

# DIE SANIERUNG DES DEUTSCHEN GEBÄUDEBESTANDES

EINE WIRTSCHAFTLICHE BEWERTUNG AUS INVESTORENSICHT



**Projektkoordinierung****Buildings Performance Institute Europe (BPIE)**

Dan Staniaszek

Filippos Anagnostopoulos

Ralf Lottes

**In Kooperation mit****Technische Universität Wien (TU Wien)**

Dr. Lukas Kranzl

Agne Toleikyte

**Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI**

Dr. Jan Steinbach

**BPIE Redaktions- und Übersetzungsteam**

Oliver Rapf

Ralf Lottes

Francesca A. Fata

**Datenvisualisierung und Infographiken**

Katerina Koutentaki

**Grafikdesign**

Mazout.nu

Veröffentlicht im November 2015 vom Buildings Performance Institute Europe (BPIE).

Copyright 2015, Buildings Performance Institute Europe (BPIE). Jede vollständige oder teilweise Wiedergabe dieser Veröffentlichung muss den vollständigen Titel und Autor sowie den Verweis auf BPIE als den Urheberrechtsinhaber beinhalten. Alle Rechte vorbehalten.

Das Buildings Performance Institute Europe ist ein europäischer non-profit Think-Tank mit Fokus auf Energiethemen im Gebäudesektor. Das Institut konzentriert sich auf die Durchführung selbständiger Politikanalysen und die Unterstützung faktenbasierter Politikgestaltung.

[www.bpie.eu](http://www.bpie.eu)

ISBN: 9789491143137

### **Stakeholderorganisationen in Deutschland, die die Entstehung dieser Studie begleitet haben**

BPIE möchte sich bei den folgenden Stakeholderorganisationen bedanken, die an den projektbegleitenden Berliner Workshops im März und Juni 2015 teilgenommen haben. Der Beitrag der Fachvertreter war eine große Bereicherung für die durchgeführte Untersuchung, jedoch liegt die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts bei BPIE.

- Agora Energiewende
- Bundesarchitektenkammer
- Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz (DENEFF)
- Deutscher Mieterbund (DMB)
- Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen (GdW)
- Global Climate Forum
- Institut für Umwelt- und Energieforschung (ifeu)
- Naturschutzbund Deutschland (NABU)
- Verband Privater Bauherren (VPB)
- VdZ – Der Spitzenverband der Gebäudetechnik
- Zentralverband des Deutschen Handwerks (ZDH)

BPIE möchte außerdem den folgenden Experten seine Anerkennung für ihr engagiertes Feedback und die konstruktive Kritik als Beitrag zu diesem Bericht aussprechen:

- Randall Bowie, eceee
- Rod Janssen, Energy In Demand
- Ulf Sieberg, Naturschutzbund Deutschland (NABU) bis 30.06.2015 und Bundesverband Erneuerbare Energien seit 01.07.2015.

# INHALTSVERZEICHNIS

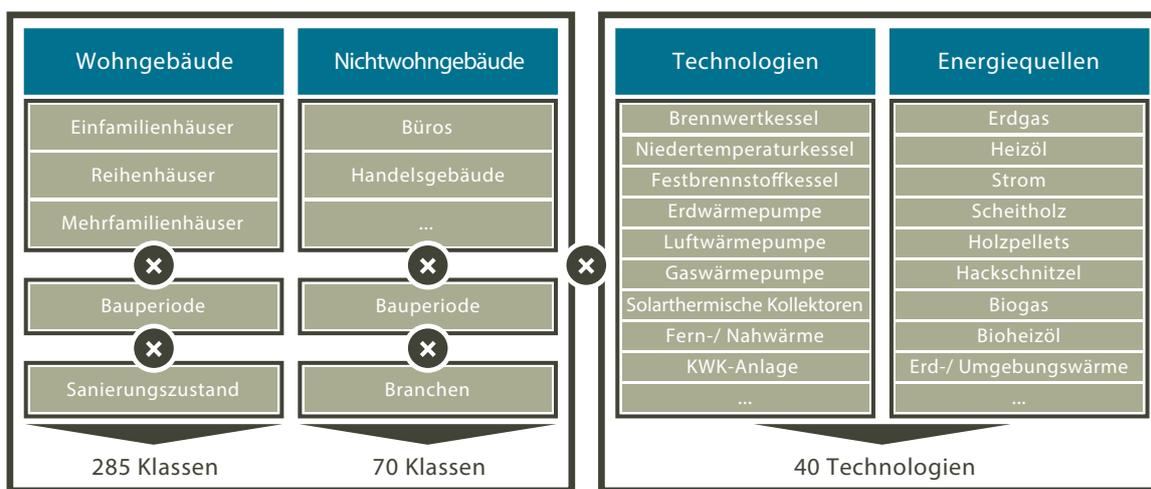
<b>KURZDARSTELLUNG</b>	5
<b>EINLEITUNG</b>	14
<b>1 AUSGANGSSITUATION</b>	15
<b>2 METHODIK</b>	19
Ablauf Schritt für Schritt	19
Überblick über den deutschen Gebäudebestand und Gebäudekategorisierung	20
Effizienzstandards und Sanierungspakete	23
Benötigte Investitionen pro Sanierungspaket	24
Invert/EE-Lab Modell	27
Energiesparkostenkurven	29
Szenariovariablen	31
Rahmenbedingungen	32
<b>3 ERGEBNISSE</b>	34
Zusammenfassung der Szenarien	34
Interpretation der Ergebnisse	34
Szenario 1: Business As Usual	37
Szenario 2: Hohe Förderung	42
Szenario 3: Hohe Energiepreise	46
Szenario 4: Weiche Maßnahmen	50
Szenario 5: Best Case	54
Vergleich aller Szenarien	58
<b>4 DISKUSSION</b>	64
<b>5 EMPFEHLUNGEN</b>	66
<b>6 LITERATURHINWEISE</b>	69

# KURZDARSTELLUNG

In diesem Bericht werden mehrere Szenarien zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden untersucht, um die politische Debatte über die Strategie zur Sanierung des deutschen Gebäudebestands zu befördern. Unser Schwerpunkt liegt auf der wirtschaftlichen Durchführbarkeit von Sanierungen unterschiedlicher Tiefe aus der Sicht des Investors oder Gebäudeeigentümers. Die Ergebnisse sind in Energiesparkostenkurven (ESKK) zusammengefasst, eine schnelle und einfache Art der Darstellung, um die potenziellen Auswirkungen verschiedener Kombinationen von politischen Instrumenten zu bewerten.

Gebäude sind in Deutschland für 40% des Endenergieverbrauchs verantwortlich und produzieren 30% aller Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) des Landes. Eine verbesserte Energieeffizienz kann den Energieverbrauch beträchtlich verringern und gleichzeitig zahlreiche Vorteile mit sich bringen – Kosteneinsparungen, die Schaffung von Arbeitsplätzen, verbesserte Energiesicherheit, erhöhten Komfort, höhere Produktivität sowie ökologische Vorteile in Form von verbesserter Luftqualität und niedrigeren THG-Emissionen. Mit der aktuellen Sanierungsrate von 1%<sup>1</sup> pro Jahr würde es jedoch 100 Jahre dauern, um den heutigen Bestand zu renovieren. Zudem erreichen die meisten Sanierungen heutzutage nicht das gesamte Energieeinsparpotential.

Den Ausgangspunkt für die Analyse in diesem Bericht bildet die Kategorisierung des deutschen Gebäudebestands nach verschiedenen repräsentativen Gebäudetypen. Die Abbildung unten veranschaulicht die Aufteilung nach Gebäudeart und Heizungsanlage. Insgesamt ergeben die 355 Gebäudeklassen und bis zu 40 möglichen Energieträger-Kombinationen und Heiztechniken 4459 Gebäudesegmente.



## 4459 Gebäudesegmente für Deutschland im ersten Jahr der Simulation

Das energetische Sanierungspotential für jedes dieser Gebäudesegmente wurde für drei Sanierungsebenen dargestellt: standard, moderat anspruchsvoll und anspruchsvoll. Die in dieser Studie gewählte Methodik setzt einen Schwerpunkt auf die umfassende Sanierung der Gebäudehülle in Kombination mit dem Ersatz der Heizungsanlage. Teilsanierungen oder Einzelmaßnahmen werden nicht berücksichtigt. Die mit jeder der drei Sanierungstiefen verbundenen Kosten wurden für jedes Referenzgebäude berechnet.

Ein Optimierungsmodell wurde dann verwendet, um die günstigsten Sanierungsoptionen für jedes Gebäudesegment unter ganz bestimmten wirtschaftlichen Bedingungen auszuwählen. Die Faktoren, die der Analyse zugrunde liegen, sind in untenstehender Tabelle zusammengefasst.

<sup>1</sup> Mit Bezug auf die Gebäudefläche.

Variable	Beschreibung	Im Modell angewendete Bandbreite
<b>Energiepreisentwicklung</b>	Zunahme des Energiehandelspreises von 2015 bis 2030	1,1%-2,6% jährlich (entspricht 19-50% Gesamtanstieg bis 2030)
<b>Förderhöhe</b>	Zuschüsse, Barwert geförderter Darlehen oder andere externe finanzielle Unterstützung in % der Gesamtkapitalinvestition	0-40% (variiert je nach Technologie und Sanierungspaket)
<b>Transaktionskosten</b>	Mit Vorarbeiten, Planung, Genehmigungen usw. verbundene Kosten, inklusive der Arbeitszeit	2,5-5% der Gesamtkapitalinvestition
<b>Diskontierungsrate</b>	Darlehenskosten, um Energieeinsparinvestitionen zu finanzieren	2-4%
<b>Lernkurve und Kostenersparnis</b>	Die Auswirkung zukünftiger Preissenkungen, die sich durch ein erhöhtes Umsatzvolumen, effizientere Einbau- und Montageverfahren sowie erhöhte Produktivität ergeben oder verbesserte Energiesparmethoden, die durch Forschung und Entwicklung erreicht werden	6-38%, je nach Technologie
<b>Zusatznutzen</b>	Der Wert des erhöhten Komforts (=Verzicht auf Energieeinsparungen), der sich durch Sanierungsmaßnahmen ergibt, nach den jeweiligen Energiepreisen bewertet	0-30%

Die Referenzgebäude wurden dann in 16 Gebäudekategorien unterteilt:

Gebäudekategorien
<b>Einfamilienhäuser (EFH):</b> in vier Baualtersklassen unterteilt (bis 1948; 1949-1978; 1979-1994; 1995-2014)
<b>Mehrfamilienhäuser (MFH):</b> in vier Baualtersklassen unterteilt (bis 1948; 1949-1978; 1979-1994; 1995-2014)
<b>Büros:</b> in öffentlichen und privaten Sektor unterteilt
<b>Krankenhäuser:</b> in öffentlichen und privaten Sektor unterteilt
<b>Bildungsgebäude:</b> in öffentlichen und privaten Sektor unterteilt
<b>Handelsgebäude</b>
<b>Sonstige Nichtwohngebäude</b>

Um die Auswirkungen verschiedener wirtschaftlicher Parameter auf die Kostenwirksamkeit von Gebäudesanierungen aus der Sicht der Investoren zu untersuchen, wurden fünf Szenarien entwickelt, wovon drei in dieser Kurzdarstellung vorgestellt werden. Für eine vollständige Beschreibung der fünf Szenarien und einen Vergleich aller Szenarien lesen Sie bitte den vollständigen Bericht.

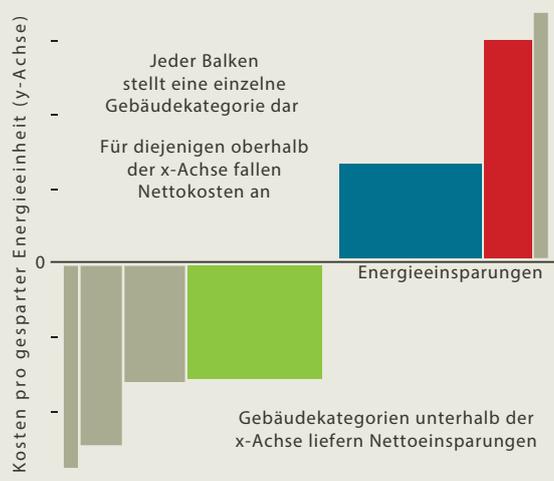
Der Zeithorizont dieser Analyse reicht bis 2030. Dieser Zeitraum ist lang genug, um die gesamten Auswirkungen der politischen Maßnahmen erfahren zu können, jedoch nicht so lang, dass unrealistische Annahmen über längerfristige technologische Entwicklungen und die Entwicklung von Maßnahmenkosten und Energiepreisen gemacht werden müssen, welche den wirtschaftlichen Rahmen für Gebäudesanierungen womöglich drastisch verändern würden. Natürlich wäre es innerhalb dieser Zeitspanne nur möglich einen Teil des heutigen Bestands zu renovieren. Deshalb sollten die Ergebnisse dieser Studie nicht als Höchstgrenze dessen verstanden werden, was in Bezug auf Energieeinsparungen und die Verringerung von THG-Emissionen des Gebäudebestands erreicht werden kann.

Eine Neuheit, die mit der gegenwärtigen Analyse eingeführt wurde, ist der Vergleich der wirtschaftlichen Attraktivität umfassender Renovierungen sowohl mit als auch ohne den Wert des erhöhten Komfortgewinns in der wirtschaftlichen Bewertung. Es ist umfassend belegt, dass Gebäudenutzer höhere Innentemperaturen genießen, wenn die Energieeffizienz der Gebäudesubstanz optimiert wird – oft Rebound-Effekt genannt. Dadurch wird auf das volle Kosteneinsparpotential, das erreicht werden könnte, verzichtet. Es ist daher gerechtfertigt zu behaupten, dass Gebäudenutzer den zusätzlichen Komfort, der mit entfallenen Energieeinsparungen gleichzusetzen ist, mit einem bestimmten wirtschaftlichen Wert gleichsetzen. Der Zweck dieser Vorgehensweise innerhalb der vorliegenden Studie ist es, ein Bewusstsein dafür zu schaffen, dass nicht nur die Einbeziehung des Wertes des Komforts in die wirtschaftliche Betrachtung wünschenswert ist, sondern auch der vielen anderen Zusatznutzen, die durch eine Sanierung entstehen. Aus diesem Grund stellen wir die Ergebnisse sowohl mit als auch ohne den Zusatznutzen vor, der mit einem Wert von 30% zusätzlich zu den Energiekosteneinsparungen angesetzt worden ist. Dieser Wert stammt aus Erkenntnissen über den tatsächlichen Temperaturanstieg nach einer Sanierung.

Die Ergebnisse der Analyse werden in Energiesparkostenkurven vorgestellt, welche eine visuelle Darstellung des Spektrums an Kostenwirksamkeit bieten, das durch Renovierungen in den verschiedenen Gebäudekategorien abgedeckt werden kann.

### WIE MAN EIN ESKK DIAGRAMM LIEST

Die Energiesparkostenkurve (ESKK) ist eine visuelle Darstellung der Kostenwirksamkeit von Gebäudesanierungen quer durch das Spektrum aller Gebäudekategorien. Die horizontale Achse (x-Achse) zeigt die jährlichen Energieeinsparungen für jede Gebäudekategorie, während die vertikale Achse (y-Achse) die Nettokosten pro gesparter Energieeinheit abbildet.



Befindet sich der Balken oberhalb der horizontalen Achse, dann fallen für die Investoren in dieser Gebäudekategorie Nettokosten an, d.h. die auf die Gesamtdauer der Maßnahme verteilten Energiekosteneinsparungen sind geringer als die ursprüngliche Investition. Umgekehrt bedeutet ein Balken unter der x-Achse, dass Nettoeinsparungen erreicht werden. Die Gesamtfläche des Balkens stellt die Gesamtkosten oder Gesamteinsparungen für eine Gebäudekategorie dar (sprich Kosten pro gesparte Energieeinheit mal Energieeinsparung).

Zu beachten ist, dass jeder Balken eine große Anzahl an verschiedenen Gebäuden mit unterschiedlichen Ergebnissen bzgl. der Kostenwirksamkeit darstellt. Das bedeutet, dass beispielsweise eine Gebäudekategorie, die sich oberhalb der Achse befindet (Nettokosten), einzelne Gebäude beinhalten kann, welche Nettoeinsparungen erzeugen.

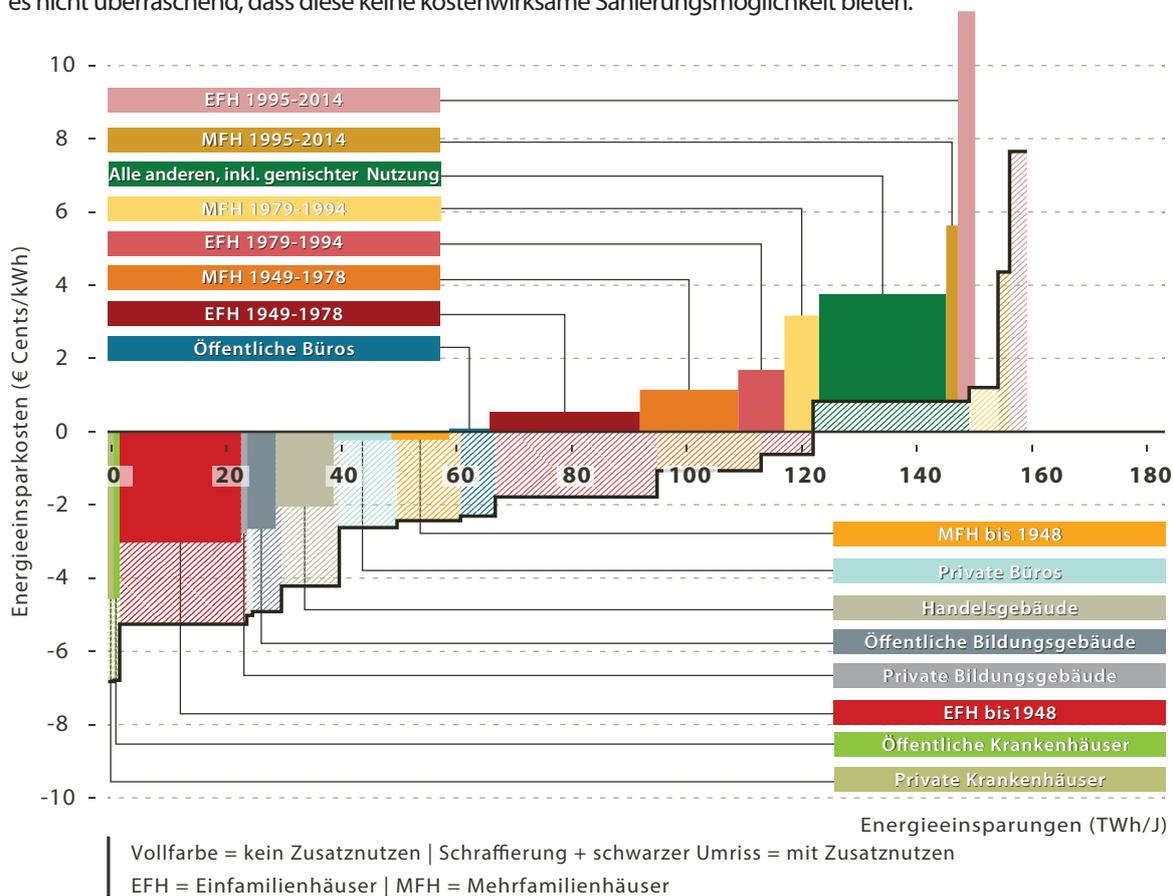
In den Ergebnissen der Szenarien selbst präsentieren wir zwei sich überlappende Kurven. Die vollfarbigen Blöcke stellen die Ergebnisse dar, für die lediglich Energiekosteneinsparungen berücksichtigt wurden, während die schraffierten Blöcke den Wert des Komfort-Zusatznutzens in die wirtschaftliche Betrachtung einbeziehen.

## Business As Usual

In diesem Szenario wird angenommen, dass die vorherrschenden wirtschaftlichen Bedingungen (in untenstehender Tabelle zusammengefasst) über den besagten Zeitraum fortbestehen.

Förderung	Transaktionskosten	Diskontierungsrate	Kostensenkung bis 2030	Energiepreisanstieg bis 2030
10-25%	5%	4%	6-25%	1,1% jährlich (entspricht 19% Gesamtanstieg)

Das ESKK Diagramm zeigt die Verteilung der Kostenwirksamkeit für die 16 Gebäudekategorien. Ohne Zusatznutzen (vollfarbige Blöcke) ist nur die Hälfte der Gebäudekategorien kostenwirksam, bezieht man den Zusatznutzen aber mit ein, steigt die Anzahl auf 12. Die zwei am wenigsten kostenwirksamen Gebäudekategorien sind Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser, die seit 1995 errichtet wurden. Da diese Gebäude bereits relativ energieeffizient sind und im Zeitraum bis 2030 keine erheblichen Instandhaltungsarbeiten benötigen sollten, ist es nicht überraschend, dass diese keine kostenwirksame Sanierungsmöglichkeit bieten.



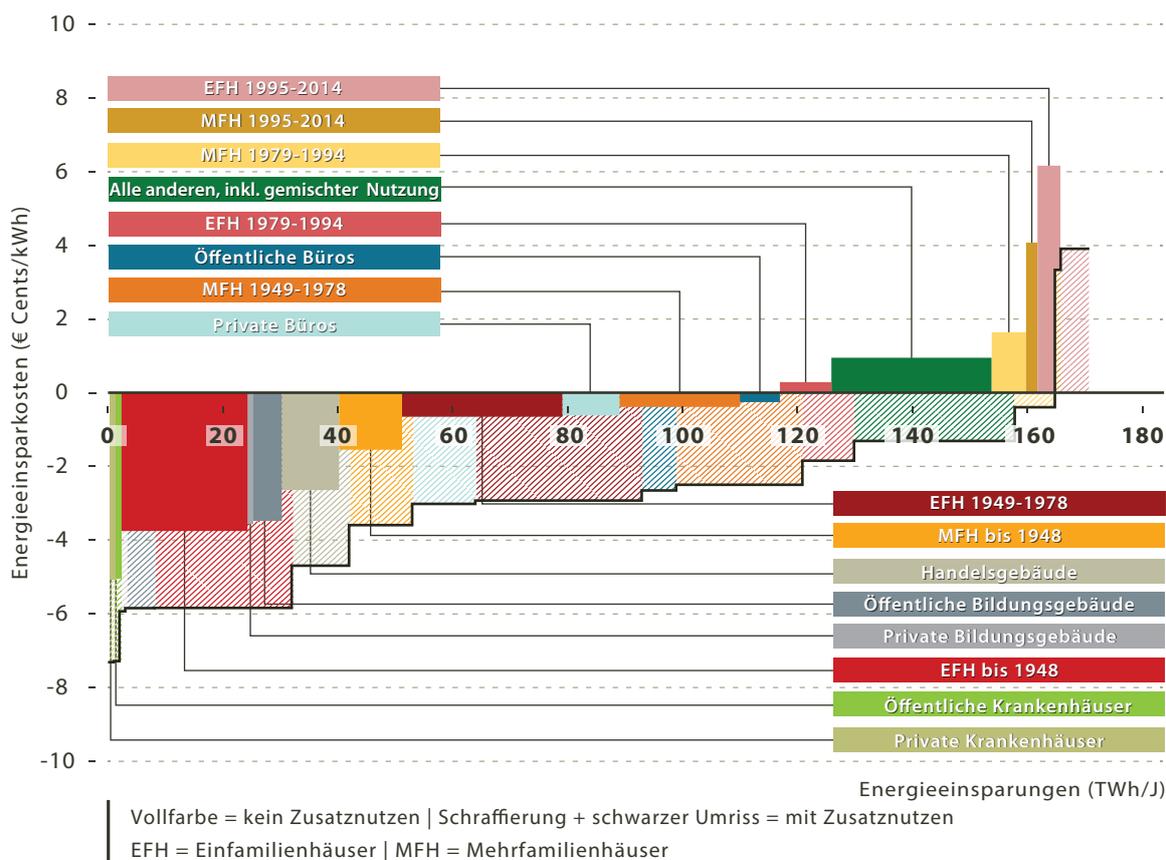
Die Einbeziehung des Zusatznutzens (schraffierte Blöcke) ergibt eine deutliche Verschiebung in Richtung einer höheren Kostenwirksamkeit (Verschiebung der Balken nach unten) und in Richtung höherer Energieeinsparungen (Verschiebung nach rechts) – von 150 TWh/Jahr zu 160 TWh/Jahr. Wie aus untenstehender Tabelle ersichtlich, gehen die finanziellen Nettoeinsparungen in den positiven Bereich über, wenn der Komfort-Zusatznutzen einbezogen wird. Die Gesamtinvestition beträgt €353 Mrd., €65 Mrd. (18%) davon staatlich gefördert.

	Ohne Zusatznutzen	Mit Zusatznutzen
Energieeinsparungen (TWh/Jahr)	150	160
Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)	-0.8	2.8
Gesamtinvestitionen (Mrd. Euro)	304	353
...davon Fördermittel (Mrd. Euro)	50	65

## Hohe Förderung

In diesem Szenario gelten dieselben Parameter wie bei Business As Usual, außer was die öffentliche Förderung angeht. Das ergibt eine beträchtliche Verbesserung der Kostenwirksamkeit, mit 11 von 16 Gebäudekategorien unterhalb der x-Achse und einer Erhöhung der Energieeinsparungen auf 167 TWh/Jahr.

Förderung	Transaktionskosten	Diskontierungsrate	Kostensenkung bis 2030	Energiepreisanstieg bis 2030
20-40%	5%	4%	6-25%	1,1% jährlich (entspricht 50% Gesamtanstieg)



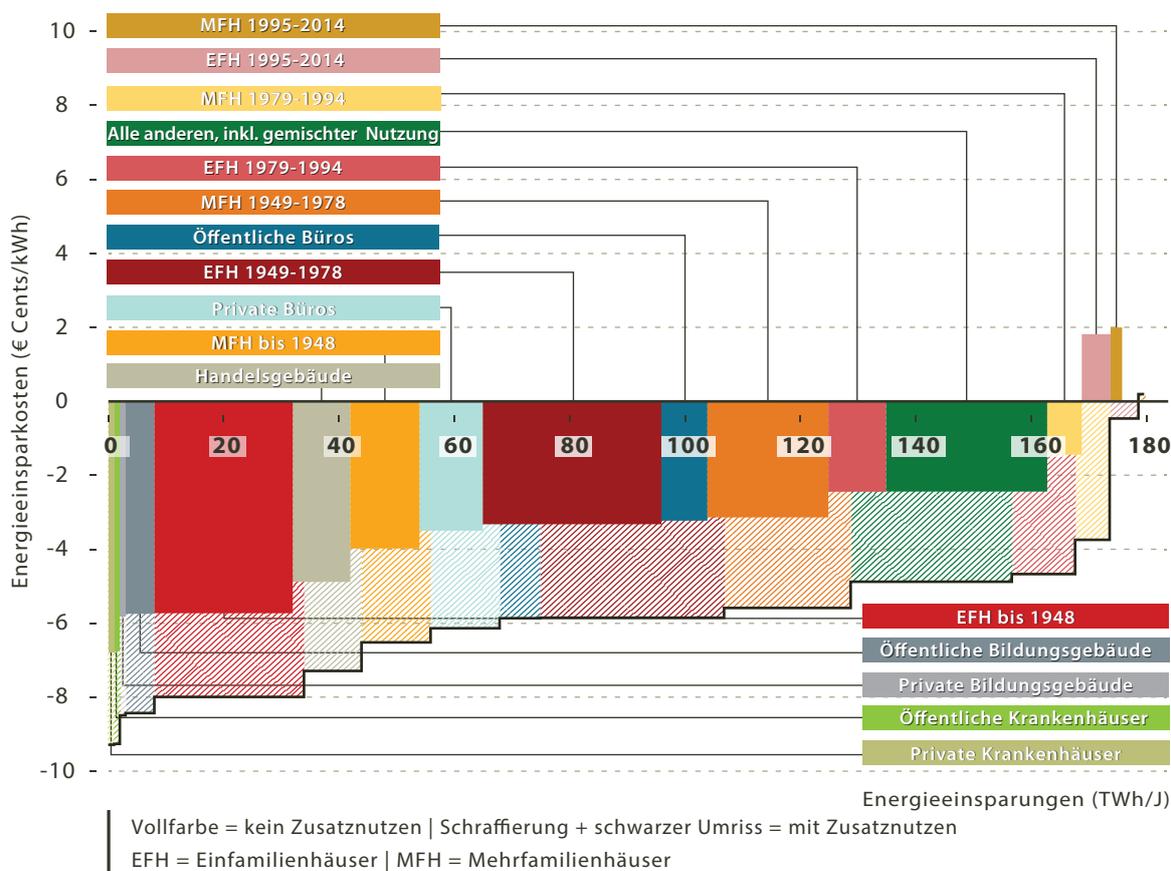
Die Einbeziehung des Zusatznutzens zeigt bedeutende Auswirkungen: Alle Wohngebäude, mit Ausnahme der neuesten, werden kostenwirksam, während auch die Gesamtenergieeinsparung von 167 TWh/Jahr auf 171 TWh/Jahr ansteigt. Die Auswirkung auf die finanzielle Nettoersparnis ist jedoch weitaus größer, mit einer mehr als vierfachen Erhöhung von €1,2 Mrd. auf €5 Mrd. Wie erwartet steigt der Gesamtbetrag der Förderung deutlich im Vergleich zum Business-As-Usual-Szenario und macht 26% der Gesamtinvestitionen aus.

	Ohne Zusatznutzen	Mit Zusatznutzen
Energieeinsparungen (TWh/Jahr)	167	171
Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)	1,2	5,0
Gesamtinvestitionen (Mrd. Euro)	405	445
...davon Fördermittel (Mrd. Euro)	106	117

## Best Case

Das Best Case-Szenario kombiniert hohe Förderung, hohe Energiepreise und das Paket der weichen Maßnahmen (niedrigere Transaktionskosten, niedrige Diskontierungsrate und hohe Lernkurve), um die besten wirtschaftlichen Bedingungen für Gebäudesanierungen zu schaffen. Die verwendeten Parameter sind in untenstehender Tabelle zusammengefasst.

Förderung	Transaktionskosten	Diskontierungsrate	Kostensenkung bis 2030	Energiepreisanstieg bis 2030
20-40%	2,5%	2%	9-38%	2,6% jährlich (entspricht 50% Gesamtanstieg)



Mit Ausnahme der zwei neuesten Wohngebäude-Kategorien sind alle kostenwirksam, sogar ohne die Einbeziehung des Komfort-Zusatznutzens.

Wie erwartet führt diese Kombination an Annahmen zum höchsten Niveau an Investitionen, Förderung, Energieeinsparung sowie finanziellen Einsparungen aller Szenarien.

	Ohne Zusatznutzen	Mit Zusatznutzen
Energieeinsparungen (TWh/Jahr)	176	181
Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)	6,1	10,7
Gesamtinvestitionen (Mrd. Euro)	448	489
...davon Fördermittel (Mrd. Euro)	120	132

## Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass umfassende Gebäudesanierungen, welche Gebäudehülle und Heizungsanlage umfassen, unter den heutigen wirtschaftlichen Bedingungen (im Business-As-Usual-Szenario definiert) für acht der 16 Gebäudekategorien kostenwirksam sind und sich daraus Energieeinsparungen in Höhe von 60 TWh/Jahr ergeben. Die Einsparungen könnten jedoch, unter den vorteilhaftesten Szenario-Annahmen und bei Einbeziehung des Wertes für erhöhten Komfort in die wirtschaftliche Bewertung, bis 2030 um ein Dreifaches auf 180 TWh/Jahr (16% des aktuellen Energieverbrauchs im Gebäudebestand) erhöht werden.

Ein wesentlicher Teil des Entscheidungsprozesses für politische Entscheidungsträger ist zu verstehen, welche wirtschaftlichen Hebel für potenzielle Investoren die größten Auswirkungen auf kostenwirksame Gebäudesanierungen haben. Durch die Veränderung eines oder mehrerer wirtschaftlicher Parameter können die Auswirkungen in Bezug auf kostenwirksame Gebäudesanierungen leicht identifiziert werden – ein grundlegendes Werkzeug, um die Formulierung der optimalen Zusammenstellung politischer Maßnahmen für den Gebäudebestand zu unterstützen.

Ohne die richtigen politischen Signale besteht die Gefahr, dass suboptimale, oberflächliche Sanierungen weiterhin den Markt dominieren und dadurch die Erreichung des vollen Energieeinsparpotentials verhindert wird. Das führt zu einem Verlust an wirtschaftlichen Vorteilen für Gebäudeeigentümer und die gesamte deutsche Wirtschaft.

