

Neuhoff, Karsten; Amecke, Hermann; Stelmakh, Kateryna; Rosenberg, Anja;  
Novikova, Aleksandra

**Research Report**

## Erfüllung der Ziele des Energiekonzepts für Wohngebäudesanierungen: Wirtschaftlichkeit, finanzielle Unterstützung und eingesparte Energie

CPI Brief, Climate Policy Initiative

*Suggested Citation:* Neuhoff, Karsten; Amecke, Hermann; Stelmakh, Kateryna; Rosenberg, Anja; Novikova, Aleksandra (2011) : Erfüllung der Ziele des Energiekonzepts für Wohngebäudesanierungen: Wirtschaftlichkeit, finanzielle Unterstützung und eingesparte Energie, CPI Brief, Climate Policy Initiative, Climate Policy Initiative, Berlin

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/65880>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

# Erfüllung der Ziele des Energiekonzepts für Wohngebäudesanierungen

## Wirtschaftlichkeit, finanzielle Unterstützung und eingesparte Energie

---

### CPI Brief

Karsten Neuhoff, Hermann Amecke, Kateryna Stelmakh, Anja Rosenberg & Aleksandra Novikova

Climate Policy Initiative

Mai 2011

## Beschreibung

Sektor: Gebäude

Region: Deutschland

Schlüsselwörter: energiebedingte Mehrkosten, finanzielle Förderung, umfassende Sanierungen

Kontakt: karsten.neuhoff@cpiberlin.org

## Über CPI

Das Forschungsnetzwerk Climate Policy Initiative (CPI) befasst sich mit der Beratung und Effektivitätsanalysen hinsichtlich von Politikinstrumenten und hat sich die Bewertung, Diagnose und Förderung der Anstrengungen von Regierungen weltweit zur Förderung eines kohlenstoffarmen Wachstums zur Aufgabe gemacht. Die Organisation hat ihren Hauptsitz in San Francisco und weltweit verteilte Forschungszentren, die renommierten Forschungseinrichtungen angeschlossen sind. Zu diesen Forschungszentren gehören CPI Tsinghua, das der School of Public Policy and Management der Tsinghua Universität angeschlossen ist; CPI Berlin, das mit der Abteilung Energie, Verkehr und Umwelt des DIW Berlin verbunden ist; CPI Rio, das der Päpstlichen Katholischen Universität von Rio (PUC-Rio) angeschlossen ist; und CPI Venedig, das der Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM) angehört. CPI ist eine unabhängige, gemeinnützige Organisation, die langfristige finanzielle Unterstützung von George Soros erhält.

© Climate Policy Initiative, 2011

All rights reserved

## Kurzdarstellung

Die Bundesregierung hat sich im Energiekonzept das Ziel gesetzt, den Primärenergiebedarf im Gebäudesektor um 80% bis 2050 zu reduzieren und die energetische Sanierungsrate von 0,8% auf 2% zu erhöhen. Das 2% Ziel liegt unter der derzeitigen 3%igen<sup>1</sup> allgemeinen Sanierungsrate von Außenwänden von Altbauten und ist daher erreichbar, selbst wenn die Regierung nur Gebäude adressiert, die sowieso einer allgemeinen Sanierung unterliegen.

Bei Erreichen der 2%igen energetischen Sanierungsrate würden alle Gebäude bis 2050 einmal energetisch saniert. Um allerdings eine 80%ige Reduktion des Primärenergiebedarfs zu erreichen, müsste jede Sanierung ‚umfassend‘ sein, d.h. sie müsste den Energiebedarf um rund 80% verringern. Diese Studie adressiert drei damit verbundene Fragen:

- Wie hoch sind die Kosten von umfassenden energetischen Sanierungen aus der Perspektive eines Gebäudeeigentümers? Sind diese Sanierungen wirtschaftlich?
- Welche finanzielle Unterstützung wird benötigt um die 2% Sanierungsrate zu erreichen?
- Wie viel Energie würde eingespart werden?

### **(1) Wie hoch sind die Kosten von umfassenden energetischen Sanierungen aus der Perspektive eines Gebäudeeigentümers? Sind diese Sanierungen wirtschaftlich?**

Ein Überblick der deutschen Studien zu den Kosten von energetischen Sanierungen zeigt, dass die energiebedingten Mehrkosten, um beispielsweise ein Mehrfamilienhaus (MFH) auf ca. Neubauniveau zu sanieren (KfW 100), bei 80 bis 185 EUR/m<sup>2</sup> liegen. Um KfW 55 zu erreichen, also 55% des Neubauniveaus, werden Investitionen von 105 bis 230 EUR/m<sup>2</sup> benötigt. Unsere Analyse zeigt: **Wenn ein privater Gebäudeeigentümer die Einsparungen voll für sich geltend machen kann, sind energetische Sanierungen wirtschaftlich für fünf von sieben Kostenabschätzungen** (siehe Abschnitt 1).

Die KfW Bankengruppe bietet eine Kombination von Krediten mit reduzierten Zinsen inkl. Tilgungszuschüsse sowie reine Zuschüsse für energetische Sanierungen an. Die kreditbasierte Förderung übernimmt ein Drittel der energiebedingten Mehrkosten um KfW 100 zu erreichen und 50% der energiebedingten Mehrkosten um KfW 55 zu erreichen. **Mit dieser staatlichen Unterstützung sind Sanierungen wirtschaftlich für alle Kostenabschätzungen, wenn der Gebäudeeigentümer die erzielten Einsparungen voll für sich geltend machen kann** (Abschnitt 1).

### **(2) Welche finanzielle Unterstützung wird benötigt um die energetische Sanierungsrate auf 2% zu steigern?**

Trotz des derzeitigen Unterstützungslevels beinhalten nur rund ein Drittel der Sanierungen energetische Verbesserungen. Die fehlenden Investitionen von Haushalten in die Energieeffizienz trotz vorhandener Wirtschaftlichkeit werden üblicherweise durch eine Reihe von Barrieren erklärt, wie etwa fehlende Informationen, fehlendes Vertrauen, Mieter/Vermieter Dilemma, oder kurze Investitionshorizonte. Darauf zugeschnittene Politikinstrumente können diese Barrieren direkt adressieren, während finanzielle Förderung Interesse und Motivation erzeugen sowie verbliebende Trägheit und Barrieren überwinden kann. Diese Instrumente stehen hier nicht im Fokus (CPI arbeitet zurzeit jedoch an einer Studie zu Informationsinstrumenten), aber die vorsichtige Anpassung und Entwicklung dieser Instrumente wird derzeit diskutiert und ist von Bedeutung um das 2% Sanierungsziel zu erreichen.

---

<sup>1</sup> Sanierungsrate der Außenwand ohne Wärmedämmungen für Gebäude mit Baujahr vor 1978: 0,36% für Putzerneruerung/Fassadenverkleidung, 1,69% Anstrich der Fassade. Sanierungsrate der Außenwand mit Wärmedämmung: 0,83% (IWU/BEI, 2010)

Das bestehende Drittel von Renovierungen, das energetische Verbesserungen einschließt, zeigt aber auch, dass die derzeit vorhandenen Barrieren nicht absolut hemmend sind. Weiterentwicklungen von Politikinstrumenten, wachsende Erfahrungen im Gebäudesektor sowie eine zunehmende Vertrautheit der Gesellschaft mit umfassenden energetischen Sanierungen können zudem zu einer weiteren Erhöhung der Sanierungsrate führen.

