnEV-Anforderungen und die Anforderungen aus dem Effizienzhaus-100-Niveau führen zu vergleichbaren Ergebnissen: Der gemittelte Primärenergiebedarf beträgt etwa 95 kWh/(m<sup>2</sup> Wohnfläche·a), der Endenergiebedarf beträgt etwa 85 kWh/(m<sup>2</sup> Wohnfläche·a). Bis zum Effizienzhaus-70-Niveau mit einem Primärenergiebedarf von gemittelt etwa 67 kWh/(m<sup>2</sup> Wohnfläche·a) und einem Endenergiebedarf von etwa 53 kWh/(m<sup>2</sup> Wohnfläche·a) werden die Werte um etwa zwei Drittel gegenüber den Gebäuden im Ist-Zustand reduziert. Der Schritt zum fossil beheizten Effizienzhaus-55-Gebäude mit einem Primärenergiebedarf von etwa 55 kWh/(m<sup>2</sup> Wohnfläche·a) und einem Endenergiebedarf von etwa 41 kWh/(m<sup>2</sup> Wohnfläche·a) bringt eine weitere deutliche Einsparung nach der energetischen Modernisierung.



#### 4 Praxistauglichkeit der Maßnahmen.

Die in dieser Studie untersuchten Maßnahmen – zusammenfassend dargestellt in den Tabellen in Anlage 1 und den Hausdatenblättern in Anlage 2 – orientieren sich an den Erfordernissen aus den verschiedenen Effizienzhaus-Standards. Dabei wurde versucht, diese Standards mit weitestgehend am Markt eingeführten Technologien kosteneffizient zu realisieren. Dies geschieht bewusst im Gegensatz zum Ansatz des dena-Projekts „Niedrigenergiehaus im Bestand“, bei dem u. a. an der Schwelle zur Wirtschaftlichkeit stehende Technologien in den Markt eingeführt werden sollen. Dennoch wurden auch im dena-Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“ entsprechende kosteneffiziente Maßnahmen realisiert.

##### Praxiserfahrungen.

Die Praxistauglichkeit der Maßnahmen wurde in verschiedenen Workshops mit den Projektteilnehmern diskutiert. Die Ergebnisse sind im InWIS-Zwischenbericht dokumentiert (8). Neuere Daten für eine weitergehende Auswertung liegen nicht vor. In enger Anlehnung an den InWIS-Bericht werden wesentliche Punkte im Folgenden kurz zusammengefasst:

- Als ein besonders wichtiger Aspekt für die energetisch hochwertige Sanierung erscheint die Vorgehensweise bei der Planung, die bei den befragten Projektteilnehmern sehr unterschiedlich war. Vonseiten der Bauherren wurde ausdrücklich betont, dass nur durch die Einbindung fachlich qualifizierter

Planer ein schlüssiges und wirtschaftliches Gesamtkonzept gefunden werden konnte. Das kann zum Beispiel mit der frühzeitigen Bildung von Planungsteams erreicht werden.

- Ähnlich wichtig erscheint das frühe Einbeziehen von Anbietern von Dämmsystemen und Anlagenkomponenten in das Planungsteam. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass hier eine hohe Einsatzbereitschaft bei der Suche nach günstigen und auch innovativen Lösungen zu finden ist. Hinzu kommt die Hilfestellung bei der Einweisung der ausführenden Betriebe.
- Vor allem zu Beginn des dena-Projekts im Jahr 2003/2004 fanden sich in einem Großteil der eingereichten Antragsunterlagen Fehler in der Energiebilanzberechnung. Nach Rücksprache und Korrektur wurden bei immer noch 14 Prozent der Anträge die Anforderungen nicht eingehalten, sodass grundlegende planerische Änderungen bei Dämmung und/oder Anlagentechnik notwendig wurden. Die hohe Fehlerquote ließ zumindest in Teilbereichen auf mangelnde Kenntnisse schließen. Eine Ursache für die fehlerhaften Planungen lag darin, dass sich nur wenige Fachingenieure mit der Entwicklung ganzheitlicher Konzepte auch unter Beachtung der Energieeffizienz beschäftigten, es also nicht gewohnt sind, ein aufeinander abgestimmtes integriertes Gesamtkonzept für Wärmeschutz und Anlagentechnik zu erarbeiten. Die Ansicht, dass entsprechend kompetente Planungsbüros nur sehr schwer zu finden, für ein optimales Gesamtkonzept aber entscheidend sind, wurde vonseiten der Projektteilnehmer und deren Architekten bei den durchgeführten Workshops betont. Die vielen Maßnahmen in der gesamten Breite des Marktes zur Weiterbildung und Qualifizierung von Fachplanern hat inzwischen zu einer breiteren Wissensbasis und Planungsqualität geführt.
- Die Erfahrungen mit Lüftungssystemen wie zum Beispiel Abluftanlagen müssen offenbar noch eingängiger dargestellt werden, um bei den Bauherren eine größere Sicherheit zu schaffen. Offensichtlich besteht auch bei vielfach eingesetzten und erprobten Systemen noch eine breite Skepsis.
- Bei der Sicherstellung der Luftdichtheit gingen die ausführenden Betriebe sehr motiviert und bemüht an die gestellte Aufgabe heran. Für eine qualitativ hochwertige Ausführung war aber dennoch eine überdurchschnittliche Kontrolle vonseiten der Bauleitung notwendig, bei der auch nicht fachgerechte Ausführungen bei der Sicherstellung der Luftdichtheit festgestellt und behoben wurden (nicht richtig verklebte Folien, Folien unter Spannung und bei Anbringen von Gipskartonplatten durchstoßen).
- Bei der Ausführung der Arbeiten erfolgte die Qualitätssicherung zum einen durch die gute Einweisung und Betreuung durch Hersteller, zum anderen durch überdurchschnittliche Überwachung der Ausführung im Rahmen der Bauleitung, die nach Aussage der Bauleiter zwingende Voraussetzung für eine qualitativ hochwertige Umsetzung ist. Dies wurde bei allen Workshops betont.
- Nach Aussage der Bauleiter sind grundlegende Kenntnisse teilweise bereits nach wenigen Tagen scheinbar „vergessen“. Schulungen für Handwerker müssen daher dazu beitragen, dass eben solche grundlegenden Kenntnisse verinnerlicht und Techniken und Zusammenhänge verstanden werden.
- Letztlich ist aber auch das ausreichende Problembewusstsein des Bauherren ein wichtiger Faktor des Erfolgs eines Projekts. Schließlich ist der Bauherr als Auftraggeber der Hauptinitiator und der erste Projektsteuerer. Er entscheidet, wer den Planungsauftrag erhält und welche Fachleute hinzugezogen werden. Von seinen Entscheidungen hängt also die Qualität der Sanierung mit ab. Spart der Bauherr an notwendigen Investitionen in Know-how, kann dies trotz bester Absichten den Projekterfolg kosten.

- Auch ist der billigste Anbieter von Leistungen, sei es bei der Planung oder der Ausführung, nicht zwangsläufig die günstigste Wahl. Erfahrene Baufachleute sind in der Regel nicht billig, dafür aber meist preiswert.

## 5 Vollkosten und energiebedingte Mehrkosten.

Die Abbildungen 8 und 9 zeigen die Vollkosten und energiebedingten Mehrkosten für die verschiedenen Varianten. Die Vollkosten und energiebedingten Mehrkosten der Maßnahmen sind zudem in den Hausdatenblättern in Anhang 2 im Einzelnen dargestellt.

### 5.1 Datenbasis – systematische Auswertung abgerechneter Projekte.

Für die Entwicklung der berechneten Gebäude und bei den wohnungswirtschaftlichen Kenndaten orientiert sich die Studie möglichst weitgehend an den Angaben der Teilnehmer aus dem Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“. Im Einzelnen nachvollziehbare und ausreichend differenzierte Kostenfeststellungen zu den geförderten Maßnahmen sind jedoch in der dena-Datenbank nicht vollständig enthalten. Die Investitionskosten wurden daher aus einem aktuellen Forschungsvorhaben des BBSR übernommen, in dem Vollkosten und energiebedingte Mehrkosten energiesparender Maßnahmen in der energetischen Wohngebäudesanierung auf Basis entsprechender Kostenfeststellungen einschließlich der Daten der Projektteilnehmer systematisch ermittelt wurden (2). In diese systematische Ermittlung wurden auch die Kostenangaben der Projektteilnehmer aus den dena-Modellvorhaben mit Mehrfamilienhäusern eingearbeitet, soweit sie in ausreichender Detaillierung (abgerechnete Handwerkerrechnungen) vorlagen.

### 5.2 Definition der Vollkosten.

Als „Vollkosten“ werden im Folgenden alle Instandsetzungskosten einschließlich der Kosten für die energiesparenden Maßnahmen an der Gebäudehülle (Wärmedämmung/Fenster mit allen damit verbundenen Nebenkosten), eventuell erforderlicher zusätzlicher baulicher Aufwand, zusätzlicher Planungsaufwand zur Vermeidung von Wärmebrücken sowie die Kosten der energierelevanten Anlagentechnik (Heizung/Lüftung) bezeichnet. Die Grundlagen der eingesetzten Kostenfunktionen sind ausführlich in der oben genannten Studie (2) beschrieben. Die im Rahmen der BBSR-Studie ermittelten und für diese Studie genutzten Kosten und Kostenfunktionen ergeben ein aktuelles Bild abgerechneter Kosten für energiesparende Maßnahmen in der Bestandssanierung.

### 5.3 Wohnwertverbessernde Maßnahmen.

Wir gehen in der Studie davon aus, dass sonstige wohnwertverbessernde Maßnahmen im Zuge einer aufwendigen Modernisierung ohnehin durchgeführt werden, und zwar nicht bedingt aus den Anforderungen der EnEV, sondern aus den Mindestanforderungen des Wohnungsmarktes, mit dem Ziel, die

langfristige Vermietbarkeit zu sichern. Damit können diese Kosten nicht ursächlich im Zusammenhang mit der EnEV diskutiert werden, sondern müssen vor dem Hintergrund der strategischen Entwicklung des Gebäudebestandes unter Beachtung der Anforderungen des Wohnungsmarktes beurteilt werden – und diese machen in der Regel wohnwertverbessernde Maßnahmen ohnehin erforderlich, um eine langfristige Vermietbarkeit zu sichern. Bei den Vollkosten sind daher nicht enthalten die Kosten für sonstige wohnwertverbessernde Maßnahmen wie Aus- und Umbauten (Wohnflächenerweiterungen), neue Wohnungsgrundrisse, Balkonanbauten, Sanitäreinrichtungen, Eingangsbereiche, Treppenhäuser, Kellereinbauten, Außenanlagen, Elektroinstallationen oder Ähnliches, da diese in der Regel nicht primär energierelevant sind, sowie die Kosten für den nachträglichen Einbau eines zentralen Wärmeverteilsystems und von Heizkörpern.

#### 5.4 Vollkosten der Maßnahmenpakete.

Die auf Basis der ausgewerteten Kostenfeststellungen ermittelten Vollkosten für die Modernisierung der Modellgebäude auf EnEV- bzw. Effizienzhaus-100-Standard betragen im Mittel ca.  $275 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$  (vgl. Abbildung 9). Das Effizienzhaus-85-Niveau lässt sich im Mittel zu Kosten von  $310 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$  erreichen. Der Effizienzhaus-70-Standard erfordert dagegen mit im Mittel ca.  $355 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$  schon deutlich höhere Kosten. Bedingt durch den sehr guten baulichen Wärmeschutz und den hohen baulichen und planungstechnischen Aufwand zur Vermeidung von Wärmebrücken sowie die sehr hochwertige Ausführung im Detail erfordert das Niveau eines (fossil) beheizten Effizienzhaus-55-Gebäudes einen Aufwand von im Mittel  $420 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$ .

Eine Ausnahme bilden die mit Biomasse beheizten Gebäude: Durch die sehr günstigen Primärenergiekennwerte der regenerativen Energieträger werden die primärenergieseitigen Anforderungen der verschiedenen Niveaus leicht erfüllt. Dadurch kann der Aufwand für die Verbesserung des Wärmeschutzes und für die hochwertige Planung und Ausführung zur Vermeidung von Wärmebrücken reduziert werden. Darüber hinaus kann auch auf die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung verzichtet werden. Dies führt in der Summe zu relativ kostengünstigen Maßnahmenpaketen (vgl. Abbildung 8) bei allerdings im Vergleich relativ hohen Energiekosten.

Bei den hier gewählten Kostenansätzen auf der Basis einer Vielzahl von ausgewerteten abgerechneten energiesparenden Maßnahmen in Wohngebäuden aus den letzten zwei bis drei Jahren betragen die Mehrkosten für das Erreichen des Effizienzhaus-55-Niveaus im Vergleich zum Effizienzhaus-100-Niveau bei fossil beheizten Gebäuden mit dem entsprechend hochwertigen baulichen Wärmeschutz lediglich ca.  $150 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$ . Das Effizienzhaus-55-Niveau kann mit regenerativ beheizten Gebäuden noch günstiger erreicht werden.