## Empfehlungen

Die Analyse in diesem Bericht zeigt, dass zusätzliche politische Maßnahmen nötig sind, um das volle Energieeinsparpotential im deutschen Gebäudebestand zu heben. Sind die richtigen Marktbedingungen gegeben, kann das kostenwirksame Sanierungspotential mehr als verdoppelt werden. Um dies zu erreichen, haben wir die folgenden Empfehlungen erarbeitet.

### Ein angemessenes strategisches Umfeld schaffen

- Die Gesellschaft profitiert davon, wenn einzelne Gebäudeeigentümer und Investoren Gebäudesanierungsarbeiten durchführen. Es entstehen Arbeitsplätze, die Luftqualität wird verbessert, Gebäude werden gesünder und deren Nutzer produktiver, während die Energiesicherheit gesteigert wird und THG-Emissionen verringert werden. Aus diesen Gründen sollte sich der Fokus der nationalen Politik darauf verlagern, die im Gebäudebestand erreichten Energieeinsparungen durch die Förderung umfassender, tiefgehender Sanierungen zu maximieren. Suboptimale Dämmung oder der Einbau wenig effizienter Gebäudekomponenten und -anlagen begrenzen das Energieeinsparpotential für die absehbare Zukunft erheblich (sogenannter „Lock-in Effekt“) und sind oft teurer, wenn man die Lebensdauer der Maßnahmen berücksichtigt.
- Es sollte ein angemessener politischer Rahmen geschaffen werden, der eine tiefgehende Sanierung des deutschen Gebäudebestands bewirken kann. Dieser sollte die gesamte Bandbreite an Faktoren adressieren, welche zurzeit die Umsetzung einschränken. Im Rahmen der Entwicklung einer nationalen Gebäudesanierungsstrategie sollte daher eine umfassende, ganzheitliche Analyse darüber vorgenommen werden, wie dieser Markt stimuliert werden kann.
- Das Vertrauen der Investoren würde durch die Setzung klarer kurz- und mittelfristiger politischer Ziele innerhalb eines langfristigen Rahmens gestärkt werden, der maximale Investitionssicherheit für Entscheidungen auf dem Immobilienmarkt und dem Markt für energetische Gebäudesanierung garantiert, um das Investitionsrisiko und somit auch die Diskontierungsrate zu senken.

### Die richtigen wirtschaftlichen Signale geben

- Eine der vielen wesentlichen Hürden für einen florierenden Markt ist das Fehlen von ausreichend starken wirtschaftlichen Signalen und entsprechend angepassten finanziellen Instrumenten. Eine Politik, welche tiefgehende Renovierungen fördert, könnte z.B. Einspeisetarife für gesparte Energie

beinhalten, abhängig von der Erreichung einer ehrgeizigen Sanierungstiefe. Zusätzliche Anreize für tiefgehende Renovierungen könnten für Immobiliengeschäfte vorgesehen werden, wobei die dafür anfallende Steuer gesenkt werden könnte, wenn der zukünftige Eigentümer in die Sanierung der Immobilie investiert.

- Energiepreissignale spielen eine wichtige Rolle, wenn es darum geht Investoren dazu zu bewegen, ihre Energiekosten zu reduzieren. Die Beseitigung von Subventionen für fossile Brennstoffe quer durch das Energieversorgungssystem und die vollständige Internalisierung der externen Kosten des Energieverbrauchs (z.B. Kohlenstoffbepreisung) würden stärkere Anreize für Gebäudeeigentümer schaffen, um in Energieeinsparmaßnahmen zu investieren. Durchgehend die Kosten reflektierende Energiepreise, mit angemessenen Ausgleichsmaßnahmen für jene, die sich in wirtschaftlichen Schwierigkeiten befinden, sind außerdem aus gesellschaftlicher Sicht stärker vertretbar und vernünftig. Es besteht gewisser Spielraum, um die Besteuerung der in Gebäuden genutzten Energieträger zu erhöhen. Beispielsweise liegt der Steuersatz von sechs Cent/Liter für Heizöl in Deutschland wesentlich unter dem EU-Durchschnitt von 18 Cent/Liter.

### **Finanzielle Unterstützung konzentrieren, wo sie am meisten gebraucht wird**

- Das bestehende Fördersystem der KfW könnte weiter entwickelt werden, um die Sanierung bestimmter Gebäudearten anzuregen, die ein hohes Energieeinsparpotential aufweisen, aber aufgrund einer begrenzten Investitionsrendite nicht renoviert werden. Eine stärkere Untergliederung der Förderprogramme sollte in Erwägung gezogen werden, um das Interesse für bestimmte Gebäudearten und Eigentümerprofile zu steigern. Es könnte zum Beispiel umfangreichere Förderung für jene Gebäudekategorien angeboten werden, für die eine Sanierung knapp nicht kostenwirksam ist. Vermietete Immobilien, für die Mieterhöhungen aus gesellschaftlicher Sicht nicht machbar oder wünschenswert sind, könnten von spezifischen Fördermaßnahmen profitieren. Solche Maßnahmen sollten darauf eingehen, dass für Vermieter die wirtschaftliche Rechtfertigung in die Verbesserung der Energieeffizienz ihrer Immobilien zu investieren dadurch begrenzt wird, dass sie nicht von den sich daraus ergebenden Energiekosteneinsparungen profitieren.
- Eine weitere Möglichkeit, um die unterschiedliche Rentabilität der Investition in verschiedene Gebäudekategorien zu adressieren, könnte ein Investmentfonds sein, der Projekte unterschiedlicher Kapitalrendite bündelt, um das durchschnittliche Investitionsrisiko zu mindern. Das ist im Eigenkapitalmanagement eine übliche Herangehensweise und könnte auf die Finanzierung von Sanierungsprojekten ausgeweitet werden. Eine solche „Investitionsbündelung“ könnte sichere und stabile Renditen für Investoren bieten und Eigentümern gleichzeitig Zugang zum nötigen Kapital.
- Tiefgehende Sanierungen von Gewerbeimmobilien werden oft vielmehr durch das Mietrecht und das Kosten-Nutzen-Dilemma von Vermietern und Mietern begrenzt, als durch die geringe Wirtschaftlichkeit der Investition. Dieses Hindernis könnte auf verschiedene Arten überwunden werden, wie z.B. durch vorgeschriebene Renovierungen innerhalb bestimmter Fristen oder anlässlich bestimmter Ereignisse (z.B. Verkauf, Neuvermietung), um ein bestimmtes Niveau an Energieeffizienz zu erreichen.
- Gebäude mit einer wichtigen gesellschaftlichen Funktion und mit sich daraus ergebenden Vorteilen für die Gesellschaft, wie Schulen und Krankenhäuser, sollten mithilfe von angemessenen Fördermaßnahmen bevorzugt behandelt werden, damit Investitionen in tiefgehende Sanierungen ermöglicht werden. Die neuen KfW-Programme für Nichtwohngebäude und die entsprechenden Teilbereiche der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) stellen bereits Schritte in diese Richtung dar. Eine Verstärkung dieser Ansätze sollte sicherstellen, dass der Schwerpunkt auf tiefgehenden Sanierungen liegt.
- Ein Programm für die Entwicklung von präzisen Modellen und Finanzinstrumenten, um die Wirksamkeit der Subventionsverteilung zu erhöhen, sollte von der Politik unterstützt werden. Das Ergebnis eines derartigen Forschungsprogramms wäre ein noch intelligenterer, optimierter und automatisierter Prozess zur Inanspruchnahme öffentlicher Fördermittel und zur Erhöhung der Effizienz der eingesetzten Mittel, um Sanierungsziele zu erreichen und Renovierungen anzuregen.

## Eine unterstützende Infrastruktur schaffen

- Gebäudeeigentümer und Investoren brauchen angemessene Informationen, Unterstützung und Anreize, um sich für tiefgehende Sanierungen zu entscheiden, besonders wenn andere Instandhaltungsarbeiten für die Immobilie durchgeführt werden, weil die zusätzlichen Kosten, um die Energieeffizienz des Gebäudes zu steigern, zu diesem Zeitpunkt auf ein Minimum gesenkt werden können. Diese Art der Unterstützung könnte von wirtschaftlich unabhängigen Informationszentren oder One-Stop-Shops angeboten werden, welche den Eigentümer/Investor durch den gesamten Prozess begleiten, Transaktionskosten senken und ihm dabei helfen, die richtigen Entscheidungen zu treffen. In bestimmten Teilen Deutschlands spielen lokale oder regionale Energieagenturen bereits teilweise diese Rolle und sollten in ihren Bemühungen weiter unterstützt und gestärkt werden.
- Die Förderung der Einbeziehung von Zusatznutzen, wie erhöhter Komfort und Immobilienwert, in die wirtschaftliche Bewertung kann für Gebäudeeigentümer und Investoren erhebliche Auswirkungen auf die Kostenwirksamkeit tiefgehender Sanierungen haben. Beratungsstellen und One-Stop-Shops könnten kostenlose Software anbieten, welche den Zusatznutzen in die wirtschaftliche Bewertung integrieren. Der dena-Leitfaden „Wirtschaftlichkeit“ könnte modifiziert werden, um Zusatznutzen zu berücksichtigen.
- Politikmaßnahmen könnten tiefgehende Sanierungen von Stadtquartieren mit identischen Gebäudetypen zunehmend fördern. Speziell auf bestimmte Gebäudearten abgestimmte Sanierungspakete, die (teilweise) vorgefertigt sein könnten, wären kostenwirksamer, wenn sie in großer Zahl eingesetzt werden würden. Die Vorfertigung könnte die Zeit der Störung durch Sanierungsarbeiten für Gebäudenutzer reduzieren.
- Bemühungen zur Verbesserung der Fertigkeiten der Arbeitskräfte durch Qualifizierungs- und Berufsbildungsprogramme sollten weitergeführt und ausgebaut werden.
- Das bereits bemerkenswerte Niveau an Unterstützung für Forschung und Entwicklung sollte beibehalten werden, um die Lernkurven und den Kostenreduktionsprozess zu beschleunigen.



# EINLEITUNG

Das Ziel dieses Berichts ist es, die politische Debatte in Deutschland bezüglich der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes zu befördern, mit besonderem Augenmerk auf der wirtschaftlichen Durchführbarkeit verschiedener Sanierungstiefen. Der Bericht wurde vom Buildings Performance Institute Europe in Zusammenarbeit mit Fraunhofer ISI und der Technischen Universität Wien (TU Wien) verfasst. Dabei wurde ein Simulierungsansatz verwendet, der den Fokus auf die Sicht des Investors (oder potenziellen Investors) legt. Die wichtigsten Ergebnisse sind Energiesparkostenkurven (ESKK), welche die wirtschaftliche Attraktivität der Sanierung verschiedener Gebäudekategorien unter einer Bandbreite von ökonomischen Bedingungen veranschaulichen.

Abschnitt 1 steckt den Rahmen der vorherrschenden Klima- und Energiepolitik in Deutschland ab und stellt die Art und Weise, wie diese den vorhandenen Gebäudebestand beeinflusst, in den Mittelpunkt. In Abschnitt 2 folgt darauf eine Beschreibung der in dieser Studie verwendeten Methodik und Abschnitt 3 stellt die Ergebnisse der Szenarioanalyse vor. Abschnitt 4 bietet eine Diskussion der wichtigsten Erkenntnisse, gefolgt von unseren Empfehlungen in Abschnitt 5. Diese sollen die Wahl der Politikmaßnahmen beeinflussen, die dazu beitragen könnten, Deutschlands Gebäudesanierungsstrategie zu einem wirklichen Transformationsprozess zu machen, welcher die Umsetzung der gesamten Bandbreite an makroökonomischen, gesellschaftlichen und ökologischen Vorteilen ermöglicht, die durch Gebäudesanierungen erreicht werden können.

# 1 AUSGANGSSITUATION

Dieser Abschnitt steckt den Rahmen in Bezug auf europäische Gesetzgebung und spezifische Strategien und Maßnahmen hinsichtlich Klimazielen, die in Deutschland gelten, und, konkreter, der Rolle und des Beitrags des Gebäudesektors innerhalb dieser Ziele ab.

## Die Klimapolitik im deutschen Kontext

Um den Klimawandel einzudämmen hat die Europäische Union (EU) ein langfristiges Ziel aufgestellt, um Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) bis 2050 um 80-95% unter den Stand von 1990 zu senken<sup>2</sup>. Zur Unterstützung dieses Ziels hat die EU eine Reihe von Maßnahmen ergriffen, um THG-Emissionen einzuschränken, den Anteil an erneuerbaren Energien in ihrem Energiemix zu erhöhen und die Energieeffizienz in allen Wirtschaftsbereichen, inklusive der privaten Haushalte, bis 2020 zu verbessern – die sogenannten 20-20-20 Ziele<sup>3</sup>. Im Rahmen der laufenden internationalen Klimaverhandlungen hat die EU beschlossen, THG-Emissionen bis 2030 im Vergleich zum Stand von 1990 um 40% zu senken und gleichzeitig 27% an erneuerbaren Energien und verbesserter Energieeffizienz anzustreben.

Gebäude spielen eine wichtige Rolle in der Erfüllung der EU Klimaziele, besonders was Deutschland angeht, die größte Volkswirtschaft in der EU, in der der Gebäudesektor für 40% des Endenergieverbrauchs und 30% der THG-Emissionen verantwortlich ist<sup>4</sup>.

Die Bundesregierung hat, 2010/2011 als Teil der „Energiewende“<sup>5</sup> eingeführt, nationale Ziele zur Verringerung des Energieverbrauchs für Heizung um 20% bis 2020 und des Primärenergieverbrauchs aus nicht erneuerbaren Quellen für Raumwärme und Warmwasser um 80% bis 2050 aufgestellt, jeweils im Vergleich zum Stand von 2008<sup>6</sup>. Zudem strebt sie einen 14-prozentigen Anteil an Heizung und Kühlung aus erneuerbaren Quellen bis 2020<sup>7</sup> an. Energieeffizienz gilt als die zweite Säule der „Energiewende“.

Derzeit ist Deutschland jedoch nicht auf dem richtigen Weg, um sein 2020 Ziel zur Senkung der THG-Emissionen um 40% zu erreichen. Im Bericht an die Europäische Kommission<sup>8</sup> aus dem Jahr 2013 über THG-Emissionsprognosen und nationale Projekte teilte die Bundesregierung eine hochgerechnete CO<sub>2</sub>-Verringerung von 33-35% mit. Um die Lücke von 5-7 Prozentpunkten zu schließen, hat die Bundesregierung im Frühjahr 2014 zwei neue Prozesse in Gang gesetzt.

1. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) hat das Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 (AP 2020) ausgearbeitet, das im Dezember 2014 vom Bundeskabinett angenommen wurde<sup>9</sup>. Teil zwei (von neun) des AP 2020 ist die Strategie „Klimafreundliches Bauen und Wohnen“. Beispiele gezielter Maßnahmen umfassen die Ausweitung der Unterstützung für stadtteilbezogene Ansätze zur energetischen Modernisierung in Städten und für lokale Klimaschutzprojekte<sup>10</sup>. Das AP 2020 soll den ersten Schritt in Richtung eines Klimaschutzplans 2050 darstellen, der 2016 verabschiedet werden soll<sup>11</sup>. Im genannten Prozess stellt die Energieeffizienz von Gebäuden eines der fünf Handlungsfelder dar<sup>12</sup>.

<sup>2</sup> Europäischer Rat, Oktober 2009.

<sup>3</sup> Drei Hauptziele für 2020: Eine 20-prozentig Verringerung der THG-Emissionen innerhalb der EU im Vergleich zum Stand von 1990, die Erhöhung des Energieverbrauchanteils aus erneuerbaren Energien innerhalb der EU auf 20% und eine 20-prozentige Verbesserung der Energieeffizienz innerhalb der EU.

<sup>4</sup> BMWi, „Sanierungsbedarf im Gebäudebestand“, Dezember 2015, <http://www.bmwi.de/DE/Mediathek/publikationen,did=676178.html>

<sup>5</sup> Im September 2010 hat die Bundesregierung entschieden, das Energiesystem des Landes bis 2050 umzustrukturieren, und hat das „Energiekonzept“ verabschiedet. Dies wurde nach dem Fukushima-Unglück im Frühling 2011 und der darauf folgenden Entscheidung, bis 2022 aus der Atomenergie auszusteigen, beschleunigt und weiter entwickelt, ist aber im Wesentlichen heute noch gültig. <http://www.bmwi.de/DE/Mediathek/Publikationen/publikationen-archiv,did=573670.html>

<sup>6</sup> <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiewende-im-Gebaeudebereich/energieeffizienz-strategie-gebäude.html>

<sup>7</sup> § 1 II EEWärmeG – Das Bundesgesetz für Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern aus dem Jahr 2008, am 1. Januar 2009 in Kraft getreten.

<sup>8</sup> <http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/ghgpro/envuucoda/overview>

<sup>9</sup> <http://www.bmub.bund.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/aktionsprogramm-klimaschutz-2020/>

<sup>10</sup> BMUB Hintergrunddokument: „Klimaaktionsprogramm 2020“, 04.12.2014.

<sup>11</sup> <http://www.klimaschutzplan2050.de/>

<sup>12</sup> <http://www.klimaschutzplan2050.de/handlungsfelder/>

2. Die Verantwortung für die Energieeffizienz von Gebäuden teilen sich in der Bundesregierung das BMUB, das für Klimaschutz und Bauwesen verantwortlich ist, und das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Jedoch ist letzteres für die meisten Angelegenheiten bezüglich Energieeffizienz in Gebäuden verantwortlich, inklusive deren Finanzierung. Das BMWi hat den Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE)<sup>13</sup> ausgearbeitet, ebenfalls im Dezember 2014 vom Kabinett verabschiedet. Die Förderung der Energieeffizienz im Gebäudesektor ist eine seiner drei Säulen. Hierfür wurden Ad-hoc-Maßnahmen vorgeschlagen, wie die Überprüfung des CO<sub>2</sub>-Gebäudemodernisierungsprogramms der KfW<sup>14</sup>, welches einen neuen Bereich für Nichtwohngebäude und ein Energielabel für alte Heizungsanlagen umfasst. Allerdings blieb die von Stakeholdern am meisten geforderte Maßnahme, nämlich Steuervergünstigungen für energetische Sanierungen, im Frühjahr 2015 im politischen Prozess (nach dem ersten Scheitern 2011 wieder) stecken. Mehrere Prozesse, z.B. die Ausarbeitung der „Energieeffizienzstrategie Gebäude“ (ESG), wie schon in Artikel 4 der 2012er EU-Energieeffizienzrichtlinie gefordert, wurden als Work-in-progress begonnen, um den NAPE zu implementieren. Diese ESG soll das Strategiepapier für die Energiewende im Gebäudesektor werden und eine 80-prozentige Verringerung der Primärenergie in diesem Sektor bis 2050 durch eine Kombination von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz erreichen. Sie soll im November 2015 vom Bundeskabinett angenommen werden. Der NAPE beinhaltet ferner Initiativen wie die Überprüfung des Marktanzreizprogramms (MAP) für die Förderung des Gebrauchs von erneuerbaren Energien auf dem Markt für Heizung und Kühlung oder die Überprüfung des rechtlichen Rahmens für Energieeinsparungen in Gebäuden<sup>15</sup>.

## Eine lange Geschichte der Gebäudepolitik

Deutschland hat eine weit zurückreichende Vergangenheit, was Regelungen zur Energieeffizienz von Gebäuden angeht, die sogar bis lange vor die Umsetzung der jeweiligen Vorschriften der europäischen Gesetzgebung zurückreicht, z.B.:

- die 2002 Richtlinie über die Energieeffizienz von Gebäuden (EPBD)<sup>16</sup> (Neufassung 2010),
- die 2012 Energieeffizienzrichtlinie (EED)<sup>17</sup> und
- die 2009 Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED)<sup>18</sup>.

Das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) war 1976 ursprünglich eingeführt worden, um Deutschlands Abhängigkeit von importierten Energieträgern zu verringern. Seitdem wurden auf dem EnEG basierende Gesetze erlassen, die energiebezogene Anforderungen für Gebäude vorgaben, eine Entwicklung, die mit der Wärmeschutzverordnung von 1977 begonnen hatte. Heute besteht das Herzstück der deutschen Gebäudeenergieeffizienzpolitik aus der 2014er Version der Energieeinsparverordnung (EnEV), die erstmals 2002 als Zusammenfassung zweier früherer Regelungen in Kraft getreten war. Die EnEV gilt für neue und bestehende Gebäude, sowohl private als auch öffentliche, sowie für Anlagen für Raumwärme und -kühlung, Trinkwassererwärmung und Raumluftqualität (und die Beleuchtung von Nichtwohngebäuden). Die EnEV regelt Folgendes:

- Anforderungen an neue Gebäude,
- Anforderungen an bestehende Gebäude im Falle von Renovierungsarbeiten eines bestimmten Umfangs,
- Anlagentechnik: Standards für neue Wärme-, Kühl- oder Lüftungssysteme und
- Design, Inhalt und Pflichten für den Gebrauch von Energieausweisen.

<sup>13</sup> <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energieeffizienz/nape.html>

<sup>14</sup> KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) ist die deutsche, staatliche Entwicklungsbank, mit Sitz in Frankfurt am Main. <https://www.kfw.de/kfw.de.html>

<sup>15</sup> <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energieeffizienz/nape.html>

<sup>16</sup> <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:DE:PDF>

<sup>17</sup> <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:DE:PDF>

<sup>18</sup> <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=DE>

Verschärfte Anforderungen für neue Gebäude treten Anfang 2016 in Kraft. Bestehende Gebäude sind von diesen Änderungen ausgenommen.

Zusätzlich zu den EnEV-Vorschriften müssen neue Gebäude mit einer Gesamtgrundfläche über 50m<sup>2</sup> dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) entsprechen, welches seit 2009 vorschreibt, dass ein Teil der Energie aus erneuerbaren Energiequellen stammen muss. Gebäudeeigentümer können wählen, welche Art der erneuerbaren Energie sie verwenden möchten, doch der Mindestprozentsatz dafür hängt vom jeweiligen Energieträger ab. Die Bundesländer dürfen auch private Eigentümer von bestehenden Gebäuden dazu verpflichten, einen Teil der Energie aus erneuerbaren Trägern zu beziehen, wobei Baden-Württemberg das einzige Land ist, welches dies seit 2008 eingeführt hat.

## Energieeffizienzinvestitionen in Gebäude

Deutschland verfügt über eines der umfassendsten Programme zur finanziellen Unterstützung in Europa, das von der KfW-Entwicklungsbank verwaltet wird und sowohl in Deutschland als auch im Ausland als Vorbild für finanzielle Förderung der Energieeffizienz von Gebäuden gelobt wird. Finanzielle Unterstützung durch günstige Kredite und Zuschüsse ist sowohl für hocheffiziente neue Gebäude als auch für die Renovierung bestehender Gebäude verfügbar. Die Voraussetzungen für diese Unterstützung übersteigen die Anforderungen der EnEV. Zurzeit wird jede dritte Sanierung sowie die Hälfte aller neu errichteten Gebäude durch die KfW-Programme unterstützt, welche mit der erzielten Energieeffizienz steigende Förderungen zur Verfügung stellen. Neue Finanzierungsinstrumente für Nichtwohngebäude wurden 2015 eingeführt.

Seit 2006 wurden mehr als 3,8 Millionen Wohnungen und über 2.100 Sozial- oder Kommunalbauten mit diesen Mitteln errichtet oder saniert, was die Gesamtinvestitionssumme in die Energieeffizienz von Gebäuden auf €187 Milliarden erhöht hat<sup>19</sup>.

Im Laufe der Jahre haben verschiedene Studien die positiven Auswirkungen dieser Investitionen auf die deutsche Wirtschaft durch Wertschöpfung, die Schaffung von Arbeitsplätzen auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene, Energiekosteneinsparungen und die Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgezeigt. 2011 hat das Forschungszentrum Jülich eine Wirkungsanalyse veröffentlicht, in der der kollektive Wert der KfW-Programme für die deutsche Wirtschaft mit €4-5 pro €1 Programmkosten angesetzt wurde<sup>20</sup>. Unlängst ist eine Studie des Forschungsinstituts Prognos<sup>21</sup> zu dem Schluss gekommen, dass die meisten Förderszenarien, die für die Zukunft evaluiert wurden, für den gesamten deutschen öffentlichen Sektor und für die Verwaltung auf allen Ebenen fast haushaltsneutral sind oder sogar im positiven Bereich liegen. Nichtsdestotrotz wurde das Fördersystem auch schon als nicht zielorientiert genug kritisiert, weil die Förderungen nicht darauf ausgerichtet seien, Lücken in der Kostenwirksamkeit der unterschiedlichen Gebäudekategorien zu adressieren<sup>22</sup>.

---

<sup>19</sup> <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiewende-im-Gebaeudebereich/kfw-programme.html>

<sup>20</sup> Auswirkungen der KfW-Förderprogramme im Bereich energieeffizienter Gebäude und Sanierungen auf den öffentlichen Haushalt (<https://www.kfw.de/migration/Weiterleitung-zur-Startseite/Homepage/KfW-Group/Research/PDF-Files/Energy-efficient-building-and-rehabilitation.pdf>). Die Daten stammen aus drei Programmjahren: 2008-2010.

<sup>21</sup> [https://www.kfw.de/KfW-Konzern/Newsroom/Aktuelles/News/News-Details\\_67904.html](https://www.kfw.de/KfW-Konzern/Newsroom/Aktuelles/News/News-Details_67904.html)

<sup>22</sup> Diskussionschrift „Strategie für eine wirkungsvolle Sanierung des deutschen Gebäudebestandes“, Dr. Martin Pehnt, Peter Mellwig et al. für Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V., 2012: [https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/strategie\\_f\\_\\_r\\_eine\\_wirkungsvolle\\_sanierung\\_des\\_deutschen\\_geb\\_\\_udebestandes\\_endg.pdf](https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/strategie_f__r_eine_wirkungsvolle_sanierung_des_deutschen_geb__udebestandes_endg.pdf) (see chapter 2.5.3).

## Stand der Sanierungsaktivitäten

Trotz des oben genannten rechtlichen Rahmens, der Deutschland zum Ruf eines Vorreiters im Bereich der Energieeffizienz von Gebäuden verholfen hat, ist die durchschnittliche Sanierungsrate in Deutschland nur europäischer Durchschnitt (ca. 1% pro Jahr)<sup>23</sup>. Zudem beinhaltet nur eine von drei Renovierungen in Deutschland die Umsetzung von Energiesparmaßnahmen und die meisten davon erreichen nicht die optimale Sanierungstiefe. Obwohl die Implementierung der Energiewende, auch im Gebäudebereich, durch die deutsche Öffentlichkeit und quer durch das politische Spektrum unterstützt wird<sup>24</sup>, herrscht Uneinigkeit über das Ambitionsniveau, die optimale Sanierungsrate und die Höhe der finanziellen Ressourcen, welche dieser Aufgabe zugute kommen sollen.

Wenn die benötigten Energieeinsparungen und die daraus resultierende Verringerung von THG-Emissionen im Gebäudesektor erreicht werden sollen, ist klar, dass sowohl Sanierungsrate als auch Sanierungstiefe deutlich erhöht werden müssen.

Dieser Bericht beabsichtigt eine unterstützende Analyse der Wirksamkeit einer Anzahl an wirtschaftlichen Instrumenten zur Erhöhung der Attraktivität verschiedener Sanierungstiefen zu liefern, besonders aus der Sicht des Eigentümers oder (potenziellen) Investors. Als solcher zielt der Bericht darauf ab, die Debatte darüber zu befördern, welche Kombination an politischen Maßnahmen am effektivsten sein könnte, um die wirtschaftliche Attraktivität und daher die Rate und das Ausmaß von Sanierungen durch das gesamte Spektrum der Gebäudekategorien zu verbessern.

---

<sup>23</sup> Deutsche Gebäudesanierungsstrategie <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency-directive/buildings-under-eed>

<sup>24</sup> Siehe etwa repräsentative TNS Emnid Studie für die Agentur für Erneuerbare Energien (AEE), am 07.09.2015 veröffentlicht: <http://www.unendlich-viel-energie.de/die-deutsche-bevoelkerung-will-mehr-erneuerbare-energien>.

## 2 METHODIK

Dieser Abschnitt beschreibt die von den Projektpartnern angewendete Methodik, um die Auswirkungen der politischen Maßnahmen, die das Ausmaß der Gebäudesanierungstätigkeit in Deutschland beeinflussen, zu evaluieren. Der Ansatz ist die Entwicklung von Energiesparkkostenkurven für die Renovierung des deutschen Gebäudebestands, welche die Kostenwirksamkeit verschiedener Sanierungstiefen aus der Sicht des potenziellen Investors veranschaulichen, und zu analysieren, wie sich dies durch die Einbeziehung verschiedener wirtschaftlicher Annahmen verändert.

### Ablauf Schritt für Schritt

Um die wirtschaftliche Attraktivität der Sanierung verschiedener Gebäudearten unter einer Reihe von wirtschaftlichen Bedingungen zu evaluieren, wurden die folgenden Schritte unternommen:

1. Evaluierung des aktuellen Gebäudebestands nach Sektoren und unter Einbeziehung von Bestandsänderungen (z.B. Abbrucharbeiten, Umbauten);
2. Definition von drei Sanierungspaketen, die unterschiedliche Grade der Verbesserung der Gebäudeenergieeffizienz bedeuten;
3. Berechnung des gelieferten Energiebedarfs für jedes Sanierungspaket pro Gebäudesegment<sup>25</sup>;
4. Definition einer Reihe von wirtschaftlichen Parametern, welche die Kostenwirksamkeit aus der Sicht des Investors beeinflussen (z.B. Energiepreise, Zinssatz, Förderhöhe). Diese können verändert werden, um unterschiedliche Szenarien zu generieren;
5. Berechnung der Investitionskosten und den sich daraus ergebenden Energiekosteneinsparungen für jede Kombination aus Gebäuden und Sanierungspaket;
6. Davon ausgehend, Ermittlung und Auswahl des kostenwirksamsten Sanierungspakets;
7. Berechnung der Höhe der Energieeinsparungen als Verhältnis zwischen Nettokosten und Gesamtenergieeinsparung. Der resultierende Betrag an Energieeinsparung (als Cent/kWh ausgedrückt) kann positiv sein, dann sind die Sanierungsmaßnahmen nicht kostenwirksam, oder negativ, dann sind letztere kostenwirksam;
8. Grafische Darstellung der Ergebnisse als Energiesparkkostenkurven als schnelle und einfache Art der Veranschaulichung und Vergleichsmöglichkeit der unterschiedlichen Szenarioergebnisse.

Dieses Verfahren wurde durch die Kombination dreier verschiedener Elemente erreicht, welche alle im Folgenden beschrieben werden<sup>26</sup>:

- Daten zum Gebäudebestand und die Kosten der verschiedenen Sanierungsmaßnahmen, von Fraunhofer ISI zur Verfügung gestellt;
- Das Invert/EE-Lab Modell, entwickelt und angewendet von der TU Wien; und
- Der ESKK-Generator, von BPIE entwickelt.

<sup>25</sup> Energieeinsparungen werden als Unterschied im Energiebedarf zwischen dem Sanierungspaket und dem Referenzsystem (d.h. keine thermische Verbesserung der Gebäudehülle und ein Erdgas-Brennwertkessel) berechnet.

<sup>26</sup> Für nähere Informationen über benötigte Investitionen siehe Seite 24. Für eine detaillierte Beschreibung des Invert/EE-Lab Modells siehe Seite 27. Für eine detaillierte Beschreibung der ESKK siehe Seite 35.

Der Simulationszeitraum für diese Studie geht bis 2030. Dieser Zeitraum wurde gewählt, weil er einen Zeitrahmen darstellt – 15 Jahre –, der für eine strategische und finanzielle Planung lang genug ist. Jedoch würde in diesem Zeitraum nicht der gesamte Gebäudebestand renoviert werden, da dies unrealistisch hohe Sanierungsraten erfordern würde, und es würde auch nicht zu den normalen Instandhaltungszyklen von Gebäuden von typischerweise 30 Jahren passen. Unser Modell geht davon aus, dass energetische Renovierungen gleichzeitig mit Instandhaltungsarbeiten durchgeführt werden, um Kosten und Störungen zu verringern. Während ein längerer Zeitrahmen, wie z.B. bis 2050, die allgemeine Kostenwirksamkeit verbesserte<sup>27</sup> und ermöglichte, dass der gesamte Gebäudebestand in den Anwendungsbereich der Analyse fiel, würde dies aber auch die Unsicherheit bezüglich eingesetzter Technologien, Maßnahmenkosten und zukünftiger Energiepreise erhöhen. Außerdem wäre es unrealistisch politische Maßnahmen für einen so langen Zeitrahmen zu konzipieren.