***Unter Annahme einer Unterstützung einer 2%igen Sanierungsrate mit der heutigen Förderhöhe würden für eine Sanierung auf KfW 100 Förderungen von 2-4 Milliarden EUR/Jahr benötigt, für eine Sanierung auf KfW 55 Förderungen von 4-8 Milliarden EUR/Jahr.***

Wir haben nicht berechnet welche Finanzierungshöhe für jeden Haushalt nötig ist, um eine 2%ige Sanierungsrate zu erreichen. In den ersten Jahren könnte die benötigte Finanzierung höher sein. Diese würde aber mit Verbesserungen im Baumaterial, den Materialpreisen, Mehrererfahrungen von Handwerkern und mehr Vertrauen von Haushalten in energetische Sanierungen reduziert werden. Wir haben darüber hinaus nicht die relativen Vorteile von verschiedenen Finanzierungsinstrumenten untersucht (Kredite vs. Zuschüsse vs. Steuerbegünstigungen).

### **(3) Wie viel Energie würde eingespart werden?**

Ungefähr 70% der Wohneinheiten wurden vor der ersten Wärmeschutzverordnung von 1977 gebaut und sind daher erstes Ziel für energetische Sanierungen. ***Wenn umfassende Sanierungen dieser Gebäude einen Energiestandard von 30% unter dem Neubaustandard erreichen (KfW 70) und ab 2015 auf eine Sanierungstiefe von 55% des Neubauniveaus gesteigert werden (KfW 55), können Gesamteinsparungen von 110 TWh und 7,5 Mrd. EUR bis einschließlich 2020 erreicht werden.***

# 1 Wie hoch sind die Kosten von umfassenden energetischen Sanierungen aus der Perspektive eines Gebäudeeigentümers? Sind diese Sanierungen wirtschaftlich?

## Kosten

Für die Berechnungen der Kosten von energetischen Sanierungen ist es notwendig, zwischen den Kosten der jeweiligen Renovierungsaktivitäten zu unterscheiden (dena/IWU, 2010):

1. **Instandhaltungskosten**, z.B. Fenstererneuerung.
2. **Energiebedingte Mehrkosten** für Maßnahmen zur Senkung des Energiebedarfs eines Gebäudes, zum Beispiel die Zusatzkosten einer Dreifachverglasung beim Erneuern der Fenster .
3. **Wohnwertverbessernde Modernisierungskosten** für den Ausbau eines Gebäudes (z.B. Dachausbau) sowie für die Modernisierung des Innenausbau (z. B. Badmodernisierung).
4. Die Summe aus den reinen Instandhaltungskosten und den energiebedingten Mehrkosten werden nach der dena/IWU Terminologie als **Vollkosten der Sanierung** bezeichnet (dena/IWU, 2010).

Für die Ermittlung der energiebedingten Mehrkosten wurden Studien gesammelt, die Sanierungskosten von deutschen Wohngebäuden berechnet haben. Die Ergebnisse dieser Studien sind in Abbildung 1 nach dem erreichten Endenergiebedarf geordnet (horizontale Markierung zeigt diesen Bedarf für jede Studie an).

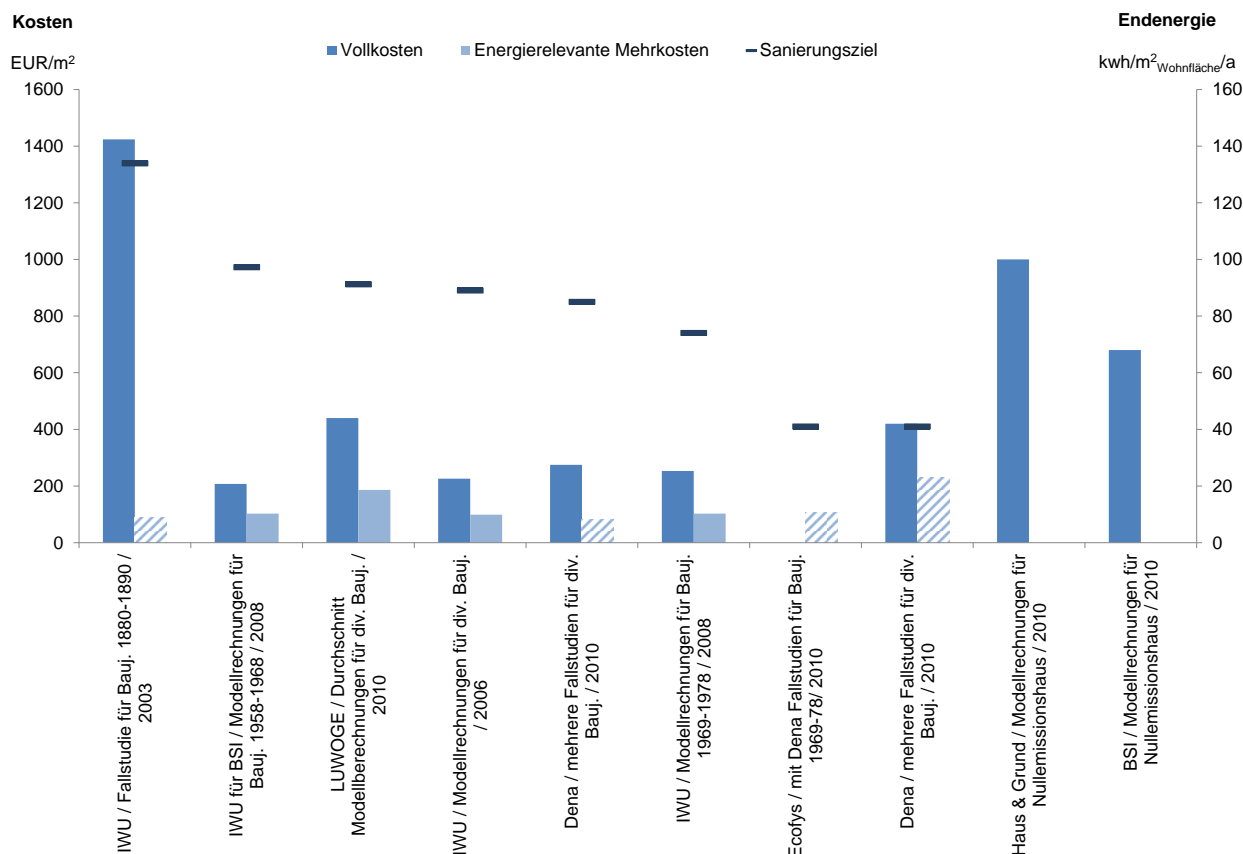
Die Gegenüberstellung der Kosten ergibt die folgenden drei Erkenntnisse:

Erstens variieren die Vollkosten der Sanierungen am meisten (linke Säule im Graphen). Dies scheint zu implizieren, dass es nicht ratsam ist, die Vollkosten der Sanierungen zu unterstützen, ohne eine Obergrenze der Förderungen festzusetzen.

Zweitens stellen die energiebedingten Mehrkosten nur einen Teil – im Median 37,5% - der Vollkosten der energetischen Sanierungen dar (rechte Säule im Graphen). Dies zeigt, dass energetische Sanierungen dann am günstigsten sind, wenn sie mit allgemeinen Modernisierungsarbeiten wie etwa Instandhaltungen kombiniert werden, da so nur die Mehrkosten und nicht die Vollkosten von energetischen Sanierungen in Betracht gezogen werden müssen.