### 5.5 Energiebedingte Mehrkosten der Maßnahmenpakete.

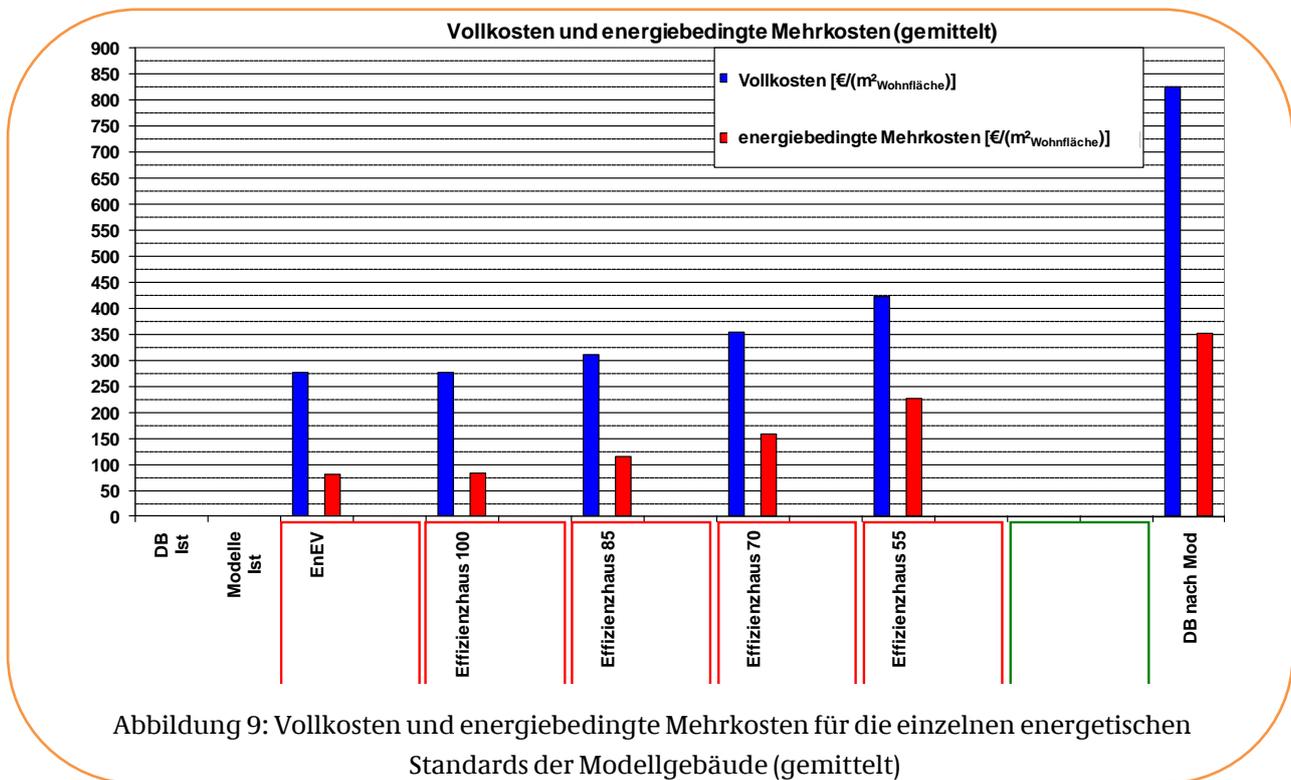
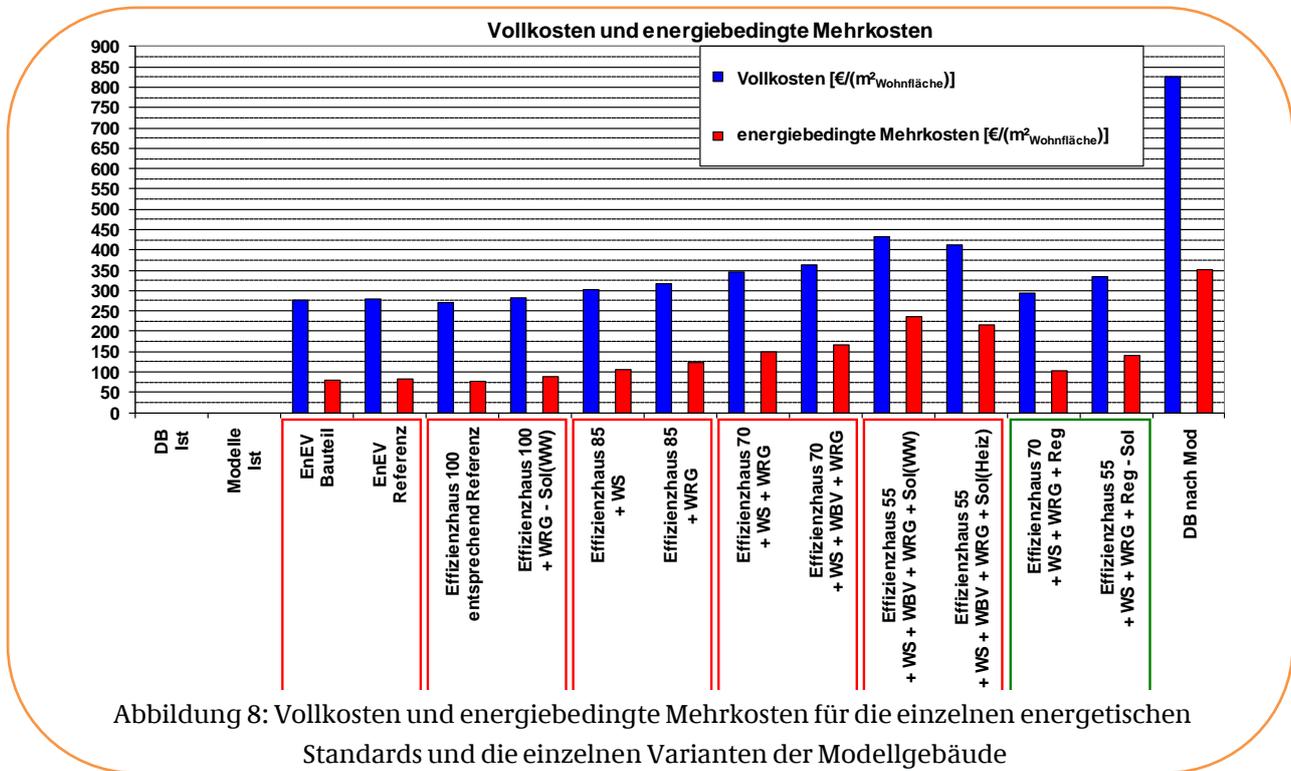
Unter Beachtung des Kopplungsprinzips sind die energiebedingten Mehrkosten der Maßnahmenpakete im Vergleich zu den Vollkosten deutlich geringer: Für das Effizienzhaus-100-Niveau betragen die energiebedingten Mehrkosten lediglich 80 bis 90 €/m<sup>2</sup> Wohnfläche, steigen allerdings bis zum Niveau des Effizienzhaus-55-Gebäudes überproportional auf ca. 230 €/m<sup>2</sup> Wohnfläche an (vgl. Abbildung 9). Dies erscheint vor dem Hintergrund des erhöhten Aufwands für diese hochwertigen Gebäude plausibel. Insgesamt ist der Anteil der energiebedingten Mehrkosten jedoch gering. Dabei muss beachtet werden, dass die Berechnungen im Rahmen des Kopplungsprinzips unter folgenden Prämissen durchgeführt wurden:

- Die Kosten von etwa 25 bis 45 €/m<sup>2</sup> Wohnfläche für dezentrale Abluftanlagen in Mehrfamilienhäusern werden der Vollständigkeit halber zwar bei den Vollkosten berücksichtigt, diese Kosten sind jedoch keine energiebedingten Mehrkosten: Die Abluftanlage ist vielmehr eine Maßnahme zur Gewährleistung einer dauerhaft hohen Raumluftqualität und dient nicht in erster Linie zur Energieeinsparung. Energiebedingte Mehrkosten entstehen durch den Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.
- Im Rahmen des Kopplungsprinzips wird auch der Austausch der alten Niedertemperaturkessel bzw. der Fernwärme-Übergabestationen durch neue Brennwertkessel (verbessert) bzw. neue Fernwärme-Übergabestationen als Maßnahme angesehen, die im Zuge der Sanierung des Gebäudes ohnehin durchgeführt wird. Energiebedingte Mehrkosten entstehen z.B. durch den Einsatz von Solaranlagen.
- Der Austausch vorhandener nicht mehr erhaltenswerter Fenster durch neue Standardfenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ( $U_w = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ) verursacht ebenfalls keine energiebedingten Mehrkosten, da diese als Standardprodukt am Markt angesehen werden. Energiebedingte Mehrkosten entstehen allerdings beim Übergang auf hochwertigere Verglasungen (3-Scheiben-Verglasung) in konventionellen Rahmen bis hin zu passivhaustauglichen Fenstern.

	Vollkosten	Energiebedingte Mehrkosten
Effizienzhaus 100	275 €/m <sup>2</sup> Wohnfläche	80 €/m <sup>2</sup> Wohnfläche
Effizienzhaus 55	420 €/m <sup>2</sup> Wohnfläche	230 €/m <sup>2</sup> Wohnfläche

Tabelle 5: Berechnete durchschnittliche Vollkosten und energiebedingte Mehrkosten

dena-Sanierungsstudie. Teil 1: Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung im Mietwohnungsbestand.



## 5.6 Abgleich mit den Angaben der Projektteilnehmer.

Auffällig im Vergleich zu den dargestellten Ergebnissen der Berechnungen sind die sehr hohen Vollkosten von im Mittel fast 830 €/m<sup>2</sup> Wohnfläche und energiebedingten Mehrkosten von im Mittel 350 €/m<sup>2</sup> Wohnfläche aus den Angaben der Projektteilnehmer (vgl. Abbildungen 8 und 9 sowie Tabelle 6). Nach den Auswertungen entsprechen die hier angesetzten Vollkosten für das Effizienzhaus-70-Niveau etwa den von den Projektteilnehmern genannten energiebedingten Mehrkosten für das Effizienzhaus-70-Niveau.

	Vollkosten	Energiebedingte Mehrkosten
Effizienzhaus 100	275 €/m <sup>2</sup> Wohnfläche	80 €/m <sup>2</sup> Wohnfläche
Effizienzhaus 55	420 €/m <sup>2</sup> Wohnfläche	230 €/m <sup>2</sup> Wohnfläche
Angaben der Projektteilnehmer im Mittel	830 €/m <sup>2</sup> Wohnfläche	350 €/m <sup>2</sup> Wohnfläche

Tabelle 6: Berechnete durchschnittliche Vollkosten und energiebedingte Mehrkosten im Vergleich zu den Angaben der Projektteilnehmer

Diese hohe Diskrepanz lässt sich qualitativ auf mehrere Ursachen zurückführen:

- Nach den Angaben der Projektteilnehmer kam es bei den modernisierten Gebäuden zu insgesamt ca. 8 Prozent Wohnraumveränderungen gegenüber dem Zustand vor Modernisierung. Das heißt, zum Teil wurde Wohnraum verkleinert, zum Teil kam es zu Wohnraumerweiterungen. Nach Durchsicht der vorliegenden Kostenfeststellungen ist zu vermuten, dass die damit verbundenen Kosten zum Teil als energierelevant zugeordnet wurden.
- Die Durchsicht der vorliegenden Kostenfeststellungen zu den Projekten legt zudem den Schluss nahe, dass auch allgemeine wohnwertverbessernde Maßnahmen und Sanierungsmaßnahmen zum Teil als energierelevant angesehen wurden.
- Allgemein wurden die Kosten für den nachträglichen Einbau zentraler Heizsysteme bzw. für Abluftanlagen vollständig als energierelevant angesehen.
- Die von den Projektteilnehmern genannten Vollkosten der energierelevanten Maßnahmen für unterschiedliche energetische Standards unterliegen einer sehr starken Streuung. Nach Auswertungen von InWIS nimmt die Streuung umso mehr zu, je mehr der EnEV-(2007-)Standard unterschritten wird. Die entsprechende Regressionsanalyse ergibt einen Determinationskoeffizienten von  $R^2 = 0,071$ , das heißt, dass lediglich 7 Prozent der Beobachtungswerte durch die Regression erklärt werden können. Im Allgemeinen werden Determinationskoeffizienten in sozialwissenschaftlichen Forschungsprojekten von mindestens 0,2 als gerade noch ausreichend angesehen (9). Ein Grund für die starke Streuung mag auch darin liegen, dass die entsprechenden Kosten von den Projektteilnehmern zum Teil erst nach Abschluss der Modellprojekte erhoben wurden (8).
- Die von den Projektteilnehmern genannten energiebedingten Mehrkosten sind zudem nicht differenziert dargestellt und orientieren sich vermutlich an den üblichen umlagefähigen Kosten des § 559 BGB. Diese mietrechtlich motivierten Modernisierungskosten sind insbesondere für die Außenwand und die Fenster

häufig höher als die hier im Rahmen des Kopplungsprinzips aus technischer Sicht angesetzten energiebedingten Mehrkosten.

- Darüber hinaus differierten die Angaben der Projektteilnehmer zu den energiebedingten Mehrkosten in sehr großen Bandbreiten von 140 bis 850 €/m<sup>2</sup> Wohnfläche. „Offensichtlich herrscht eine große Unsicherheit in Bezug auf die Bestimmung der relevanten energiebedingten Mehrkosten.“ (8) Dies zeigt sich auch in der Bandbreite der „Einschätzungen“ der Projektteilnehmer in Bezug auf die energiebedingten Mehrkosten, die von 24,5 Prozent bis über 83 Prozent reichen (7). Diese Darstellung macht deutlich, wie wichtig eine systematische Auswertung abgerechneter Projekte in Bezug auf die Vollkosten und energiebedingten Mehrkosten als Basis für Wirtschaftlichkeitsberechnungen ist.
- Nicht zuletzt wurden in einzelnen Projekten bewusst zum Teil innovative Systeme und Technologien eingesetzt, um diese an der Schwelle der Markteinführung stehenden Lösungen weiter zu erproben und die Markteinführung zu unterstützen. Ziel war dabei nicht das möglichst kosteneffiziente Erreichen eines bestimmten energetischen Niveaus, sondern das Erproben neuer Techniken und Lösungen. So wurden einzelne Pilotprojekte genutzt, um verschiedene Wärmeschutzsysteme und Anlagentechniken zu testen und miteinander zu vergleichen, was teilweise zu verhältnismäßig hohen Kosten geführt hat. Andererseits konnten erhebliche Kostenreduktionen durch eine enge Zusammenarbeit mit Herstellern in den Projekten der Pilotphase erzielt werden, da die Hersteller Möglichkeiten sahen, eine Marktöffnung zu erreichen und dafür wichtige Referenzen aufzubauen. Außerdem erhofften sich die Hersteller auf Erfahrungen aus dem Einsatz gestützte Rückmeldungen für die Produktentwicklung (7). Für die Projektteilnehmer bedeutet dies gegenüber der energetischen Modernisierung mit „Standardlösungen“ – wie sie Basis der oben vorgestellten Berechnungen ist – in der Regel einen erheblich größeren Aufwand in Planung und Ausführung und auch in Bezug auf die Kosten der energiesparenden Maßnahmen.