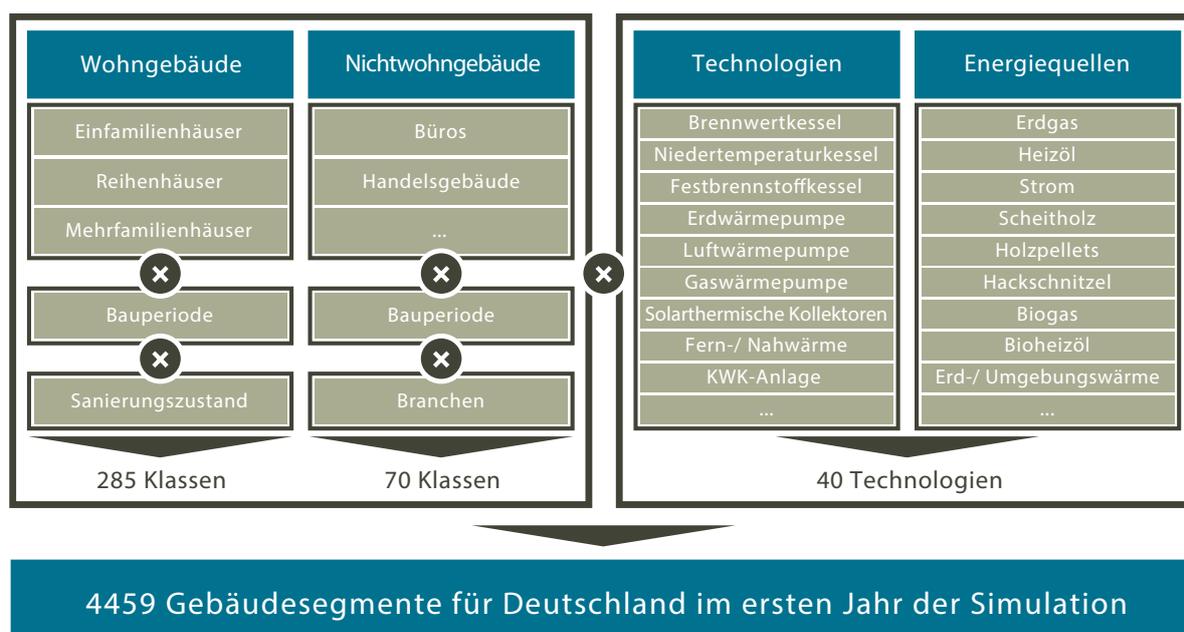
Während die hier dargestellten Sanierungsszenarien im Jahr 2030 enden, werden die sich daraus ergebenden Einsparungen über die gesamte wirtschaftliche Lebensdauer der eingeführten Maßnahmen evaluiert.

## Überblick über den deutschen Gebäudebestand und Gebäudekategorisierung

Den Ausgangspunkt für die Analyse bildet die Kategorisierung des deutschen Gebäudebestands nach verschiedenen repräsentativen Gebäudetypen.

Abbildung 1 stellt die im Modell verwendete Aufschlüsselung des Gebäudebestands dar. Insgesamt werden 4459 Gebäudesegmente nach den technischen Merkmalen der Gebäudestruktur und der installierten Heizungsanlage unterschieden. Diese Ebene der Gebäudekategorisierung ist für die Differenzierung der Energieeffizienz der Gebäudehüllen relevant. Wohngebäude werden in 285 unterschiedlichen Klassen dargestellt, Nichtwohngebäude in 70 Klassen. Die Gebäudeklassen werden nach Gebäudetyp (z.B. Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, Büros usw.) sowie nach Bauperiode und bereits vorgenommenen Sanierungsmaßnahmen unterschieden<sup>28</sup>.

**Abbildung 1: Definition der deutschen Referenzgebäude** (Quelle: Fraunhofer ISI)



<sup>27</sup> Die Kostenwirksamkeit würde durch auf die Lernkurve zurückzuführende große Kostenersparnis und die Annahme gestiegener Energiepreise verbessert werden.

<sup>28</sup> Die resultierende Gebäudetypologie wurde bereits in früheren Studien und wissenschaftlichen Analysen von Fraunhofer ISI und der TU Wien verwendet (Dengler et al. 2011; Kockat und Rohde 2012; Steinbach und Schultmann 2015; Steinbach 2015).

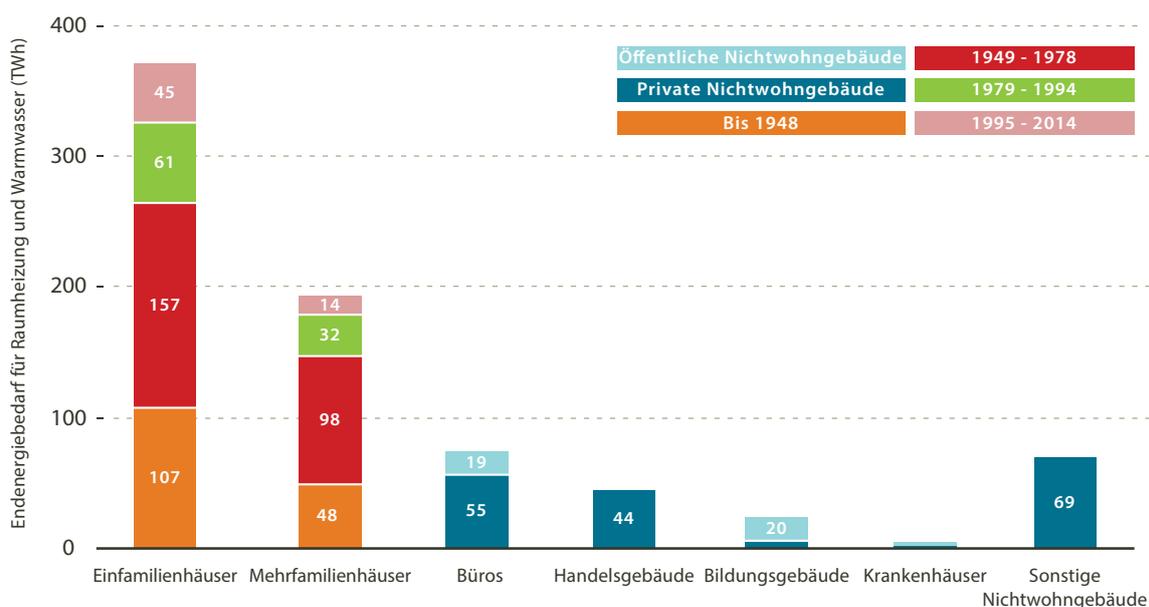
Für die Darstellung der Ergebnisse werden die Gebäude in die in Tabelle 1 beschriebenen Kategorien zusammengefasst.

**Tabelle 1: Gebäudekategorien für die Darstellung der Ergebnisse**

Gebäudeklassen	Bauperiode
Einfamilienhäuser (EFH)	Bis 1948
	1949-1978
	1979-1994
	1995-2014
Mehrfamilienhäuser (MFH):	Bis 1948
	1949-1978
	1979-1994
	1995-2014
Büros – öffentlicher Sektor	Eine Baualtersklasse
Büros – privater Sektor	Eine Baualtersklasse
Krankenhäuser – öffentlicher Sektor	Eine Baualtersklasse
Krankenhäuser – privater Sektor	Eine Baualtersklasse
Bildungsgebäude – öffentlicher Sektor	Eine Baualtersklasse
Bildungsgebäude – privater Sektor	Eine Baualtersklasse
Handelsgebäude	Eine Baualtersklasse
Sonstige Nichtwohngebäude	Eine Baualtersklasse

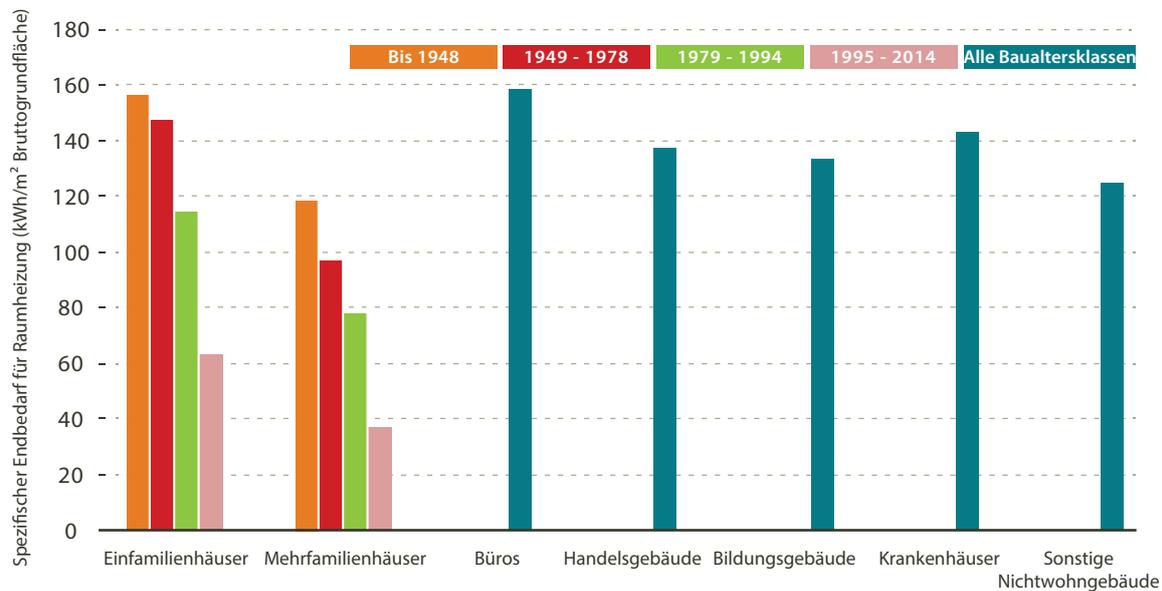
Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen den Wärmeendenergiebedarf für Raumheizung und Warmwasser im Jahr 2014<sup>29</sup>.

**Abbildung 2: Jährlicher Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser, nach den in diesem Projekt verwendeten Gebäudekategorien gruppiert**



<sup>29</sup> Nachdem die Gebäudedaten zum Teil aus dem Jahr 2010 stammen, wurden die Ergebnisse für 2014 mithilfe des Invert/EE-Lab Simulationsmodells abgeleitet und mit der Bilanz des Endenergieverbrauchs kalibriert.

**Abbildung 3: Spezifischer jährlicher Energiebedarf für Raumwärme<sup>30</sup>**



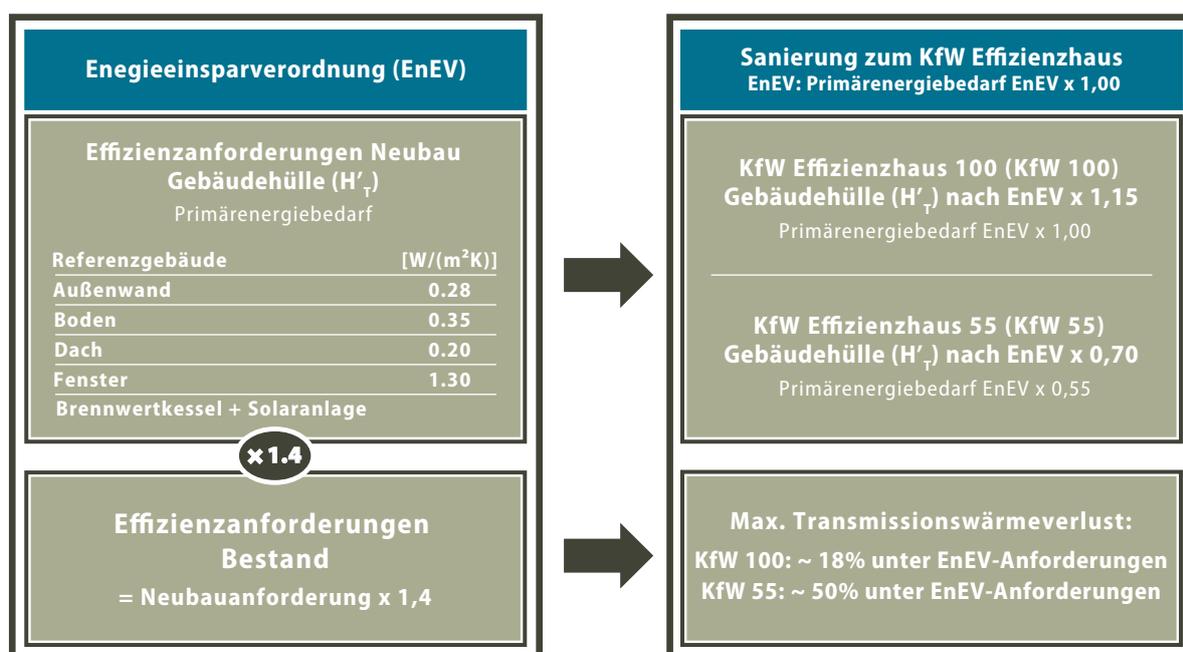
<sup>30</sup> Um den spezifischen Raumwärmebedarf zu vergleichen muss man berücksichtigen, dass der Anteil an beheizter Grundfläche pro Bruttogrundfläche je nach Gebäudekategorie variieren kann.

## Effizienzstandards und Sanierungspakete

Diese Studie analysiert die energetische Sanierung des deutschen Gebäudebestands nach drei unterschiedlichen Effizienzstandards. Die zu erreichenden Standards sind auf die im deutschen Baurecht (Energieeinsparverordnung, EnEV) sowie von den Förderprogrammen der KfW Entwicklungsbank definierten Anforderungen ausgerichtet<sup>31</sup>. Für Maßnahmen, welche die Energieeffizienz der Gebäudehülle adressieren, ist der Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlusts ( $H'_T$ ) relevant, der einen Maßstab für die Gesamtwärmebilanz der Gebäudehülle darstellt.

Der Zielwert für das in dieser Studie ausgewertete **Standard** Sanierungspaket ist durch die Anforderungen der Energieeinsparverordnung an bestehende Gebäude im Falle größerer Renovierungen definiert. Das **moderat anspruchsvolle** Sanierungspaket entspricht den Vorgaben eines KfW Effizienzhaus 100, was die Effizienz der Gebäudehülle angeht, während das **anspruchsvolle** Paket den höchsten Anforderungen, KfW Effizienzhaus 55, gerecht wird. Abbildung 4 veranschaulicht die Beziehung zwischen den für diese Analyse ausschlaggebenden Effizienzstandards.

**Abbildung 4: Von der Energieeinsparverordnung und den KfW Effizienzhäusern im Rahmen der KfW Förderprogramme definierte, maßgebliche Effizienzstandards** (Quelle: Fraunhofer ISI)



Für eine bessere Lesbarkeit haben wir die folgenden Abkürzungen für die drei Sanierungstiefen eingeführt:

- Standard Sanierungspaket = R1
- Moderat anspruchsvolles Sanierungspaket = R2
- Anspruchsvolles Sanierungspaket = R3

Die Zusammensetzung der Sanierungspakete zur Erreichung der jeweiligen Energieeffizienzstandards wird für jedes Referenzgebäude in Abhängigkeit von der ursprünglichen Energieeffizienz festgelegt. Um die vorgegebenen Energieeffizienzstandards zu erreichen, gibt es eine bestimmte Freiheit in der Wahl der zu sanierenden Gebäudekomponenten sowie im angewendeten Grad der Dämmstärke und der

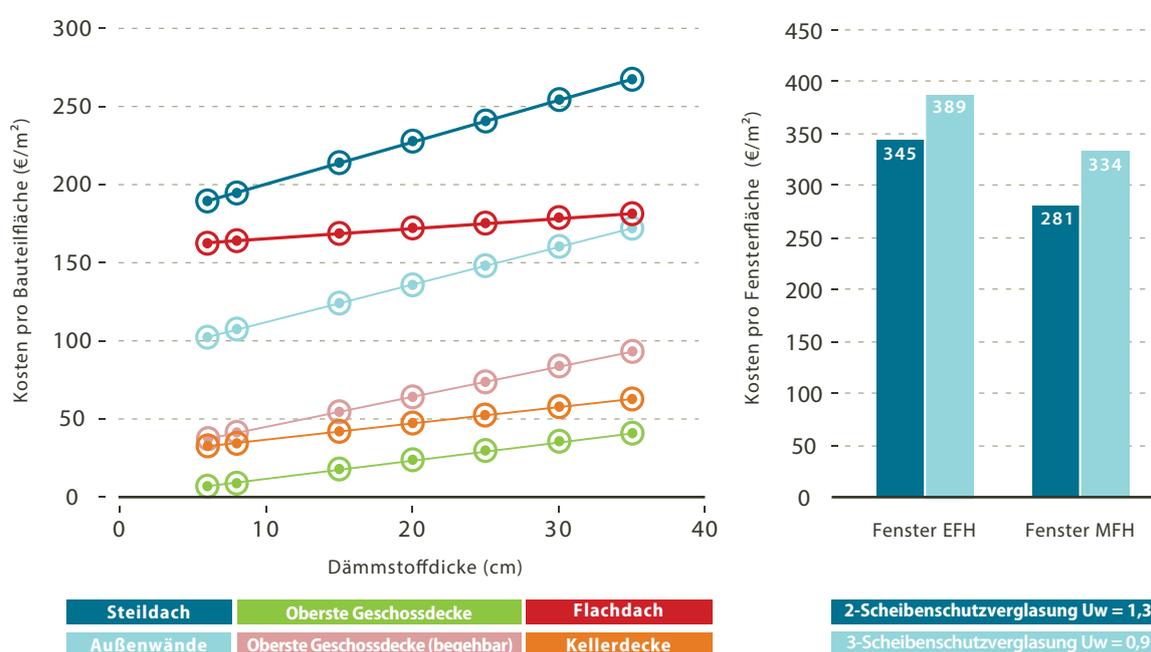
<sup>31</sup> Das KfW-Programm *Energieeffizient sanieren* stellt für die Sanierung nach den Vorgaben der sogenannten KfW Effizienzhäuser Zuschüsse oder zinsgünstige Kredite mit Tilgungszuschuss zur Verfügung. Die finanzielle Unterstützung hängt von der erreichten Energieeffizienz ab.

Fensterqualität. Daher wird ein Optimierungsmodell verwendet, um die spezifischen Sanierungspakete für jedes Referenzgebäude festzulegen und dabei die benötigten Investitionen zu minimieren<sup>32</sup>.

## Benötigte Investitionen pro Sanierungspaket

Abbildung 5 zeigt die möglichen Energieeffizienzmaßnahmen für die Gebäudehülle auf. Die Investitionen werden pro Fläche jedes Gebäudebauteils in Bezug auf die Dicke des Dämmstoffs<sup>33</sup> bzw. auf den U-Wert für den Fensteraustausch dargestellt.

**Abbildung 5: Spezifische Investitionen in eine Reihe von Energieeffizienzmaßnahmen für die Gebäudehülle, basierend auf dem Durchschnitt verschiedener, je nach Anwendung verfügbarer, Wärmedämmprodukte** (Quelle: Fraunhofer ISI, ausgehend von Hinz (2011))



Die dargestellten Werte verdeutlichen die Investitionen im Sinne einer Vollkostenrechnung für die energetische Sanierung, inklusive der Kosten für Material, Transport und Arbeit. Die Daten basieren auf der Evaluierung von tatsächlich umgesetzten Projekten, während verschiedene Dämmstoffe in einen gleichwertigen Dämmstärke-Wert mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(m\*K) (Hinz 2011) umgerechnet worden sind.

Die Kostenwirksamkeit der energetischen Sanierung hängt stark davon ab, ob die Investition die gleichzeitige Umsetzung von energetischen Sanierungsmaßnahmen und Instandhaltungsarbeiten, wie den notwendigen Austausch einer Gebäudekomponente (z.B. Dachreparatur<sup>34</sup>), vorsieht oder nicht. Werden solche Arbeiten gleichzeitig durchgeführt, dann werden in der Betrachtung der Kostenwirksamkeit einer Gebäudesanierung nur die zusätzlichen Effizienzmaßnahmen berücksichtigt. Abbildung 6 zeigt den Anteil der Investition für Instandhaltungsarbeiten an den Gesamtinvestitionskosten für eine energetische Sanierung<sup>35</sup>.

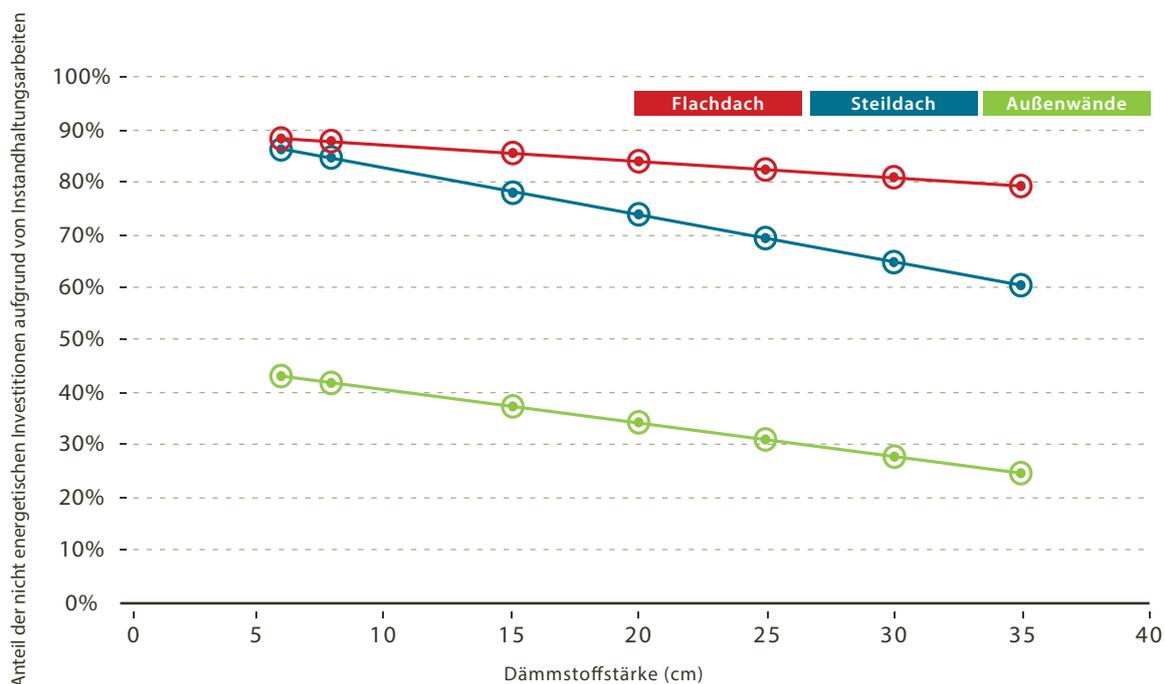
<sup>32</sup> Für eine Beschreibung des Berechnungsmodells siehe Steinbach und Schultmann 2015.

<sup>33</sup> Die hier dargestellten Dämmstärken beziehen sich nicht auf eine bestimmte Art der Dämmung, sondern beruhen auf dem Durchschnitt einer Reihe von auf dem Markt erhältlichen Produkten.

<sup>34</sup> Für eine detaillierte Beschreibung der üblichen Sanierungsmaßnahmen, die auf jeden Fall ausgeführt werden würden (unabhängig davon, ob es sich um eine energetische oder eine normale Renovierung handelt), siehe bitte Hinz (2011).

<sup>35</sup> Die Dämmung des Dachbodens (oberste Geschossdecke), der Kellerdecke und der Austausch von Fenstern werden ausdrücklich als energetische Sanierungsmaßnahmen betrachtet (siehe Hinz 2011).

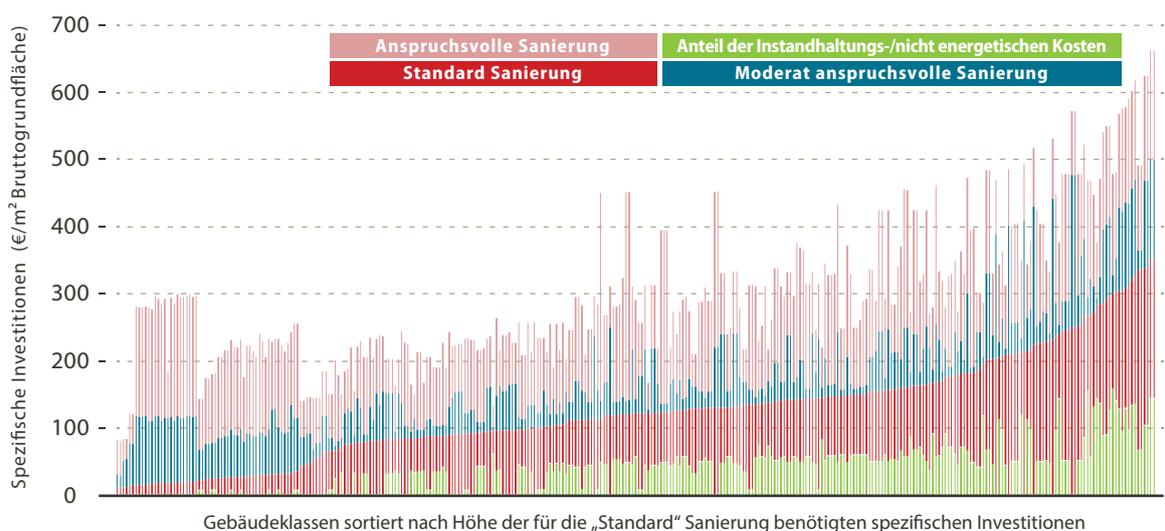
**Abbildung 6: Anteil der notwendigen Instandhaltungsinvestitionen an den Gesamtinvestitionen für energetische Sanierung der Außenwände und des Dachs** (Quelle: Fraunhofer ISI, ausgehend von Hinz (2011))



Die sich daraus ergebenden spezifischen Investitionskosten für die Sanierungspakete, die benötigt werden, um die drei in dieser Analyse berücksichtigten Effizienzstandards zu erreichen, sind in Abbildung 7 für die Referenzgebäude aus dem Modell<sup>36</sup> abgebildet. Nicht energiebezogene Investitionen machen, nach Grundfläche gewichtet, 32 % der Gesamtinvestitionen für das Standard Sanierungspaket aus.

Ein Vergleich der Sanierungspakete zeigt, dass die für die anspruchsvolle Sanierungsoption benötigten zusätzlichen Investitionen stark variieren (wie in der Abbildung unten dargestellt).

**Abbildung 7: Erforderliche spezifische Investitionen pro Sanierungspaket, um die jeweiligen Effizienzstandards zu erreichen** (Quelle: Fraunhofer ISI)



<sup>36</sup> Siehe Steinbach and Schultmann (2015).

Die flächengewichteten durchschnittlichen Investitionen der Sanierungspakete pro m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Gesamtinvestitionskosten, inklusive der Instandhaltungsmaßnahmen, für das moderat anspruchsvolle Paket betragen durchschnittlich 30% mehr als die Kosten des Standardpakets. Für das anspruchsvolle Sanierungspaket sind die Investitionskosten, im Vergleich zum Standardpaket, im Durchschnitt mehr als doppelt so hoch. Wie Abbildung 7 jedoch zeigt, variieren die Kosten stark je nach Gebäudeklasse. In einigen Fällen liegen die Kosten, um das anspruchsvolle Sanierungspaket umzusetzen, weit unter dem Durchschnitt.

Es ist zu beachten, dass die unten gezeigten Werte nur Investitionen für Maßnahmen umfassen, welche die Gebäudehülle betreffen, exklusive des Wärmeversorgungssystems.

**Tabelle 2: Durchschnittliche Investitionen, die für die unterschiedlichen Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle pro Quadratmeter Bruttogrundfläche (BGF) benötigt werden** (Quelle: Fraunhofer ISI)

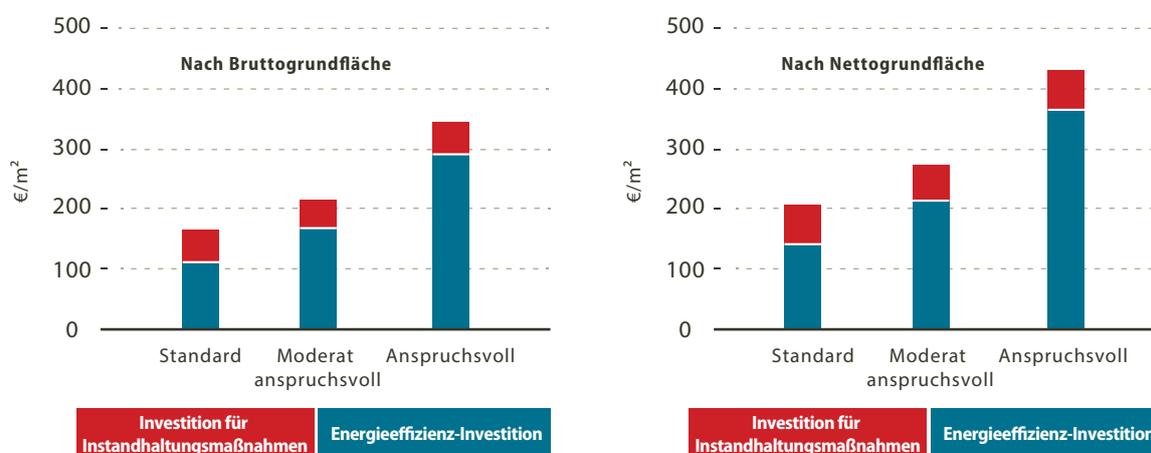
Sanierungstiefe	Standard EUR/ m <sup>2</sup>	Moderat anspruchsvoll EUR/ m <sup>2</sup>	Anspruchsvoll EUR/ m <sup>2</sup>
Gesamtinvestitionen, inklusive notwendiger Instandhaltungsmaßnahmen	165	217	343
...davon Investitionen in Energieeffizienz	113	169	291

Zum Zweck eines besseren Vergleichs mit anderen Studien und in der Praxis verwendeten Referenzwerten werden in Tabelle 3 spezifische Investitionen auch in Bezug zur spezifischen Nettogrundfläche vorgestellt. Beide Datensätze werden in Abbildung 8 auch graphisch dargestellt.

**Tabelle 3: Durchschnittliche Investitionen, die für die unterschiedlichen Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle pro Quadratmeter Nettogrundfläche benötigt werden** (Quelle: Fraunhofer ISI)

Sanierungstiefe	Standard EUR/ m <sup>2</sup>	Moderat anspruchsvoll EUR/ m <sup>2</sup>	Anspruchsvoll EUR/ m <sup>2</sup>
Gesamtinvestitionen, inklusive notwendiger Instandhaltungsmaßnahmen	208	273	432
...davon Investitionen in Energieeffizienz	142	213	366

**Abbildung 8: Pro Sanierungspaket benötigte Investitionen (Brutto- und Nettogrundfläche)**



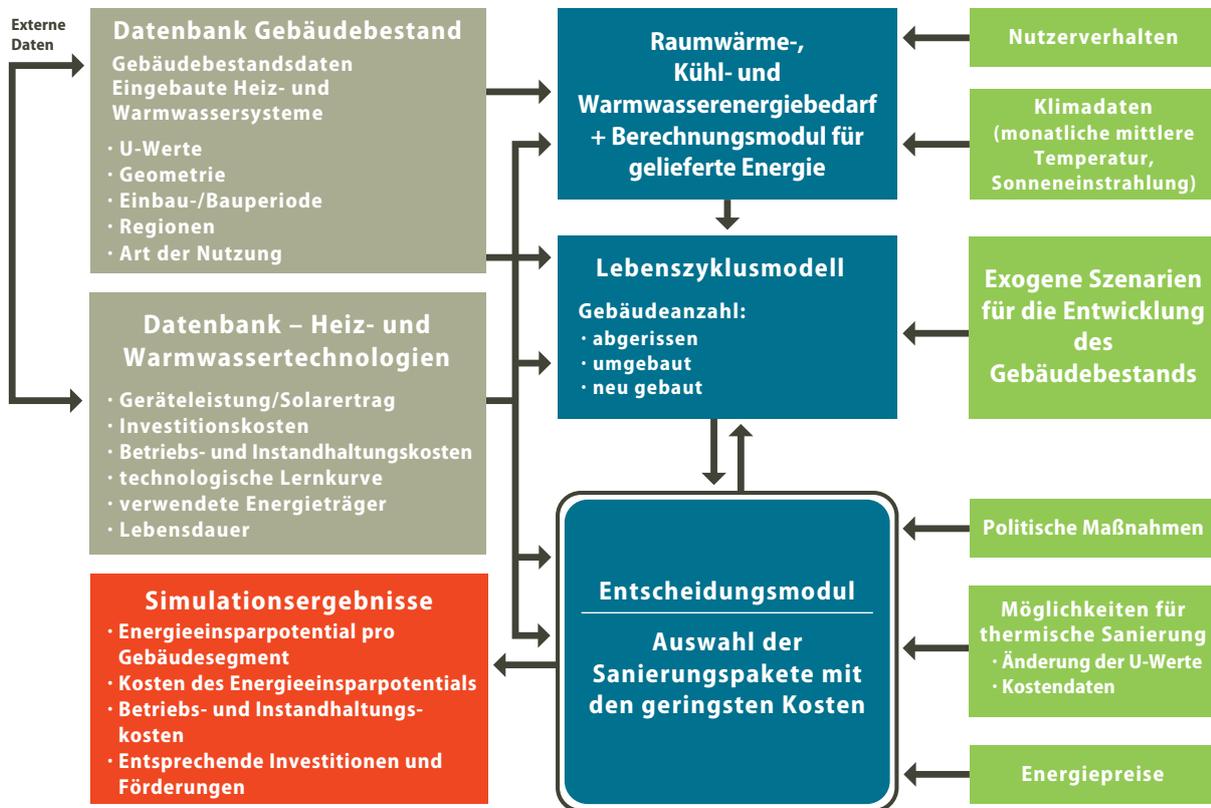
## Invert/EE-Lab Modell

Alle Daten zu Gebäudebestand, Energieverbrauch, Renovierungsoptionen und Kosten werden in das von der TU Wien entwickelte und angewendete Invert/EE-Lab Modell eingespeist. Dieses ist ein dynamisches Bottom-Up Modell mit kostenbasiertem Ansatz, dessen Kernstück einerseits ein Modul beinhaltet, das Energiebedarf und Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser von Gebäuden berechnet, und andererseits ein Modul, das Investitionsentscheidungen rund um die Heizung antizipiert. Diese Module sind mit einer Datenbank verbunden, welche Informationen über relevante Daten, wie Gebäudebestand und Wärmeversorgungstechnik sowie externe Faktoren wie Energiepreise, Klimadaten, Nutzerverhalten, usw. liefert<sup>37</sup>.