Drittens variieren die Kosten zwischen den einzelnen Berechnungen/Schätzungen deutlich. Diese Abweichungen können nur teilweise durch gleichzeitige Abweichungen beim erreichten Endenergiestandard erklärt werden und könnten durch Unterschiede im regionalen Fokus oder durch unterschiedliche Methoden erklärt werden. Aktuell können wir diese Unterschiede nicht auflösen und werden daher die folgenden Analysen sowohl für hohe als auch niedrige Kostenschätzungen durchführen. Diese Kosten für MFHs betragen für das Erreichen von ca. KfW 100 (ca. 85 kWh/m<sup>2</sup><sub>Wohnfläche</sub>/a Endenergie) zwischen 80 EUR/m<sup>2</sup> und 185 EUR/m<sup>2</sup>. Für Sanierungen auf KfW 55 (ca. 41 kWh/m<sup>2</sup><sub>Wohnfläche</sub>/a) Endenergie liegen die Kosten zwischen 105 EUR/m<sup>2</sup> und 230 EUR/m<sup>2</sup> (zur Vergleichbarkeit wurden nur Berechnungen für Studien gemacht, die die Kosten für eine Sanierung auf einen Energiestandard ähnlich KfW 100 (+/-20%) oder KfW 55 (+/-20%) ermittelt haben) (eigene

Berechnungen und dena/IWU, 2010; Ecofys, 2010; empirica/LUWOGÉ consult, 2010; IWU, 2003b; IWU, 2006a; IWU, 2006b; IWU, 2008; IWU für BSI, 2008; Schwaldt, 2010). Die Berechnungen für Einfamilienhäuser (EFHs) befinden sich im Anhang 2.



**Abbildung 1: Kostenstudien zu MFHs geordnet nach erreichtem Endenergielevel (Schraffierte Flächen = ex-post Analysen). Quellen: eigene Berechnungen und (dena/IWU, 2010; Ecofys, 2010; empirica/LUWOGÉ consult, 2010; IWU, 2003b; IWU, 2006a; IWU, 2006b; IWU, 2008; IWU für BSI, 2008; Schwaldt, 2010).**

## Nutzen von Sanierungen

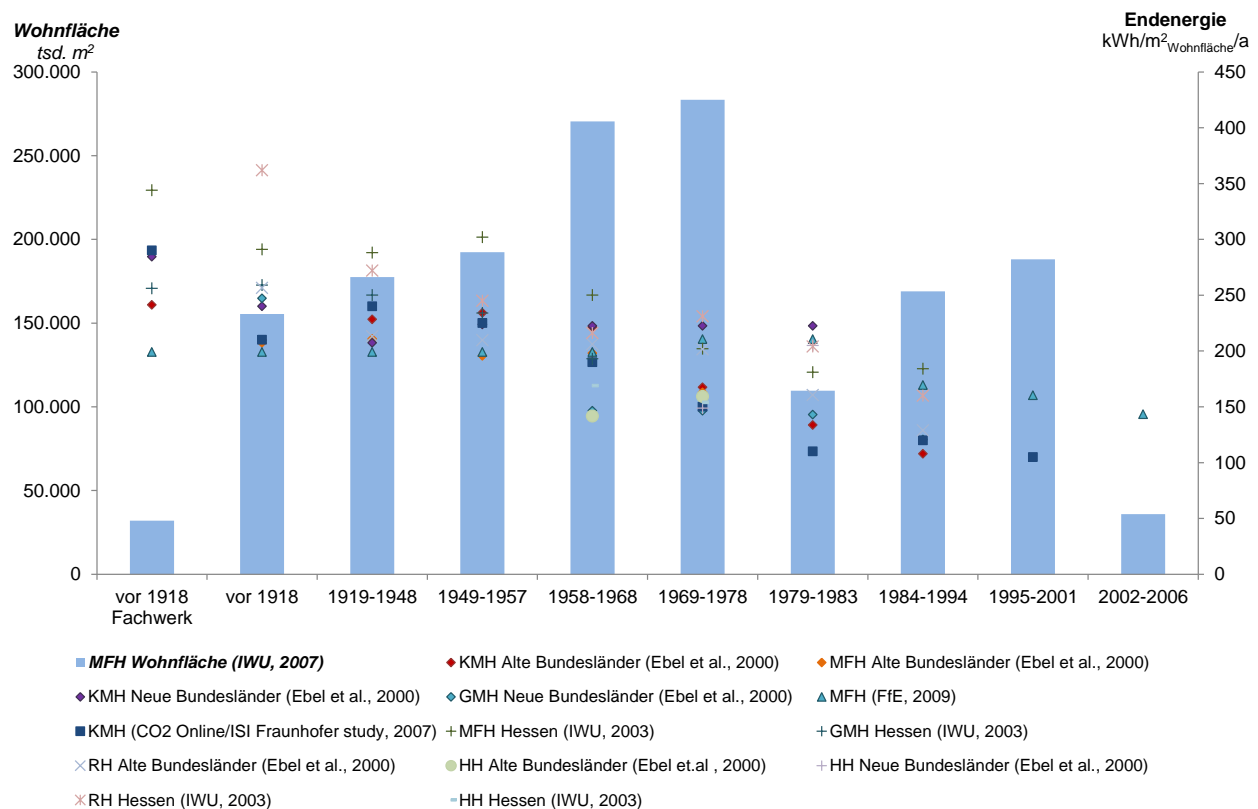
Um den wirtschaftlichen Nutzen von Sanierungen zu berechnen, ist es notwendig, das energetische Ausgangsniveau der Gebäude vor den Sanierungen zu ermitteln.

Abbildung 2 fasst verschieden Studien zusammen, die den energetischen Zustand von Mehrfamilienhäusern in Deutschland in Abhängigkeit zu Ihrem Baualter darstellen (der jeweilige Graph für EFHs befindet sich in Anhang 1). Die Balken stellen die Wohnfläche der einzelnen Baualterklassen in  $\text{m}^2_{\text{Wohnfläche}}$  dar, während die Datenpunkte den Energiebedarfswert/verbrauchswert der einzelnen Studien bzw. Gebäudetypen wiedergeben.

- Gebäude, die vor der ersten Wärmeschutzverordnung 1977 gebaut wurden, haben einen wesentlich höheren Energiebedarf. Wir nehmen an, dass diese Altbauten (ca. 70% des Wohneinheitenbestandes) auch das Hauptziel von Sanierungsmaßnahmen darstellen (Diefenbach et al., 2007).
- Es ist kein eindeutiger Trend über die einzelnen Gebäudealtersklassen vor 1978 zu erkennen. Abweichungen zwischen den einzelnen Studien sind größer als die Abweichungen zwischen den einzelnen Altersklassen. Daher wird ein gemeinsamer

Ausgangsenergiebedarfswert für alle Altbauten angenommen. Zudem können einige Angaben im Graph den derzeitigen Energieverbrauch überschätzen, da die meisten öffentlich zugänglichen Studien Kalkulationen für den Energiebedarf der Gebäude angeben. Allerdings gilt besonders für energieineffiziente Gebäude der Energiebedarf als wesentlich höher als der tatsächliche Verbrauch.

Für die Kosten-Nutzen Analyse wird ein Ausgangsniveau vor der Sanierung von 220 kWh/m<sup>2</sup><sub>Wohnfläche</sub>/a angenommen. Laut Annahmen der Dena-Sanierungskostenstudie bezieht sich dieses Niveau auf Gebäude mit einer schlechteren energetischen Verfassung (dena/IWU, 2010).