Diese qualitativen Argumente lassen die hohen Abweichungen zwischen den Angaben der Projektteilnehmer mit der festgestellten hohen Streuung und den Ergebnissen der Berechnungen plausibel erscheinen. Es sei aber an dieser Stelle nochmals betont, dass die im Rahmen des Projekts „Niedrigenergiehaus im Bestand“ geförderten Maßnahmen Modellcharakter haben. Der Aufwand der Projektteilnehmer und die damit verbundenen Kosten dürfen und müssen vernünftigerweise relativ hoch sein. Dies ist auch ein Grund für die hohe Förderung der Vorhaben.

Im Vergleich und in Abgrenzung zu dem dena-Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“ basieren die hier untersuchten Maßnahmenpakete auf weitestgehend erprobten Techniken, wobei Abluftanlagen, Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung, Brennwertkessel und Solaranlagen zur Unterstützung der Warmwasserbereitung als solche angesehen werden. Dazu zählt auch ein ingenieurmäßig vernünftig geplanter und ausgeführter baulicher Wärmeschutz mit einem verbleibenden Wärmebrückenverlustkoeffizienten von 0,05 W/(m<sup>2</sup> ·K) nach Modernisierung. Dies gilt bis zum Effizienzhaus-70-Niveau. Derzeit noch unübliche Lösungen erfordert das Effizienzhaus-55-Niveau. Dieser erhöhte Aufwand ist allerdings in den Berechnungen berücksichtigt und zeigt sich auch in der Darstellung der Kosten.

## 6 Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

Bei den vorliegenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen wird der Mehrertragsansatz verwendet. Dabei wird der durch die Energiesparmaßnahmen erzielte Mehrertrag den energiebedingten Mehrkosten gegenübergestellt, die bei Anwendung des Kopplungsprinzips durch die zusätzlichen Energiesparmaßnahmen verursacht wurden. Bei den betrachteten acht Modellgebäuden handelt es sich um Beispiele aus dem vermieteten Bestand. Aus Vermietersicht besteht somit der mögliche Mehrertrag aus resultierenden Mieterhöhungen nach der energetischen Modernisierung im Vergleich zum energetisch nicht modernisierten Gebäude<sup>13</sup>.

In der Studie wird die Frage der Wirtschaftlichkeit somit aus zwei Sichtweisen heraus diskutiert: aus der Sicht der Investoren als Vermieter über den Break-even und aus Sicht der Mieter als Kunden der Investoren über die warmmietenneutrale Mieterhöhung (siehe unten). Die Frage der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen wird jedoch letztlich bewusst offengelassen, da dies auch von Marktfaktoren abhängig ist, die regional ermittelt werden müssen. Die Frage ist: Können die erforderlichen Mieterhöhungen tatsächlich dauerhaft am Markt erzielt werden? Die zur Beantwortung dieser Frage erforderlichen Daten und (Markt-)Einschätzungen obliegen in hohem Maße der individuellen Bewertung und somit der individuellen Verantwortung der Investoren. Dieser Aspekt wird abschließend in Kapitel 7 diskutiert. Dennoch vermitteln die berechneten Mieterhöhungen einen Eindruck von den zusätzlichen finanziellen Belastungen oder Entlastungen der Mieter infolge der energetischen Modernisierung.

### 6.1 Kapitalwertmethode.

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen wird auf die Kapitalwertmethode zurückgegriffen (10). Um den Kapitalwert einer Investitionsalternative zu ermitteln, werden alle Zahlungen, die nach dem Investitionszeitpunkt anfallen, mit dem Kalkulationszinssatz abgezinst. Man erhält so den Barwert der Aus- und Einzahlungsreihen, von dem die Anfangsinvestition subtrahiert wird. Die Kapitalwertmethode prüft, ob in einer Investition über einen gegebenen Zeitraum und zu einem gegebenen Zinssatz zumindest der gewählte Kalkulationszinssatz steckt und die Investition somit vorteilhaft ist (Kapitalwert > 0 bei der Beurteilung einer Investition).

---

<sup>13</sup> Die Berechnungsparameter sind in Kapitel 6.2 dargestellt.

## 6.2 Break-even-Mieterhöhungen.

In dieser Studie werden diejenigen Mieterhöhungen berechnet, die notwendig sind, um unter Beachtung der ökonomischen Mindestanforderungen des Investors die zusätzlichen energiesparenden Investitionen gerade zu erwirtschaften. Untersucht wird also der „Break-even“ für den Investor. Die erforderlichen Mieterhöhungen orientieren sich somit an den ökonomischen Mindestanforderungen des Investors. Die dazu erforderlichen Parameter wie Vollkosten, energiebedingte Mehrkosten, Finanzierungsbedingungen sowie Renditeerwartungen und Betrachtungszeiträume können verlässlich abgeschätzt werden. Eine in der Praxis durchaus erzielbare dauerhafte Leerstandsreduzierung oder die Verringerung des Mietausfallwagnisses durch die energetische Modernisierung werden dabei nicht berücksichtigt. Die aus dem Break-even erforderlichen Mieterhöhungen sind für die untersuchten Einzelmaßnahmen und die Maßnahmenpakete in den Hausdatenblättern in Anhang 2 im Einzelnen dokumentiert.

## 6.3 Warmmietenneutrale Mieterhöhungen.

Vor dem Hintergrund sozial verträglicher Maßnahmen und einkommensschwacher Haushalte werden darüber hinaus aus Mietersicht die sogenannten warmmietenneutralen Mieterhöhungen berechnet. Werden die Mieten warmmietenneutral erhöht, bleibt für die Mieter die Warmmiete (Nettokaltmiete plus Energiekosten) im Jahr der Maßnahme im Vergleich zur Situation vor Durchführung der Maßnahme konstant. Die warmmietenneutrale Mieterhöhung entspricht somit genau der Energiekostensparnis im Jahr der Maßnahme bei heutigen Energiepreisen und lässt sich relativ sicher berechnen. Die für die verschiedenen energetischen Standards resultierenden warmmietenneutralen Mieterhöhungen werden den erforderlichen Mieterhöhungen aus dem Break-even gegenübergestellt und sind in den Hausdatenblättern in Anhang 2 im Einzelnen dokumentiert.

## 6.4 Parameter und Rahmenbedingungen.

Für die Berechnungen wurden folgende Rahmenbedingungen angenommen:

Eingabeparameter und Rahmenbedingungen		
Betrachtungszeitraum	[a]	25
Gewichteter Kalkulationszins <sup>14</sup>	[%]	4,6
Leerstand vor energetischer Modernisierung	[%]	3
Leerstand nach energetischer Modernisierung	[%]	3
Ortsübliche Vergleichsmiete	[€/m <sup>2</sup> ·Mon]	4,50
Teuerung Mieten	[%/a]	1
Aktueller Energiepreis	[Cent/kWh]	6,50

Tabelle 7: Rahmenbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Es wird unterstellt, dass die energiebedingten Mehrkosten zu 80 Prozent mit Fremdkapital und zu 20 Prozent mit Eigenkapital finanziert werden (Verzinsung in Höhe des Kalkulationszinssatzes). Finanzierungen über öffentliche Fördermittel werden zunächst nicht berücksichtigt. Instandhaltungs- und Verwaltungskosten werden über die Kaltmiete gedeckt und sind nicht mietrelevant. Es wird angenommen, dass sich aus den Maßnahmen keine zusätzlichen laufenden Ausgaben für Instandhaltung und Verwaltung ergeben.

Die warmmietenneutrale Mieterhöhung wird im Jahr der Maßnahme mit dem heutigen Energiepreis von 6,50 Cent/kWh berechnet. Zukünftige Energiepreisentwicklungen werden bei diesem Ansatz daher nicht berücksichtigt. Diese Einschränkung ist erfahrungsgemäß wichtig für das Gespräch zwischen dem Vermieter als Investor und dem Mieter als Kunden, der die Baumaßnahmen erdulden und die Beeinträchtigungen durch die Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen akzeptieren muss.

---

<sup>14</sup> Bei einer Mischfinanzierung der Investition sollte der Kalkulationszinssatz die von den Eigenkapitalgebern geforderte Verzinsung und die durch die anteilige Fremdfinanzierung verursachte Zinsbelastung widerspiegeln. Als Definition bietet sich das gewogene arithmetische Mittel aus Eigen- und Fremdkapitalzinssatz an (Weighted Average Cost of Capital). Der Eigenkapitalzins wird hier mit 3 Prozent, der Fremdkapitalzins mit 5 Prozent angesetzt. Bei 20 Prozent Eigenkapital und 80 Prozent Fremdkapital ergibt sich ein gewichteter Kalkulationszinssatz von 4,6 Prozent.

## 6.5 Mietverlaufsmodelle.

Modernisierungsbedingte zusätzliche Mieteinnahmen zur Refinanzierung der energiebedingten Mehrkosten ergeben sich aus der Differenz zwischen den Mieteinnahmen des nicht modernisierten und des energetisch modernisierten Gebäudes. Im Rahmen bestehender Mietverhältnisse können zwei grundlegend unterschiedliche Mietverlaufsmodelle zugrunde gelegt werden, die die Bandbreite möglicher Refinanzierungssituationen prinzipiell abbilden (10):

### ■ Mietverlaufsmodell I – Ausgangsmiete auf dem Niveau der ortsüblichen Vergleichsmiete.

Hier gilt die Annahme, dass die Nettomiete vor Modernisierung auf dem Niveau der ortsüblichen Vergleichsmiete liegt, das heißt, es bleibt im Rahmen bestehender Mietverhältnisse nur die Möglichkeit einer Mieterhöhung nach § 559 BGB (Erhöhung der Jahresmiete um 11 Prozent der umlagefähigen Kosten).

Im Mietverlaufsmodell I unterscheidet der Markt nicht zwischen energetisch modernisierten Gebäuden mit relativ geringen Energiekosten und energetisch nicht modernisierten Gebäuden mit relativ hohen Energiekosten. Für die Refinanzierbarkeit der energiesparenden Maßnahmen ist diese Ausgangssituation prinzipiell ungünstig, da die Zuschläge nicht dauerhaft erwirtschaftet werden können, weil sie von der Steigerung der ortsüblichen Vergleichsmiete im Zeitverlauf „aufgezehrt“ werden.<sup>15</sup> Das energetisch modernisierte Gebäude erzielt keinen dauerhaften Mehrertrag gegenüber einem energetisch nicht modernisierten Gebäude.

### ■ Mietverlaufsmodell II – Ausgangsmiete unter dem Niveau der ortsüblichen Vergleichsmiete.

Hier gilt die Annahme, dass die ortsübliche Vergleichsmiete zwar ausgewiesen wird, in der Praxis aber nicht erzielt werden kann. Das Modell geht davon aus, dass sich erst infolge einer energetischen Modernisierung dauerhaft Mieterhöhungen nach § 558 BGB (Mieterhöhung bis zur ortsüblichen Vergleichsmiete) durchsetzen lassen. Eine vergleichbare Situation liegt vor, wenn die Ausgangsmiete unterhalb der ortsüblichen Vergleichsmiete liegt und eine Mieterhöhung nach § 559 BGB erfolgt, ohne dass mit der neuen Miete die ortsübliche Vergleichsmiete überschritten wird.

---

<sup>15</sup> Vgl. dazu (11). Ob die Mieterhöhung nach § 559 BGB für eine Refinanzierung ausreicht, hängt unter anderem vom Umfang der Mieterhöhung, von der Steigerungsrate der ortsüblichen Vergleichsmiete sowie von einer möglichen Leerstandsreduzierung durch die energetische Modernisierung ab.

Im Mietverlaufmodell II unterscheidet der Markt zwischen energetisch modernisierten Gebäuden mit relativ geringen Energiekosten und energetisch nicht modernisierten Gebäuden mit relativ hohen Energiekosten. Für die Refinanzierbarkeit der energiesparenden Maßnahmen ist diese Ausgangssituation prinzipiell günstig, weil der Mehrertrag aus der Mieterhöhung dauerhaft realisiert werden kann.

Dass die energetische Qualität eines Gebäudes tatsächlich Marktrelevanz hat, zeigt sich z. B. im Mietspiegel Darmstadt, bei dem je nach energetischer Qualität des Gebäudes und der Anlagentechnik verschieden hohe Zuschläge auf die ortsübliche Vergleichsmiete ermöglicht werden (12).