Das Invert/EE-Lab Modell wird typischerweise benutzt, um Szenarien für den Energiebedarf von Gebäuden und damit verbundene Auswirkungen auf die Politik abzuleiten. In diesem Projekt haben wir das Modell angepasst, um die für die Darstellung von Energiesparkostenkurven notwendigen Ergebnisse zu produzieren. Abbildung 9 zeigt die Struktur des Modells.

<sup>37</sup> Für weitere Informationen über das Modell siehe bitte: „Energy Demand Assessment for Space Conditioning and Domestic Hot Water: A Case Study for the Austrian Building Stock“, Müller 2015 (PhD-Thesis, Technische Universität Wien).

**Abbildung 9: Struktur des Invert/EE-Lab Modells wie es in dieser Studie angewendet wurde, um Energiesparkostenkurven abzuleiten** (Quellen: Müller (2014), Kranzl et al (2014))



## Energiesparkostenkurven

Der letzte Verfahrensschritt bedient sich der Ergebnisse unterschiedlicher Szenariodurchläufe des Modells für einzelne Gebäudesegmente und aggregiert diese auf der Ebene der in Tabelle 1 beschriebenen Gebäudekategorien. Die Ergebnisse werden sowohl in Form von Diagrammen als auch von Tabellen dargestellt.

Energiesparkostenkurven wurden als das geeignetste Instrument für die Quantifizierung, Evaluierung und Darstellung der Ergebnisse dieser Studie entwickelt. Diese sind in vielen Fällen analog zu Grenzvermeidungskostenkurven, welche die Vermeidungskosten verschiedener Technologien zur Verringerung von THG-Emissionen aus gesellschaftlicher Sicht vergleichen. Bei Energiesparkostenkurven steht hingegen die Kostenwirksamkeit unterschiedlicher Maßnahmenpakete aus der Sicht des Investors unter einer Reihe gegebener ökonomischer Bedingungen im Mittelpunkt. Als solche eignen sich letztere besser, um die wirtschaftliche Motivation jener Akteure zu verstehen, welche durch politische Maßnahmen angesprochen werden sollen, um ihre Neigung zur Sanierung von Gebäuden zu erhöhen.

Zusätzlich zur graphischen Darstellung, welche eine schnelle Visualisierung der Szenarioergebnisse ermöglicht, liefert der ESKK-Generator Ergebnisse in tabellarischer Form, aggregiert und nach Gebäudekategorien, der folgenden Parameter:

- Gewichtete Durchschnittskosten von Sanierungen;
- Gewichteter, durchschnittlicher Anteil tiefgehender Sanierungen;
- Energieeinsparungen;
- Kostenersparnisse;
- Erforderliche Gesamtinvestitionen (oder erforderlicher Kapitaleinsatz – CAPEX);
- Gesamtwert der öffentlichen Fördermittel.

## Wirtschaftliche Variablen

Eine Reihe wirtschaftlicher Faktoren, die für Investoren relevant sind, wurden identifiziert und bei der Entwicklung verschiedener Szenarien als Variablen verwendet. Diese sind in Tabelle 4 beschrieben und zusammengefasst.

**Tabelle 4: Wirtschaftliche Variablen, die in der Modellierung der Szenarien verwendet wurden**

Variable	Erklärung	Im Modell angewendete Bandbreite
<b>Energiepreisentwicklung</b>	Zunahme des Energiehandelspreises von 2015 bis 2030	1,1%-2,6% jährlich (entspricht 19-50% Gesamtanstieg bis 2030)
<b>Förderhöhe</b>	Zuschüsse, implizierter Darlehenswert oder andere externe finanzielle Unterstützung in % der Gesamtkapitalinvestition	0-40%. Variiert je nach Technologie und Sanierungspaket
<b>Transaktionskosten</b>	Mit Vorarbeiten, Planung, Genehmigungen usw. verbundene Kosten, inklusive der Arbeitszeit	2,5-5% der Gesamtkapitalinvestition
<b>Diskontierungsrate</b>	Darlehenskosten, um Energieeinsparinvestitionen zu finanzieren	2-4%
<b>Lernkurve und Kostenersparnis</b>	Die Auswirkung zukünftiger Preissenkungen, die sich durch ein erhöhtes Umsatzvolumen, effizientere Einbau- und Montageverfahren sowie erhöhte Produktivität ergeben oder verbesserte Energiesparmethoden, die durch Forschung und Entwicklung erreicht werden	6-38%, je nach Technologie
<b>Zusatznutzen – SIEHE KASTEN</b>	Der Wert des erhöhten Komforts (=Verzicht auf Energieeinsparungen), der sich durch Sanierungsmaßnahmen ergibt, nach den jeweiligen Energiepreisen bewertet	0-30%

## Zusatznutzen

Die Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden bringt nicht nur Energieeinsparungen, sondern erzeugt auch eine Reihe anderer Vorteile, die oft qualitativ anerkannt, aber selten bei der wirtschaftlichen Bewertung solcher Investitionen berücksichtigt werden. Einige dieser Vorteile kommen den Gebäudenutzern zugute, einige den Investoren und andere der gesamten Gesellschaft. Es gibt immer mehr Studien, die diese Vorteile aufzeigen (siehe Fußnote mit einer Reihe kürzlich erschienener Studien)<sup>38</sup>.

Da in diesem Bericht der Investor im Mittelpunkt steht (der oft auch der Gebäudenutzer ist), berücksichtigen wir nur die Auswirkungen eines dieser messbaren Vorteile, nämlich des erhöhten Komforts. Andere Vorteile, die für den Investor entstehen, können auch Gesundheit, Produktivität und erhöhter Immobilienwert sein, aber da es an zuverlässigen Daten mangelt, um eine solche Analyse zu unterstützen, wurden diese nicht quantifiziert. Der erhöhte Komfort ist ein realer Vorteil, der als erhöhte Temperatur durch besser isolierte und weniger zugige Gebäude quantifiziert werden kann. Es gibt aussagekräftige Belege aus Untersuchungen<sup>39</sup>, dass einige der Vorteile, die sich aus der verbesserten Energieeffizienz ergeben, von Gebäudenutzern als erhöhter Komfort wahrgenommen werden, auch als Rebound-Effekt bekannt, der laut Berechnungen rund 30% der Nettoenergieeinsparungen ausmacht.

Der finanzielle Wert des erhöhten Komforts wird als jene Energiemenge berechnet, die benötigt würde, um die von den Gebäudenutzern wahrgenommene Temperaturerhöhung zu erzeugen. Eine andere Art diesen Vorteil zu betrachten, ist die Feststellung der Tatsache, dass die Gebäudenutzer auf gewisse potenzielle Energiekosteneinsparungen verzichtet haben, indem sie angenehmere Lebens- oder Arbeitsbedingungen geschaffen haben. Es ist daher eine begründete wirtschaftliche Annahme, dass sie dadurch den erhöhten Komfort mindestens gleich so hoch schätzen, wie die entgangenen Energiekosteneinsparungen.

In jenen Fällen, in denen der Eigentümer/Investor nicht der Gebäudenutzer ist, z.B. in vermieteten Objekten (seien es Wohn- oder Nichtwohngebäude), würde der Investor normalerweise versuchen, die Investition durch eine erhöhte Miete auszugleichen (vorbehaltlich rechtlicher Einschränkungen). Die Kostenberechnung würde normalerweise nur auf der Grundlage der erwarteten Energiekosteneinsparungen, ohne Zusatznutzen, durchgeführt werden. Dadurch wird klar, dass es in einer Mieter-Vermieter Situation unwahrscheinlich ist, dass der Investor (Vermieter) den erhöhten Nutzen (z.B. Komfort) der Mieter in seine Überlegungen einbezieht. Der Vermieter könnte jedoch dem erhöhten Immobilienwert, der sich durch eine umfassende Renovierung ergeben würde, einen Wert beimessen. Aufgrund der nur begrenzt vorhandenen Literatur über das Ausmaß der Wertzunahme wurde dieser Aspekt in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt.

<sup>38</sup> IEA "Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency" [http://www.iea.org/bookshop/475-Capturing\\_the\\_Multiple\\_Benefits\\_of\\_Energy\\_Efficiency](http://www.iea.org/bookshop/475-Capturing_the_Multiple_Benefits_of_Energy_Efficiency) Cambridge

Economics & Verco: "Building the Future: The economic and fiscal impacts of making homes energy efficient" <http://www.energybillrevolution.org/wp-content/uploads/2014/10/Building-the-Future-The-Economic-and-Fiscal-impacts-of-making-homes-energy-efficient.pdf>  
Copenhagen Economics "Multiple benefits of investing in energy efficient renovation of buildings" <http://www.renovate-europe.eu/uploads/Multiple%20benefits%20of%20EE%20renovations%20in%20buildings%20-%20Full%20report%20and%20appendix.pdf>

<sup>39</sup> Loga T, Großklos M, Knissel J. "Der Einfluss des Gebäudestandards und des Nutzerverhaltens auf die Heizkosten", Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt: 2003.

## Lernkurve und Kostenersparnis

Technologische Lernkurven spiegeln die Kostenersparnis wieder, die sich durch die Technologieverbreitung und durch erhöhte Umsatzvolumina ergibt. Historische Belege für solche Rückgänge sind im Überfluss vorhanden, wobei das wahrscheinlich am besten bekannte Beispiel die Senkung der Kosten für Photovoltaikmodule (PV) darstellt. Im Modell wird die folgende Lernkurve, in Form von Kostenersparnissen, verwendet. Wie daraus hervorgeht wird nach Technologien differenziert, um deren Reifestadium widerzuspiegeln.

**Tabelle 5: Auf spezifische Technologien angewendete Kostenersparnis** (Quellen: Manteuffel et al. (2014); Henning et al. (2013); Fernandez-Boneta (2013))

Technologie	Lernkurve	Kostenersparnis für 2030 im Vergleich zu den heutigen Preisen	
		mittel	hoch
Solarthermie		6%	9%
PV		25%	38%
Wärmepumpen		6%	9%
Anspruchsvolle Sanierung der Gebäudehülle		15%	23%
Moderat ambitionierte Sanierung der Gebäudehülle		10%	15%

## Szenariovariablen

Die Kostenwirksamkeit aus Investorensicht wird in einer Reihe unterschiedlicher Szenarien durch die Variation wirtschaftlicher Faktoren bewertet, um die verschiedenen politischen Maßnahmen darzustellen, welche die Politik in Erwägung ziehen könnte, um den Renovierungsmarkt zu stimulieren.

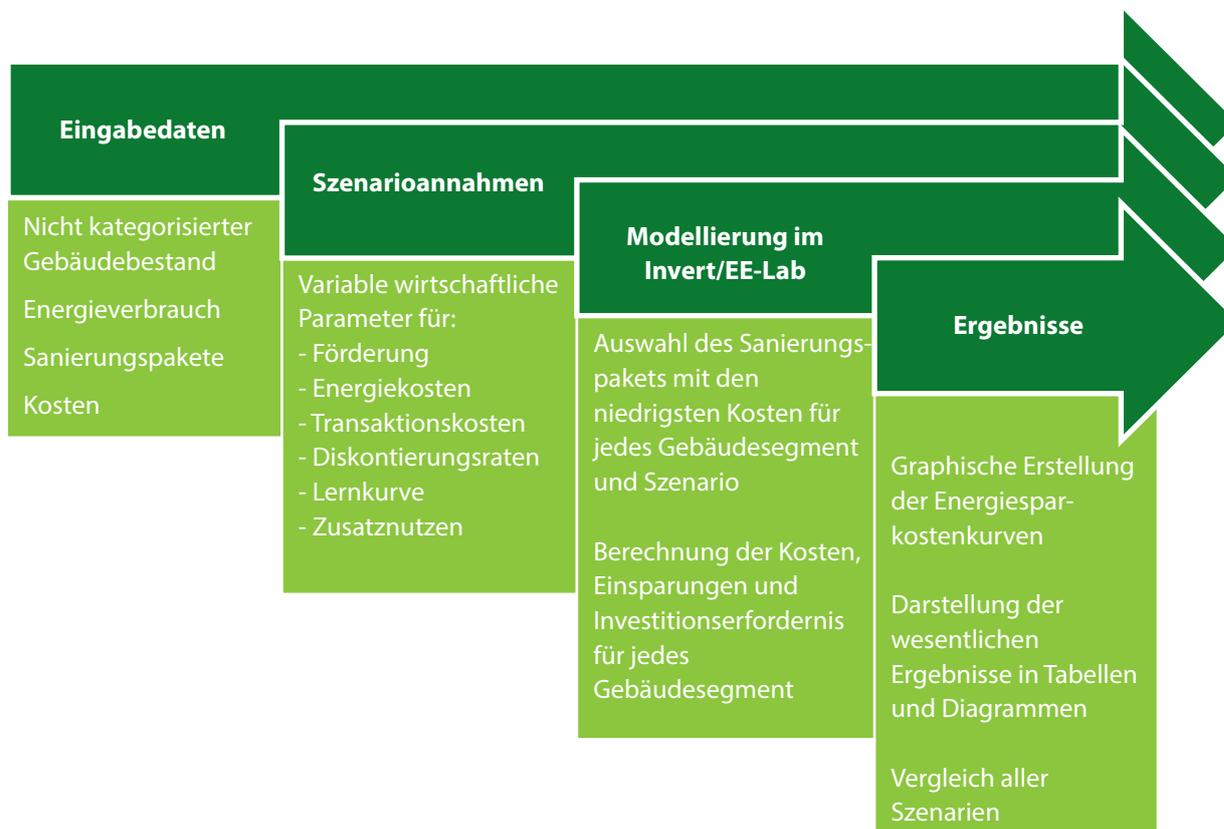
Tabelle 6 gibt einen Überblick über die exogenen Faktoren und die gewählten Variablen für die Definition verschiedener Szenarien. In den meisten Fällen wird eine Annahme für einen niedrigen, einen mittleren und einen hohen Wert dargestellt.

**Tabelle 6: Überblick über die in den Szenarien verwendeten Parameter**

Element	Simulierungsvariablen	
Förderhöhe für die Gebäudehülle betreffende Maßnahmen	niedrig	0%
	mittel	10-25% (R1 = 0%; R2 = 10%; R3 = 25%)
	hoch	20-35% (R1 = 0%; R2 = 20%; R3 = 35%)
Förderhöhe für die Heizungs- und Warmwassersysteme betreffende Maßnahmen	niedrig	0%
	mittel	10-20%
	hoch	25-40%
Transaktionskosten	niedrig	2,5%
	mittel	5%
Diskontierungsrate	niedrig	2%
	mittel	4%
Kostenersparnis der Lernkurve bis 2030	mittel	6-25%
	hoch	9-38%
Energiepreisanstieg bis 2030	mittel	1,1% jährlich (entspricht 19% Gesamtanstieg)
	hoch	2,6% jährlich (entspricht 50% Gesamtanstieg)
Zusatznutzen	nicht berücksichtigt	0%
	berücksichtigt	30%

Bitte berücksichtigen Sie, dass unterschiedliche Werte für bestimmte Technologien verwendet werden, wenn eine Spanne angegeben ist – siehe z. B. Tabelle 1. Der gesamte Vorgang, um zu den Ergebnissen zu gelangen, ist in Abbildung 10 zusammengefasst.

**Abbildung 10: Analytischer Prozessablauf um Szenarien zu entwickeln**



## Rahmenbedingungen

Bevor die Szenarioergebnisse vorgestellt werden, ist es wichtig die Rahmenbedingungen darzulegen, innerhalb derer die Analyse durchgeführt wurde:

- Als erstes sollte klargestellt werden, dass der verwendete modelltechnische und analytische Ansatz kein Versuch ist, die Zukunft vorherzusagen. Das Ziel, das durch diesen Ansatz verfolgt wird, ist vielmehr die Darstellung der wirtschaftlichen Attraktivität einer Gebäudesanierung, aus der Sicht des Investors, unter bestimmten ökonomischen Rahmenbedingungen, und folglich auch der potenziellen Einsparungen, die sich ergeben würden, wenn alle Gebäudeeigentümer auf eine wirtschaftlich vernünftige Art und Weise handelten. In Wirklichkeit ist dies wahrscheinlich nicht der Fall aufgrund von Hemmnissen wie z.B. die mangelnde Bereitschaft der Eigentümer, Renovierungsarbeiten durchzuführen (auch wenn diese kostenwirksam sind), das Mieter-Vermieter-Dilemma, konkurrierende Prioritäten und vieles mehr. Nichtsdestotrotz ist die Analyse begründet, weil sie die wirtschaftliche Grundlage zur Untermauerung politischer Entscheidungen bietet.
- In dieser Studie wurde nicht jede durchführbare Energieeinsparmaßnahme in Betracht gezogen. Zum Beispiel wurden die wichtige Rolle, die Fernwärme, die Koppelung der Wärme- und Stromversorgung und die Koppelung der Wärme-, Kälte- und Stromversorgung in der Senkung der THG-Emissionen spielen können, nicht untersucht.

- Was die Sanierungstiefe anbelangt, war der Ansatz dieser Studie jenes Sanierungspaket auszuwählen, das mit den niedrigsten Kosten verbunden ist, sowohl in Bezug auf die Investition als auch was die erzielten Energiekosteneinsparungen angeht.
- Es werden nur umfassende Renovierungen, die zur Durchführung von **Maßnahmen sowohl bei der Gebäudehülle als auch bei der Heiztechnik** führen, berücksichtigt. Solche Sanierungen können in einem Zug oder aber auch in mehreren sorgfältig geplanten und koordinierten Einzelschritten durchgeführt werden. Teilsanierungen oder die Umsetzung von Einzelmaßnahmen bleiben außerhalb der Betrachtung.
- Alle Szenarien gehen bis 2030. Dieser Zeitraum ist lang genug, um die volle Wirkung der politischen Maßnahmen beobachten zu können, jedoch nicht so lang, dass unrealistische Annahmen über längerfristige technologische Entwicklungen und die Entwicklung von Kosten und Preisen gemacht werden müssen, welche die wirtschaftliche Lage für Gebäudesanierungen drastisch verändern könnten. Natürlich wäre es innerhalb dieser Zeitspanne bis 2030 nur möglich einen Teil des heutigen Bestands zu renovieren. Deshalb sollten die Ergebnisse dieses Berichts nicht als Höchstgrenze dessen verstanden werden, was in Bezug auf Energieeinsparungen und die Verringerung von THG-Emissionen des heutigen Bestands erreicht werden kann.
- Im Invert/EE-Lab Modell wird die Sanierungsrate ausgehend von der Lebensdauer der Gebäude und Gebäudekomponenten sowie der entsprechenden Altersstruktur des Gebäudebestands abgeleitet. Demnach weisen unterschiedliche Baualterklassen unterschiedliche Sanierungsraten auf. Der kumulierte Anteil an sanierten Gebäuden im Zeitraum von 2015 bis 2030 variiert zwischen rund 15% und 37% für unterschiedliche Gebäudesegmente. Das entspricht einer jährlichen Sanierungsrate von unter 1% für neuere Gebäudesegmente und von bis zu 2,3% für ältere Gebäudesegmente.
- Die Ergebnisse zeigen die vollen Auswirkungen der unter einem bestimmten Szenario bis 2030 vorgenommenen Renovierungsarbeiten, anstatt eine jährliche Rate anzugeben. Zum Beispiel werden die angeführten Energieeinsparungen ab 2030 eintreten, sobald die vorgesehene Sanierung für alle betreffenden Gebäude beendet worden sein wird. Die Investitionen und Förderungen stellen den Gesamtbedarf für alle Sanierungen bis 2030 dar, aber zu heutigen Preisen (gemäß der unter dem jeweiligen Szenario gültigen Lernkurve reduziert). Gleichermassen sind Nettoeinsparungen (die positiv oder negativ sein können) die Energiekosteneinsparungen über die Lebensdauer der Maßnahmen, abzüglich des gesamten Beitrags des Investors zur Investition.
- Innerhalb jeder Gebäudekategorie gibt es eine Reihe von Gebäuden, von denen manche besser für Sanierungen geeignet sind als andere. Die Ergebnisse, die im entsprechenden Abschnitt präsentiert werden, stellen einen Durchschnitt der jeweiligen Gebäudekategorie dar. Ist eine Gebäudekategorie insgesamt kostenwirksam, dann heißt das nicht unbedingt, dass die umfassende Sanierung jedes Gebäudes dieser Art kostenwirksam wäre. Genauso kann eine Gebäudekategorie, die insgesamt nicht kostenwirksam ist, Gebäude umfassen, die unter den gegebenen wirtschaftlichen Bedingungen kostenwirksam renoviert werden könnten.

# 3 ERGEBNISSE

In diesem Abschnitt definieren wir zuerst die fünf Szenarien und erklären dann, wie die Energiesparkostenkurven zu interpretieren sind, bevor wir die einzelnen Ergebnisse vorstellen. Danach folgt ein Vergleich aller Szenarien.

## Zusammenfassung der Szenarien

Aus einer Liste mit über 30 Szenarien, die modelliert worden sind, wurden fünf ausgewählt, um das repräsentative Spektrum an Auswirkungen aufzuzeigen, die sich aus unterschiedlichen plausiblen Kombinationen wirtschaftlicher Hebel ergeben, die auf dem Markt für Gebäudesanierungen im Rahmen einer nationalen Sanierungsstrategie zur Anwendung gebracht werden könnten.

- 1. Business As Usual:** bedient sich der mittleren wirtschaftlichen Faktoren, die in Tabelle 6 beschrieben sind;
- 2. Hohe Förderung:** wie im Business-As-Usual-Szenario, aber mit einem höheren Grad an öffentlichen Fördermitteln;
- 3. Hohe Energiepreise:** wie im Business-As-Usual-Szenario, aber mit einer höheren Rate des Energiepreisanstiegs;
- 4. Weiche Maßnahmen:** zeigt die Auswirkung politischer Maßnahmen, die versuchen ein vorteilhaftes Sanierungsklima zu schaffen, aber ohne öffentliche Fördermittel einzusetzen oder sich auf hohe Energiepreise zu stützen. Stattdessen zeigt dieses Szenario die gleichzeitige Wirkung niedriger Transaktionskosten, niedriger Diskontierungsraten (niedrige Kreditzinsen, geringe Markthemmnisse) und einer hohen Lernkurve (niedrigere Sanierungskosten innerhalb des festgelegten Zeitraums); und
- 5. Best Case:** verwendet die vorteilhaftesten Annahmen für alle wirtschaftlichen Parameter, um ein der tiefgehenden Sanierung von Gebäuden besonders zuträgliches Umfeld zu schaffen.

## Interpretation der Ergebnisse

Für jedes der fünf Szenarien werden die Ergebnisse sowohl mit als auch ohne den erhöhten Komfort-Zusatznutzen vorgestellt. Das dient der Darstellung des Einflusses, den die Einbeziehung eines Nennwertes für den erhöhten Komfort, der aus einer Verbesserung der Energieeffizienz eines Gebäudes hervorgeht, mit sich bringt.

In den Energiesparkostenkurven-Diagrammen werden die Ergebnisse ohne den Zusatznutzen in vollfarbigen Blöcken dargestellt, während die entsprechende Gebäudekategorie mit Zusatznutzen in derselben Farbe, aber jeweils schraffiert erscheint. Allgemein können die Auswirkungen der Einbeziehung des Zusatznutzens in den Diagrammen als eine Verschiebung nach unten (kostenwirksamer) und nach rechts (höhere Einsparungen) beschrieben werden.

## WIE MAN EIN ESKK DIAGRAMM LIEST

Die Energiesparkostenkurve (ESKK) ist eine visuelle Darstellung der Kostenwirksamkeit von Gebäudesanierungen über ein Spektrum von Gebäudekategorien.

Die horizontale Achse (x-Achse) zeigt die prognostizierten jährlichen Energieeinsparungen für jede Gebäudekategorie (z.B. Handelsgebäude). Die vertikale Achse (y-Achse) zeigt die Nettokosten oder -einsparungen, über die Lebensdauer der Maßnahmen abgezinst, geteilt durch die Einsparungen über die gesamte Lebensdauer. Der Wert wird in Eurocent/eingesparter kWh angegeben.

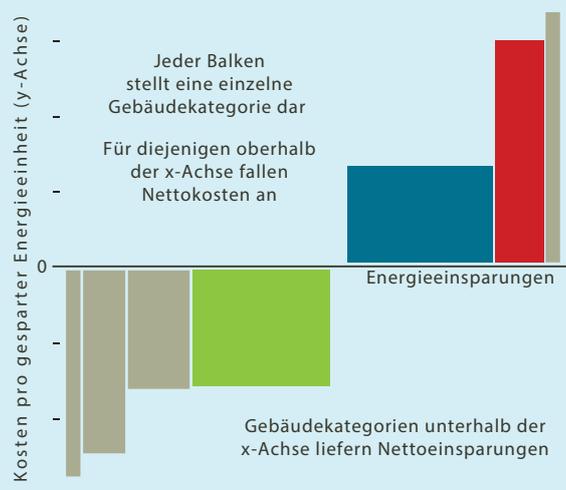
Jeder Balken stellt eine unterschiedliche Gebäudekategorie dar. Die Breite der Balken stellt die Energieeinsparungen dar, während die Balkenhöhe die spezifischen Kosten (oder Einsparungen) pro gesparter Energieeinheit anzeigt.

Befindet sich der Balken oberhalb der horizontalen Achse, dann fallen für die Investoren in dieser Gebäudekategorie Nettokosten an, d.h. die auf die Gesamtdauer der Maßnahme verteilten Energiekosteneinsparungen sind geringer als die ursprüngliche Investition. Umgekehrt bedeutet ein Balken unter der x-Achse, dass Nettoeinsparungen erreicht werden. Die Fläche des Balkens stellt die Gesamtkosten oder Gesamteinsparungen für eine Gebäudekategorie dar (sprich Kosten oder Einsparung pro gesparter Energieeinheit mal Energieersparnis).

Zu beachten ist, dass jeder Balken eine große Anzahl verschiedener Gebäude mit eigenen Ergebnissen bzgl. der Kostenwirksamkeit darstellt. Das bedeutet, dass beispielsweise eine Gebäudekategorie, die sich oberhalb der x-Achse befindet (Nettokosten), einzelne Gebäude beinhalten kann, welche Nettoeinsparungen erzeugen. Genauso sind nicht alle einzelnen Gebäude innerhalb einer Kategorie, die sich unterhalb der x-Achse befindet (d.h. insgesamt kostenwirksam), selbst kostenwirksam.

Unterschiedliche Szenariofaktoren können zu unterschiedlichen Balkenhöhen führen, da die Kosten und/oder Einsparungen variieren, wenn sich z.B. die Förderhöhe oder die Diskontierungsrate ändert. Das kann sich auch auf die Balkenbreite auswirken (also die Energieeinsparung), wenn ein anderes Sanierungspaket zur günstigsten Option wird.

**Abbildung 11: Wie man ein ESKK Diagramm liest**



Die zentralen Ergebnisse werden auch in Form von Tabellen präsentiert. Diese umfassen:

- **Energieeinsparung** (TWh/Jahr) – diese entspricht der jährlichen Gesamtsumme an Energieeinsparung, die sich durch die Durchführung der Sanierungsmaßnahmen ergibt. Zu beachten ist, dass diese Daten die Gesamtsumme an jährlichen Energieeinsparungen ab 2030 darstellen, sobald alle Maßnahmen durchgeführt sein werden.
- **Finanzielle Nettoersparnis** (Mrd. Euro) – umfasst die Energiekosteneinsparung, abzüglich der Investition in die Sanierungsmaßnahmen. Die Einsparungen unter „mit Zusatznutzen“ enthalten auch den Wert des erhöhten Komforts, der mit 30% der Energiekosteneinsparung berechnet wurde. Anders gesagt beträgt der Gesamtvorteil einer gegebenen Investition, inklusive des Komforts, 130% (oder einen Faktor von 1,3) des Werts, der sich ergibt, wenn man nur die direkte Energiekosteneinsparung in Betracht zieht.
- **Gesamtinvestition** (Mrd. Euro) – diese entspricht den insgesamt erforderlichen Investitionen, inklusive der Fördermittel und der nicht subventionierten Beiträge der Investoren zu den Maßnahmenkosten.
- **Förderung** (Mrd. Euro) – das ist der Gesamtbeitrag öffentlicher Fördermittel, in welcher Form auch immer, zu den Kosten der Sanierungsmaßnahmen. Wie in Tabelle 6 erwähnt, ziehen tiefergehende Renovierungen und teurere Maßnahmen höhere Subventionen an.

Die Ergebnisse werden in vier unterschiedlichen Fällen pro Szenario wie folgt dargestellt:

**Tabelle 7: Die vier Fälle, die für jedes Szenario dargestellt werden**

ALLE GEBÄUDEKATEGORIEN OHNE ZUSATZNUTZEN	ALLE GEBÄUDEKATEGORIEN MIT ZUSATZNUTZEN
KOSTENWIRKSAME GEBÄUDEKATEGORIEN OHNE DEN ZUSATZNUTZEN DES ERHÖHTEN KOMFORTS	KOSTENWIRKSAME GEBÄUDEKATEGORIEN MIT DEM ZUSATZNUTZEN DES ERHÖHTEN KOMFORTS

Die obere Zeile erläutert die komplette Wirkung, die sich ergibt, wenn alle Gebäudekategorien gemäß den unter den im jeweiligen Szenario festgelegten Parametern erreichten Ergebnissen renoviert werden. Die untere Zeile gibt die Auswirkungen wieder, die sich ergeben, wenn nur jene Gebäudekategorien berücksichtigt werden, für welche die Sanierung eine Nettoeinsparung bringt (d.h. jene unter der x-Achse in der ESKK).

## Szenario 1: Business As Usual

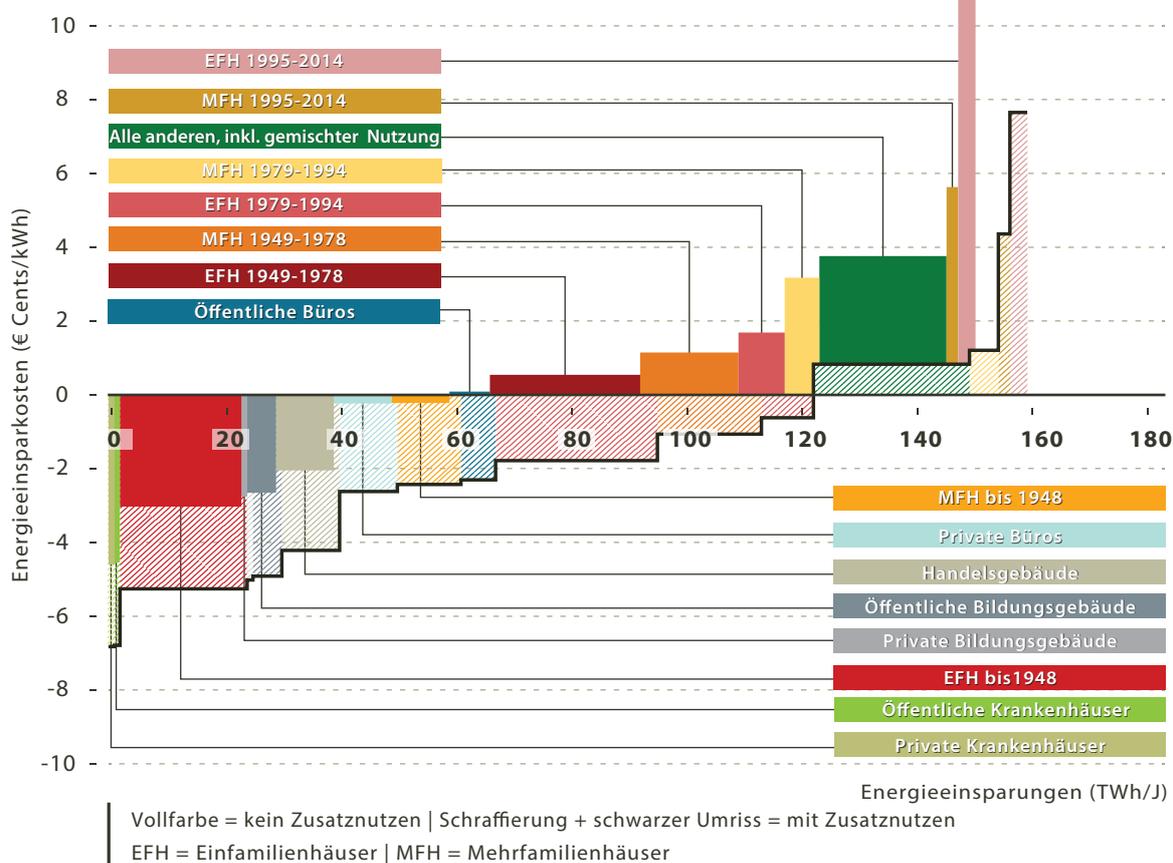
In diesem Szenario wird angenommen, dass die vorherrschenden mittleren wirtschaftlichen Bedingungen aus Tabelle 6 für den besagten Zeitraum fortbestehen. Die verwendeten Parameter sind in der Tabelle unter dem ESKK Diagramm zusammengefasst, gefolgt von den wesentlichen Ergebnissen.