**Abbildung 2: Der Graph zeigt verschiedene Energiebedarfs- und Verbrauchsrechnungen für MFHs für Heizung und Warmwasser. Quellen: eigene Berechnungen und (CO2online/Fraunhofer ISI, 2007; FfE, 2009; IWU, 2003a; IWU, 2007)**

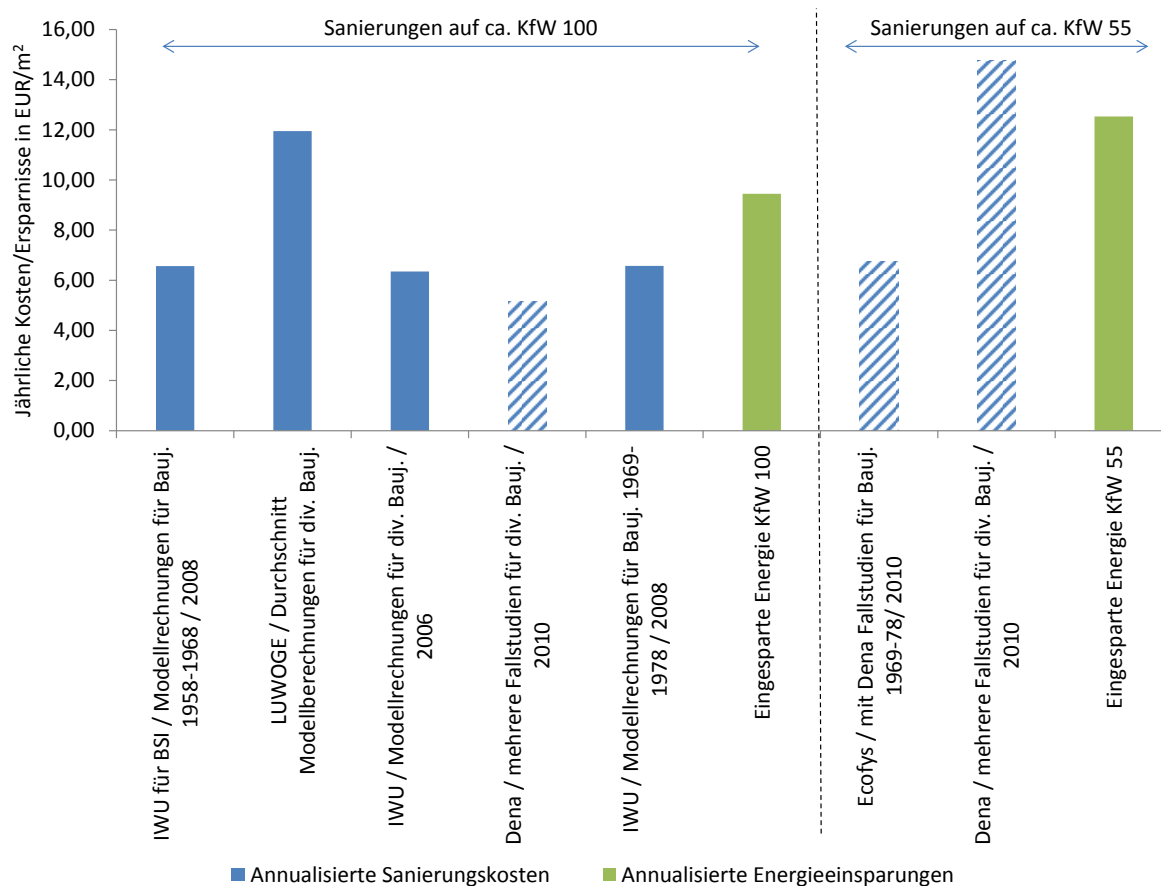
Basierend auf dem Energiebedarf vor der Sanierung und dem verringerten Energiebedarf nach der Sanierung können die jährlichen Energieersparnisse berechnet werden. Diese Ersparnisse wurden mit dem Gebrauch eines Energiepreises von 7 kWh/m<sup>2</sup> in Abbildung 3 dargestellt (Details zum Energiepreis in Anhang 5).

Da die Studie annimmt, dass energetische Sanierungen gemeinsam mit allgemeinen Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden, werden nur die energetischen Mehrkosten für die Kosten-Nutzen Rechnungen berücksichtigt.

Die Vorlaufkosten aus Abbildung 1 werden in jährliche Zinsen und Rückzahlungskosten für einen 20 Jahre dauernden Kredit mit Marktzinsen von 4% übersetzt. Für 5 von 7 der untersuchten Studien sind die annualisierten Kosten (blaue Balken) niedriger als die jährlichen Energieeinsparungen (grüne



Balken) – die Sanierung ist somit für diese Kosten wirtschaftlich, wenn ein Gebäudeeigentümer diese Energieeinsparungen für sich geltend machen kann.



**Abbildung 3: Kosten und Nutzen von Sanierungsmaßnahmen für MFHs (Schraffierte Flächen = ex-post Analysen). Annahme: Kredit über 20 Jahre mit 4% Zins, 1,5% Inflation, 7 Cent/kWh Endkundengaspreis (für Energiepreis siehe Anhang 5).**

## 2 Welche finanzielle Unterstützung wird benötigt um die 2% Sanierungsrate zu erreichen?

Wie in der Kurzdarstellung beschrieben, beinhalten nur ein Drittel der Sanierungen der Außenhülle energetische Maßnahmen, trotz der gegenwärtigen Förderung der KfW Bankengruppe (IWU/BEI, 2010). Die kreditbasierten Programme der KfW (Programmnummer 151, 152) übernehmen 31% der energiebedingten Mehrkosten für Sanierungen auf ein Niveau von KfW 100. Für Sanierungen auf KfW 55 werden 50% der energiebedingten Mehrkosten übernommen (eigene Berechnungen auf Basis von KfW-Bankengruppe, 2011) (Details im Anhang 4). Gründe für die trotz dieser Förderung niedrige energetische Sanierungsrate können vielfältig sein, wie etwa fehlende Informationen, Mieter/Vermieter Dilemma, oder kurze Investitionshorizonte. Zugeschnittene Politikinstrumente können diese Barrieren direkt adressieren. Diese Instrumente stehen hier nicht im Fokus (CPI arbeitet zurzeit jedoch an einer Studie zu Informationsinstrumenten), aber die vorsichtige Anpassung und Entwicklung dieser Instrumente wird derzeit diskutiert und ist von Bedeutung um das 2% Sanierungsziel zu erreichen.

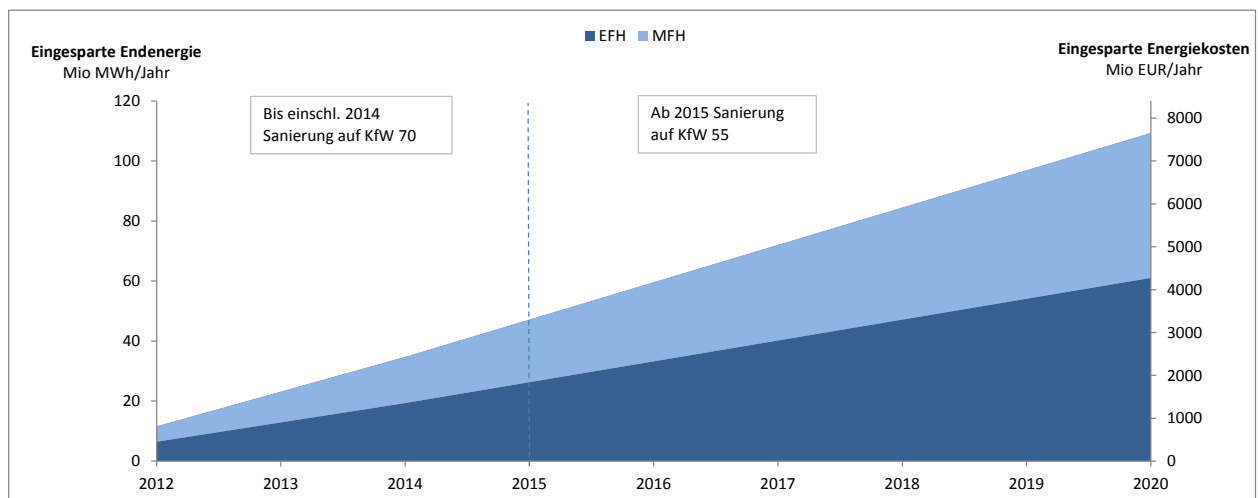
Ein Drittel der Haushalte entscheidet sich schon jetzt dazu, energetische Sanierungen durchzuführen; die Barrieren erscheinen daher nicht absolut hemmend. Um die Sanierungsrate zu erhöhen sind wahrscheinlich aber weitere Instrumente bzw. eine höhere Förderung nötig. Wie hoch wird das Fördervolumen sein, wenn 2% umfassende energetische Sanierungen erreicht werden sollen?