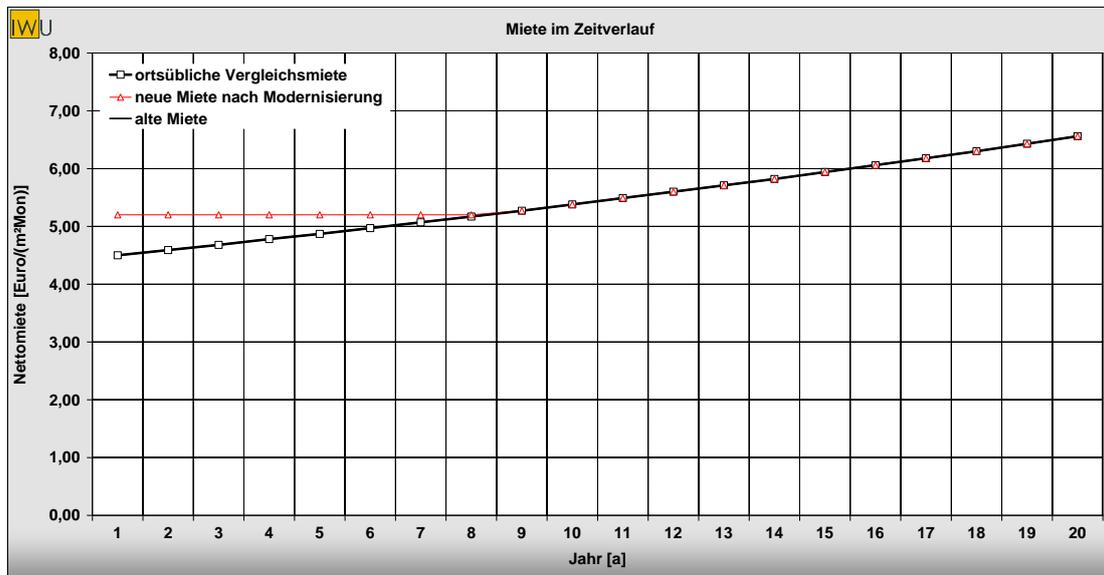


Abbildung 10: Mietverlaufmodell I - Ausgangsmiete auf dem Niveau der ortsüblichen Vergleichsmiete

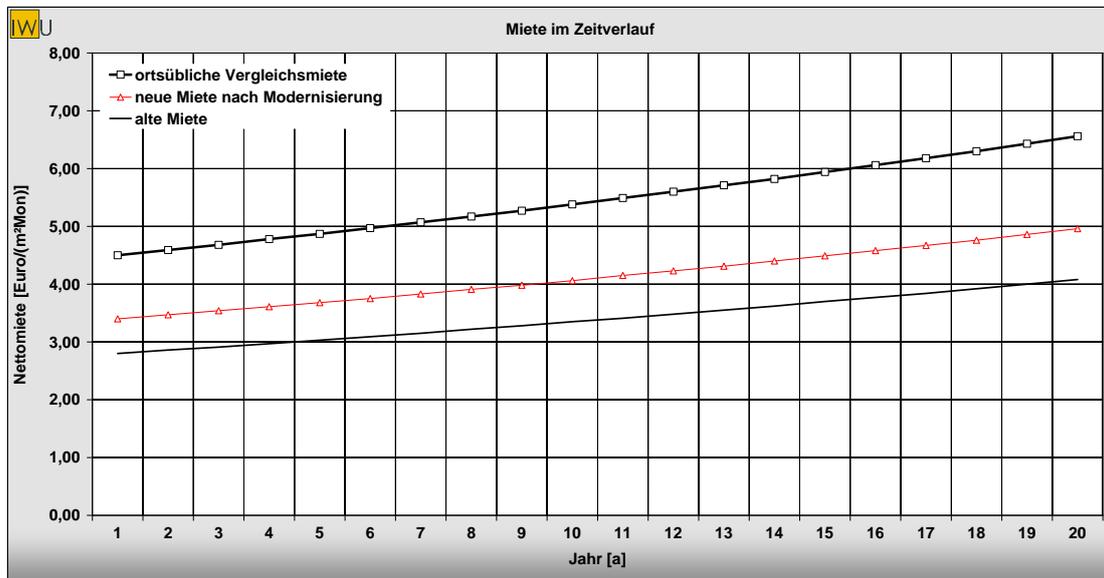


Abbildung 11: Mietverlaufsmodell II - Ausgangsmiete unter dem Niveau der ortsüblichen Vergleichsmiete

## 6.6 Tatsächlich realisierte Mieterhöhungen und ortsübliche Vergleichsmieten der Modellvorhaben.

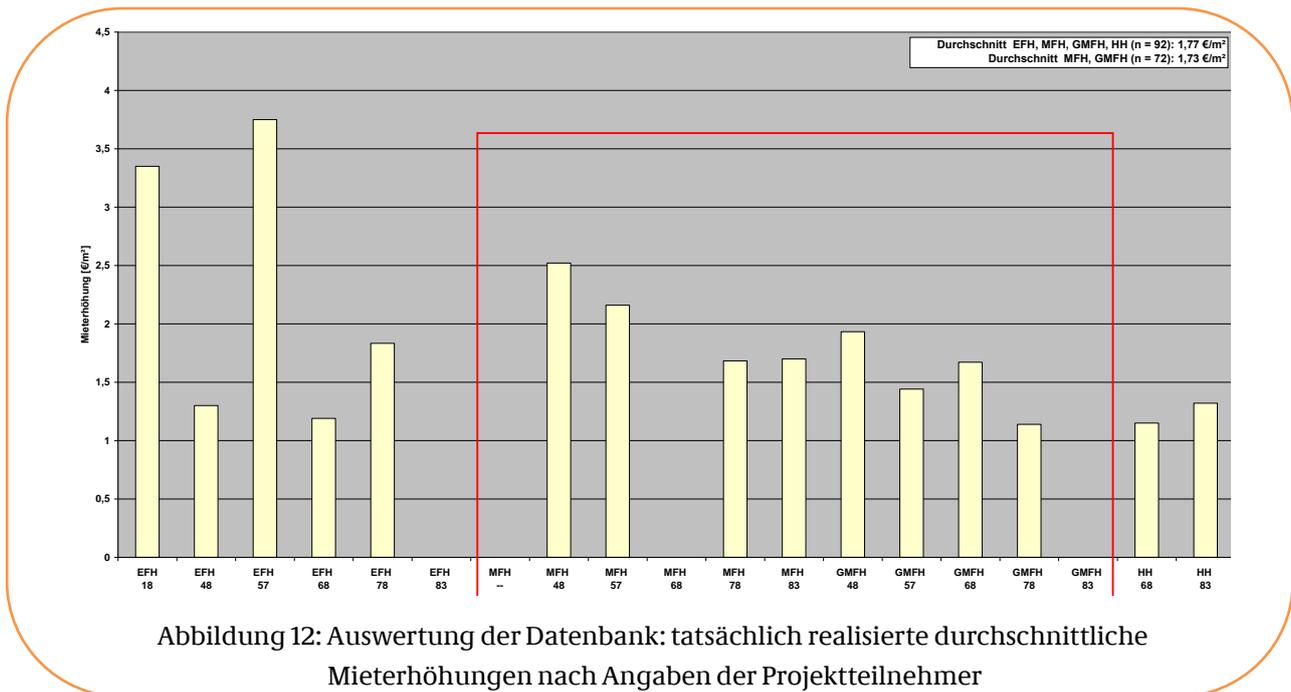
Systematische Untersuchungen bezüglich der Praxisrelevanz der beiden Mietverlaufsmodelle liegen bisher nicht vor. So ist beispielsweise nicht genau bekannt, wie viele energetisch nicht modernisierte Altbauten tatsächlich auf dem Niveau der ortsüblichen Vergleichsmiete liegen.

Aus dem gesamten Datensatz der dena liegen jedoch aus insgesamt 92 Projekten verwertbare Informationen über die Mieten vor und nach Modernisierung sowie aus 32 Projekten Angaben zu den Nettomieten vor der Modernisierung im Vergleich zur ortsüblichen Vergleichsmiete vor.

### ■ Tatsächlich realisierte Mieterhöhungen in den Modellvorhaben.

Abbildung 12 zeigt die Verteilung der durchschnittlichen Mieterhöhung von  $1,77 \text{ €}/(\text{m}^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{Mon})$  auf die einzelnen Gebäudetypen. Nach Angaben der Projektteilnehmer wurden in den Mehrfamilienhäusern der Baujahrsklasse vor 1948 („MFH48“) die Mieten zum Beispiel um durchschnittlich  $2,52 \text{ €}/(\text{m}^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{Mon})$  erhöht, in den großen Mehrfamilienhäusern der Baujahrsklasse von 1969 bis 1978 („GMFH78“) dagegen nur um durchschnittlich  $1,14 \text{ €}/(\text{m}^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{Mon})$ .

Wird nur auf die in der Studie untersuchten rot umrandeten Mehrfamilienhäuser (MFH) und großen Mehrfamilienhäuser (GMFH) fokussiert, dann beträgt die Mieterhöhung durchschnittlich  $1,73 \text{ €}/(\text{m}^2 \text{ Wohnfläche} \cdot \text{Mon})$ .



■ **Vergleich der Nettokaltmieten zu den ortsüblichen Vergleichsmieten.**

Bei 32 dena-Projekten lagen gleichzeitig sowohl Informationen über die Höhe der ortsüblichen Vergleichsmiete als auch zur tatsächlichen Miete vor der Modernisierung vor (Abbildung 13): Lediglich bei zwei Projekten lag die Nettokaltmiete vor Sanierung geringfügig über der angegebenen ortsüblichen Vergleichsmiete. In den übrigen Fällen lag die Ausgangsmiete unterhalb bzw. deutlich unterhalb der ortsüblichen Vergleichsmiete, das heißt, es waren relativ hohe Mieterhöhungsspielräume nach § 558 BGB vorhanden.

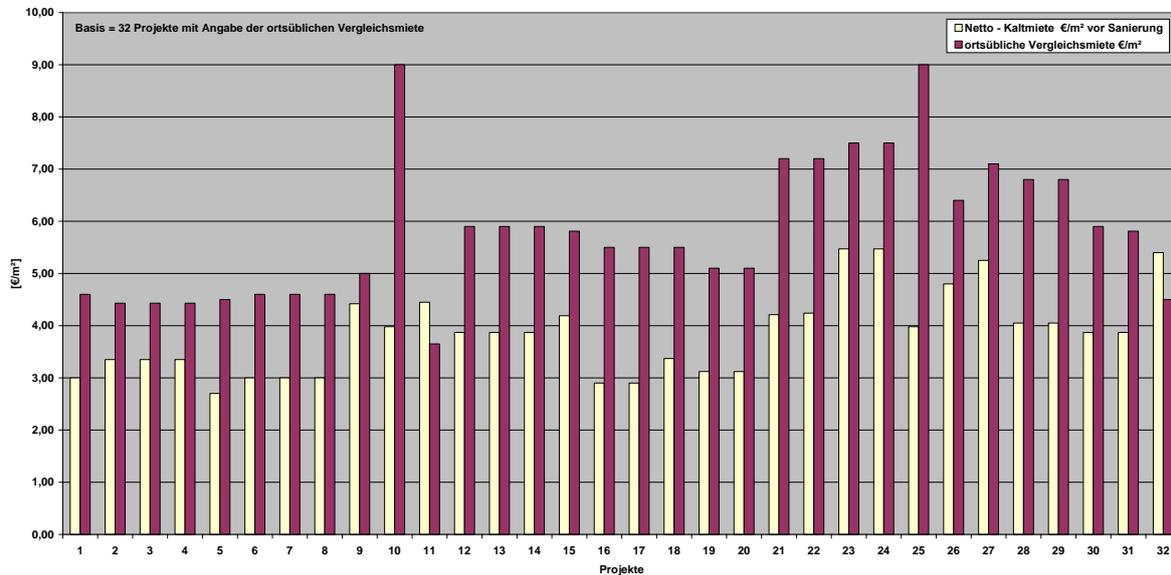


Abbildung 13: Auswertung der Datenbank: tatsächlich realisierte durchschnittliche Mieterhöhungen nach Angaben der Projektteilnehmer

Bei der Mehrzahl (59 Prozent) der dena-Projekte aus dem vermieteten Bestand (n = 92) wurden die Gebäude darüber hinaus in unbewohntem Zustand saniert. Dies deutet darauf hin, dass der Zustand der Gebäude vor Modernisierung relativ schlecht war, dass neben der energetischen Modernisierung auch häufig nicht energetische, wohnwertverbessernde Maßnahmen (Küche/Bad/Treppenhäuser/Eingangsbereiche etc.) durchgeführt wurden und dass es im Anschluss in der Regel zu einer Neuvermietung mit neuen, am Markt orientierten Mietverträgen gekommen ist.

### 6.7 Konsequenz für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

Für die vorliegende Untersuchung wird aus den oben genannten Gründen daher grundsätzlich das Mietverlaufsmodell II unterstellt. Dieser Ansatz erscheint für die Gebäude aus dem dena-Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“ mit dem offenkundig hohen Instandsetzungsrückstau realitätsnah. Die Gebäude wurden lange Zeit nicht modernisiert. Entsprechend plausibel erscheint es, dass Mieterhöhungen im Rahmen bestehender Mietverhältnisse nur schwer durchsetzbar waren und das Mietniveau deutlich unter der ortsüblichen Vergleichsmiete lag. Zum Teil deutlich höhere Mieten konnten erst nach der umfangreichen Instandsetzung und Modernisierung realisiert werden.

## 7 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

### 7.1 Energiekosteneinsparung und Break-even-Mieterhöhung ohne Förderung.

Die Darstellung der Energiekosteneinsparung im Jahr der Maßnahme sowie der Break-even-Mieterhöhungen ohne Förderung erfolgt detailliert in den Hausdatenblättern (Anlage 2). Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden im Folgenden lediglich die Ergebnisse der Berechnungen gemittelt für die fünf verschiedenen energetischen Standards dargestellt (Abbildung 14).