Unter dem Business-As-Usual-Szenario befinden sich 50% der Gebäudekategorien oberhalb der x-Achse und sind daher nicht kostenwirksam (sofern der Zusatznutzen nicht berücksichtigt wird). Nichtwohngebäudekategorien haben das kostenwirksamste Potential für Sanierungen, vor allem Krankenhäuser, Bildungsgebäude, Handelsgebäude und private Büros. Es ist bemerkenswert, dass unter den Wohngebäuden nur solche, die bis 1948 erbaut worden sind, Potential für kostenwirksame Sanierungen haben – wie in Abbildung 12 dargestellt, sind sie jene mit dem höchsten spezifischen Energiebedarf. Jedoch sollte man nicht vergessen, dass wir nur umfassende Sanierungspakete berücksichtigen. Es gäbe sicherlich Einzelmaßnahmen oder Teilsanierungen für neuere Gebäude, die kostenwirksame Vorteile lieferten, auch wenn diese niedrigere Einsparungen erzielen würden.

Die Einbeziehung des Zusatznutzens führt zur Verdoppelung der Energieeinsparung der kostenwirksamen Gebäudekategorien, während die finanzielle Nettoersparnis über alle Gebäudesektoren gesehen in den positiven Bereich übergeht (€2,8 Mrd., im Vergleich zu Nettokosten von €0,8 Mrd.).

Unter der Annahme, dass Investoren nur kostenwirksame Sanierungen vornehmen, beträgt die benötigte Gesamtinvestition €97 Mrd., wovon €19 Mrd. öffentliche Fördermittel sind. Wenn der Zusatznutzen in die wirtschaftliche Bewertung eingeht, steigt die Gesamtinvestition auf €235 Mrd., wovon Fördermittel €41 Mrd. ausmachen<sup>40</sup>.

Abbildung 12: ESKK - Business-As-Usual-Szenario



<sup>40</sup> Öffentliche Fördermittel hängen vom Umfang der Investition ab. Sie steigen nicht genau proportional zur Investition, weil sich die Mischung an Maßnahmen gemäß der spezifischen Eingabeparameter verändert und unterschiedliche Maßnahmen unterschiedliche Höhen an Förderung nach sich ziehen – siehe Tabelle 6.

**Tabelle 8: Einsparungen – Business-As-Usual-Szenario**

Förderung	Transaktionskosten	Diskontierungsrate	Kostensenkung bis 2030	Energiepreisanstieg bis 2030
Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel
10-25%	5%	4%	6-25%	1,1% jährlich (entspricht 19% Gesamtanstieg)

Alle Gebäudekategorien	Ohne Zusatznutzen	Mit Zusatznutzen
Energieeinsparungen (TWh/Jahr)	150	160
Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)	-0,8	2,8
Gesamtinvestitionen (Mrd. Euro)	304	353
...davon Fördermittel (Mrd. Euro)	50	65

Kostenwirksame Gebäudekategorien	Ohne Zusatznutzen	Mit Zusatznutzen
Energieeinsparungen (TWh/Jahr)	60	122
Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)	1,2	3,4
Gesamtinvestitionen (Mrd. Euro)	97	235
...davon Fördermittel (Mrd. Euro)	19	41

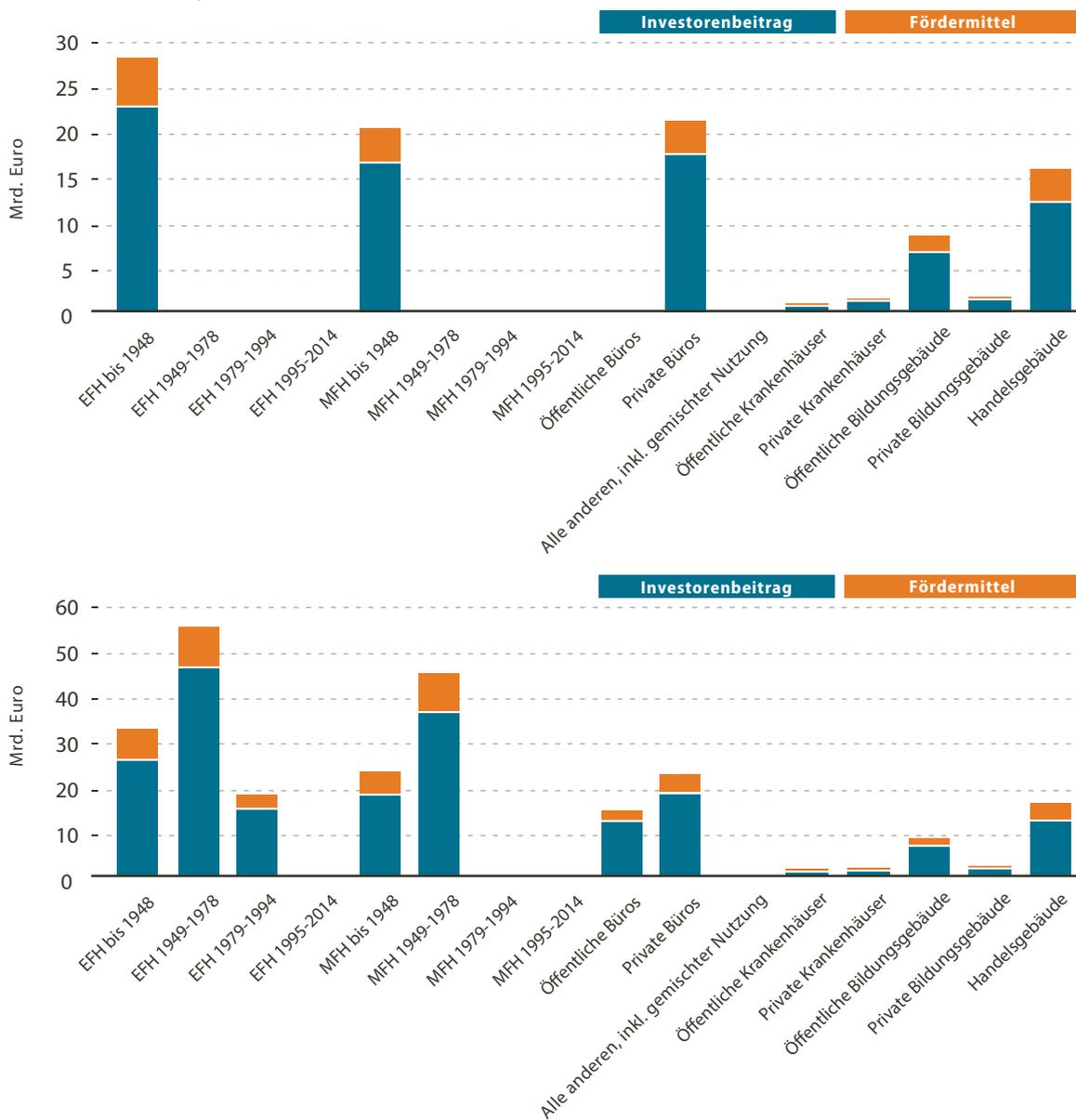
#### Analyse für den Fall kostenwirksamer Gebäudekategorien

Für jedes Szenario präsentieren wir eine Reihe an zusätzlichen Diagrammen, die eine detailliertere Unterteilung der Ergebnisse zeigen. Der Fall der **kostenwirksamen Gebäudekategorien, ohne Zusatznutzen** (unten links in Tabelle 7) erkennt an, dass Investoren nur dann in Sanierungen investieren, wenn es eine finanzielle Nettoersparnis gibt und dass sie den Zusatznutzen selten berücksichtigen. Der Vergleich der zwei Fälle zeigt die großen Auswirkungen, welche sich durch die Einbeziehung des Zusatznutzens in die wirtschaftliche Bewertung ergeben.

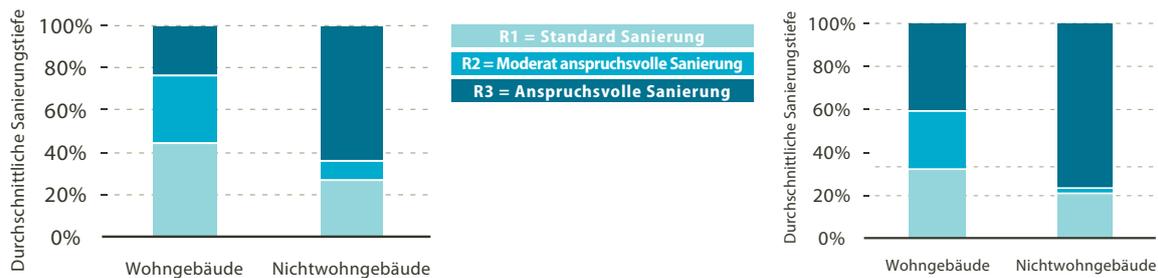
Die drei untenstehenden Abbildungen zeigen:

- Die **Investitionsanforderungen** für jede Gebäudekategorie, aufgeteilt nach Investorenbeitrag und Fördermitteln. Kostenwirksame Investitionen ergeben sich nur für acht der 16 Gebäudekategorien ohne Zusatznutzen, erhöhen sich aber auf 12, wenn man den Zusatznutzen berücksichtigt.
- Die **durchschnittliche Sanierungstiefe**, aus der abgelesen werden kann, dass über 60% des Nichtwohngebäudebestands in der anspruchsvollsten Tiefe (R3) kostenwirksam renoviert werden könnte, wohingegen dieser Anteil für den Wohngebäudebestand weniger als 25% ausmacht. Der Anteil an R3 steigt, wenn der Zusatznutzen einbezogen wird.
- Die **sanierete Bruttogrundfläche**. Über die Hälfte der Renovierungsarbeiten würde nur die zwei Wohngebäudekategorien der Ein- und Mehrfamilienhäuser betreffen, in beiden Fällen in Bezug auf den ältesten Bestand, der bis 1948 errichtet wurde. Die Bruttogrundfläche wird mehr als doppelt so groß, wenn der Zusatznutzen einbezogen wird.

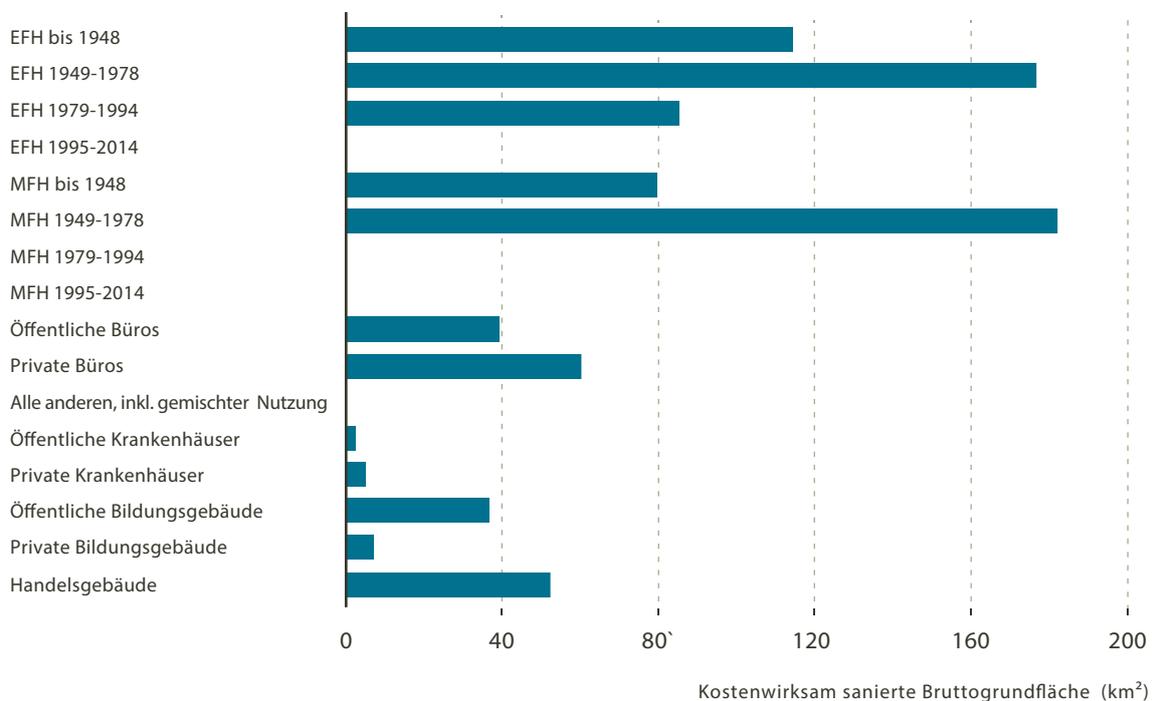
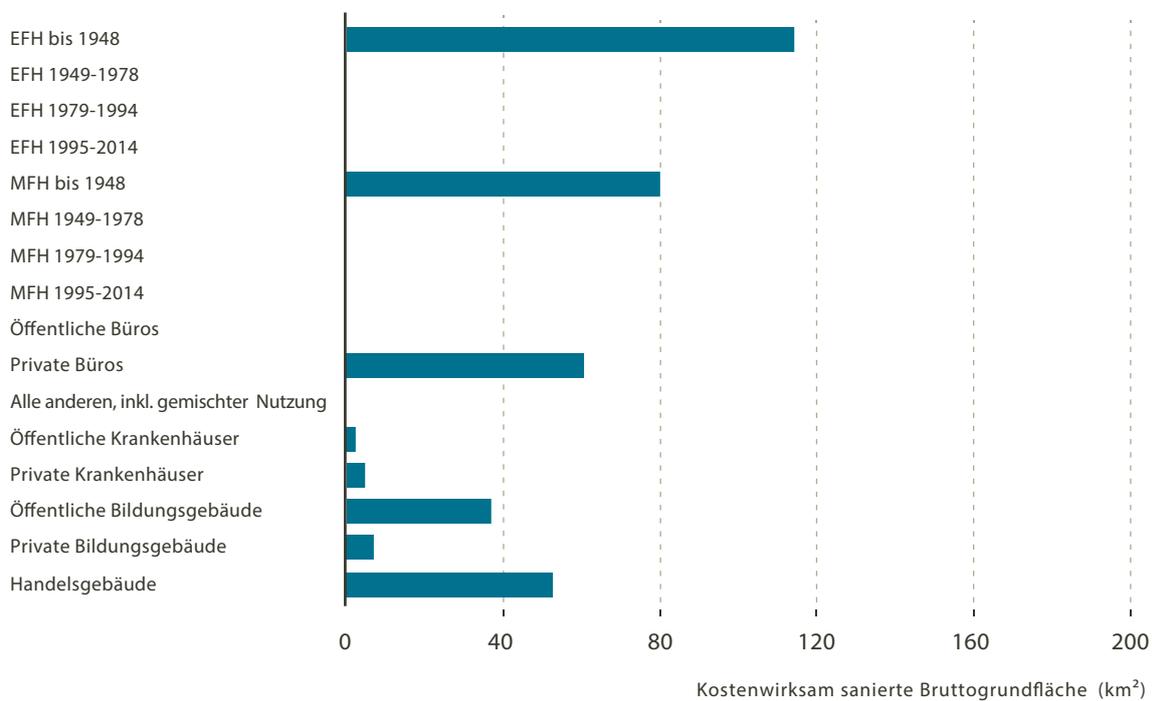
**Abbildung 13: Investitionen in kostenwirksame Gebäudesektoren (oben: ohne Zusatznutzen; unten: mit Zusatznutzen) – Business-As-Usual-Szenario**



**Abbildung 14: Durchschnittliche Sanierungstiefe (links: ohne Zusatznutzen; rechts: mit Zusatznutzen) – Business-As-Usual-Szenario**



**Abbildung 15: Kostenwirksam sanierte Bruttogrundfläche (oben: ohne Zusatznutzen; unten: mit Zusatznutzen) – Business-As-Usual-Szenario**



## **Bündelung von Investitionen**

Unsere Analyse zeigt, dass es in der Kostenwirksamkeit der Sanierung verschiedener Gebäudekategorien eine große Bandbreite gibt. Investoren, die mit einer solchen Palette an Möglichkeiten konfrontiert sind, würden sich natürlich für jene entscheiden, welche die höchste Rendite aufweisen. Mit jenen Gebäudekategorien, die sich oberhalb der x-Achse befinden, würde man sich daher nicht befassen. Jedoch sollte die Politik versuchen, Investitionen in alle Gebäudekategorien anzureizen (der neueste Bestand, der seit 1995 errichtet wurde, ausgeschlossen).

Eine Lösung wäre die Einrichtung eines Fonds zur Bündelung von Sanierungsprojekten, der eine Kombination von Projekten unterschiedlicher Rentabilität proaktiv koordiniert. Immobilieneigentümer könnten die Teilnahme an diesem Fonds beantragen, um Zugang zu Investitionskapital zu bekommen, das im Laufe der Zeit durch Energieeinsparungen zurückgezahlt wird. Die Politik würde Bündel von Investitionsmöglichkeiten schaffen, die auf dem Fondsmarkt angeboten und eine garantierte Kapitalrendite gewährleisten würden. Die sich daraus ergebende Kapitalrendite würde auf Grundlage der gewichteten durchschnittlichen Kapitalrendite der Komponenten des Investitionsbündels berechnet werden. Um die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen könnte die Politik entscheiden, Förderungen für bestimmte Gebäudekategorien einzuführen. Diese würden die Investition statt des Sanierungsprojektes unterstützen. Das könnte bedeuten, dass ein Immobilieneigentümer einen geringeren Betrag in den Fonds zurückzahlen könnte als den, der ihm zum Zeitpunkt des Antrags zur Verfügung gestellt worden war.

Um dies mithilfe eines Beispiels zu erläutern: Wenn sich ein Investor für Sanierungsmaßnahmen entscheidet, die innerhalb eines gegebenen Zeitraums die Investition nur zu 80% zurückzahlen, dann würde die öffentliche Hand, zusätzlich zum Betrag, der dem Investor als Kapitalrendite garantiert worden war, die restlichen 20% zum Fonds hinzufügen. Fondsmanager könnten daher unterschiedliche Sanierungsprojekte proaktiv in Bündel kombinieren, um die Unterstützung seitens der öffentlichen Hand so gering wie möglich zu halten, aber dem Investor trotzdem die Kapitalrendite zu garantieren.

## Szenario 2: Hohe Förderung

Im Vergleich zum Business-As-Usual-Szenario besteht der zusätzliche Anreiz im Szenario Hohe Förderung darin, den Umfang der Förderung auf die hohen Werte aus Tabelle 6 zu setzen. Das bedeutet:

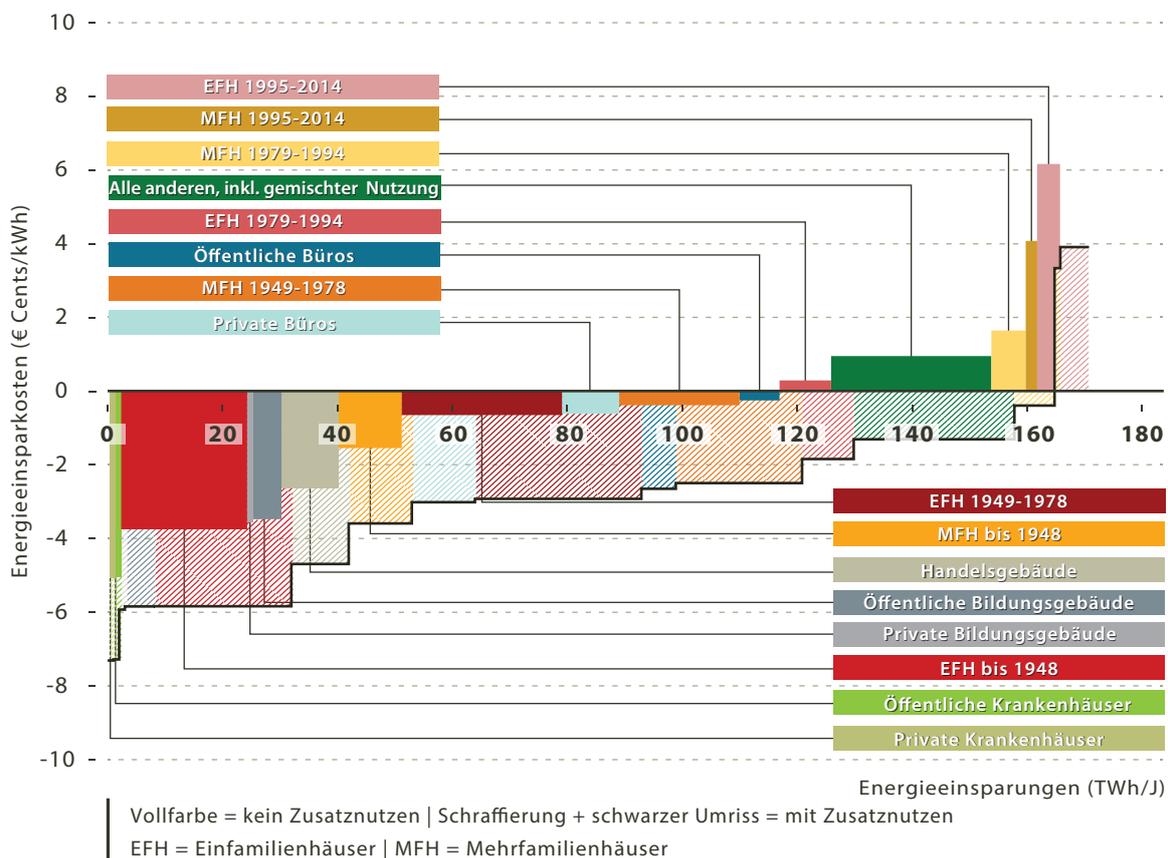
- Für Maßnahmen an der Hülle: R1= 0%; R2 =20%; R3 = 35%
- Für Gebäudetechnik: 25-40%.

Die Auswirkungen der Einführung höherer Fördermittel sind sofort ersichtlich. Im Vergleich zum Business-As-Usual-Szenario findet eine allgemeine Verschiebung der Energiesparkostenkurve nach unten (d.h. kostenwirksamer) und nach rechts (d. h. höhere Energieeinsparungen) statt. Die folgenden zusätzlichen Gebäudekategorien werden kostenwirksam: öffentliche Büros und Wohngebäude (sowohl Ein- als auch Mehrfamilienhäuser), die zwischen 1949-1978 erbaut worden sind. Die Gesamtenergieeinsparung steigt von 150 TWh/Jahr auf 167 TWh/Jahr (ohne Zusatznutzen). Die Tatsache, dass die Nettoeinsparung, in Höhe von €1,2 Mrd., aller Gebäudeklassen gemeinsam positiv ist bedeutet, dass durch den Ansatz, den Überschussertrag der kostenwirksamen Gebäude durch „Bündelung“ auf die nicht kostenwirksamen zu übertragen, das gesamte Energieeinsparpotential gehoben werden könnte, indem Nettoeinsparungen für die Eigentümer aller Gebäudeklassen generiert werden.

Natürlich bedeutet eine höhere Förderrate höhere Kosten für den Staatshaushalt – von €50 Mrd. im Business-As-Usual-Szenario auf €106 Mrd. in diesem Szenario Hohe Förderung.

Den Zusatznutzen einzubeziehen hat wiederum erhebliche Auswirkungen, denn das kostenwirksame Einsparpotential steigt von 118 TWh/Jahr auf 165 TWh/Jahr. Der Nettogewinn nimmt ebenfalls drastisch zu, von €1,2 Mrd. (alle Maßnahmen) oder €1,9 Mrd. (kostenwirksame Maßnahmen) auf über €5 Mrd. in beiden Fällen.

**Abbildung 16: ESKK – Szenario Hohe Förderung**



**Tabelle 9: Ersparnisse – Szenario Hohe Förderung**

Förderung	Transaktionskosten	Diskontierungsrate	Kostensenkung bis 2030	Energiepreisanstieg bis 2030
Hoch	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel
20-40%	5%	4%	6-25%	1,1% jährlich (entspricht 19% Gesamtanstieg)

Alle Gebäudekategorien	Ohne Zusatznutzen	Mit Zusatznutzen
Energieeinsparungen (TWh/Jahr)	167	171
Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)	1,2	5,0
Gesamtinvestitionen (Mrd. Euro)	405	445
...davon Fördermittel (Mrd. Euro)	106	117

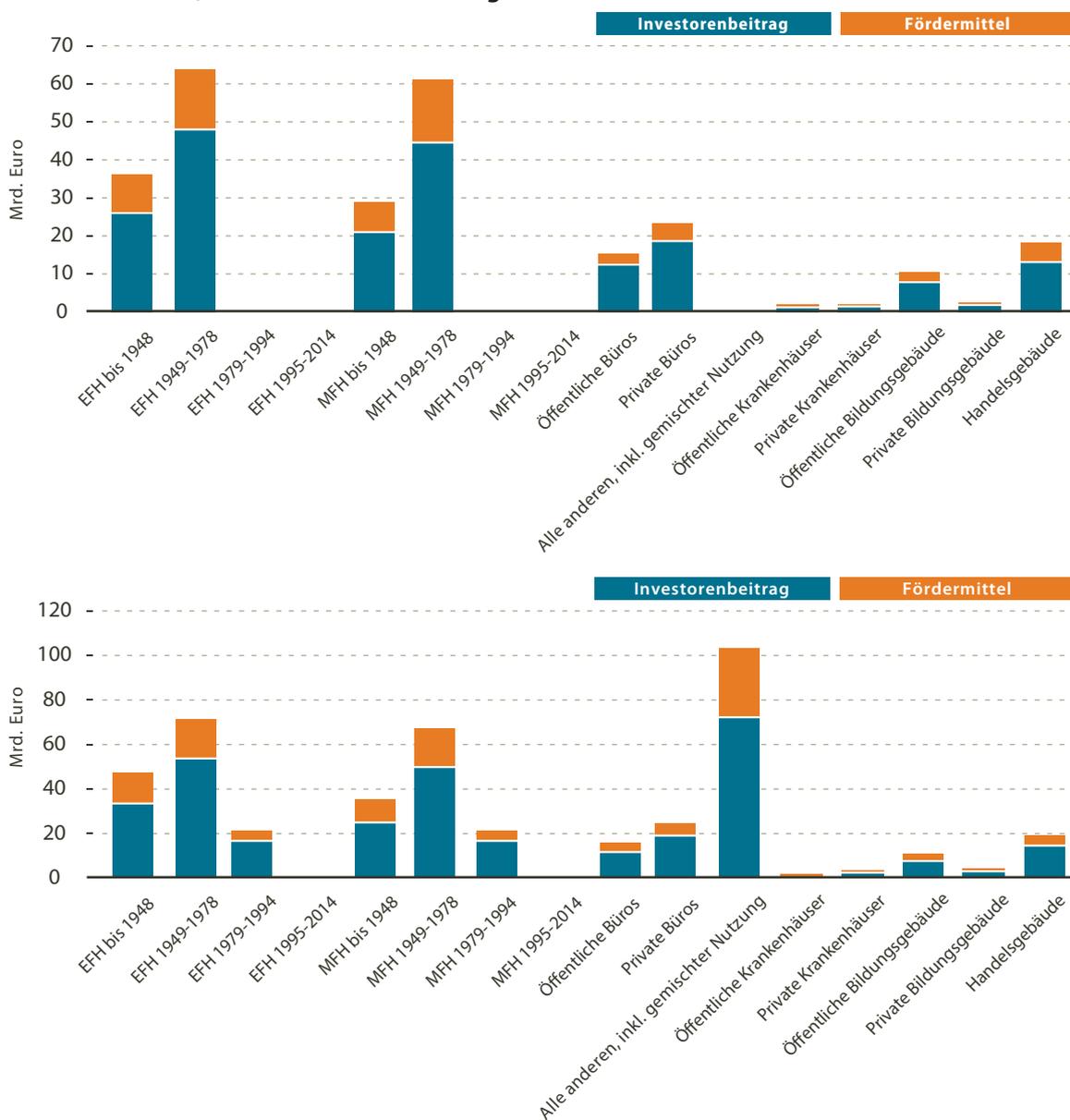
Kostenwirksame Gebäudekategorien	Ohne Zusatznutzen	Mit Zusatznutzen
Energieeinsparungen (TWh/Jahr)	118	165
Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)	1,9	5,2
Gesamtinvestitionen (Mrd. Euro)	254	426
...davon Fördermittel (Mrd. Euro)	65	113

### Analyse für den Fall kostenwirksamer Gebäudekategorien

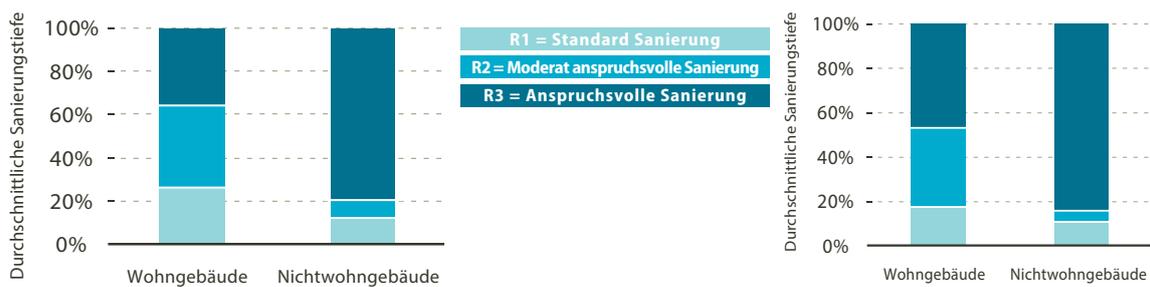
Die drei untenstehenden Abbildungen zeigen:

- (Abbildung 17) Kostenwirksame Investitionen werden für 11 der 16 Sektoren ausgelöst, im Vergleich zu acht bei Business As Usual, die mit Zusatznutzen auf 14 steigen.
- (Abbildung 18) Höhere Fördermittel wirken sich positiv auf die Sanierungstiefe aus. Sowohl der Wohnungs- als auch der Nichtwohngebäudesektor weist einen höheren Anteil an anspruchsvoller Sanierungstiefe auf, der sich im Falle der Nichtwohngebäude auf 80% der Gesamtsumme beläuft. Es gibt eine leichte Zunahme an R3 Sanierungen, wenn der Zusatznutzen einbezogen wird.
- (Abbildung 19) Die sanierte Bruttogrundfläche nimmt im Vergleich zu Business As Usual drastisch zu, was von der Verschiebung der zwei größten Gebäudekategorien – zwischen 1949-1978 errichtete Ein- und Mehrfamilienhäuser – in den kostenwirksamen Bereich herrührt.