Unter Annahme der aktuellen Förderhöhe würden 2-4 Milliarden EUR/Jahr Förderung für Sanierungen auf KfW 100 und 4-8 Milliarden EUR/Jahr Förderung für Sanierungen auf KfW 55 benötigt (wie in Tabelle 1 zusammengefasst).

	KfW 100 (ca. 85 kWh/m <sup>2</sup> <sub>Wohnfläche</sub> /a Endenergie für MFH/ ca. 102 kWh/m <sup>2</sup> <sub>Wohnfläche</sub> /a Endenergie für EFH)			KfW 55 (ca. 41 kWh/m <sup>2</sup> <sub>Wohnfläche</sub> /a Endenergie für MFH/ ca. 49 kWh/m <sup>2</sup> <sub>Wohnfläche</sub> /a für EFH)		
	EFH	MFH	Gesamt	EFH	MFH	Gesamt
<b>Mehrkosten für energetische Sanierungen in EUR/m<sup>2</sup></b>	135-205	80-185		150-275	105-230	
<b>Förderanteil in %</b>	31	31		50	50	
<b>Unterstützung EUR/m<sup>2</sup></b>	42-64	25-57		75-137	52-114	
<b>Gesamte Unterstützung, Mio EUR</b>	1450-2202	762-1762	2212-3964	2576-4723	1599-3502	4157-8225

**Tabelle 1: Berechnungen der jährlich benötigten Fördermenge zur energetischen Sanierung von jährlich 2% der Wohngebäudefläche auf KfW 100 und KfW 55 unter der Annahme dass alle Investoren Fördermittel beantragen und dass die Unterstützung ausreicht, um Sanierungen zu tätigen. Die Zahlen geben eine niedrige Förderkostenabschätzung an, wenn die finanzielle Förderung nicht durch weitere Instrumente flankiert wird.**

### 3 Wie viel Energie würde eingespart werden?



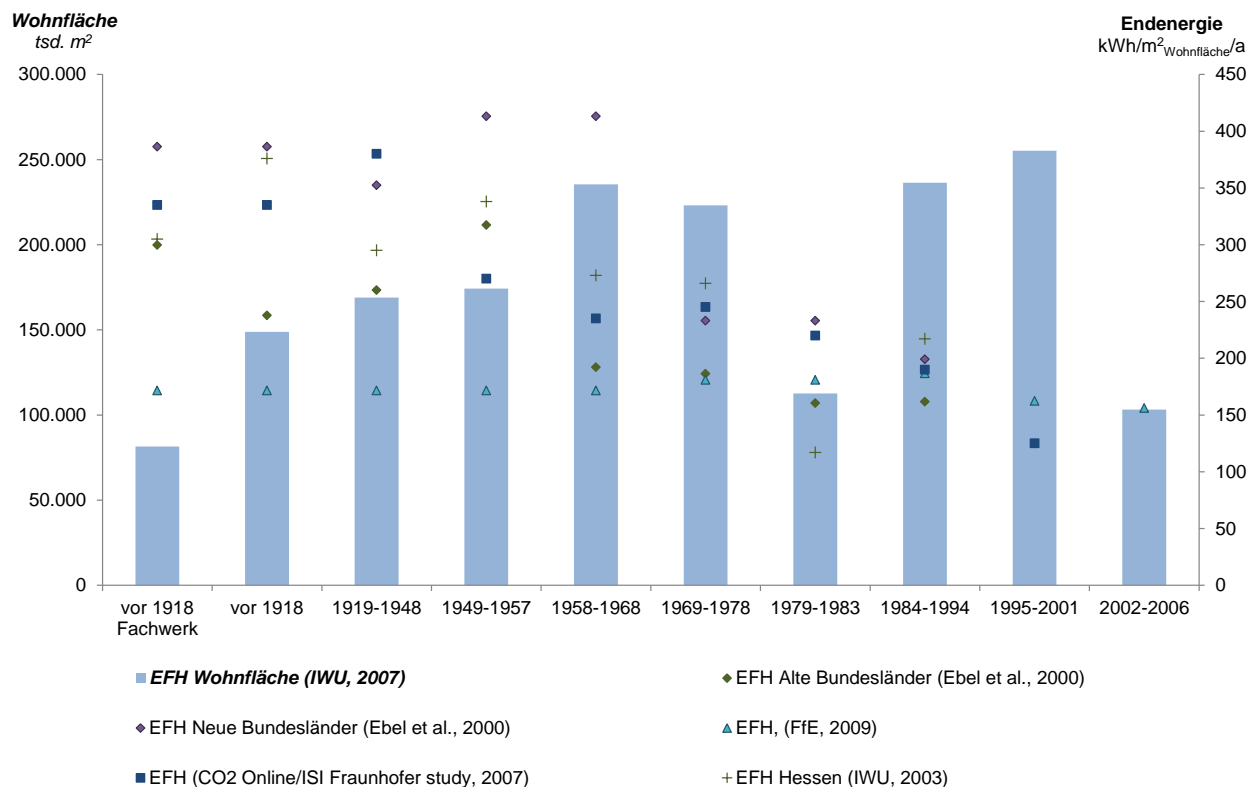
**Abbildung 4: Jährlich eingesparte Energie und Energiekosten unter Annahme eines Endenergiepreises von 7 Cent/kWh bei einer Sanierungsrate von 2% auf das jeweils angegebene Endenergieniveau (für Energiepreis siehe Anhang 5).**

Zusätzlich zu den eingesparten Kosten reduzieren energetische Sanierungen den Bedarf Energie zu produzieren und zu importieren. Abbildung 4 zeigt die berechneten Energieeinsparungen in Mio MWh und Mio EUR an. Ein Energiepreis von 7 Cent/kWh (Anhang 5) wird angenommen, sowie ein durchschnittliches Sanierungsziel von 70% des Neubaustandards (KfW 70) bis 2014 und von 55% des Neubaustandards in den darauf folgenden Jahren. Damit können bis einschließlich 2020 Gesamteinsparungen von 110 TWh und 7,5 Mrd. EUR erreicht werden.

## Anhang 1: Gebäudebestand

### Ergebnisse Einfamilienhäuser

Abbildung 5 stellt die Altersverteilung von Einfamilienhäusern (EFH) und deren durchschnittlichen Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasser pro  $\text{m}^2_{\text{Wohnfläche}}/\text{a}$  in Deutschland dar. Für die weiteren Berechnungen wird ein Endenergiebedarfswert von  $250 \text{ kWh}/\text{m}^2_{\text{Wohnfläche}}/\text{a}$  für EFHs angenommen, die vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet worden sind.