Wie die Abbildung zeigt, beträgt die Energiekostensparnis für die Variante EnEV (d. h. Einhaltung der bauteilbezogenen Mindestanforderungen nach EnEV, Anlage 3, Tabelle 1) im Jahr der Maßnahme  $0,77 \text{ €/}(m^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{Mon})$  bei heutigen Energiepreisen von 6,5 Cent/kWh. Die für den Investor mindestens erforderliche Break-even-Mieterhöhung (ohne Berücksichtigung von Leerstandsreduzierungen) beträgt bei der Variante EnEV  $0,42 \text{ €/}(m^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{Mon})$ . Diese Mieterhöhung erfüllt die Mindestanforderungen des Investors und führt bei heutigen Energiepreisen letztlich immer noch zu Einsparungen von  $0,35 \text{ €/}(m^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{Mon})$  auf der Mieterseite.

Wie Abbildung 14 weiter zeigt, liegen die erforderlichen Break-even-Mieterhöhungen für alle außer der Effizienzhaus-55-Variante unter der damit verbundenen Energiekostensparnis auf Mieterseite, wobei die Differenz zwischen der erforderlichen Break-even-Mieterhöhung zur Refinanzierung der Maßnahmen und der Energiekosteneinsparung auf Mieterseite bei höherwertigen energetischen Standards immer geringer wird.

Bei der Effizienzhaus-55-Variante beträgt die erforderliche Break-even-Mieterhöhung zur Refinanzierung der energiesparenden Maßnahmen  $1,17 \text{ €/}(m^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{Mon})$ . Damit liegt der Break-even zwar über der Energiekostensparnis von  $0,99 \text{ €/}(m^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{Mon})$ , aber noch deutlich unter den tatsächlich realisierten Mieterhöhungen von durchschnittlich  $1,73 \text{ €/}(m^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{Mon})$ . Aus diesen tatsächlich realisierten Mieterhöhungen werden allerdings auch nicht energierelevante sonstige wohnwertverbessernde Maßnahmen refinanziert.

### Diskussion der Ergebnisse.

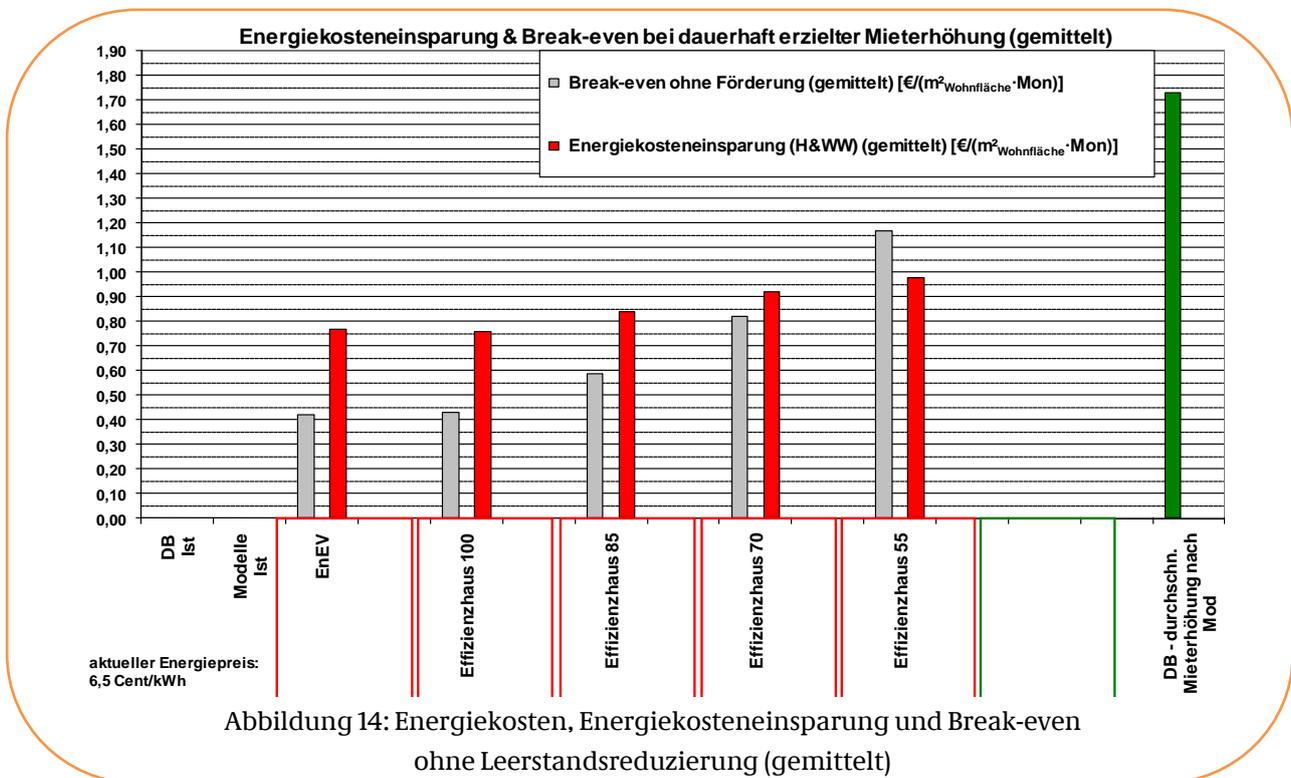
Aus Sicht der Vermieter als Investoren erscheint die energetische Modernisierung entsprechend den Mindestanforderungen der bauteilbezogenen Anforderungen der EnEV nach Anlage 3, Tabelle 1 im Vergleich zu den anderen Standards sehr vorteilhaft: Die erforderlichen Mieterhöhungen zur Refinanzierung der zusätzlichen energiesparenden Maßnahmen sind relativ gering, zudem deutlich niedriger als die zu erwartende Energiekosteneinsparung auf Mieterseite und somit am Markt mit scheinbar geringem Risiko leicht durchsetzbar. Mit den Maßnahmen werden bereits im Vergleich zu unsanierten Gebäuden der Primär- und Endenergiebedarf sowie die CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen um über 60 Prozent

reduziert (vgl. Abbildung 7). Zudem sind die damit verbundenen Maßnahmen auf der Baustelle sehr einfach umzusetzen.

Jede weitere Verschärfung der Anforderungen führt dazu, dass die Differenz zwischen der erforderlichen Break-even-Mieterhöhung zur Refinanzierung der Maßnahmen und der Energiekosteneinsparung auf Mieterseite immer geringer wird. Beim Effizienzhaus-55-Standard ist schließlich die erforderliche Break-even-Mieterhöhung mit  $1,17 \text{ €/}(m^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{Mon})$  aufgrund der überproportional gestiegenen energiebedingten Mehrkosten bei heutigen Energiepreisen von annahmegemäß  $6,5 \text{ Cent/kWh}$  nicht mehr durch die erzielte Energiekosteneinsparung von  $0,99 \text{ €/}(m^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{Mon})$  auszugleichen.

Es stellt sich allerdings die Frage, ob mit Gebäuden, modernisiert nach den Mindestanforderungen der EnEV, dauerhaft, d. h. über Zeiträume von 20 oder 25 Jahren, ein Marktvorteil erzielbar ist, der sich auch in höheren Mieten darstellt. Wir gehen davon aus, dass auch in Zukunft Investoren am Markt mit dem Produkt des energetisch hochwertigen Gebäudes verstärkt werben werden und sich dies auch in der Mietpreisbildung und somit z. B. auch in qualifizierten Mietspiegeln niederschlägt. Das Risiko der energetischen Modernisierung entsprechend den Mindestanforderungen nach EnEV, Anlage 1, Tabelle 3 erscheint vor diesem Hintergrund tatsächlich als nur scheinbar niedrig.

Zudem wurden die Ergebnisse unter der Annahme eines heutigen Energiepreises von  $6,5 \text{ Cent/kWh}$  berechnet. Es ist jedoch plausibel anzunehmen, dass die Energiepreise weiterhin überproportional steigen werden und damit entsprechend auch die Energiekostensparnis der Mieter durch die hochwertigen energetischen Modernisierungen: Eine Vergleichsrechnung mit einem nur wenig höher angesetzten Energiepreis von  $7,0 \text{ Cent/kWh}$  hat gezeigt, dass daraus beim Effizienzhaus-55-Standard im Jahr der Maßnahme eine Energiekosteneinsparung bei den Mietern von durchschnittlich  $1,06 \text{ €/}(m^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{Mon})$  resultiert. Damit liegt die zu erwartende Energiekosteneinsparung nur etwa  $0,10 \text{ €/}(m^2_{\text{Wohnfläche}} \cdot \text{Mon})$  unter der erforderlichen Mieterhöhung zur Refinanzierung der Maßnahmen.



## 7.2 Kosten und Refinanzierung der energiesparenden Maßnahmen mit Förderung.

Die Ergebnisse der Berechnungen unter Berücksichtigung einer Förderung sind in Abbildung 15 wiederum aus Gründen der Übersichtlichkeit gemittelt für die fünf energetischen Standards dargestellt. Die Abbildung zeigt die Vollkosten der energiesparenden Maßnahmen für die jeweiligen energetischen Standards, die über Break-even-Mieterhöhungen, über eine mögliche Förderung und aus Rücklagen refinanziert werden müssen.

### Vollkosten.

Die Vollkosten für die Modernisierung der Gebäude auf Effizienzhaus-100-Standard betragen  $275 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$ . Bedingt durch den sehr guten baulichen Wärmeschutz und den baulichen und planungstechnischen zusätzlichen Aufwand zur Vermeidung von Wärmebrücken sowie die sehr hochwertige Ausführung im Detail erfordert das Niveau eines (fossil) beheizten Effizienzhaus-55-Gebäudes einen deutlich höheren Aufwand von  $420 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$ . Die Kosten steigen somit um  $145 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$  (vgl. auch Abbildung 9). Zum Vergleich zeigt die Abbildung auch die aus den Angaben der Projektteilnehmer

ermittelten sehr hohen Vollkosten für die energetische Modernisierung der Gebäude von durchschnittlich fast 830 €/m<sup>2</sup> Wohnfläche. Diese Kostenangaben sind in Kapitel 5.6 diskutiert.

### **Barwert der Break-even-Mieterhöhung.**

Wie in Kapitel 6.2 dargestellt, erfüllt die Break-even-Mieterhöhung die ökonomischen Mindestanforderungen des Investors, um die energiebedingten Mehrkosten über den Betrachtungszeitraum zu erwirtschaften. Der Barwert der Break-even-Mieterhöhung entspricht damit genau den energiebedingten Mehrkosten und deckt somit deren Refinanzierung über den Betrachtungszeitraum. Der Barwert der Break-even-Mieterhöhung beträgt somit beim Effizienzhaus-100-Standard 83 €/m<sup>2</sup> Wohnfläche und steigt beim (fossil) beheizten Effizienzhaus-55-Gebäude auf 227 €/m<sup>2</sup> Wohnfläche an.

### **Barwert der KfW-Förderung.**

Es wird unterstellt, dass die hier untersuchten Varianten mit einem KfW-Kredit aus dem Programm „Energieeffizient Sanieren“ bzw. aus der Sonderförderung der KfW gefördert werden können. Ein Investitionszuschuss scheidet für die hier betrachteten Modellgebäude in der Regel aus, da sie durchgängig mehr als zwei Wohneinheiten haben. Lediglich für private Vermieter von Eigentumswohnungen oder für Wohnungseigentümergeinschaften der hier betrachteten Gebäude wäre ein Zuschuss prinzipiell möglich. Wohnungseigentümergeinschaften stellen aber nur ca. 5 Prozent der durch die acht Modellgebäude abgebildeten dena-Projekte. Für die überwiegende Mehrzahl der betrachteten Gebäude kommt demnach nur die Kreditvariante in Frage.

Hinsichtlich des Kredits wurden aktuelle Konditionen<sup>16</sup> (Zinssatz 1,75 Prozent, Laufzeit 20 Jahre, drei tilgungsfreie Anlaufjahre, Zinsbindungsfrist zehn Jahre) der KfW angenommen. Für die Variante Effizienzhaus 100 wird zusätzlich ein Tilgungszuschuss von 12,5 Prozent des Zusagebetrags, d. h. auf die energiebedingten Vollkosten, gewährt (KfW-Effizienzhaus 100, Bezug: EnEV 2009). Für die Variante Effizienzhaus 85 wird ein Tilgungszuschuss von 15 Prozent des Zusagebetrags gewährt (KfW-Effizienzhaus 85, Bezug: EnEV 2009). Für die Varianten Effizienzhaus 70 und Effizienzhaus 55 wird ein Tilgungszuschuss von 20 Prozent des Zusagebetrags gewährt (KfW-Effizienzhaus 70, Bezug: EnEV 2009; Teilnahme am dena-Programm „Niedrigenergiehaus im Bestand“).

---

<sup>16</sup> Stand der Förderung: Dezember 2009

Um die Förderung zu bewerten, wird jeweils der Barwert der Zinsverbilligung einschließlich des Tilgungszuschusses berechnet. Der Barwert des Förderkredits entspricht damit einem (fiktiven) direkten Zuschuss zu Beginn des Betrachtungszeitraums. Neben den Konditionen der KfW-Kredite beeinflussen der Zinssatz eines alternativen Hypothekendarlehens ohne Zinsverbilligung (Kalkulationszinssatz) sowie der angenommene Zinssatz nach Ende der Zinsbindung die Höhe des Barwerts des Förderkredits. Im vorliegenden Fall wird angenommen, dass ein alternatives Hypothekendarlehen zu einem Zinssatz von 4,6 Prozent aufgenommen werden kann. Nach Ablauf der Zinsbindung von zehn Jahren wird das KfW-Darlehen ebenfalls mit 4,6 Prozent verzinst.