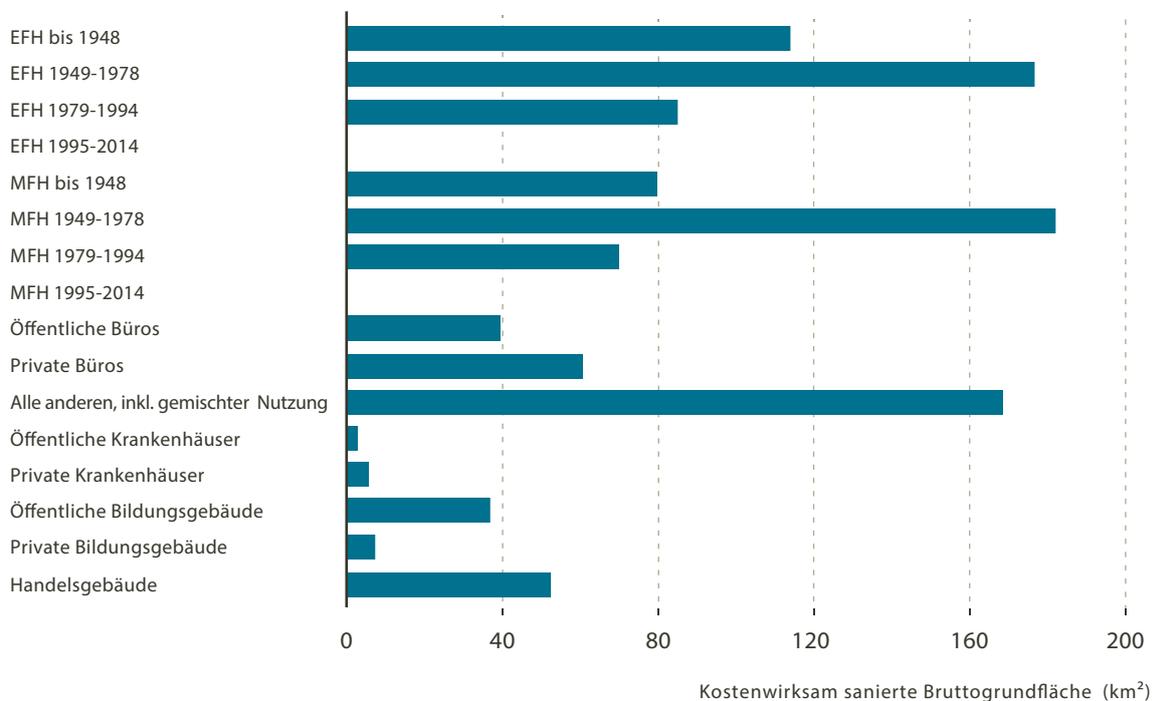
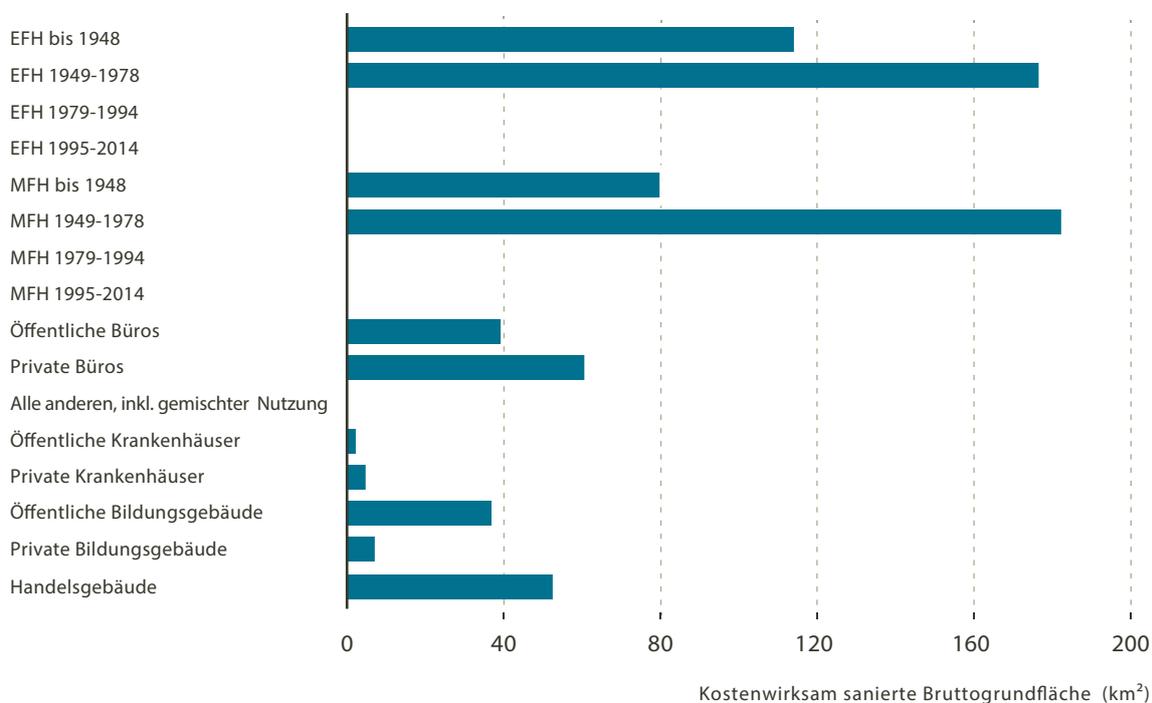
**Abbildung 17: Investitionen in kostenwirksame Gebäudesektoren (oben: ohne Zusatznutzen; unten: mit Zusatznutzen) – Szenario Hohe Förderung**



**Abbildung 18: Durchschnittliche Sanierungstiefe (links: ohne Zusatznutzen; rechts: mit Zusatznutzen) – Szenario Hohe Förderung**



**Abbildung 19: Kostenwirksam sanierte Bruttogrundfläche (oben: ohne Zusatznutzen; unten: mit Zusatznutzen) – Szenario Hohe Förderung**



## Szenario 3: Hohe Energiepreise

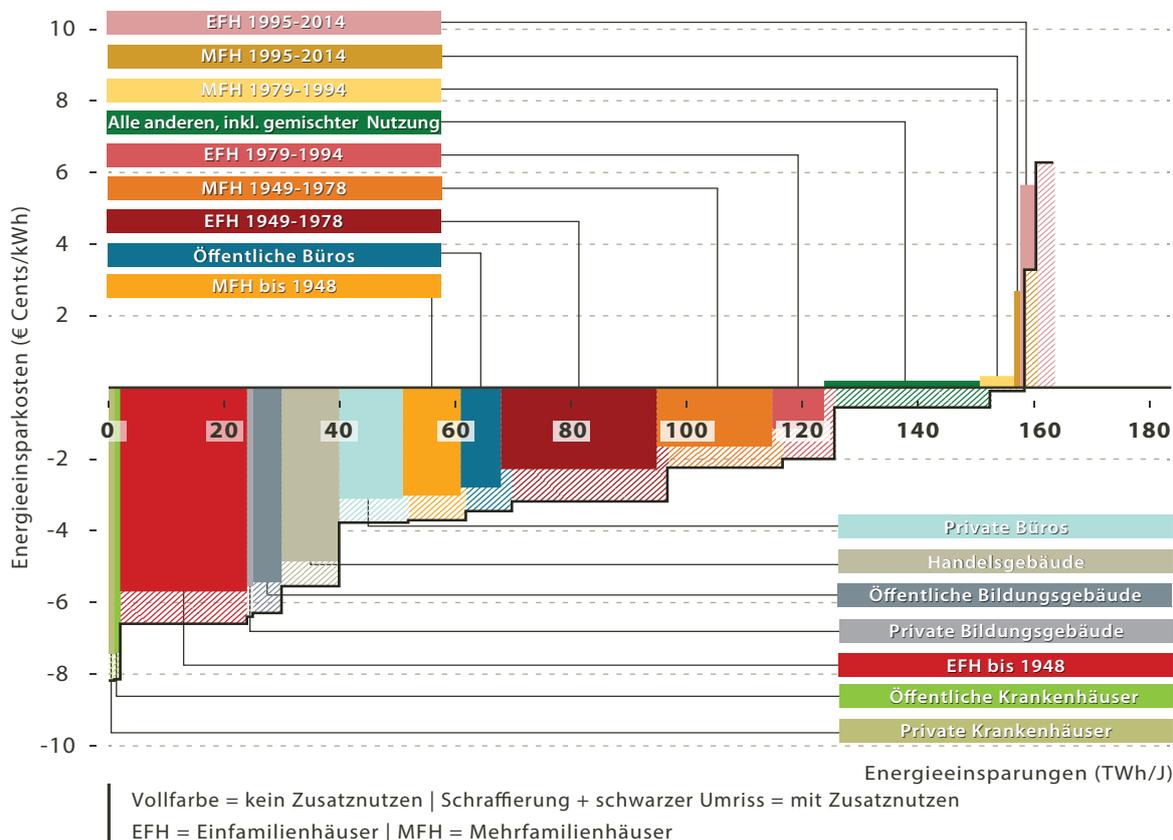
Dieses Szenario zeigt die Auswirkungen einer Politik, die ausschließlich auf hohe Energiepreise ausgerichtet ist, die z.B. durch Energiebesteuerung und/oder Kohlenstoffbepreisung erzielt werden können. Gleichzeitig kann dieses Szenario auch als Darstellung der Möglichkeit eines zukünftigen Anstiegs des Marktpreises für Energie verstanden werden.

Marktverzerrungen treten dann ein, wenn Verbraucher nicht den vollen Energiepreis bezahlen. Subventionen für fossile Brennstoffe können in verschiedenen Phasen der Versorgungskette auftauchen, durch die Unterstützung rohstoffgewinnender Industrien, bei der Erzeugung oder sogar zum Zeitpunkt der Nutzung. Andere Verzerrungen treten ein, wenn der Energiepreis nicht die vollen externen Umweltkosten widerspiegelt, die mit dem Verbrauch von Energie in Zusammenhang stehen. Laut einem Bericht des Internationalen Währungsfonds aus dem Jahr 2015<sup>41</sup> beträgt der Wert für Subventionen für fossile Brennstoffe in Deutschland US\$ 683,85 pro Person pro Jahr.

Hohe Energiepreise verwandeln energetische Sanierungen in eine viel attraktivere Investition für fast alle Gebäudeklassen. Die sich daraus ergebende Gesamtenergieeinsparung von 163 TWh/Jahr (oder 165 TWh/Jahr mit Zusatznutzen) ähnelt der, die im Szenario Hohe Förderung erreicht wird, doch die Nettoeinsparung ist viel höher – €3,8 Mrd., im Vergleich zu €1,2 Mrd.

Im Vergleich zum Szenario Hohe Förderung ist nun eine zusätzliche Gebäudeklasse kostenwirksam, Einfamilienhäuser der Baualtersklasse 1979-1994. Es ist bemerkenswert, dass sich die „sonstigen Sektoren“, Nichtwohngebäude und Mehrfamilienhäuser 1979-1994, nur knapp über der x-Achse befinden, d.h. ein leichter Anstieg der Unterstützung (z.B. Fördermittel) für diese Gebäudekategorien könnte den Umfang der kostenwirksamen Einsparungen drastisch erhöhen. Auf alle Fälle würde durch einen Bündelungsansatz das gesamte Einsparpotential erreicht werden und es ergäbe sich trotzdem noch ein hoher Überschuss.

Abbildung 20: ESKK – Szenario Hohe Energiepreise



<sup>41</sup> <http://www.imf.org/external/pubs/ft/survey/so/2015/NEW070215A.htm>

**Tabelle 10: Ersparnisse – Szenario Hohe Energiepreise**

Förderung	Transaktionskosten	Diskontierungsrate	Kostensenkung bis 2030	Energiepreisanstieg bis 2030
Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Hoch
10-25%	5%	4%	6-25%	2,6% jährlich (entspricht 50% Gesamtanstieg)

Alle Gebäudekategorien	Ohne Zusatznutzen	Mit Zusatznutzen
Energieeinsparungen (TWh/Jahr)	163	165
Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)	3,8	5,1
Gesamtinvestitionen (Mrd. Euro)	361	375
...davon Fördermittel (Mrd. Euro)	65	69

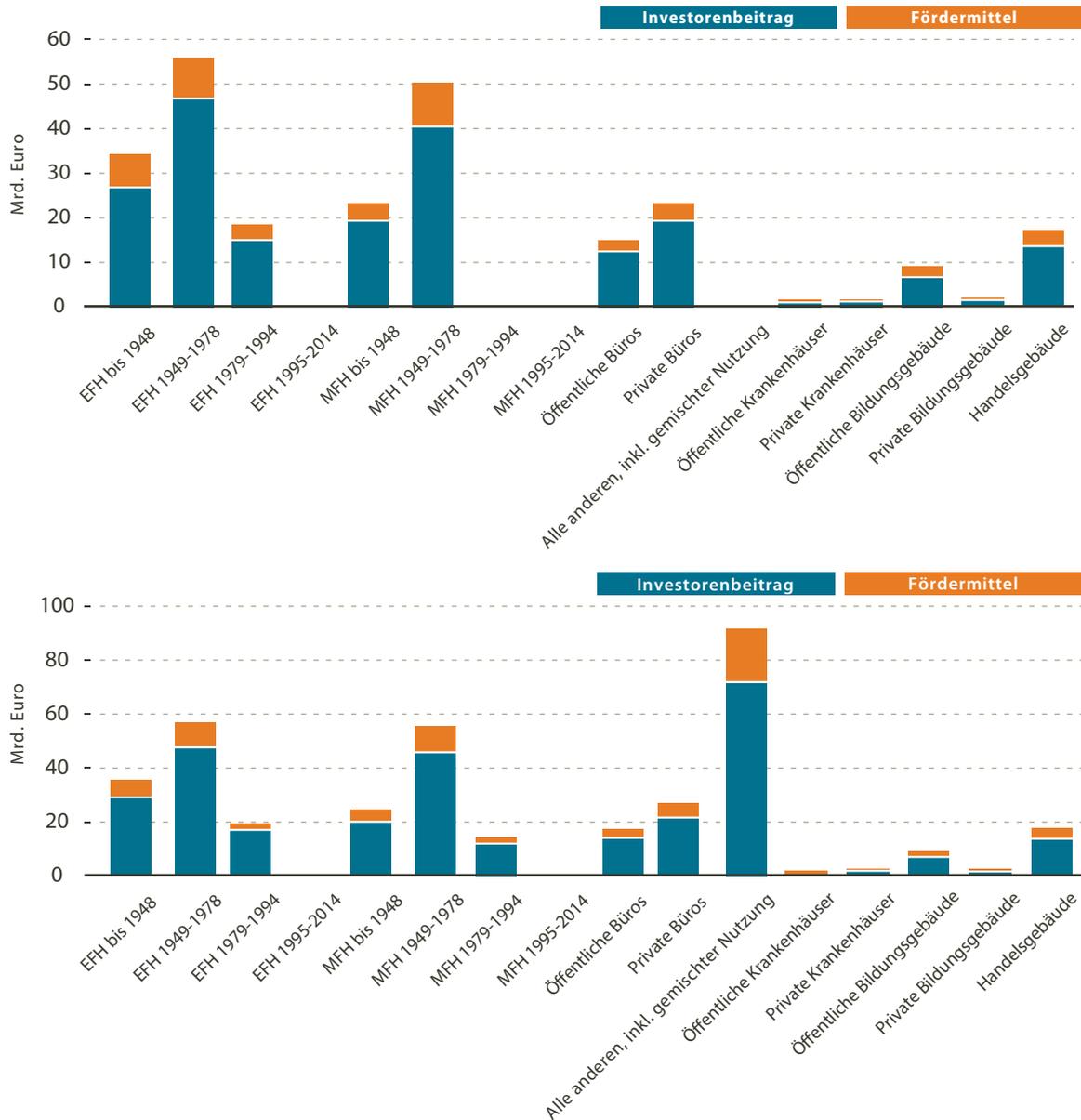
Kostenwirksame Gebäudekategorien	Ohne Zusatznutzen	Mit Zusatznutzen
Energieeinsparungen (TWh/Jahr)	125	160
Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)	4,1	5,3
Gesamtinvestitionen (Mrd. Euro)	242	360
...davon Fördermittel (Mrd. Euro)	44	68

### Analyse für den Fall kostenwirksamer Gebäudekategorien

Die drei untenstehenden Abbildungen zeigen:

- (Abbildung 21) Kostenwirksame Investitionen werden nun für 12 der 16 Sektoren ausgelöst und steigen auf 14, wenn der Zusatznutzen berücksichtigt wird.
- (Abbildung 22) Die durchschnittliche Sanierungstiefe ähnelt dem Szenario Hohe Förderung, wobei die tiefgehendste Sanierung für 80% der Nichtwohngebäude und 40% der Wohngebäude kostenwirksam ist.
- (Abbildung 23) Das Hinzukommen der Einfamilienhäuser (1979-1994) bedeutet, dass ein wenig mehr Bruttogrundfläche saniert wird als im Szenario Hohe Förderung. Bezieht man den Zusatznutzen mit ein, dann werden zwei bedeutende Gebäudekategorien kostenwirksam: Mehrfamilienhäuser (1979-1994) und die Kategorie „sonstige Nichtwohngebäude“.

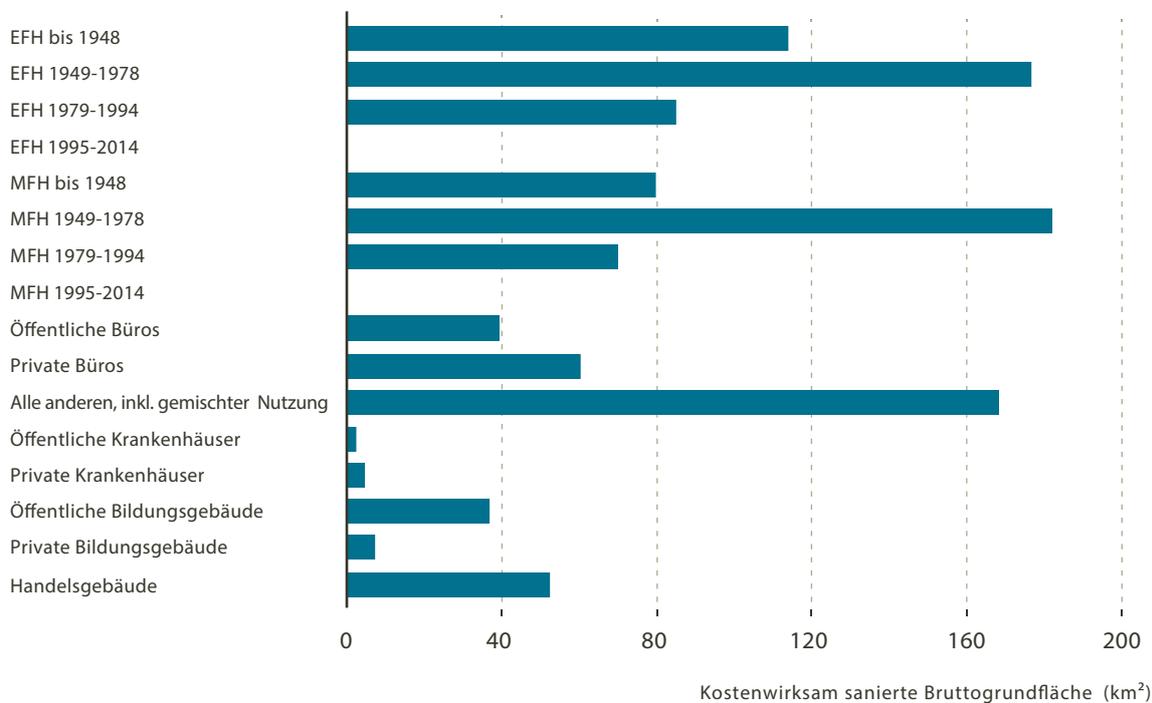
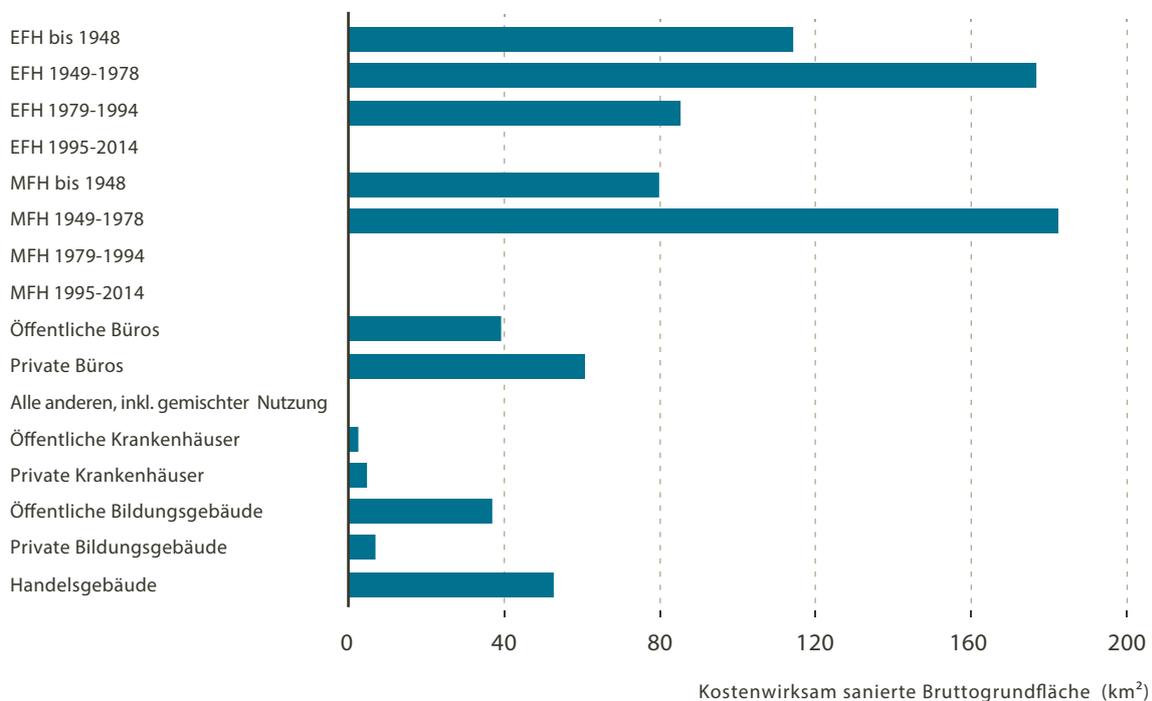
**Abbildung 21: Investition in kostenwirksame Gebäudesektoren (oben: ohne Zusatznutzen; unten: mit Zusatznutzen) – Szenario Hohe Energiepreise**



**Abbildung 22: Durchschnittliche Sanierungstiefe (links: ohne Zusatznutzen; rechts: mit Zusatznutzen) – Szenario Hohe Energiepreise**



**Abbildung 23: Kostenwirksam sanierte Bruttogrundfläche (oben: ohne Zusatznutzen; unten: mit Zusatznutzen) – Szenario Hohe Energiepreise**



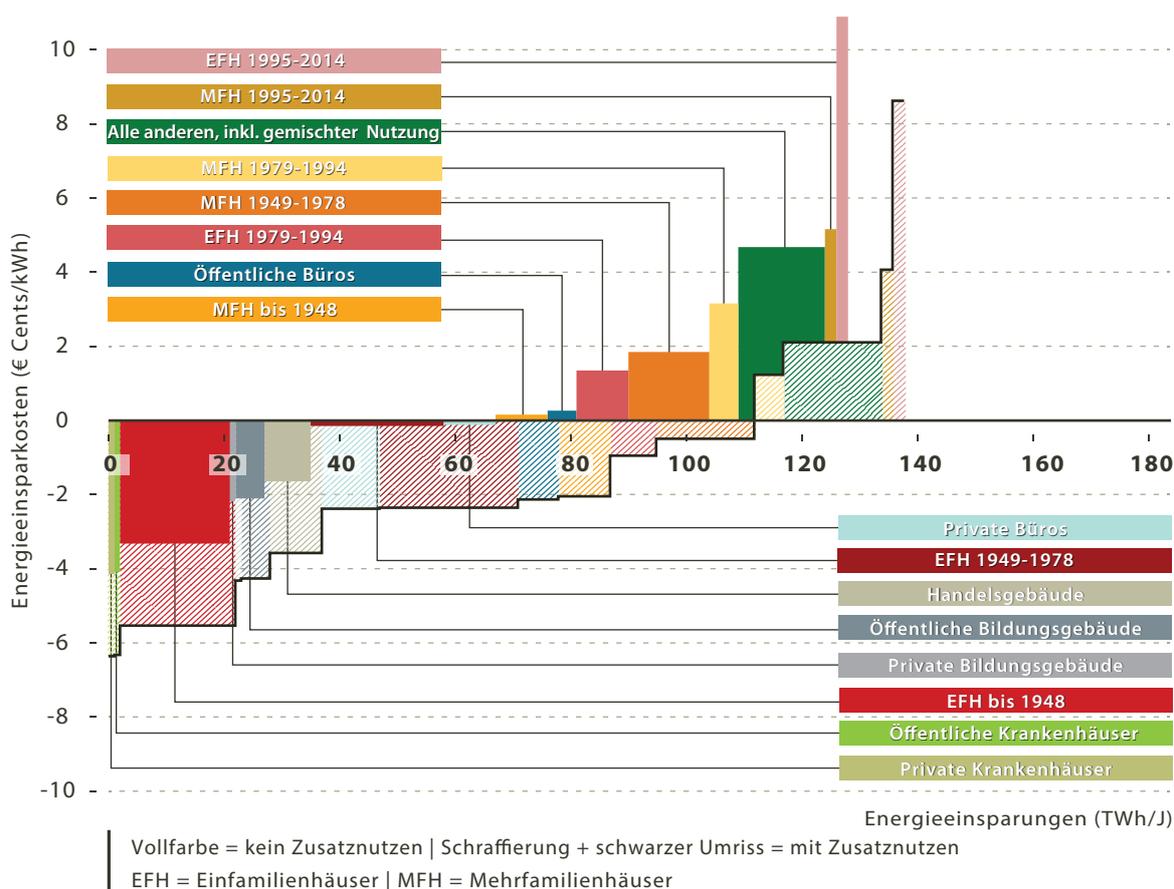
## Szenario 4: Weiche Maßnahmen

In diesem Szenario wurden die Fördermittel herausgenommen und stattdessen die vorteilhaftesten Bedingungen angenommen für die Variablen Transaktionskosten, Lernkurve und Diskontierungsrate. In der praktischen Umsetzung bedeutet das:

- Den Prozess der Planung und Finanzierung von Sanierungsmaßnahmen zu vereinfachen;
- Eine beschleunigte Kostenersparnis durch Forschung und Entwicklung; und
- Eine Verringerung der Darlehenskosten.

Unsere Analyse zeigt, dass die kombinierten Auswirkungen dieser Maßnahmen allgemein nicht so attraktiv für Investoren sind wie die gegenwärtige Situation mit den vorhandenen Fördermitteln (Business-As-Usual-Szenario). Für die meisten Parameter (Kostenersparnis, kostenwirksame Maßnahmen usw.) stellt dieses Szenario weniger attraktive Bedingungen für Energieeinsparungen her als das Business-As-Usual-Szenario, mit Ausnahme eines leichten Anstiegs der kostenwirksamen Energieeinsparungen, von 60 TWh/Jahr bei Business As Usual auf 68 TWh/Jahr in diesem Szenario Weiche Maßnahmen.

Abbildung 24: ESKK – Szenario Weiche Maßnahmen



**Tabelle 11: Einsparungen – Szenario Weiche Maßnahmen**

Förderung	Transaktionskosten	Diskontierungsrate	Kostensenkung bis 2030	Energiepreisanstieg bis 2030
Null	Niedrig	Niedrig	Hoch	Mittel
0%	2,5%	2%	9-38%	1,1% jährlich (entspricht 19% Gesamtanstieg)

Alle Gebäudekategorien	Ohne Zusatznutzen	Mit Zusatznutzen
Energieeinsparungen (TWh/Jahr)	129	139
Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)	-0,7	2,4
Gesamtinvestitionen (Mrd. Euro)	216	232
...davon Fördermittel (Mrd. Euro)	-	-

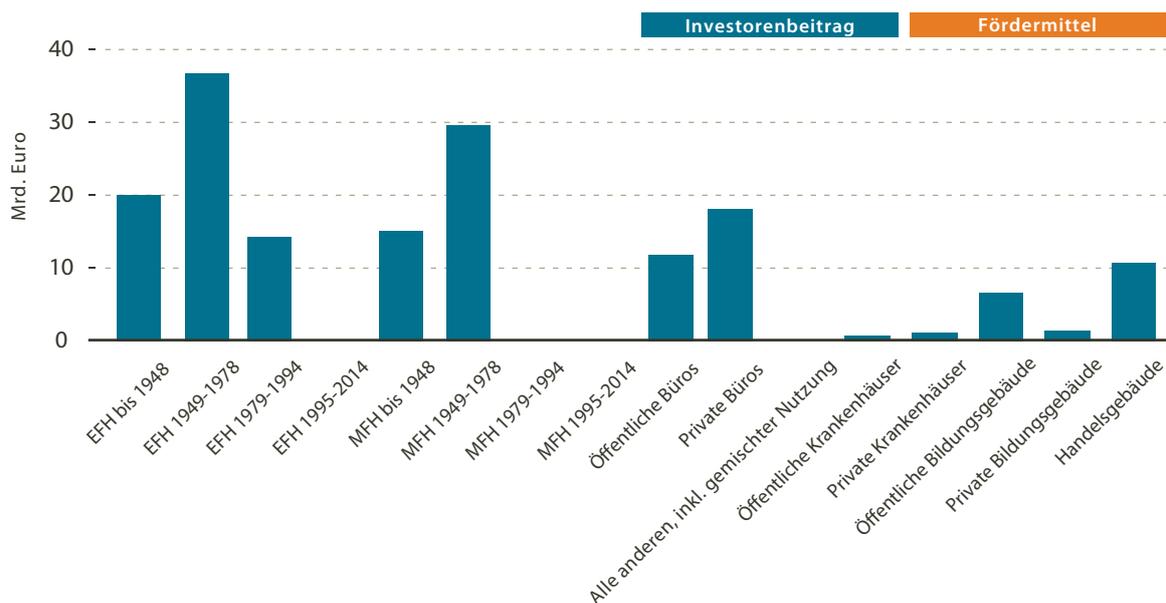
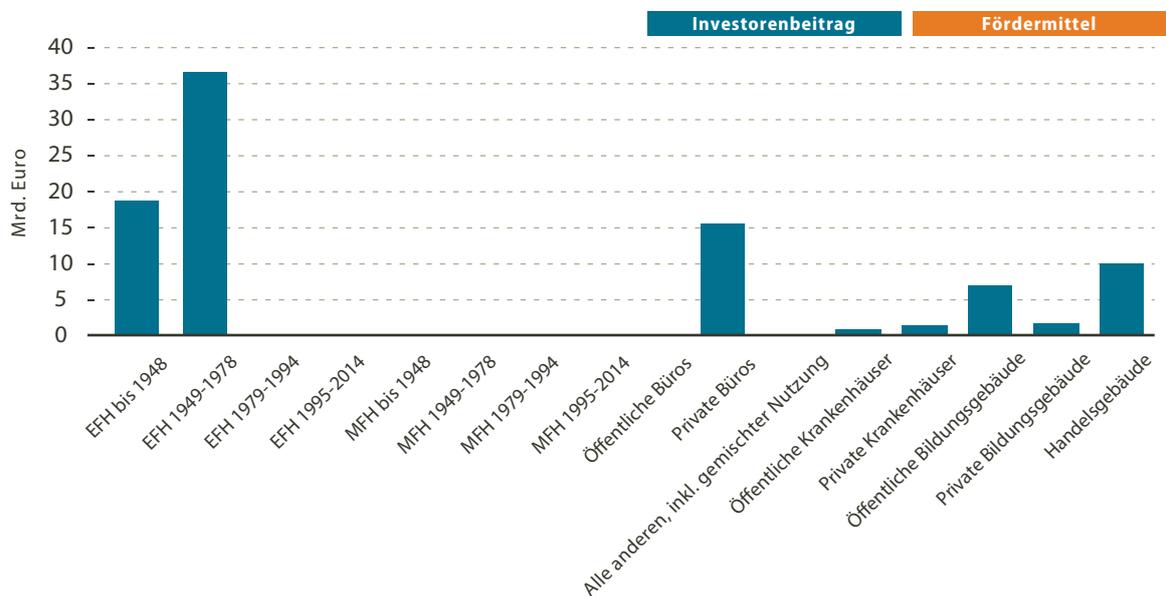
Kostenwirksame Gebäudekategorien	Ohne Zusatznutzen	Mit Zusatznutzen
Energieeinsparungen (TWh/Jahr)	68	112
Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)	0,9	3,1
Gesamtinvestitionen (Mrd. Euro)	89	168
...davon Fördermittel (Mrd. Euro)	-	-

**Analyse für den Fall kostenwirksamer Gebäudekategorien**

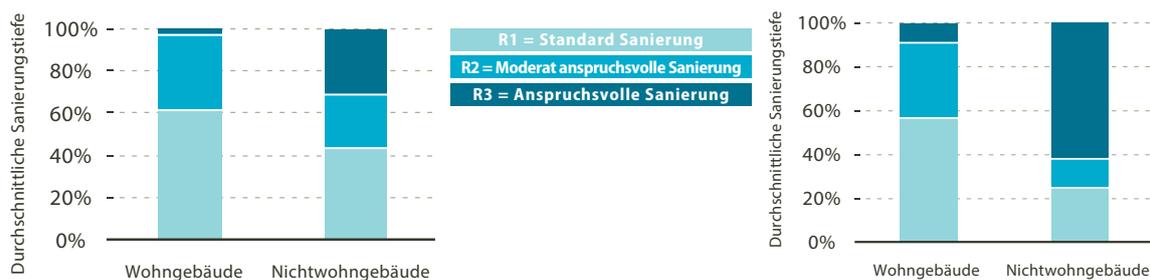
Die drei untenstehenden Abbildungen zeigen:

- (Abbildung 25) Im Gegensatz zu den anderen Szenarien ist im Investitionsdiagramm keine Förderung enthalten. Acht der 16 Gebäudekategorien sind kostenwirksam, aber die einzige Kategorie, in der kostenwirksame Investitionen ausgelöst werden, ist die der vor 1978 erbauten Einfamilienhäuser. Zieht man den Zusatznutzen hinzu, werden vier weitere wesentliche Gebäudekategorien kostenwirksam.
- (Abbildung 26) Die Sanierungstiefe ist die niedrigste aller fünf Szenarien. Nur rund 5% der Wohngebäude und 30% der Nichtwohngebäude ziehen die anspruchsvollste Sanierungstiefe (R3) an. Mit Zusatznutzen verdoppelt sich der Anteil der R3 Renovierungen jedoch nahezu.
- (Abbildung 27) Die Bruttogrundfläche, die auf kostenwirksame Art und Weise renoviert werden könnte, ist etwas größer als im Business-As-Usual-Szenario, weil die bis 1948 gebauten Mehrfamilienhäuser durch die viel größere Kategorie der zwischen 1949-1978 errichteten Einfamilienhäuser ersetzt werden. Das zeigt, dass weiche Maßnahmen ein wichtiges Instrument sind, um Sanierungsaktivitäten auszulösen, selbst wenn der unmittelbare finanzielle Anreiz einer Förderung fehlt.