**Abbildung 5: Energiebedarfs- und Verbrauchsrechnungen für EFHs (Einfamilienhäuser) für Heizung und Warmwasser. Quellen: eigene Berechnungen und (CO2online/Fraunhofer ISI, 2007; Ebel et al., 2000; FfE, 2009; IWU, 2003a; IWU, 2007)**

### Annahmen für MFH und EFH

In den in Abbildung 2 und Abbildung 5 dargestellten Studien werden unterschiedliche Annahmen getroffen. Einige Studien beziehen sich auf den Originalzustand der Gebäude (e.g. IWU, 2003). In anderen Studien wird ein Gebäudeenergiebedarf angenommen, der bereits getätigte Sanierungen einschließt (e.g. Ebel, 2000). Daher kann kein Mittelwert über die Resultate aller Studien errechnet werden. Zudem überschätzen einige Studien den tatsächlichen Energieverbrauch von Wohngebäuden durch die Verwendung des Energiebedarfs, der meist höher als der Verbrauch liegt.

Folgende Berechnungen liegen den Darstellungen zugrunde:

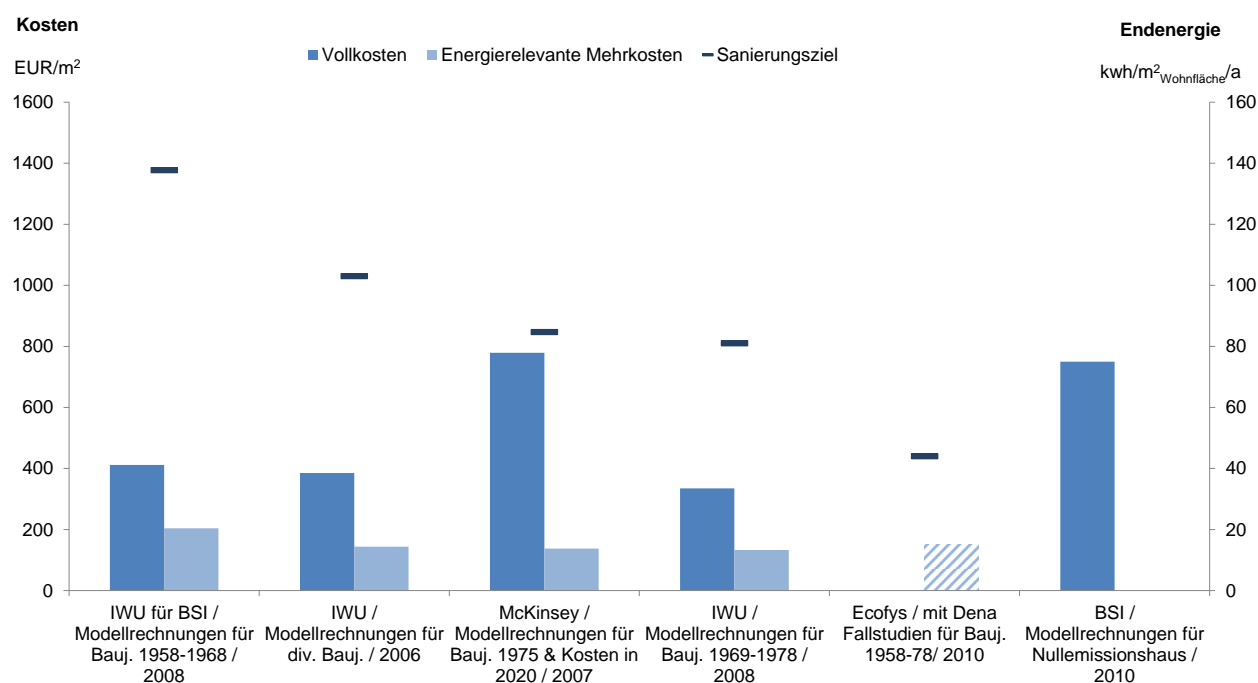
Die Studie von Ebel et al. und FfE errechnete den Heizwärmekennwert unterschiedlicher Gebäudetypen und nicht den in anderen Studien verwendete Endenergiebedarf. Um einen Vergleich zu ermöglichen musste dieser Wert umgerechnet werden. Für die Berechnungen wurden ein durchschnittlicher Nutzungsgrad von 83% für Heizungen angenommen (prognos/Öko-institut, 2009). Um den Endenergiebedarfswert von Warmwasser zu errechnen wurde der von der EnEV

vorgeschriebene Wert von  $12,5 \text{ kWh/m}^2_{\text{Nutzfläche An}}/\text{a}$  verwendet. Dieser wurde mit einem Faktor von 1,35 für EFHs und 1,2 für MFHs auf die Wohnfläche umgerechnet und anschließend mit einem Nutzungsgrad von 74% in Endenergie umgewandelt (EnEV, 2009, prognos/Öko-institut, 2009). Der Endenergiebedarf für Warmwasser wurde anschließend auf den Endenergiebedarf für die Heizenergie addiert.

Zudem wurden die Jahreszahlen für die FfE Studie an die IWU Gebäudetypologie angepasst, da teils unterschiedliche Zeitspannen verwendet wurden. So errechnet die FfE Studie beispielsweise den Energiebedarf für den Zeitraum von 2002-2009. Für die Vergleichbarkeit wurde dieser Wert für die IWU Gebäudetypen der Kategorie 2002-2006 verwendet. Dies ergibt Unschärfen, die aber aufgrund der allgemeinen, durch die Datenlage verursachten Unschärfen (Diefenbach et al., 2007) als akzeptabel bewertet wurden.

## Anhang 2: Sanierungskosten

### Ergebnisse Einfamilienhäuser



**Abbildung 6: Kostenstudien zu EFHs, geordnet nach erreichtem Endenergielevel. (Schraffierte Flächen = ex-post Analysen). Quellen: eigene Berechnungen und (Ecofys, 2010; IWU, 2006b; IWU, 2008; IWU für BSI, 2008; McKinsey, 2007; Schwaldt, 2010)**

Bei Einfamilienhäusern liegen die energiebedingten Mehrkosten für das Erreichen von ca. KfW 100 (ca.  $102 \text{ kWh/m}^2_{\text{Wohnfläche}}/\text{a}$ ) im Bereich von  $135 \text{ EUR/m}^2$  bis  $145 \text{ EUR/m}^2$ , allerdings berechnet IWU für BSI für eine Sanierung unter KfW 100 Kosten von  $205 \text{ €/m}^2$ . Für Sanierungen auf ca. KfW 55 (ca.  $49 \text{ kWh/m}^2_{\text{Wohnfläche}}/\text{a}$ ) liegt nur eine Studie vor. In dieser wurden Kosten in Höhe von ca.  $150 \text{ EUR/m}^2$  ermittelt.

### Annahmen für die Berechnungen der Sanierungskosten

Aus den fünf Modellrechnungen der empirica/LUWOG Studie für unterschiedliche Gebäudetypen wurde ein Durchschnitt errechnet. Die Primärenergieangaben von McKinsey wurden mit einem Primärenergiefaktor von 1,21 in Endenergie umgewandelt. Wenn Nutzflächen als Kenngröße

angegeben wurden, wurden diese mit einem pauschalen Faktor von 1,2 für MFHs und 1,35 für EFHs in Wohnflächen umgerechnet (EnEV, 2009).

Drei wichtige Aspekte sind für die Kostenangaben zu beachten: Erstens, aus dem Studienüberblick geht nicht eindeutig hervor, ob die Erreichung eines höheren Energiestandards zu einer Erhöhung der Sanierungskosten führt. Dies liegt daran, dass den Studien verschiedene Annahmen zugrunde liegen, Voll- und energierelevante Kosten unterschiedlich aufgeteilt werden, sowie unterschiedliche Methoden genutzt werden. Dies führt zu unterschiedlichen Ergebnissen. Zudem liegen für hohe Sanierungstiefen, sowie für Einfamilienhäuser nur sehr wenige Studien vor, sodass die Preisspannen im Vergleich zu der oberen Preisspanne für KfW 100 Sanierungen von MFHs eventuell niedrig sind.