### **Refinanzierungslücke.**

Aus den Barwerten der Break-even-Mieterhöhungen und der KfW-Förderung werden die energiesparenden Maßnahmen zu einem großen Teil refinanziert. Bei jedem energetischen Standard verbleibt jedoch eine Refinanzierungslücke, die aus Rücklagen des Investors gedeckt werden muss. Hierbei wird dann die Vollkostenbetrachtung zugrunde gelegt.

### **Barwert der warmmietenneutralen Mieterhöhung.**

Zum Vergleich sind in Abbildung 15 auch die Barwerte der warmmietenneutralen Mieterhöhung für die jeweiligen energetischen Standards aufgetragen. Dies sind definitionsgemäß die Mieterhöhungen, die erzielbar wären, wenn eine Warmmietenneutralität der Maßnahmen bei heutigen Energiepreisen angenommen wird.

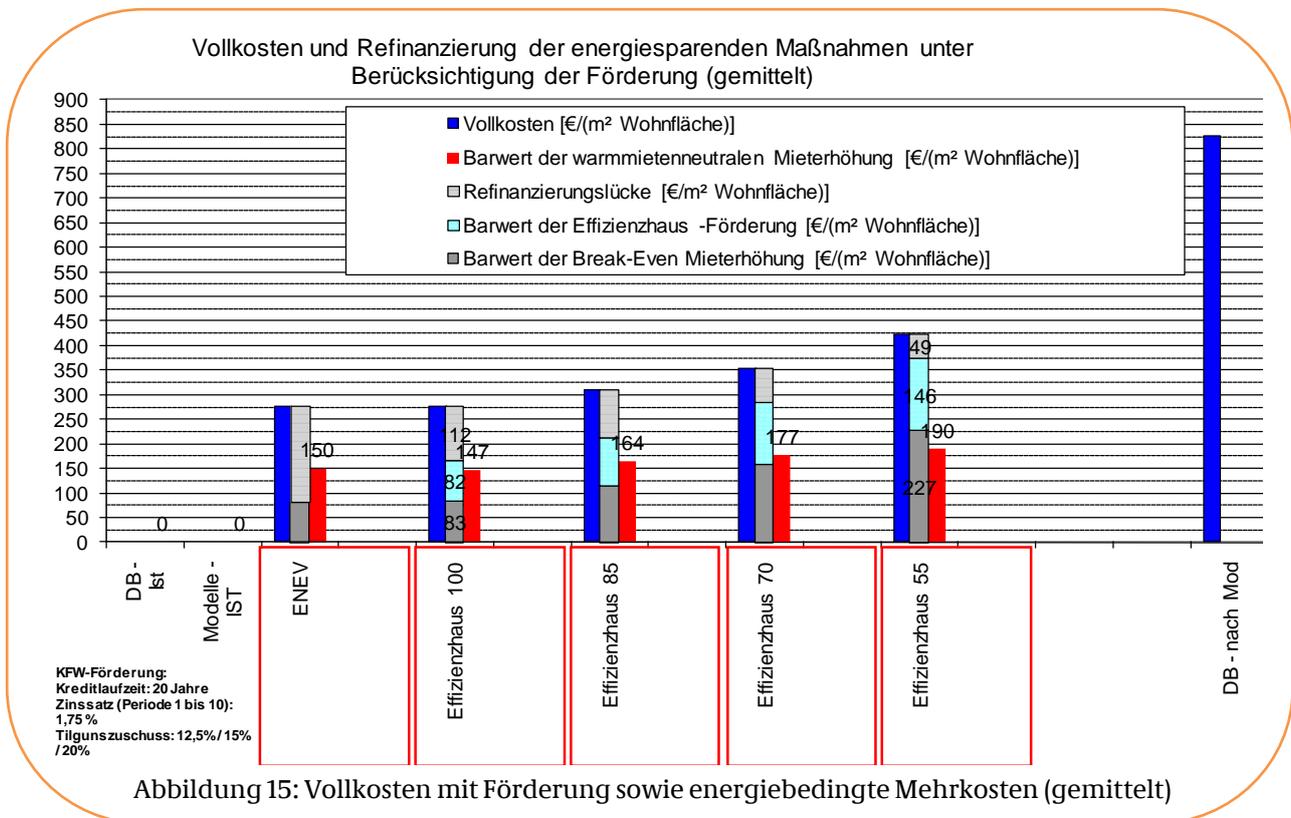
### **Diskussion der Ergebnisse.**

Auffällig ist, dass die verbleibende Refinanzierungslücke mit verbessertem energetischen Standard deutlich kleiner wird. Dies hat vor allem zwei Gründe:

- Der Barwert der Förderung bei der Effizienzhaus-100-Variante beträgt lediglich  $82 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$ . Aufgrund der Förderkonditionen der KfW, die darauf angelegt sind, höhere energetische Standards auch höher zu fördern, beträgt der Barwert der Förderung für den Effizienzhaus-55-Standard  $146 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$  und ist somit gegenüber dem Effizienzhaus-100-Standard um  $64 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$  höher.
- Der Barwert der Break-even-Mieterhöhung steigt von der Effizienzhaus-100-Variante mit  $83 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$  aufgrund der überproportional steigenden energiebedingten Mehrkosten deutlich um  $144 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$  auf  $227 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$  für den hochwertigen Effizienzhaus-55-Standard.

Beide Effekte führen dazu, dass die Refinanzierungslücke von  $112 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$  bei der Effizienzhaus-100-Variante auf lediglich  $49 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$  beim hochwertigen Effizienzhaus-55-Standard reduziert wird. Damit ergibt sich ein deutlicher Anreiz für den Investor, den hochwertigen Effizienzhaus-55-Standard zu realisieren.

Selbst wenn man davon ausgeht, dass die erforderliche Break-even-Mieterhöhung zur Refinanzierung der energiebedingten Mehrkosten für den Effizienzhaus-55-Standard (d. h. immerhin  $1,17 \text{ €/m}^2 \text{ Wohnfläche} \cdot \text{Mon}$ ) nicht durchgesetzt werden kann, sondern lediglich eine bei heutigen Energiepreisen warmmietenneutrale Mieterhöhung (d. h.  $0,99 \text{ €/m}^2 \text{ Wohnfläche} \cdot \text{Mon}$ ), verbleibt eine Refinanzierungslücke von  $86 \text{ €/m}^2 \text{ Wohnfläche}$ . Diese Refinanzierungslücke ist immer noch  $26 \text{ €/m}^2 \text{ Wohnfläche}$  kleiner als beim Effizienzhaus-100-Standard.



### 7.3 Exkurs: Energetisches Portfoliomanagement.

Die in der vorliegenden Untersuchung betrachteten Modellgebäude befinden sich überwiegend im Besitz von Wohnungsunternehmen sowie privaten Vermietern. Für Wohnungsunternehmen mit größeren Beständen ist das Portfoliomanagement ein wesentliches Instrument der strategischen Planung. Ziel des Portfoliomanagements in Wohnungsunternehmen ist es, die strategischen Unternehmensentscheidungen zu unterstützen und angesichts knapper finanzieller Mittel Fehlinvestitionen z. B. in Bestände ohne Zukunftschancen zu vermeiden, andererseits aber auch die Bestände genau zu prüfen, Potenziale als solche zu erkennen und zu nutzen sowie verfrühte Desinvestitionen auszuschließen. Im Wesentlichen besteht das „klassische“ Portfoliomanagement aus acht Modulen<sup>17</sup>:

1. Die Festlegung des strategischen Rahmens des Unternehmens, d. h. die Festlegung des Grundauftrags, des Organisationsprofils, einer Unternehmensvision und mittelfristiger Ziele hinsichtlich Portfolio, Rendite, ökologischer und sozialer Aspekte
2. Die Messung der gegenwärtigen Leistung des Wohnungsportfolios, d. h. beispielsweise der technischen Qualität des Bestandes sowie der Struktur der Bewohnerinnen und Bewohner
3. Die Analyse des regionalen Marktes und seiner Teilmärkte im Hinblick auf Potenziale, Engpässe usw.
4. Die Segmentierung des Bestandes hinsichtlich geeigneter Kriterien (z. B. Objektqualität und Standortqualität; oft mittels einer sogenannten Portfoliomatrix)
5. Die Prüfung und Bewertung der Bestände bezüglich ihrer strategischen Einordnung hinsichtlich Abschöpfung, Investition und Desinvestition
6. Die Ableitung eines mittelfristigen Investitionsplans und daraus abgeleiteter Jahresabschnittspläne
7. Die Prüfung der gewählten Strategien mittels einer Risikoanalyse
8. Die Vorbereitung und Durchführung der objektbezogenen Maßnahmen

Insbesondere durch die Einführung von Energieausweisen bei Wohngebäuden stehen den Wohnungsunternehmen erhebliche Datenmengen über den energetischen Zustand ihres Gebäudebestandes zur Verfügung. Die Unternehmen stehen vor der Herausforderung, die neu gewonnenen Daten sowie weitere energierelevante Informationen in ihren Managementprozess – insbesondere das Portfoliomanagement – zu integrieren. Die Frage „Was ist zukünftig bei welchen Gebäuden zu tun?“ ist aufgrund der langen Erneuerungszyklen von Gebäuden und Bauteilen und der beschränkten finanziellen Mittel der Wohnungsunternehmen besonders bedeutsam. Informationen über die energetische Qualität der Gebäude können in unterschiedlicher Weise systematisch in das Portfoliomanagement von Wohnungsunternehmen einfließen:

- Die Informationen können allein dazu benutzt werden, den Gebäudebestand hinsichtlich der energetischen Beschaffenheit zu bewerten und Einsparpotenziale zu identifizieren („Energiekataster“). Diese Möglichkeit bietet sich auch für kleinere Unternehmen ohne bestehendes Portfoliomanagementsystem an.

---

<sup>17</sup> In Anlehnung an das im EU-Projekt „Sustainable Refurbishment Europe (SUREURO)“ konzipierte Portfoliomanagement „PM 10“ (13).

- Sie können auf allen Stufen des oben beschriebenen Portfoliomanagements berücksichtigt werden („Vollständige Integration“). Voraussetzung für diese Möglichkeit ist, dass ein Portfoliomanagementsystem bereits existiert oder in Kürze implementiert wird.
- Die Informationen über die energetische Gebäudequalität können nur in ausgewählten Stufen des Portfoliomanagements berücksichtigt werden („Partielle Integration“). Diese Möglichkeit bietet sich in erster Linie dann an, wenn ein bestehendes Portfoliomanagementsystem nicht wesentlich geändert werden soll.

Alle drei genannten Möglichkeiten können als „Energetisches Portfoliomanagement“ bezeichnet werden. Die Entscheidung für eine dieser Vorgehensweisen muss unternehmensspezifisch erfolgen und hängt im Einzelfall von den jeweiligen Rahmenbedingungen, Datenerfordernissen und Voraussetzungen im Unternehmen ab.

Im Rahmen des energetischen Portfoliomanagements muss auch der Übergang von der objektspezifischen zur portfoliobezogenen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgen. Die wohnungswirtschaftliche Praxis der Bestimmung der Wirtschaftlichkeit von Energiesparinvestitionen orientiert sich bislang häufig an der Modernisierungsumlage (11-Prozent-Umlage) nach § 559 BGB. Diese objektbezogene Betrachtungsweise greift jedoch zu kurz, da auch vor dem Hintergrund der Energiepreisentwicklung zunehmend auch andere Einflussfaktoren für die Wirtschaftlichkeit wichtig werden (z. B. zukünftig vermiedener Leerstand durch niedrige Heizkosten und erhöhten Wohnkomfort, erhöhte Potenziale zur Steigerung des Reinertrags, Wertsteigerungen).

Eine Berücksichtigung der genannten Faktoren ist systematisch erst im Rahmen einer Gesamtertragsrechnung (z. B. vollständiger Finanzplan) mit unterstützenden Szenarioanalysen möglich. Dadurch wird auch eine detaillierte Darstellung der Finanzierungssituation und der Liquidität sowie der steuerlichen Auswirkungen erleichtert. Die häufig neben der energetischen Modernisierung durchgeführten weiteren nicht energetischen Maßnahmen können dabei ebenfalls betrachtet werden. In Konsequenz kann sich ein Wohnungsunternehmen im Rahmen einer solchen Portfoliobetrachtung bewusst dafür entscheiden, eine objektspezifisch zunächst nicht rentable Investition zu tätigen, durch die ein strategisch wichtiges Teilsegment des Wohnungsbestandes z. B. durch alten- oder behindertengerechte Ausstattung oder die energetische Modernisierung zukunftssicher in der Vermietung gehalten werden kann.

## **Anlage 1 – Tabellenblätter<sup>18</sup>.**

Die Tabellenblätter beschreiben für jedes einzelne Modellgebäude die Art der Wärmeversorgung, die U-Werte und den Primär- sowie Endenergiebedarf im Ist-Zustand vor der energetischen Modernisierung sowie für die verschiedenen in der Studie untersuchten energetischen Standards mit den erforderlichen Maßnahmen. Die Tabellenblätter ermöglichen damit – unabhängig von den Kosten – eine schnelle Abschätzung bezüglich der Maßnahmen, die erforderlich sind, um bestimmte energetische (Förder-)Standards zu erreichen.