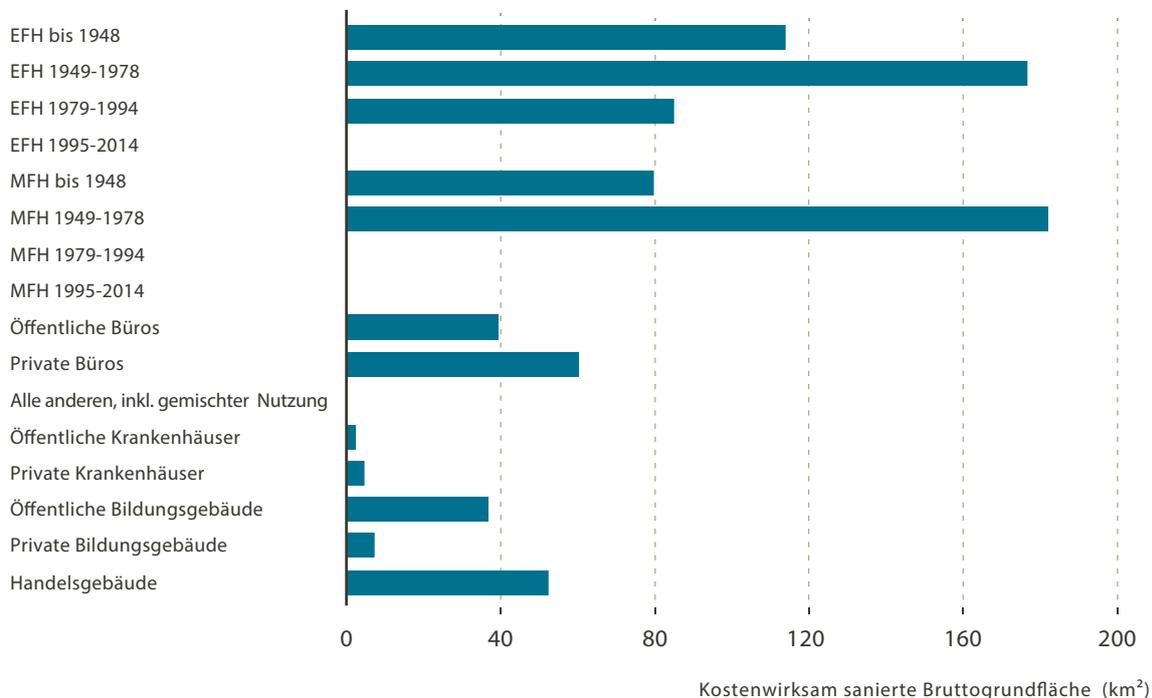
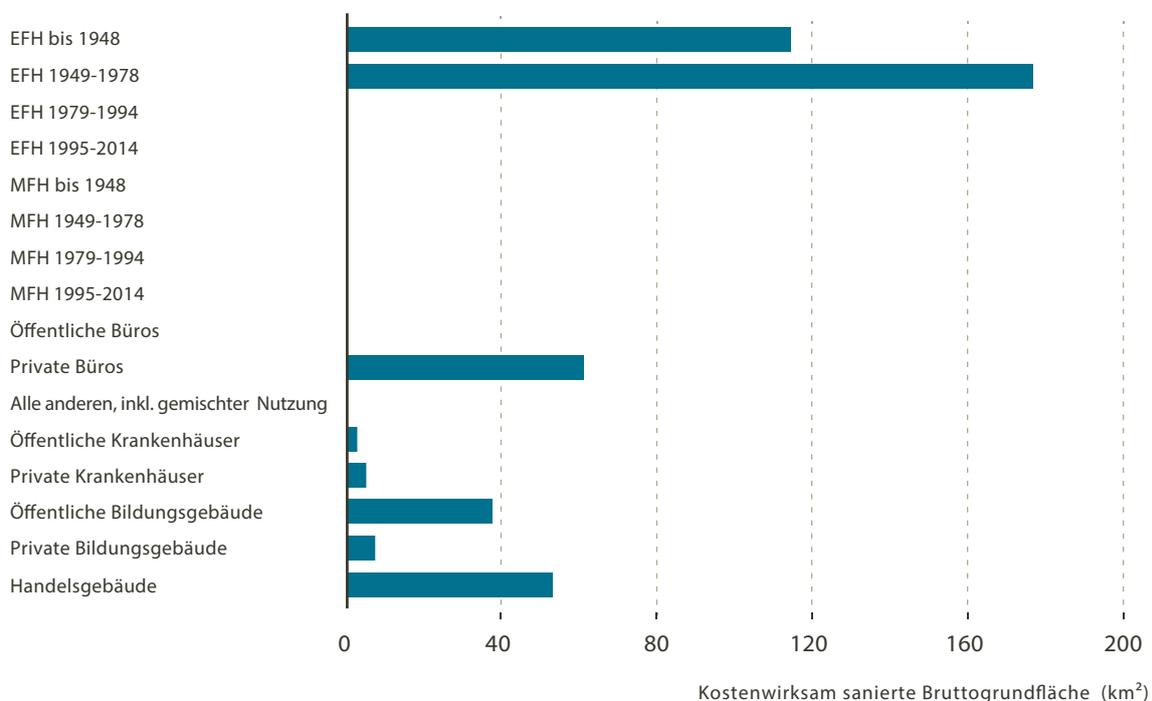
**Abbildung 25: Investition in kostenwirksame Gebäudesektoren (oben: ohne Zusatznutzen; unten: mit Zusatznutzen) – Szenario Weiche Maßnahmen**



**Abbildung 26: Durchschnittliche Sanierungstiefe (links: ohne Zusatznutzen; rechts: mit Zusatznutzen) – Szenario Weiche Maßnahmen**



**Abbildung 27: Kostenwirksam sanierte Bruttogrundfläche (oben: ohne Zusatznutzen; unten: mit Zusatznutzen) – Szenario Weiche Maßnahmen**

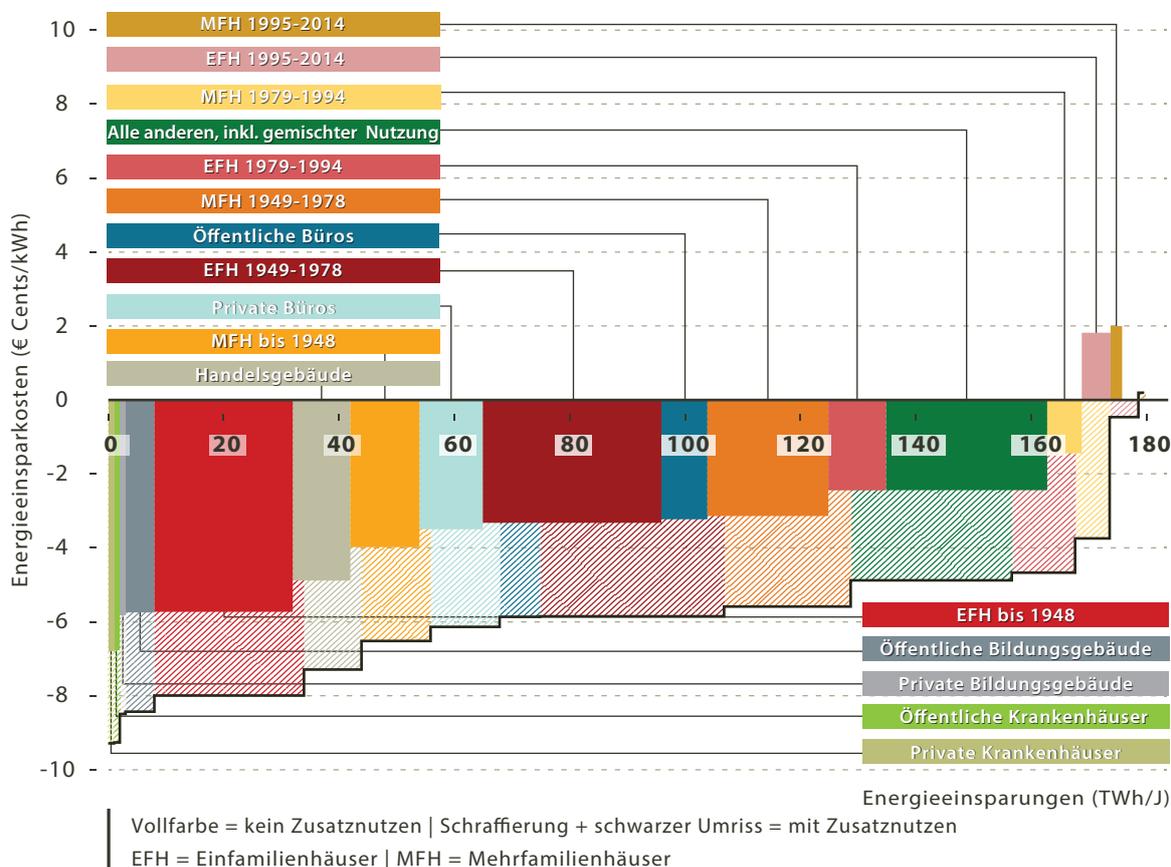


## Szenario 5: Best Case

Das Best-Case-Szenario kombiniert hohe Fördermittel, hohe Energiepreise und das Paket weicher Maßnahmen, um die bestmöglichen wirtschaftlichen Bedingungen für Gebäudesanierungen zu schaffen. Wie zu erwarten war führt diese Kombination an politischen Maßnahmen zu den höchsten Ersparnissen aller Szenarien, wobei alle außer zwei kleinen Gebäudekategorien kostenwirksam sind. Jene zwei, die nicht kostenwirksam werden, sind die neuesten Wohngebäude (EFH und MFH), die seit 1995 errichtet wurden – diese Gebäude sollten sowieso vor 2030 keiner großen Renovierung bedürfen, weil sie bis dahin maximal 35 Jahre alt sein werden.

Unter Ausschluss dieser zwei Kategorien würden in diesem Szenario Gesamtenergieeinsparungen von 170 TWh/Jahr erreicht werden, was einen Gewinn von €6,2 Mrd. mit sich brächte, der unter Einbeziehung des Komfort-Zusatznutzens auf €10,7 Mrd. steigen würde.

Abbildung 28: ESKK – Best-Case-Szenario



**Tabelle 12: Einsparungen – Best-Case-Szenario**

Förderung	Transaktionskosten	Diskontierungsrate	Kostensenkung bis 2030	Energiepreisanstieg bis 2030
Hoch	Niedrig	Niedrig	Hoch	Hoch
20-40%	2,5%	2%	9-38%	2,6% jährlich (entspricht 50% Gesamtanstieg)

Alle Gebäudekategorien	Ohne Zusatznutzen	Mit Zusatznutzen
Energieeinsparungen (TWh/Jahr)	176	181
Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)	6,1	10,7
Gesamtinvestitionen (Mrd. Euro)	448	489
...davon Fördermittel (Mrd. Euro)	120	132

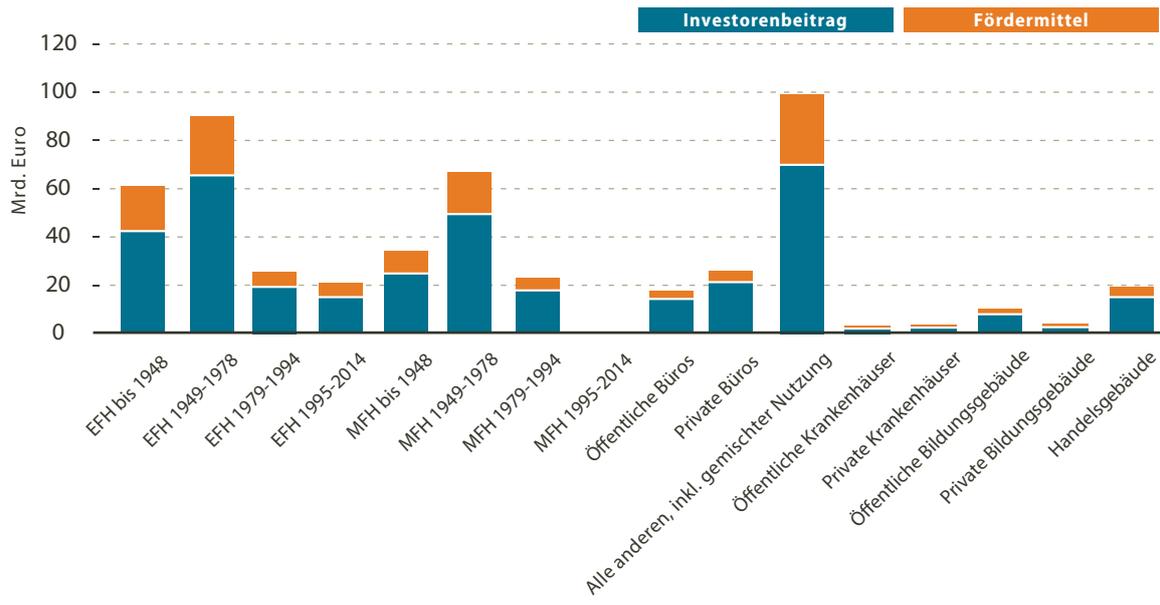
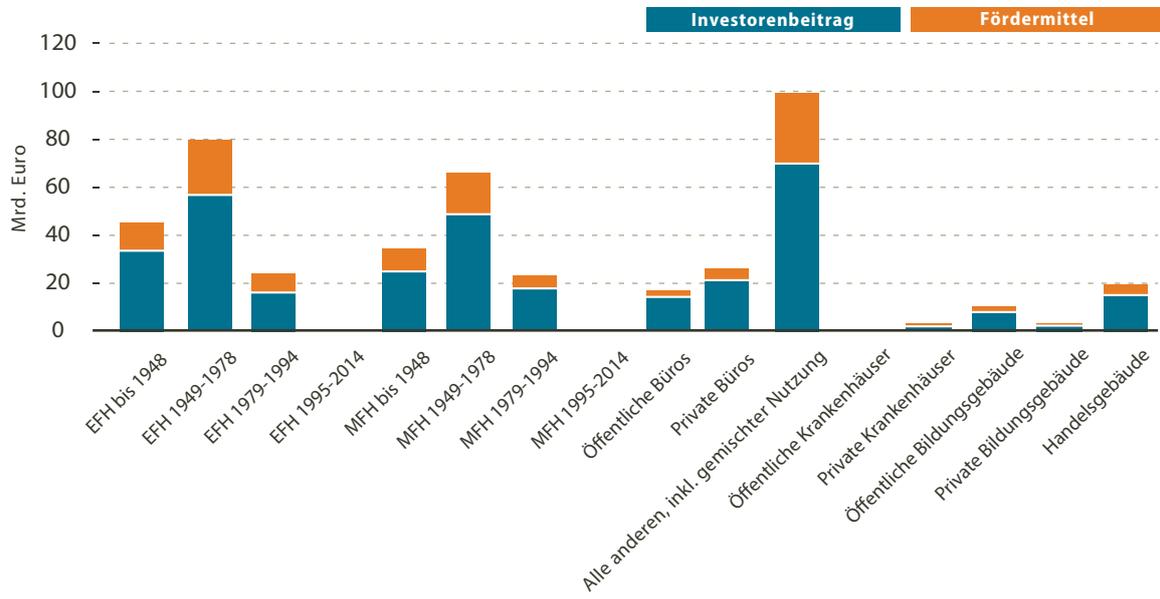
Kostenwirksame Gebäudekategorien	Ohne Zusatznutzen	Mit Zusatznutzen
Energieeinsparungen (TWh/Jahr)	170	179
Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)	6,2	10,7
Gesamtinvestitionen (Mrd. Euro)	427	484
...davon Fördermittel (Mrd. Euro)	114	131

### Analyse für den Fall kostenwirksamer Gebäudekategorien

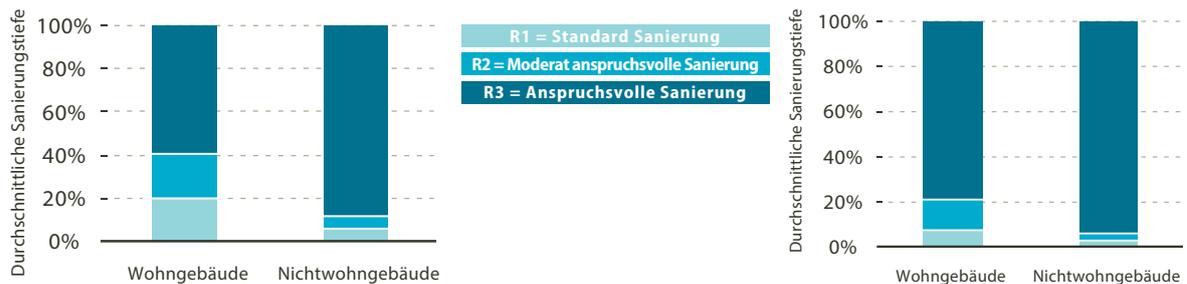
Die drei untenstehenden Abbildungen zeigen:

- (Abbildung 29) Kostenwirksame Investitionen werden für 14 der 16 Gebäudekategorien ausgelöst, wobei nur der neueste Wohngebäudebestand (EFH und MFH 1995-2014) nicht enthalten ist. Fügt man den Wert des Zusatznutzens hinzu, dann werden die EFH 1995-2014 kostenwirksam.
- (Abbildung 30) Anspruchsvolle Sanierungen überwiegen, wodurch 90% des Nichtwohngebäudebestands und 60% des Wohngebäudebestands R3 erreichen, ansteigend auf 80% unter Einbeziehung des Zusatznutzens.
- (Abbildung 31) Dieses Szenario liefert das höchste Niveau an Renovierungsaktivitäten für eine große Bandbreite an Gebäudekategorien. Insgesamt würden in diesem Szenario über eine Milliarde m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche bis 2030 kostenwirksam saniert werden. Wenn der Zusatznutzen der Analyse hinzugefügt wird, bleiben nur die MFH 1995-2014 außen vor.

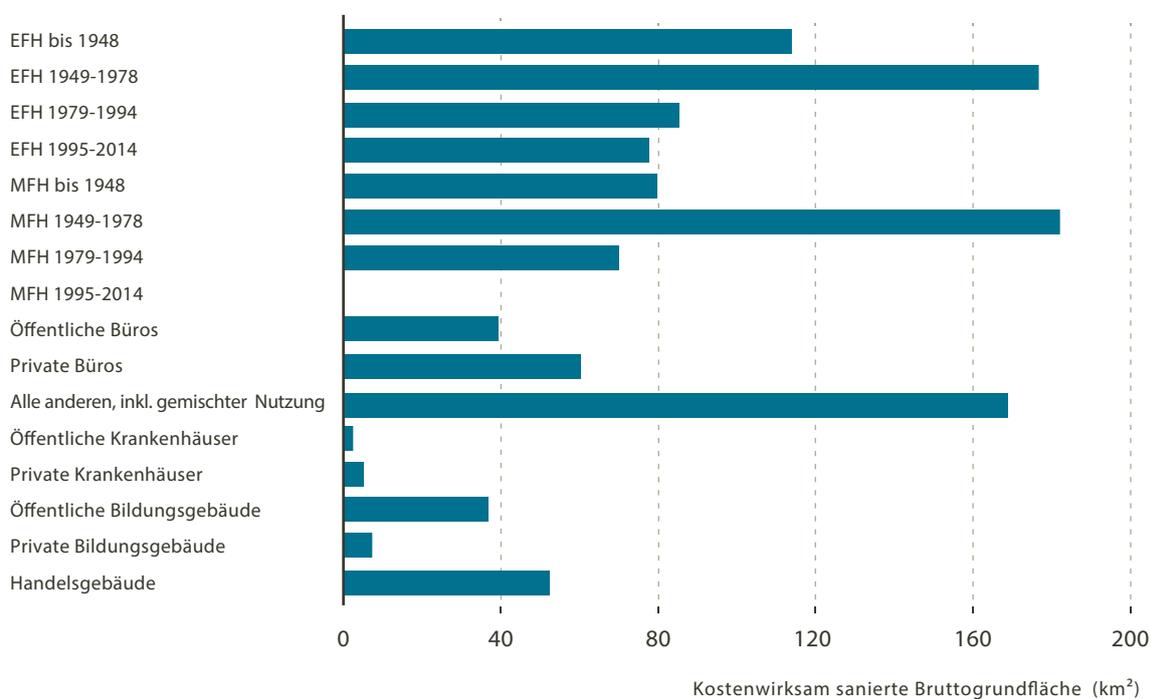
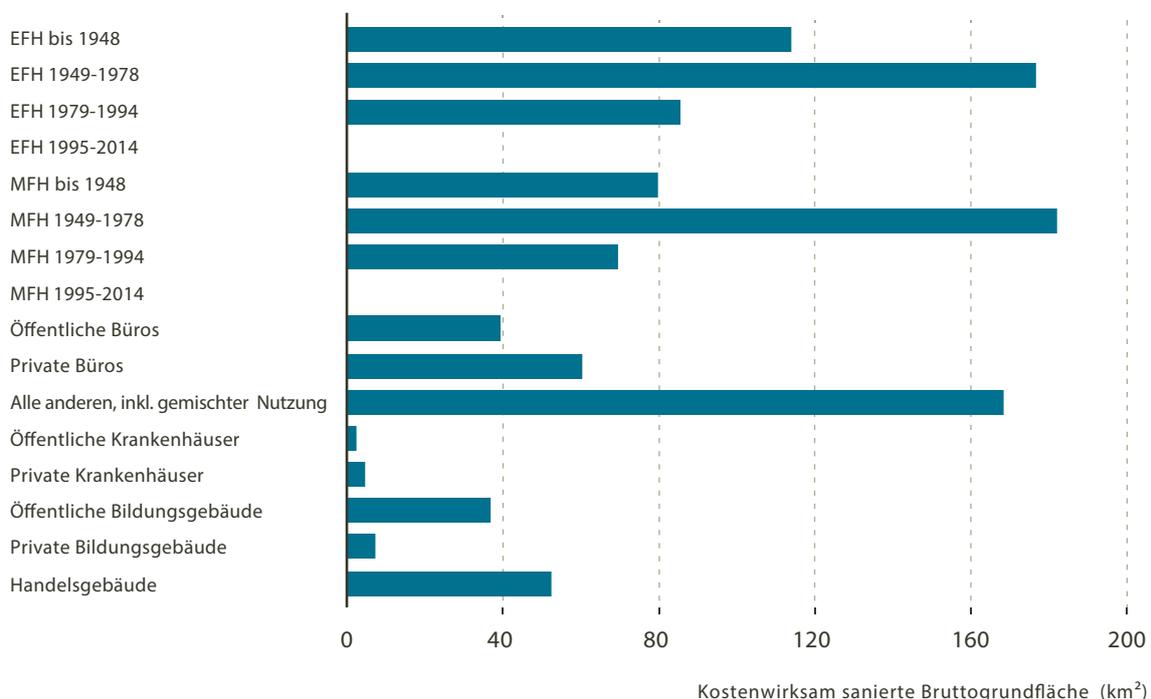
**Abbildung 29: Investition in kostenwirksame Gebäudesektoren (oben: ohne Zusatznutzen; unten: mit Zusatznutzen) – Best-Case-Szenario**



**Abbildung 30: Durchschnittliche Sanierungstiefe (links: ohne Zusatznutzen; rechts: mit Zusatznutzen) – Best-Case-Szenario**



**Abbildung 31: Kostenwirksam sanierte Bruttogrundfläche (oben: ohne Zusatznutzen; unten: mit Zusatznutzen) – Best-Case-Szenario**



## Vergleich aller Szenarien

Die untenstehenden Graphiken stellen den Verlauf der ESKK-Diagramme für die oben beschriebenen fünf Szenarien vor. Das Diagramm auf der linken Seite enthält den Komfort-Zusatznutzen nicht, wohingegen er in demjenigen rechts berücksichtigt wurde. Während diese Form der Visualisierung keine Unterscheidung der unterschiedlichen Gebäudekategorien ermöglicht, kann man die analysierten Szenarien schnell vergleichen.

Je weiter unten eine Kurve platziert ist, desto kostenwirksamer ist das Szenario, und je mehr sich die Kurve nach rechts zieht, desto größer sind die erreichten Energieeinsparungen. Es ist ersichtlich, dass der Verlass auf ausschließlich weiche Maßnahmen (hellviolett), ohne Förderungen, eine allgemein weniger interessante Option als Business As Usual (blau) wäre, auch wenn das Szenario Weiche Maßnahmen etwas höhere kostenwirksame Einsparungen produziert und entsprechend kostenwirksames Potential für sanierte Bruttogrundfläche in sich birgt.

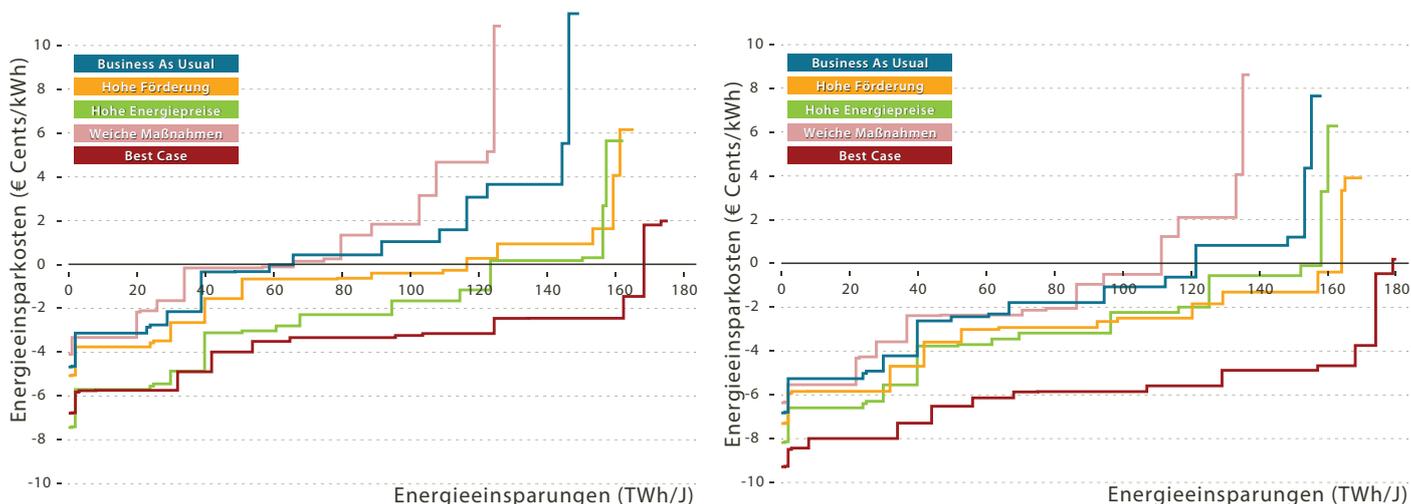
Die Anwendung von entweder hohen Fördermitteln (orange) oder hohen Energiepreisen hat beträchtliche Auswirkungen und macht die meisten Gebäudekategorien kostenwirksam. Von diesen beiden hat der Hebel Energiepreis größere Auswirkungen auf die Kostenwirksamkeit, auch wenn die sich daraus ergebenden kostenwirksamen Energieeinsparungen ähnlich sind.

Wie erwartet bietet das Best-Case-Szenario (rot) sowohl die höchste wirtschaftliche Rendite als auch die höchsten Energieeinsparungen für Investoren.

Die Auswirkungen, die sich ergeben, wenn der Komfort-Zusatznutzen berücksichtigt wird, sind im Diagramm rechts sofort erkennbar, da sich alle Kurven nach unten und nach rechts verschieben.

Die in den einzelnen Szenarien verwendeten wirtschaftlichen Parameter werden in Tabelle 13 dargestellt.

**Abbildung 32: Vergleich aller Szenarien (links: ohne Zusatznutzen; rechts: mit Zusatznutzen)**



**Tabelle 13: Wirtschaftliche Parameter, die in den Szenarien verwendet wurden**

	Förderung	Transaktionskosten	Diskontierungsrate	Kostensenkung bis 2030	Energiepreisanstieg bis 2030
<b>Business As Usual</b>	10-25%	5%	4%	6-25%	1,1% jährlich (entspricht 19% Gesamtanstieg)
<b>Hohe Förderung</b>	20-40%	5%	4%	6-25%	1,1% jährlich (entspricht 19% Gesamtanstieg)
<b>Hohe Energiepreise</b>	10-25%	5%	4%	6-25%	2,6% jährlich (entspricht 50% Gesamtanstieg)
<b>Weiche Maßnahmen</b>	0%	2,5%	2%	9-38%	1,1% jährlich (entspricht 19% Gesamtanstieg)
<b>Best Case</b>	20-40%	2,5%	2%	9-38%	2,6% jährlich (entspricht 50% Gesamtanstieg)

Die folgenden Tabellen enthalten eine Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse, um einen Vergleich zwischen allen Szenarien zu ermöglichen und die Wirkung der Einbeziehung des Zusatznutzens zu zeigen. Das erste Tabellenpaar (blau) zeigt alle Gebäudekategorien, die orangenen Tabellen darunter nur die kostenwirksamen Gebäudekategorien.

Am besten sind die Auswirkungen des Zusatznutzens im Business-As-Usual-Szenario und im Szenario Weiche Maßnahmen zu betrachten, wo das finanzielle Gesamtergebnis für alle Gebäudekategorien vom negativen in den positiven Bereich übergeht. Die Auswirkungen der Einbeziehung des Zusatznutzens sind bei den kostenwirksamen Ergebnissen (in orange) sogar noch ausgeprägter, mit mehr als einer Verdoppelung der Investitionen und der sich daraus ergebenden Energieeinsparungen bei Business As Usual.