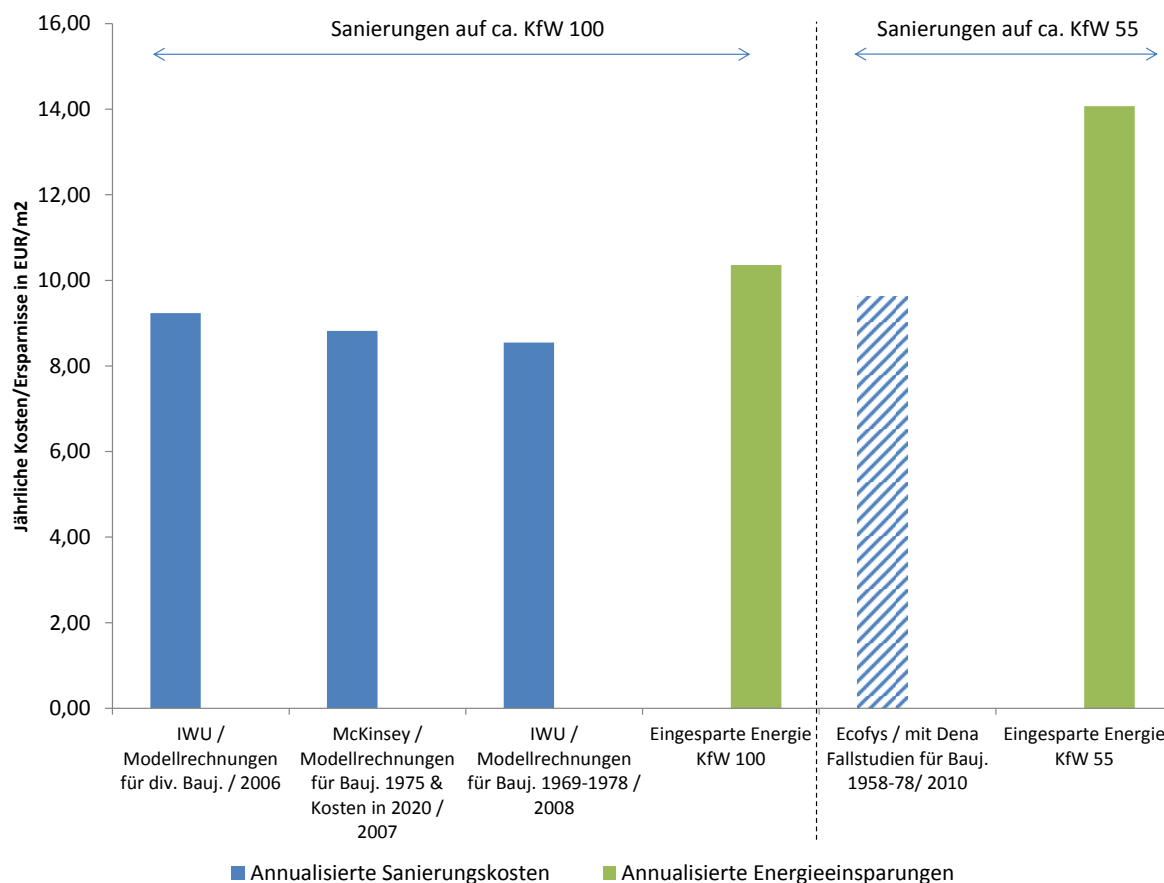
Zweitens, die genannten Studien beziehen sich auf Renovierungen, die bis zu 10 Jahre zurückliegen. Aufgrund der Förderung durch die KfW handelt es sich bei Sanierungen auf das aktuelle Neubauniveau und auf 55% des aktuellen Neubauniveaus in der Zwischenzeit nicht mehr um Demonstrationsprojekte, sondern um etablierte Sanierungsmaßnahmen. Es kann davon ausgegangen werden, dass durch die wachsende Erfahrung von Handwerkern, Architekten und Komponentenherstellern die energetischen Sanierungskosten inzwischen gesunken sind.

Drittens, das Verhältnis zwischen energierelevanten Mehrkosten und den Vollkosten einer Sanierung wurde aus den Medianen der Ergebnisse der verschiedenen Kostenstudien mit einem Wert von 37,5% errechnet. Wie bereits erwähnt, werden in den Studien unterschiedliche Annahmen getroffen. So werden u.a. unterschiedliche Kosten zu den energierelevanten Mehrkosten gezählt. Eine weitere Untersuchung der einzelnen Vollkostenrechnungen ist notwendig, um zu einem präziseren Verhältnis zwischen energierelevanten Mehrkosten und Vollkosten einer Sanierung zu gelangen.

Die kWh Angaben für die jeweiligen KfW Niveaus beruhen auf (dena/IWU, 2010). Da die Dena-Studie nur Angaben für MFHs macht, wurden für EFHs 20% höhere Endenergieverbräuche als Richtwerte angenommen.

## Anhang 3: Kosten-Nutzen Berechnungen

### Ergebnisse Einfamilienhäuser



**Abbildung 7: Kosten und Nutzen von Sanierungsmaßnahmen für EFHs (Schraffierte Flächen = ex-post Analysen). Annahme: Kredit über 20 Jahre mit 4% Zins, 1,5% Inflation, 7 Cent/kWh Endkundengaspreis (für Energiepreis siehe Anhang 5)**

Bei EFHs sind die energetischen Sanierungsmaßnahmen für alle Kostenabschätzungen wirtschaftlich. Für die Kosten-Nutzenrechnung wurden, wie bei MFHs, nur Studien einbezogen, die ungefähr auf einen Energiestandard von KfW 100 (+/- 20%) oder KfW 55 (+/-20%) saniert haben.

## Anhang 4: Abschätzung der Förderhöhe

Für die Berechnungen der Förderhöhe wurden für die Kostenspannweiten von Einfamilienhäusern folgende Änderungen im Vergleich zur oberen Kosten-Nutzen Rechnungen gemacht:

- Erstens, da für EFHs nur eine Studie vorhanden ist, die Sanierungen auf KfW 55 berechnet, wurde dieselbe Kostendifferenz für EFHs auf die Berechnung der Ecofys-Studie addiert wie für MFHs, sodass eine Kostenspannweite für EFH-Sanierungen auf KfW 55 von 150 EUR/m<sup>2</sup> – 275 EUR/m<sup>2</sup> verwendet wurde.
- Zweitens, da die „IWU für BSI“ Studie, trotz einer Sanierung auf ein Level schlechter als KfW 100, höhere energiebedingte Mehrkosten errechnet, als die anderen Kostenstudien für Sanierungen auf ca. KfW 100, wurden die Kosten der „IWU für BSI“ Studie für die Berechnung der Förderhöhen als obere Kostenspannweite für KfW 100 Sanierungen angenommen (IWU für BSI, 2008). Somit beträgt die Spannweite für EFH-Sanierungen auf KfW 100 135-205 EUR/m<sup>2</sup>.