## **Anlage 2 – Hausdatenblätter.**

Die erste Seite der zweiseitigen Hausdatenblätter enthält eine Kurzbeschreibung der einzelnen Modellgebäude mit der Angabe des berechneten Heizenergie- und Warmwasserbedarfs (Endenergie) im Zustand vor der Modernisierung. Zum Vergleich sind in den Hausdatenblättern zudem die aus dem Heizspiegel Deutschland ermittelten gemessenen Bedarfswerte (Endenergie) für zentral beheizte Gebäude angegeben. Die Hausdatenblätter zeigen darüber hinaus stellvertretend ein Foto eines tatsächlich geförderten Gebäudes aus dem Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“ als typischen Repräsentanten.

Die erste Seite der Hausdatenblätter zeigt darüber hinaus die aus den Angaben der Projektteilnehmer ermittelten U-Werte der Bauteile der thermischen Hülle vor der Modernisierung für jedes einzelne Modellgebäude (Rechenwerte). Auf Basis dieser Rechenwerte wurden die dargestellten Energiebilanzrechnungen durchgeführt. Zum Vergleich sind auch die entsprechenden U-Werte der Typologie Deutschland aufgenommen.

Auf der zweiten Seite der Hausdatenblätter sind der Endenergiebedarf vor und nach der vollständigen Modernisierung sowie die Energiesparpotenziale der Einzelmaßnahmen grafisch dargestellt. Die Einzelmaßnahmen sind zudem kurz beschrieben. Angegeben sind auch die U-Werte nach der Modernisierung, die mit jeder Einzelmaßnahme verbundenen Vollkosten und energiebedingten Mehrkosten, die aus jeder Einzelmaßnahme resultierende warmmietenneutrale Mieterhöhung und im Vergleich dazu die erforderliche Mieterhöhung, um die Maßnahmen entsprechend den ökonomischen Anforderungen des Investors ohne Förderung refinanzieren zu können (Break-even). Darüber hinaus werden zusammenfassend die aus dem gesamten Maßnahmenpaket resultierenden Vollkosten, die energiebedingten Mehrkosten sowie die warmmietenneutrale und die Break-even-Mieterhöhung angegeben. Diese zusammenfassenden Werte sind auch die Grundlage der Abbildungen im vorliegenden Bericht.

---

<sup>18</sup> Die Anlage 1 und Anlage 2 sind dem Bericht nur auszugsweise beigelegt. Sie befinden sich zur Veröffentlichung des Berichtes noch in der grafischen Aufbereitung und werden anschließend vollständig veröffentlicht.

Diese zweite Seite der Hausdatenblätter wird für jedes der acht Modellgebäude für jeden der untersuchten energetischen Standards mit den jeweils fossil beheizten Varianten dargestellt. Insgesamt sind dies 88 Blätter, die die Ergebnisse der Berechnungen im Detail zeigen.

## 8 Literaturverzeichnis.

1. **IWU GmbH.** *Gebäudetypologie Deutschland.* Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), 2003.
2. **Hinz, E.** *3. Zwischenbericht: Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Gebäude mit der EnEV 2012. Teil 1: Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile.* Darmstadt: IWU, 2010.
3. **Born, R., et al.** *Kurzverfahren Energieprofil; Entwicklung eines vereinfachten, statistisch abgesicherten Verfahrens zur Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung des Energieprofils von Gebäuden; Endbericht für das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.* Darmstadt: s.n., 2005.
4. **Knissel, J., Loga, T., und IWU.** *Vereinfachte Ermittlung von Primärenergiekennwerten.* *Bauphysik.* 2006, Bd. 4, 28.
5. **Knissel, J., et al.** *Vereinfachte Ermittlung von Primärenergiewerten – zur Bewertung der wärmetechnischen Beschaffenheit in ökologischen Mietspiegeln.* Darmstadt: IWU, 2006.
6. **Erhorn, H.** *Ein Reizthema ohne Ende oder die Chance für sachliche Energieberatung?* Stuttgart: gi Gesundheitsingenieur, 2007, S. 233-240.
7. *Heizspiegel bundesweit 2009.* s.l.: co2online gemeinnützige GmbH in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Mieterbund e. V., 2009.
8. **InWIS GmbH.** *„Niedrigenergiehaus im Bestand“ – Entwurfsfassung Endbericht.* Bochum: Institut für Wohnungswesen, Immobilienwirtschaft, Stadt- und Regionalentwicklung (InWIS), 2006.
9. **InWIS GmbH.** *„Niedrigenergiehaus im Bestand“ – Aktualisierung des Zwischenberichtes (Entwurfsfassung).* Bochum: Institut für Wohnungswesen, Immobilienwirtschaft, Stadt- und Regionalentwicklung (InWIS), 2008.
10. **Enseling, A.** *Leitfaden zur Beurteilung von Energiesparinvestitionen im Gebäudebestand.* Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), 2003.
11. **Enseling, A., und Hinz, E.** *Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen im Bestand vor dem Hintergrund der novellierten EnEV.* Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), 2008.
12. **Knissel, J., et al.** *Anpassen der Instrumente zur energetischen Gebäudebewertung in ökologischen Mietspiegeln an die zukünftig erforderlichen Energieausweise.* Darmstadt: s.n., 2009.
13. **Enseling, A.** *Theoretische Grundlagen für das Portfoliomanagement in der Wohnungswirtschaft.* Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), 2006.

**Impressum.**

**Titel.**

dena-Sanierungsstudie. Teil 1: Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung im Mietwohnungsbestand.  
Begleitforschung zum dena-Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“.

**Herausgeber.**

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Energieeffiziente Gebäude

Chausseestraße 128 a

10115 Berlin

Tel.: +49 (0)30 72 61 65-600

Fax: +49 (0)30 72 61 65-699

[info@dena.de](mailto:info@dena.de)

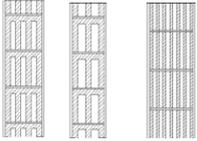
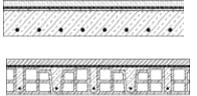
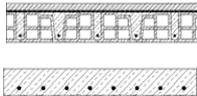
[www.dena.de](http://www.dena.de)

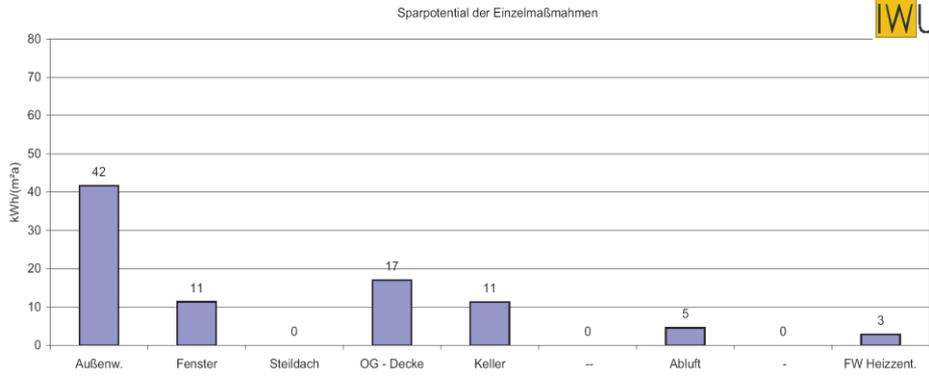
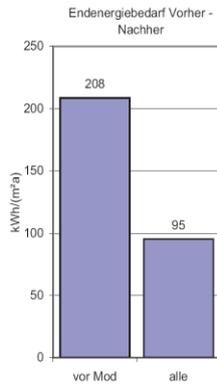
Stand: 8. Dezember 2010

Alle Rechte sind vorbehalten. Jegliche Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

	*Niedrigenergiehaus im Bestand* - Modernisierungsvarianten															
	Wohnfläche (nach II. BV): 1.778 m <sup>2</sup> Vollgeschosse: 3 Wohneinheiten: 24 Baualterklasse: 1958 bis 1968 Zuordnung Gebäudetyp. Deutschland: GMFH				 Die Untersuchung wurde vom Institut Wohnen und Umwelt durchgeführt. Für die auf DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 basierende Berechnung wurde die Software EnEv-XL verwendet. In den Beispielen wurde generell mit einer spezifischen Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs von 0,035 W/(m <sup>2</sup> ·K) gerechnet. Die Musterberechnungen ersetzen keine individuelle Planung.											
	Ist	EnEV 140	EnEV Bauteil	Referenzgebäude	KfW 100		KfW 85		KfW 70			KfW 55				
-	-	-	-	Variante 1	Variante 2	Variante 1	Variante 2	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 1	Variante 2	Variante 3			
<b>Heizung / Warmwasser</b>	Fernwärme (fossil)	Fernwärme (fossil)	Fernwärme (fossil)	Brennwert (Gas)	Fernwärme (fossil)	Fernwärme (fossil)	Fernwärme (fossil)	Fernwärme (fossil)	Fernwärme (fossil)	Fernwärme (fossil)	Fernwärme (fossil)	KWK erneuerbar	KWK erneuerbar	Fernwärme (fossil)	Fernwärme (fossil)	
<b>Thermische Solaranlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung</b>	-	-	-	vorhanden, Deckungsanteil: 45 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Thermische Solaranlage zur Unterstützung der Raumheizung</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Lüftung</b>	-	-	Abluft DC	Abluft DC	Abluft DC	Abluft DC	Abluft DC	WRG DC 80 %	WRG DC 80 %	WRG DC 80 %	Abluft DC	Abluft DC	WRG DC 80 %	WRG DC 80 %		
<b>Fenster</b>	U <sub>w</sub> = 2,7 W/(m <sup>2</sup> ·K) Isolier	U <sub>w</sub> = 1,3 W/(m <sup>2</sup> ·K) 2-Scheiben-Verglasung	U <sub>w</sub> = 1,3 W/(m <sup>2</sup> ·K) 2-Scheiben-Verglasung	U <sub>w</sub> = 1,3 W/(m <sup>2</sup> ·K) 2-Scheiben-Verglasung	U <sub>w</sub> = 1,3 W/(m <sup>2</sup> ·K) 2-Scheiben-Verglasung	U <sub>w</sub> = 1,3 W/(m <sup>2</sup> ·K) 2-Scheiben-Verglasung	U <sub>w</sub> = 1,3 W/(m <sup>2</sup> ·K) 2-Scheiben-Verglasung	U <sub>w</sub> = 1,3 W/(m <sup>2</sup> ·K) 2-Scheiben-Verglasung	U <sub>w</sub> = 1,3 W/(m <sup>2</sup> ·K) 2-Scheiben-Verglasung	U <sub>w</sub> = 1,3 W/(m <sup>2</sup> ·K) 2-Scheiben-Verglasung	U <sub>w</sub> = 0,85 W/(m <sup>2</sup> ·K) 3-Scheiben-Verglasung	U <sub>w</sub> = 0,8 W/(m <sup>2</sup> ·K) 3-Scheiben-Verglasung	U <sub>w</sub> = 0,8 W/(m <sup>2</sup> ·K) 3-Scheiben-Verglasung			
<b>Außenwand</b>	U = 1,3 W/(m <sup>2</sup> ·K)	U = 0,52 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 4 cm	U = 0,24 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 12 cm	U = 0,28 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 10 cm	U = 0,42 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 6 cm	U = 0,42 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 6 cm	U = 0,28 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 10 cm	U = 0,28 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 10 cm	U = 0,17 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 18 cm	U = 0,21 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 14 cm	U = 0,17 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 18 cm	U = 0,15 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 20 cm	U = 0,15 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 20 cm	U = 0,15 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 20 cm	U = 0,15 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 20 cm	U = 0,15 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 20 cm
<b>Steldach</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Oberste Geschossdecke</b>	U = 1,1 W/(m <sup>2</sup> ·K)	U = 0,43 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 5 cm	U = 0,3 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 8 cm	U = 0,2 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 14 cm	U = 0,2 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 14 cm	U = 0,2 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 14 cm	U = 0,2 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 14 cm	U = 0,2 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 14 cm	U = 0,15 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 20 cm	U = 0,2 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 14 cm	U = 0,15 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 20 cm	U = 0,15 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 20 cm	U = 0,15 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 20 cm	U = 0,12 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 25 cm	U = 0,12 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 25 cm	U = 0,12 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 25 cm
<b>Kellerdecke</b>	U = 1,1 W/(m <sup>2</sup> ·K)	U = 0,49 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 4 cm	U = 0,3 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 8 cm	U = 0,35 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 7 cm	U = 0,35 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 7 cm	U = 0,35 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 7 cm	U = 0,35 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 7 cm	U = 0,35 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 7 cm	U = 0,3 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 8 cm	U = 0,34 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 7 cm	U = 0,31 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 8 cm	U = 0,29 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 9 cm	U = 0,33 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 7 cm	U = 0,33 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 7 cm	U = 0,33 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dämmung: 7 cm	
<b>Wärmebrückenverlustkoeffizient</b>	0,10 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,05 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,05 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,05 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,05 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,05 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,05 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,05 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,05 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,02 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,05 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,05 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,02 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,02 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,04 W/(m <sup>2</sup> ·K)	
<b>Spezifische Transmissionswärmeverluste H<sub>T</sub> nach EnEV bezogen auf die m<sup>2</sup> Hüllfläche</b>	1,28 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,57 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,41 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,41 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,47 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,47 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,41 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,41 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,35 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,35 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,35 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,29 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,25 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,25 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,25 W/(m <sup>2</sup> ·K)	
<b>Primärenergiebedarf Q<sub>p</sub> nach EnEV bezogen auf die m<sup>2</sup> A<sub>H</sub></b>	110 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	63 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	52 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	65 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	56 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	56 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	52 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	44 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	40 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	41 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	5 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	5 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	34 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	34 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	34 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	
<b>Endenergiebedarf Heizung &amp; Warmwasser bezogen auf die m<sup>2</sup> Wohnfläche</b>	208 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	127 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	95 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	79 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	102 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	102 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	95 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	72 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	63 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	64 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	87 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	80 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	52 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	52 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	52 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	

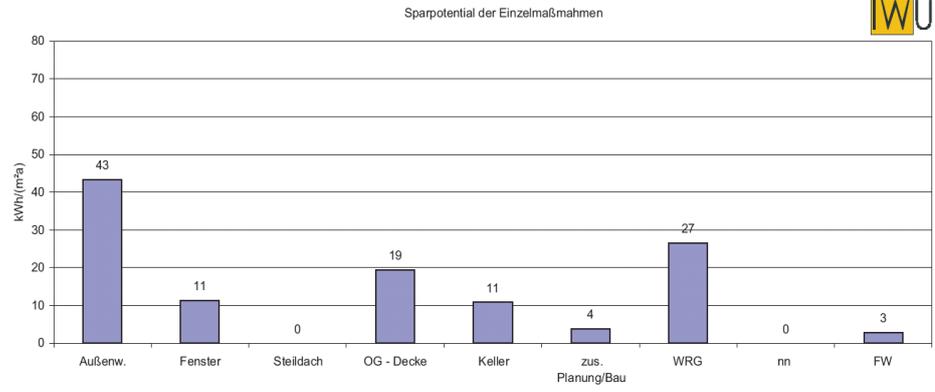
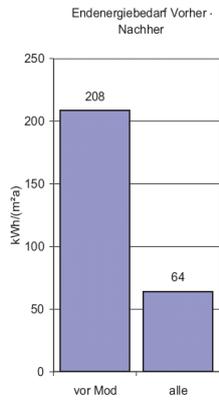
AUSZUG aus dem Anhang 1. dena-Sanierungsstudie. Teil 1: Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung im Mietwohnungsbestand.