**Tabelle 14: Finanzielle und Endenergiedaten – alle Gebäudekategorien**

OHNE ZUSATZNUTZEN					
	Business As Usual	Hohe Förderung	Hohe Energiepreise	Weiche Maßnahmen	Best Case
<b>Gesamtenergieeinsparungen (TWh/J)</b>	150	167	163	129	176
<b>Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)</b>	-0,8	1,2	3,8	-0,7	6,1
<b>Investitionen (Mrd. Euro)</b>	304	405	361	216	448
<b>...davon Fördermittel (Mrd. Euro)</b>	50	106	65	0	120
<b>Fördermittel in % der Gesamtinvestition</b>	16,4%	26,2%	18,0%	0,0%	26,8%

MIT ZUSATZNUTZEN					
	Business As Usual	Hohe Förderung	Hohe Energiepreise	Weiche Maßnahmen	Best Case
Gesamtenergieeinsparungen (TWh/J)	160	171	165	139	181
Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)	2,8	5,0	5,1	2,4	10,7
Investitionen (Mrd. Euro)	352	445	375	232	489
...davon Fördermittel (Mrd. Euro)	65	117	69	0	132
Fördermittel in % der Gesamtinvestition	18,3%	26,3%	18,4%	0,0%	27,0%

**Tabelle 15: Finanzielle und Endenergiedaten – kostenwirksame Gebäudekategorien**

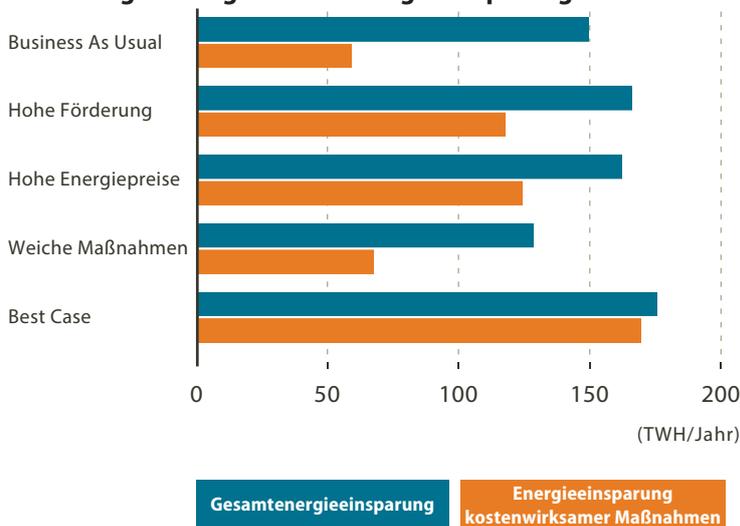
OHNE ZUSATZNUTZEN					
	Business As Usual	Hohe Förderung	Hohe Energiepreise	Weiche Maßnahmen	Best Case
Gesamtenergieeinsparungen (TWh/J)	60	118	125	68	170
Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)	1,2	1,9	4,1	0,9	6,2
Investitionen (Mrd. Euro)	97	254	242	89	427
...davon Fördermittel (Mrd. Euro)	19	65	44	0	114
Fördermittel in % der Gesamtinvestition	19,3%	25,6%	18,2%	0,0%	26,7%

MIT ZUSATZNUTZEN					
	Business As Usual	Hohe Förderung	Hohe Energiepreise	Weiche Maßnahmen	Best Case
Gesamtenergieeinsparungen (TWh/J)	122	165	160	112	180
Finanzielle Nettoeinsparungen (Mrd. Euro)	2,8	5,0	5,1	2,4	10,7
Investitionen (Mrd. Euro)	235	426	360	168	484
...davon Fördermittel (Mrd. Euro)	41	113	68	0	131
Fördermittel in % der Gesamtinvestition	17,4%	26,4%	18,9%	0,0%	27,1%

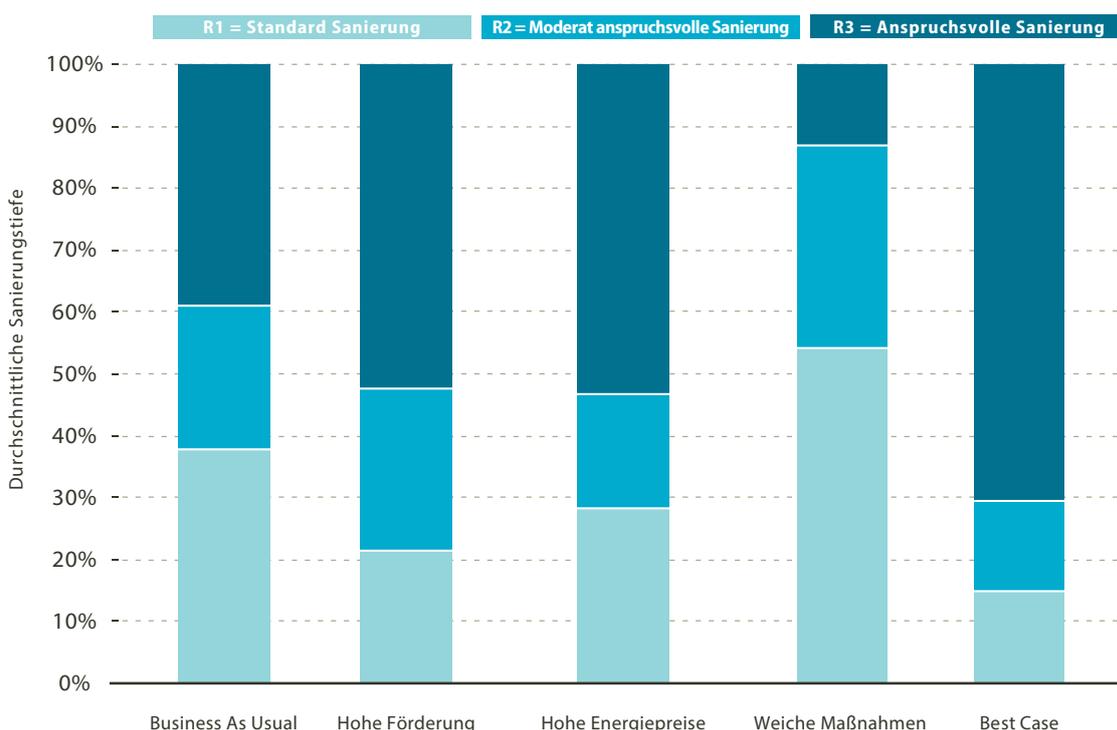
Wie bereits angesprochen erzeugen die zwei Szenarien Weiche Maßnahmen und Business As Usual die geringste Wirkung. Hohe Energiepreise und Hohe Förderung führen allgemein zu erheblichen Verbesserungen, während das attraktivste Szenario, Best Case, zeigt, was erreicht werden könnte, wenn die Marktbedingungen zugunsten tiefgehender Sanierungen verändert werden würden.

Ein Vergleich der Energieeinsparungen in allen fünf Szenarien wird in Abbildung 33 gezogen. Die Gesamtenergieeinsparungen (blauer Balken) variieren für alle Szenarien, da die ausgelöste Sanierungstiefe (R1, R2 oder R3) von der Kostenberechnung abhängt. Unter günstigeren wirtschaftlichen Bedingungen (d.h. Hohe Förderung, Hohe Energiepreise oder Best Case) tritt eine Verschiebung in Richtung der anspruchsvollsten Sanierungstiefe R3 ein. Das wird in Abbildung 34 dargestellt. Diese Abbildung zeigt auch klar auf, dass es eine verpasste Gelegenheit hinsichtlich der Einsparungen wäre, wenn die vorherrschenden wirtschaftlichen Bedingungen, wie im Business-As-Usual-Szenario simuliert, andauerten. Weniger als die Hälfte der potenziellen Einsparungen ist derzeit wirtschaftlich.

**Abbildung 33: Vergleich der Energieeinsparungen in allen fünf Szenarien**



**Abbildung 34: Vergleich der sich daraus ergebenden Sanierungstiefen für alle fünf Szenarien (kostenwirksame Gebäudekategorien)**



Wie erwartet steht das Investitionsniveau in enger Beziehung zu den Energieeinsparungen. Abbildung 35 stellt die Investitionsanforderungen und die damit einhergehenden Beiträge an Fördermitteln unter der Annahme dar, dass Investoren nur in die Sanierung der kostenwirksamen Gebäudekategorien investieren. Wie zuvor erwähnt nehmen die Investitionen (und Energieeinsparungen) deutlich zu, wenn der Zusatznutzen eingeschlossen oder ein Bündelungsansatz verfolgt wird.

**Abbildung 35: Vergleich der benötigten Investitionen und Fördermittel für die fünf Szenarien (kostenwirksame Gebäudekategorien)**

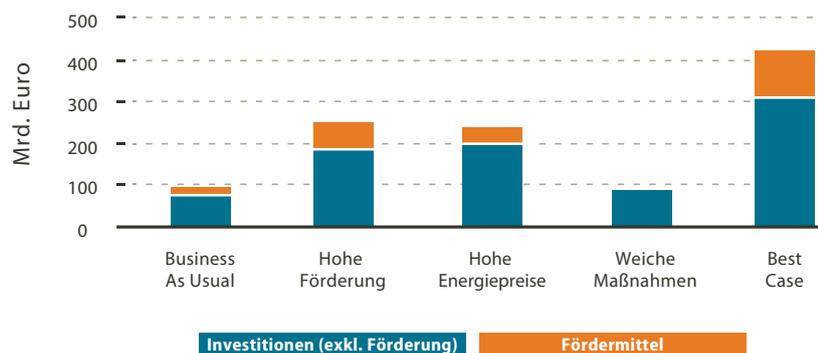


Abbildung 36 vergleicht die unter den fünf Szenarien sanierte Bruttogrundfläche und zeigt deren großen Anstieg, der durch Einbeziehung des Zusatznutzens in die wirtschaftliche Bewertung erreicht werden kann.

**Abbildung 36: Vergleich des Sanierungsumfangs für alle fünf Szenarien (kostenwirksame Gebäudekategorien)**

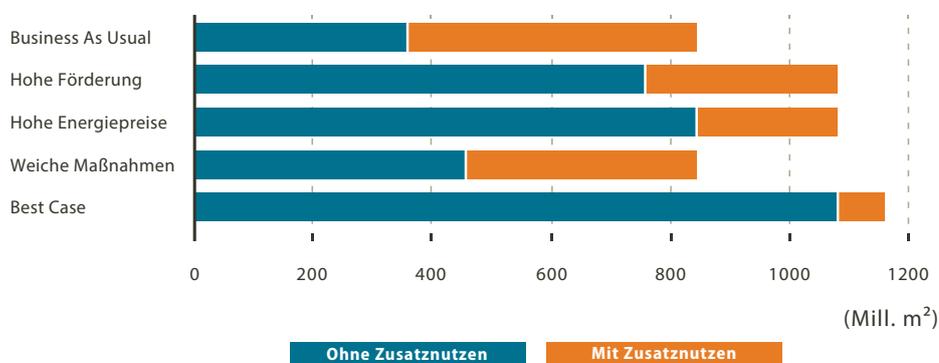
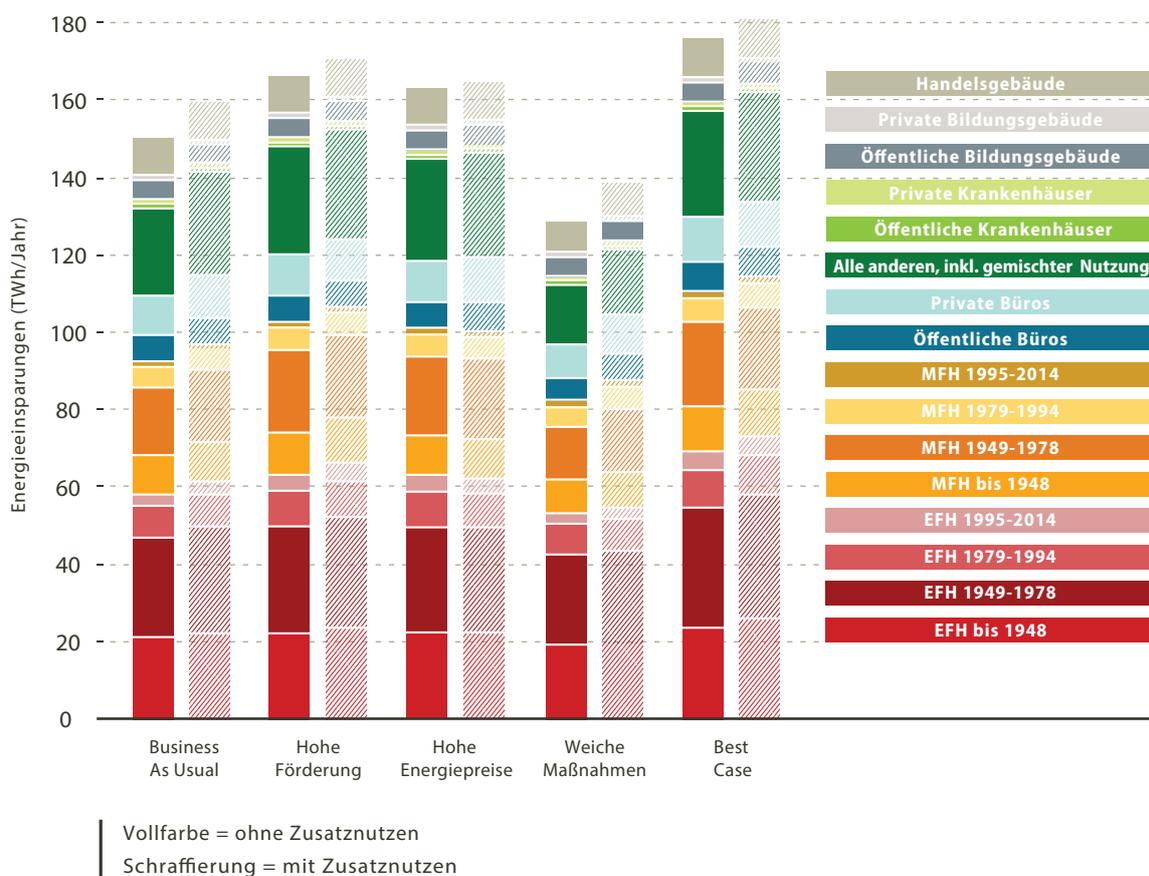


Abbildung 37 vergleicht schließlich die Energieeinsparungen pro Gebäudekategorie für die fünf Szenarien, sowohl mit und ohne den Komfort-Zusatznutzen. Die Kategorien mit dem höchsten Energieeinsparpotential sind hauptsächlich Wohngebäude, sowohl Ein- als auch Mehrfamilienhäuser, vor allem die vor 1979 gebauten. Im Nichtwohngebäudebereich steckt das größte Potential in Büro- (sowohl private als auch öffentliche) sowie Handelsgebäuden. Angesichts der erheblichen Heterogenität im Nichtwohngebäudesektor gibt es zudem eine große Kategorie „sonstiger“ Gebäude (dunkelgrüner Balken), welche Lagerhallen, Verkehrseinrichtungen, Fabriken, Restaurants und vieles andere umfassen.

**Abbildung 37: Energieeinsparungen aller Gebäudekategorien nach Szenario (TWh/Jahr)**



## 4 DISKUSSION

Es ist ein wesentlicher Teil des Entscheidungsprozesses für politische Entscheidungsträger zu verstehen, welche wirtschaftlichen Hebel für potenzielle Investoren die größten Auswirkungen auf kostenwirksame Gebäudesanierungen haben. Die Analyse, welche diesem Bericht zugrunde liegt, liefert die Vergleichsgrundlage für diejenigen Optionen, die eine Optimierung der nationalen Gebäudesanierungsstrategie Deutschlands ermöglichen können.

Die in dieser Studie berücksichtigten wirtschaftlichen Faktoren sind:

- Öffentliche Fördermittel
- Transaktionskosten
- Diskontierungsrate
- Lernkurve und Kostenersparnis
- Energiepreissteigerung
- Der Zusatznutzen erhöhten (Wohn-)Komforts

Durch die Veränderung einer oder mehrerer dieser Parameter kann die theoretische Wirkung politischer Maßnahmen einfach festgestellt werden und zwar in einem leicht zu visualisierenden Format und in einem Ausmaß von Aufschlüsselung nach Gebäudekategorien, das erforderlich ist, um die richtigen politischen Maßnahmen auf die jeweiligen Gebäudeklassen zuzuschneiden. Zum Beispiel sollte die Tatsache, dass die neuesten Wohngebäude, die seit 1995 erbaut wurden, – sowohl Ein- als auch Mehrfamilienhäuser – auch unter dem Best-Case-Szenario (ohne Zusatznutzen) nicht kostenwirksam sind, keinen Anlass zu Bedenken geben, da diese Gebäude zum größten Teil vor 2030 keine Sanierung benötigen sollten.

Zusammenfassend kann allgemein Folgendes festgestellt werden:

- Das Ambitionsniveau der Sanierung wird viel stärker von der Politik als vom Markt beeinflusst. Ohne die richtigen politischen Signale besteht die ernsthafte Gefahr, dass Gebäudeeigentümer und Investoren den Schwerpunkt weiterhin auf oberflächliche Sanierungen setzen und dadurch das volle Energieeinsparpotential, das erreicht werden könnte, tatsächlich ausschließen, was einen Verlust wirtschaftlicher Vorteile für Gebäudeeigentümer und die deutsche Wirtschaft im Ganzen bedeuten würde. Im schlimmsten Fall könnten mehr als die Hälfte der Sanierungen oberflächlich sein, wohingegen im besten Fall mehr als 70% tiefgehend sein könnten.
- Gesamtenergieeinsparungen in der Höhe von 180 TWh/Jahr könnten bis 2030 durch ein dafür zugeschnittenes Programm, das den Schwerpunkt auf tiefgehende Sanierungen setzt, erreicht werden. Das bedeutet rund 16% des aktuellen Energieverbrauchs im Gebäudebestand.
- Nichtwohngebäude sind allgemein kostenwirksamer zu renovieren als Wohngebäude.
- Unter den Wohngebäuden sind jene, die bis 1948 errichtet worden sind, sowohl Ein- als auch Mehrfamilienhäuser, am kostenwirksamsten zu renovieren.
- Das Energieeinsparpotential aller Nichtwohngebäude entspricht weitgehend dem der Einfamilienhäuser aller Baualtersklassen.

- Die Berücksichtigung des Komfort-Zusatznutzens hat wesentliche Auswirkungen auf alle Gebäudesektoren und in allen Szenarien.
- Die am wenigsten kostenwirksam zu sanierenden Gebäudekategorien sind die neueren Wohngebäude, die nach höheren Energieeffizienzstandards gebaut sind. Es ist nicht zu erwarten, dass diese neuen Gebäude im Zeitraum bis 2030 in großer Zahl renoviert werden.
- Die Gesamtinvestitionsanforderungen im Zeitraum bis 2030 variieren deutlich, zwischen €100 Mrd. und €500 Mrd., in Abhängigkeit des Szenarios und davon, ob der Zusatznutzen einbezogen wird und ob alle Gebäude oder nur die kostenwirksamen Sektoren berücksichtigt werden. Das verdeutlicht die Wirkung auf Investitionen – bis zu einem Faktor fünf –, die die Wahl der richtigen politischen Hebel auf den Markt der Gebäudesanierung haben kann.
- Die Einrichtung eines Fonds, der Investitionen mit unterschiedlicher Kostenwirksamkeit bündelt, kann das allgemeine Sanierungsniveau beträchtlich erhöhen.
- Das höchste Niveau an Energieeinsparungen und an finanzieller Rendite für Investoren würde durch eine Kombination von finanziellen/steuerlichen Maßnahmen wie Fördermitteln und Energiepreisen, in Kombination mit weichen Maßnahmen, welche die Kosten für Investoren senken, indem günstigere Marktbedingungen geschaffen werden, erreicht werden.

# 5 EMPFEHLUNGEN

Die Analyse in diesem Bericht zeigt, dass zusätzliche politische Maßnahmen nötig sind, um das volle Energieeinsparpotential im deutschen Gebäudebestand zu heben. Sind die richtigen Marktbedingungen gegeben, kann das kostenwirksame Sanierungspotential mehr als verdoppelt werden. Um dies zu erreichen, haben wir die folgenden Empfehlungen erarbeitet.

## Ein angemessenes strategisches Umfeld schaffen

- Die Gesellschaft profitiert davon, wenn einzelne Gebäudeeigentümer und Investoren Gebäudesanierungsarbeiten durchführen. Es entstehen Arbeitsplätze, die Luftqualität wird verbessert, Gebäude werden gesünder und deren Nutzer produktiver, während die Energiesicherheit gesteigert wird und THG-Emissionen verringert werden. Aus diesen Gründen sollte sich der Fokus der nationalen Politik darauf verlagern, die im Gebäudebestand erreichten Energieeinsparungen durch die Förderung umfassender, tiefgehender Sanierungen zu maximieren. Suboptimale Dämmung oder der Einbau wenig effizienter Gebäudekomponenten und -anlagen begrenzen das Energieeinsparpotential für die absehbare Zukunft erheblich (sogenannter „Lock-in Effekt“) und sind oft teurer, wenn man die Lebensdauer der Maßnahmen berücksichtigt.
- Es sollte ein angemessener politischer Rahmen geschaffen werden, der eine tiefgehende Sanierung des deutschen Gebäudebestands bewirken kann. Dieser sollte die gesamte Bandbreite an Faktoren adressieren, welche zurzeit die Umsetzung einschränken. Im Rahmen der Entwicklung einer nationalen Gebäudesanierungsstrategie sollte daher eine umfassende, ganzheitliche Analyse darüber vorgenommen werden, wie dieser Markt stimuliert werden kann.
- Das Vertrauen der Investoren würde durch die Setzung klarer kurz- und mittelfristiger politischer Ziele innerhalb eines langfristigen Rahmens gestärkt werden, der maximale Investitionssicherheit für Entscheidungen auf dem Immobilienmarkt und dem Markt für energetische Gebäudesanierung garantiert, um das Investitionsrisiko und somit auch die Diskontierungsrate zu senken.

## Die richtigen wirtschaftlichen Signale geben

- Eine der vielen wesentlichen Hürden für einen florierenden Markt ist das Fehlen von ausreichend starken wirtschaftlichen Signalen und entsprechend angepassten finanziellen Instrumenten. Eine Politik, welche tiefgehende Renovierungen fördert, könnte z.B. Einspeisetarife für gesparte Energie beinhalten, abhängig von der Erreichung einer ehrgeizigen Sanierungstiefe. Zusätzliche Anreize für tiefgehende Renovierungen könnten für Immobiliengeschäfte vorgesehen werden, wobei die dafür anfallende Steuer gesenkt werden könnte, wenn der zukünftige Eigentümer in die Sanierung der Immobilie investiert.
- Energiepreissignale spielen eine wichtige Rolle, wenn es darum geht Investoren dazu zu bewegen, ihre Energiekosten zu reduzieren. Die Beseitigung von Subventionen für fossile Brennstoffe quer durch das Energieversorgungssystem und die vollständige Internalisierung der externen Kosten des Energieverbrauchs (z.B. Kohlenstoffbepreisung) würden stärkere Anreize für Gebäudeeigentümer schaffen, um in Energieeinsparmaßnahmen zu investieren. Durchgehend die Kosten reflektierende Energiepreise, mit angemessenen Ausgleichsmaßnahmen für jene, die sich in wirtschaftlichen Schwierigkeiten befinden, sind außerdem aus gesellschaftlicher Sicht stärker vertretbar und vernünftig. Es besteht gewisser Spielraum, um die Besteuerung der in Gebäuden genutzten Energieträger zu erhöhen. Beispielsweise liegt der Steuersatz von sechs Cent/Liter für Heizöl in Deutschland wesentlich unter dem EU-Durchschnitt von 18 Cent/Liter.

## **Finanzielle Unterstützung konzentrieren, wo sie am meisten gebraucht wird**

- Das bestehende Fördersystem der KfW könnte weiter entwickelt werden, um die Sanierung bestimmter Gebäudearten anzuregen, die ein hohes Energieeinsparpotential aufweisen, aber aufgrund einer begrenzten Investitionsrendite nicht renoviert werden. Eine stärkere Untergliederung der Förderprogramme sollte in Erwägung gezogen werden, um das Interesse für bestimmte Gebäudearten und Eigentümerprofile zu steigern. Es könnte zum Beispiel umfangreichere Förderung für jene Gebäudekategorien angeboten werden, für die eine Sanierung knapp nicht kostenwirksam ist. Vermietete Immobilien, für die Mieterhöhungen aus gesellschaftlicher Sicht nicht machbar oder wünschenswert sind, könnten von spezifischen Fördermaßnahmen profitieren. Solche Maßnahmen sollten darauf eingehen, dass für Vermieter die wirtschaftliche Rechtfertigung in die Verbesserung der Energieeffizienz ihrer Immobilien zu investieren dadurch begrenzt wird, dass sie nicht von den sich daraus ergebenden Energiekosteneinsparungen profitieren.
- Eine weitere Möglichkeit, um die unterschiedliche Rentabilität der Investition in verschiedene Gebäudekategorien zu adressieren, könnte ein Investmentfonds sein, der Projekte unterschiedlicher Kapitalrendite bündelt, um das durchschnittliche Investitionsrisiko zu mindern. Das ist im Eigenkapitalmanagement eine übliche Herangehensweise und könnte auf die Finanzierung von Sanierungsprojekten ausgeweitet werden. Eine solche „Investitionsbündelung“ könnte sichere und stabile Renditen für Investoren bieten und Eigentümern gleichzeitig Zugang zum nötigen Kapital.
- Tiefgehende Sanierungen von Gewerbeimmobilien werden oft vielmehr durch das Mietrecht und das Kosten-Nutzen-Dilemma von Vermietern und Mietern begrenzt, als durch die geringe Wirtschaftlichkeit der Investition. Dieses Hindernis könnte auf verschiedene Arten überwunden werden, wie z.B. durch vorgeschriebene Renovierungen innerhalb bestimmter Fristen oder anlässlich bestimmter Ereignisse (z.B. Verkauf, Neuvermietung), um ein bestimmtes Niveau an Energieeffizienz zu erreichen.
- Gebäude mit einer wichtigen gesellschaftlichen Funktion und mit sich daraus ergebenden Vorteilen für die Gesellschaft, wie Schulen und Krankenhäuser, sollten mithilfe von angemessenen Fördermaßnahmen bevorzugt behandelt werden, damit Investitionen in tiefgehende Sanierungen ermöglicht werden. Die neuen KfW-Programme für Nichtwohngebäude und die entsprechenden Teilbereiche der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) stellen bereits Schritte in diese Richtung dar. Eine Verstärkung dieser Ansätze sollte sicherstellen, dass der Schwerpunkt auf tiefgehenden Sanierungen liegt.
- Ein Programm für die Entwicklung von präzisen Modellen und Finanzinstrumenten, um die Wirksamkeit der Subventionsverteilung zu erhöhen, sollte von der Politik unterstützt werden. Das Ergebnis eines derartigen Forschungsprogramms wäre ein noch intelligenterer, optimierter und automatisierter Prozess zur Inanspruchnahme öffentlicher Fördermittel und zur Erhöhung der Effizienz der eingesetzten Mittel, um Sanierungsziele zu erreichen und Renovierungen anzuregen.

## **Eine unterstützende Infrastruktur schaffen**

- Gebäudeeigentümer und Investoren brauchen angemessene Informationen, Unterstützung und Anreize, um sich für tiefgehende Sanierungen zu entscheiden, besonders wenn andere Instandhaltungsarbeiten für die Immobilie durchgeführt werden, weil die zusätzlichen Kosten, um die Energieeffizienz des Gebäudes zu steigern, zu diesem Zeitpunkt auf ein Minimum gesenkt werden können. Diese Art der Unterstützung könnte von wirtschaftlich unabhängigen Informationszentren oder One-Stop-Shops angeboten werden, welche den Eigentümer/Investor durch den gesamten Prozess begleiten, Transaktionskosten senken und ihm dabei helfen, die richtigen Entscheidungen zu treffen. In bestimmten Teilen Deutschlands spielen lokale oder regionale Energieagenturen bereits teilweise diese Rolle und sollten in ihren Bemühungen weiter unterstützt und gestärkt werden.

- Die Förderung der Einbeziehung von Zusatznutzen, wie erhöhter Komfort und Immobilienwert, in die wirtschaftliche Bewertung kann für Gebäudeeigentümer und Investoren erhebliche Auswirkungen auf die Kostenwirksamkeit tiefgehender Sanierungen haben. Beratungsstellen und One-Stop-Shops könnten kostenlose Software anbieten, welche den Zusatznutzen in die wirtschaftliche Bewertung integrieren. Der dena-Leitfaden „Wirtschaftlichkeit“ könnte modifiziert werden, um Zusatznutzen zu berücksichtigen.
- Politikmaßnahmen könnten tiefgehende Sanierungen von Stadtquartieren mit identischen Gebäudetypen zunehmend fördern. Speziell auf bestimmte Gebäudearten abgestimmte Sanierungspakete, die (teilweise) vorgefertigt sein könnten, wären kostenwirksamer, wenn sie in großer Zahl eingesetzt werden würden. Die Vorfertigung könnte die Zeit der Störung durch Sanierungsarbeiten für Gebäudenutzer reduzieren.
- Bemühungen zur Verbesserung der Fertigkeiten der Arbeitskräfte durch Qualifizierungs- und Berufsbildungsprogramme sollten weitergeführt und ausgebaut werden.
- Das bereits bemerkenswerte Niveau an Unterstützung für Forschung und Entwicklung sollte beibehalten werden, um die Lernkurven und den Kostenreduktionsprozess zu beschleunigen.

# 6 LITERATURHINWEISE

Armin Jung, Bernd Tenberg, Britta Buch (2013). Vitamine für das Wirtschaftswunder. Integriertes Konzept zur Energetischen Stadtsanierung in Bielefeld-Sennestadt.

Bürger, V., Steinbach, J., Ragwitz, M., (2010). Abschätzung der Kosten einer Ausweitung der Nutzungspflicht auf bestehende öffentliche Gebäude. Gutachten für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorforschung; nicht veröffentlicht.

Dengler, J., Kost, C., Henning, H.-M., Schnabel, L., Jochem, E., Torro, F., Reitze, F., Steinbach, J., (2011). Erarbeitung einer Integrierten Wärme- und Kältestrategie Arbeitspaket 1 - Bestandsaufnahme und Strukturierung des Wärme- und Kältebereichs. Fraunhofer ISE, Fraunhofer ISI, IREES, Öko-Insitut, Bremer-Energie-Institut, TU Wien. Forschungsbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Freiburg, Karlsruhe.

Diefenbach, N., Born, R., (2007). Basisdaten für Hochrechnungen mit der Deutschen Gebäudetypologie des IWU. Darmstadt, Institut für Wohnen und Umwelt GmbH.

Diefenbach, N., Cischinsky, H., Rodenfels, M., Clausnitzer, K.-D., (2010). Datenbasis Gebäudebestand - Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt.

Dirich, S., Gruhler, K., Deilman, C., Petereit, R., Petereit, K., Kunz, C., Hemple, A., Markfort, D., (2011). Typologie und Bestand beheizter Nichtwohngebäude in Deutschland, BMVBS-Online-Publikation 16/2011.

Fernandez-Boneta, M., (2013). Cost of energy efficiency measures in buildings refurbishment: a summary report on target countries, report in the framework of the IEE project ENTRANZE. [http://www.entranze.eu/files/downloads/D3\\_1/D3.1\\_Summary\\_cost\\_data\\_T3.4\\_-\\_Def\\_v5.pdf](http://www.entranze.eu/files/downloads/D3_1/D3.1_Summary_cost_data_T3.4_-_Def_v5.pdf)

Henning, H.-M., Ragwitz, M., Bürger, V., Kranzl, L., Schulz, W., Müller, A., (2013). Erarbeitung einer Integrierten Wärme- und Kältestrategie (Phase 2) – Zielsysteme für den Gebäudebereich im Jahr 2050. Im Auftrag des Bundesumweltministeriums.

Hinz, E., (2011). Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Wohngebäude mit der EnEV 2012 – Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Altbauten. Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Darmstadt.

IWU, (2003). Deutsche Gebäudetypologie – Dokumentation. Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt.

Kockat, J., Rohde, C., (2012). The challenges, dynamics and activities in the building sector and its energy demand in Germany. Report prepared in the framework of the IEE project ENTRANZE.

Kranzl, L., Müller, A., Toleikyte, A., Hummel, M., Forthuber, S., Steinbach, J., Kockat, J., 2014. Policy pathways for reducing the carbon emissions of the building stock until 2030. Report within the project ENTRANZE.

Kuckshinrichs W., Kronenberg, T. and P. Hansen (2011), Wirkungen der Förderprogramme im Bereich ‚Energieeffizientes Bauen und Sanieren‘ der KfW auf öffentliche Haushalte, Forschungszentrum Jülich, STE Research Report, im Auftrag der KfW Bankengruppe. Frankfurt am Main, Oktober 2011.

Loga T., Großklos M., Knissel J. (2003) Der Einfluss des Gebäudestandards und des Nutzerverhaltens auf die Heizkosten. Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt.

Manteuffel, B. von, Hermelink, A., Schulze Darup, B., (2014). Preisentwicklung Gebäudeenergieeffizienz. Initialstudie. Ecofys 2014 beauftragt durch: Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz e. V. - DENEFF.

Schlomann, B., Dütschke, E., Gilgi, M., Steinbach, J., Kleeberger, H., Geiger, B., Gruber, E., Mai, M., Gerspacher, A., Schiller, W., 2011. Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2007 bis 2010, Bericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Karlsruhe, München, Nürnberg.

Steinbach, J., 2015. Modellbasierte Untersuchung von Politikinstrumenten zur Förderung erneuerbarer Energien und Energieeffizienz im Gebäudebereich. Doktorarbeit am Department of Economics and Management, Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Steinbach, J., Schultmann, F., 2015. Sanierung des deutschen Gebäudebestandes auf unterschiedliche Effizienzstandards – gesamtwirtschaftliche Investitionen und Energieeinsparungen, in: IEWT 2015, 9. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien. Energy Economics Group, Technische Universität Wien, Wien, Austria, S. 1–17.



Buildings Performance Institute Europe (BPIE)

Rue de la Science 23

1040 Brussels

Belgium

[www.bpie.eu](http://www.bpie.eu)

ISBN 9789491143106