Die Berechnung der durch die KfW geförderten energierelevanten Mehrkosten basierte auf den Zinsraten des Programms „Energieeffizient Sanieren“ für KfW 55 und KfW 100 (Tabelle 2). Es wurde zudem angenommen, dass der Kredit, durch den die energierelevanten Mehrkosten finanziert werden, nach zehn Jahren zurückgezahlt wird

Annahme	Wert
KfW effektiver Zinssatz	2,57%
Maximale Kredithöhe	EUR 75000
KfW 55 Tilgungszuschuss	12,50%
KfW 100 Tilgungszuschuss	5,00%
Rückzahlungszeitraum	10 Jahre
Inflation	1,50%
Marktbasierte Zinsrate	4,00%

Tabelle 2: Annahmen für die Berechnung der KfW Förderhöhe

Der Teil der energierelevanten Mehrkosten, der durch die KfW gedeckt wird, wird aus dem Verhältnis der gesamten KfW Unterstützung (bezieht sich auf Vollkosten der Sanierung) und den energierelevanten Mehrkosten errechnet. Die gesamte Unterstützung der KfW ergibt sich aus der Summe des Tilgungszuschusses und der Zinsverbilligung des Kredits.

$$\text{Förderanteil energierelevante Mehrkosten} = \frac{\text{KfW Tilgungszuschuss} + \text{Wert der Zinsverbilligung}}{\text{Energierelevante Mehrkosten}}$$



## Anhang 5: Verwendeter Energiepreis

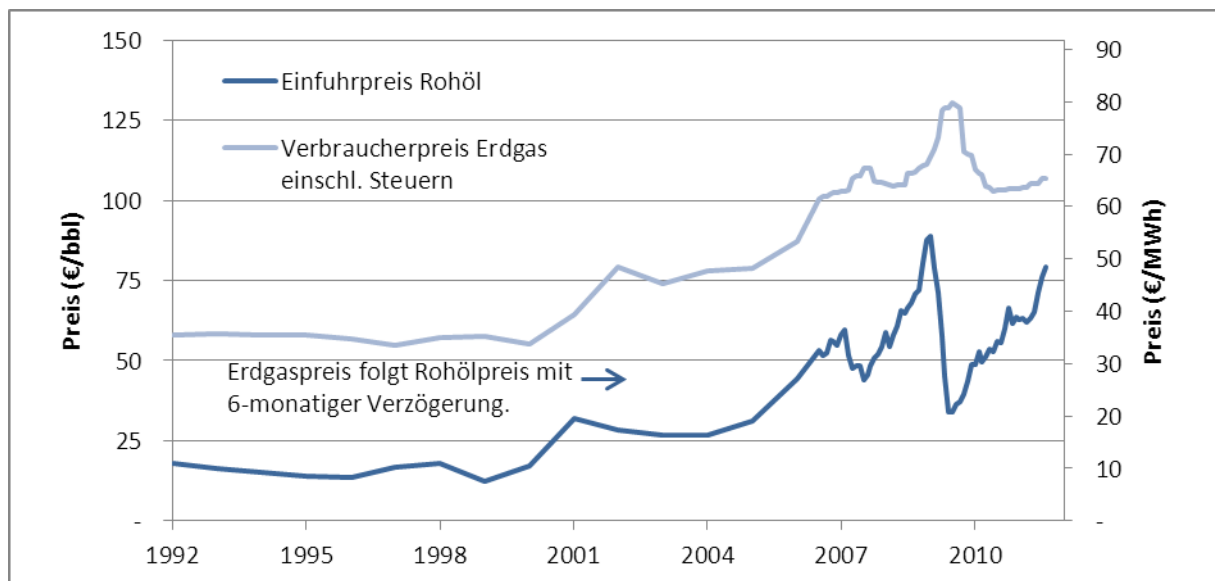


Abbildung 8: Korrelation von Rohölpreis und Verbraucherpreis für Erdgas. Quelle: (BMWi, 2010a)

Der Gaspreis ist über die sogenannte Preisgleitklausel an den Rohölpreis gebunden. Mit einer zeitlichen Verzögerung von ca. 6 Monaten erhöht oder senkt sich der Verbraucherpreis für Erdgas also in Abhängigkeit von der Entwicklung des Rohölpreises. Abbildung 8 zeigt die Korrelation der Preise beider Energieträger.

Im Juli 2008 näherte sich der Weltmarktpreis für Rohöl einer Höchstmarke von 131\$/Barrel. Der Einfuhrpreis für Rohöl stieg damit auf 89 Euro/Barrel. Als Konsequenz erhöhte sich der Verbraucherpreis für Erdgas bis Januar 2009 auf 80 Euro/MWh. Diese Entwicklung spiegelte sich jedoch nicht im durchschnittlichen Verbraucherpreis für Erdgas in 2009 wider. Im Gegensatz zu dem durchschnittlichen Verbraucherpreis für Erdgas in 2008 von 7,10 Euro/MWh sank dieser sogar auf 6,98 Euro/MWh.

Im März 2011 stieg der Weltmarktpreis für Rohöl erneut auf 110\$/Barrel. Damit nähert sich der Einfuhrpreis für Rohöl mit 81 Euro/Barrel der Höchstmarke von 2008. Eine Angleichung des Verbraucherpreises für Erdgas zur Mitte dieses Jahres ist zu erwarten. Für die vorliegenden Berechnungen wurde daher ein durchschnittlicher Verbraucherpreis von 7,00 Euro/MWh angenommen.

## Referenzen

### CO2online/Fraunhofer ISI 2007

CO2 Gebäudereport. Berlin, Germany.

### dena/IWU 2010

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

### Diefenbach, N., Clausnitzer, K. D. & Viz, A. 2007

Grundlagen für die Entwicklung von Klimaschutzmaßnahmen im Gebäudebestand. BBR-Online-Publikation 22/2007. Berlin: BMVBS/BBR.

**Ebel, Eicke-Henning, Feist & Großcurth 2000**

*Energieeinsparung bei Alt-und Neubau*, Heidelberg, C.F. Müller Verlag.

**Ecofys 2010**

Economics of deep renovation. Berlin.

**empirica/LUWOGÉ consult 2010**

Wirtschaftlichkeit energetischer Sanierungen im Berliner Mietwohnungsbestand. Berlin.

**FfE 2009**

Energiezukunft. Teil II - Szenarien. München.

**IWU 2003a**

Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie. Darmstadt.

**IWU 2003b**

Wiesbaden - Lehrstraße 2. Energetische Modernisierung eines Gründerzeithauses. Darmstadt.

**IWU 2006a**

Energetische Gebäudesanierung und Wirtschaftlichkeit. Eine Untersuchung am Beispiel des "Brunckviertels" in Ludwigshafen. Darmstadt.

**IWU 2006b**

Gebäudetypologie Bayern. Entwicklung von 11 Hausdatenblättern zu typischen Gebäuden aus dem Wohngebäudebestand Bayerns. Darmstadt.

**IWU 2007**

Basisdaten für Hochrechnungen mit der deutschen Gebäudetypologie des IWU. Darmstadt.

**IWU 2008**

Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen im Bestand vor dem Hintergrund der novellierten EnEV. Darmstadt.

**IWU für BSI 2008**

Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen für die selbst genutzte Wohnimmobilie und den vermieteten Bestand. Darmstadt.

**IWU/BEI 2010**

Datenbasis Gebäudebestand. Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. Darmstadt.

**KfW-Bankengruppe 2011**

Merkblatt Energieeffizient Sanieren - Kredit. Programmnummer 151, 152. Bestellnummer 600 000 1770. [www.kfw.de](http://www.kfw.de).

**McKinsey 2007**

Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland. Sektorspektive Gebäude.

**prognos/Öko-institut 2009**

Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken. Basel/Berlin.

**Schwaldt, N. 2010**

Null-Emissionsstandard kostet 2,6 Billionen Euro. *Welt Online*.