Vorhandene Konstruktion/Heiztechnik						
Haustyp: GMFH Baualtersklasse: 1958 bis 1968 Bezugsfläche: 1.778 m <sup>2</sup> Wohneinheiten: 24 Heizenergiebedarf: 180 kWh/(m <sup>2</sup> ·a) Warmwasser: 29 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)						
Heizspiegel Deutschland Energieträger: FW KWK f Heizenergieverbrauch: durchschnittlich: 66 bis 109 kWh/(m <sup>2</sup> ·a) erhöht: 110 bis 165 kWh/(m <sup>2</sup> ·a) extrem hoch: > 165 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)						
						
Bauteil	Beschreibung			U-Wert Typologie [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	U-Wert Rechenwert [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	
<b>Außenwand</b>				36,5 cm Ziegelsplitt- oder Bimshohlblocksteine, verputzt	1,3	1,3
				30 cm Ziegelsplitt- oder Bimshohlblocksteine, verputzt	1,4	
				30 cm Gitterziegel, verputzt	1,2	
<b>Kellerdecke</b>				16 cm Stahlbetondecke, 2,5 cm Trittschalldämmung aus PS, 4 cm Estrich	0,9	1,1
				Gitterträgerdecke mit Gussasphaltestrich	1,65	
<b>Steildach</b>						
<b>Oberste Geschossdecke</b>				Hohlsteindecke mit 2 cm WD und Estrich	0,8	1,1
				Stahlsteindecke mit 1 cm Dämmung, schwimmender Estrich	1,4	
<b>Fenster</b>				2-Scheiben-Isolierverglasung in Holz- oder Kunststoffrahmen	2,6	2,7
				Einfachverglasung in Holzrahmen	5,2	
<b>Anlagentechnik</b>						
<b>Lüftung</b>	Fensterlüftung, keine Lüftungsanlage Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz (Blower-Door-Test): 3/h					
<b>Heizung</b>	Kraft-Wärme-Kopplung (fossil), Übergabestation außerhalb der thermischen Hülle, Baualtersklasse 1987 bis 1994, typischer Betrieb					
<b>Warmwasserbereitung</b>	Warmwasserbereitung KWK (fossil)					



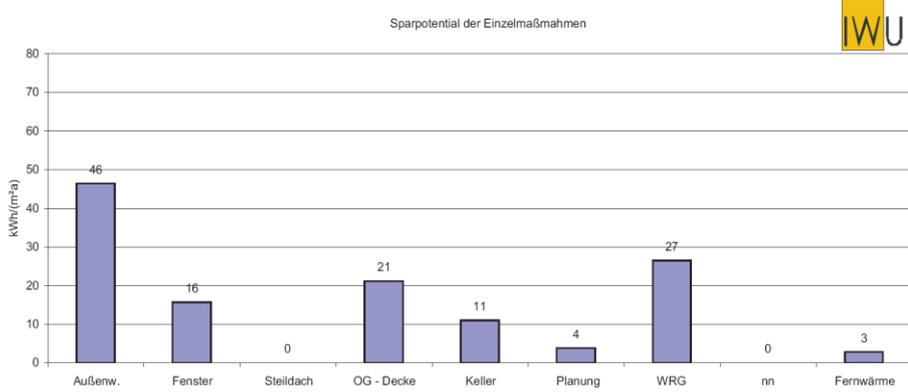
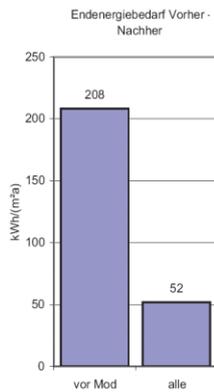
Bauteil	Beschreibung der Einzelmaßnahmen	Dämm- dicke [cm]	U-Wert neu [W/(m²·K)]	Vollkosten (brutto)		Energie- bedingte Mehr- kosten [€/m²·Bt]	Warmmieten- neutrale Miet- erhöhung [€/m²·Mon]	Break-even- Miet- erhöhung [€/m²·Mon]
				[€]	[€/m²·Bt]			
<b>Außenwand</b>	Wärmedämmverbundsystem auf Altputz, gewebearmierter Neuputz	12	0,24	138.964	114	42	<b>0,23</b>	<b>0,15</b>
<b>Kellerdecke</b>	Dämmung, unterseitig, geklebt oder gedübelt	8	0,31	23.257	33	33	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>
<b>Steildach</b>								
<b>Oberste Geschossdecke</b>	Dämmung, begehbare Belag	8	0,31	31.242	45	45	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>
<b>Fenster</b>	2-Scheiben-Wärmeschutzglasung, Kunststoffrahmen  (Mehrkosten gegenüber 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung)	--	1,30	88.750	250		<b>0,06</b>	
<b>Anlagentechnik</b>				<b>Vollkosten [€]</b>	<b>Vollkosten [€/WE]</b>	<b>Energiebed. Mehrkosten [€/WE]</b>		
<b>Lüftung</b>	Abluftanlage, bedarfsgeführt, mit geregelter DC-Ventilator Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz (Blower-Door-Test): 1/h (energiebedingte Mehrkosten gegenüber dem Einbau einer Abluftanlage)			53.667	2.236		<b>0,02</b>	
<b>Heizung</b>	Kraft-Wärme-Kopplung (fossil), neue FW-Kompaktstation mit reduzierter Anschlussleistung inkl. Pufferspeicher, Regelung und Pumpen Übergabestation außerhalb der thermischen Hülle			12.924	539	194	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>
<b>Warmwasser- bereitung</b>	Warmwasserbereitung KWK (fossil)							
<b>Alle Maßnahmen</b>				<b>348.806</b>	<b>14.534</b>	<b>4.607</b>	<b>0,61</b>	<b>0,32</b>

1) Die energetische Modernisierung der einzelnen Bauteile wirkt sich in mehrfacher Hinsicht auf die Energiebilanz des Gebäudes aus: So steigt z. B. die mittlere Temperatur im Gebäude, gleichzeitig verändert sich die Dauer der Heizperiode. Diese und andere Effekte bewirken, dass die Summe der warmmietenneutralen Mieterhöhung aus den Einzelmaßnahmen nicht der Summe für das Maßnahmenpaket entsprechen muss.



Bauteil	Beschreibung der Einzelmaßnahmen	Dämm- dicke [cm]	U-Wert neu [W/(m²·K)]	Vollkosten (brutto)		Energie- bedingte Mehr- kosten [€/m²·Bt]	Warmmieten- neutrale Miet- erhöhung [€/(m²·Mon)]	Break-even- Miet- erhöhung [€/(m²·Mon)]
				[€]	[€/m²·Bt]			
<b>Außenwand</b>	Wärmedämmverbundsystem auf Altputz, gewebearmierter Neuputz	14	0,21	145.507	120	48	<b>0,23</b>	<b>0,17</b>
<b>Kellerdecke</b>	Dämmung, unterseitig, geklebt oder gedübelt	7	0,34	22.531	32	32	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>
<b>Steildach</b>								
<b>Oberste Geschossdecke</b>	Dämmung, begehbare Belag	14	0,20	37.399	54	54	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>
<b>Fenster</b>	2-Scheiben-Wärmeschutzglasung, Kunststoffrahmen  (Mehrkosten gegenüber 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung)	--	1,30	88.750	250		<b>0,06</b>	
<b>Planungsleistung</b>	Zusätzliche Planungs- und Bauleistungen zur hochwertigen Ausführung im Detail, WBV = 0,02 W/(m²·K)			53340	30	30	<b>0,02</b>	<b>0,15</b>
<b>Anlagentechnik</b>				Vollkosten [€]	Vollkosten [€/WE]	Energiebed. Mehrkosten [€/WE]		
<b>Lüftung</b>	Lüftungsanlage mit WRG, bedarfsgeführt, mit geregelter DC-Ventilator Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz (Blower-Door-Test): 1/h (energiebedingte Mehrkosten gegenüber dem Einbau einer Abluftanlage)			135.105	5.629	3.393	<b>0,14</b>	<b>0,24</b>
<b>Heizung</b>	Kraft-Wärme-Kopplung (fossil), neue FW-Kompaktstation mit reduzierter Anschlussleistung inkl. Pufferspeicher, Regelung und Pumpen Übergabestation außerhalb der thermischen Hülle			12.924	539	194	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>
<b>Warmwasserbereitung</b>	Warmwasserbereitung KWK (fossil)							
<b>Alle Maßnahmen</b>				<b>495.556</b>	<b>20.648</b>	<b>10.721</b>	<b>0,78</b>	<b>0,74</b>

1) Die energetische Modernisierung der einzelnen Bauteile wirkt sich in mehrfacher Hinsicht auf die Energiebilanz des Gebäudes aus: So steigt z. B. die mittlere Temperatur im Gebäude, gleichzeitig verändert sich die Dauer der Heizperiode. Diese und andere Effekte bewirken, dass die Summe der warmmietenneutralen Mieterhöhung aus den Einzelmaßnahmen nicht der Summe für das Maßnahmenpaket entsprechen muss.



Bauteil	Beschreibung der Einzelmaßnahmen	Dämm- dicke [cm]	U-Wert neu [W/(m²·K)]	Vollkosten (brutto)		Energie- bedingte Mehr- kosten [€/m²·Bt]	Warmmieten- neutrale Miet- erhöhung [€/(m²·Mon)]	Break-even- Miet- erhöhung [€/(m²·Mon)]
				[€]	[€/m²·Bt]			
<b>Außenwand</b>	Wärmedämmverbundsystem auf Alputz, gewebearmierter Neuputz	20	0,15	164.780	136	64	<b>0,25</b>	<b>0,22</b>
<b>Kellerdecke</b>	Dämmung, unterseitig, geklebt oder gedübelt	7	0,33	23.150	33	33	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>
<b>Steildach</b>								
<b>Oberste Geschossdecke</b>	Dämmung, begehbare Belag	25	0,12	48.937	70	70	<b>0,11</b>	<b>0,14</b>
<b>Fenster</b>	3-Scheiben-Wärmeschutzglasung, gedämmter Rahmen (passivhaustauglich)  (Mehrkosten gegenüber 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung)	--	0,80	170.400	480	230	<b>0,09</b>	<b>0,24</b>
<b>Planungsaufwand</b>	Zusätzlicher Planungsaufwand für eine hochwertige Ausführung im Detail, WBV = 0,04 W/(m²·K)			17780	10	10	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>
<b>Anlagentechnik</b>				Vollkosten [€]	Vollkosten [€/WE]	Energiebed. Mehrkosten [€/WE]		
<b>Lüftung</b>	Lüftungsanlage mit WRG, bedarfsgeführt, mit geregelter DC-Ventilator Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz (Blower-Door-Test): 1/h (energiebedingte Mehrkosten gegenüber dem Einbau einer Abluftanlage)			135.105	5.629	3.393	<b>0,14</b>	<b>0,24</b>
<b>Heizung</b>	Kraft-Wärme-Kopplung (fossil), neue FW-Kompaktstation mit reduzierter Anschlussleistung inkl. Pufferspeicher, Regelung und Pumpen Übergabestation außerhalb der thermischen Hülle			12.924	539	194	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>
<b>Warmwasserbereitung</b>	Warmwasserbereitung KWK (fossil)							
<b>Alle Maßnahmen</b>				<b>573.076</b>	<b>23.878</b>	<b>13.966</b>	<b>0,83</b>	<b>0,97</b>

1) Die energetische Modernisierung der einzelnen Bauteile wirkt sich in mehrfacher Hinsicht auf die Energiebilanz des Gebäudes aus: So steigt z. B. die mittlere Temperatur im Gebäude, gleichzeitig verändert sich die Dauer der Heizperiode. Diese und andere Effekte bewirken, dass die Summe der warmmietenneutralen Mieterhöhung aus den Einzelmaßnahmen nicht der Summe für das Maßnahmenpaket entsprechen muss.