



**STUDIE**

# **Fit für 2045 (Teil 2): Investitionsbedarf für die Transformation öffentlicher Nichtwohngebäude**

Notwendige Investitionen für einen klimaneutralen öffentlichen  
Gebäudebestand und mögliche Finanzierungsansätze

# Impressum

## Herausgeber:

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)  
Chausseestraße 128 a  
10115 Berlin

Tel.: +49 30 66 777-0

Fax: +49 30 66 777-699

E-Mail: [info@dena.de](mailto:info@dena.de)

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

## Autorinnen und Autoren Prognos AG:

Mohammad Alkasabreh  
Dr. Kirsten Kubin  
Friedrich Seefeldt  
Karsten Weinert

## Autoren Fraunhofer ISE:

Dr. Peter Engelmann  
Robert Meyer  
Björn Nienborg

## Redaktion dena:

Katharina Gnauck  
Dr. Jonathan Flesch  
Agatha Majcher  
Tim Sternkopf  
Peter Konopka

## Bildnachweis:

Shutterstock/lovelyday12

## Stand:

07/2024

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

## Bitte zitieren als:

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2024): Fit für 2045 (Teil 2): Investitionsbedarf für die Transformation öffentlicher Nichtwohngebäude – Notwendige Investitionen für einen klimaneutralen öffentlichen Gebäudebestand und mögliche Finanzierungsansätze



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

Die Veröffentlichung dieser Publikation erfolgt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) unterstützt die Bundesregierung in verschiedenen Projekten zur Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele im Rahmen der Energiewende.

# Inhalt

<b>Einordnung der Studienergebnisse .....</b>	<b>4</b>
<b>Zusammenfassung der Studienergebnisse .....</b>	<b>6</b>
<b>1 Ausgangslage und Vorgehensweise.....</b>	<b>9</b>
<b>2 Grundlagen und Rahmendaten.....</b>	<b>11</b>
2.1 Literaturrecherche.....	11
2.2 Definition und statistische Abgrenzung des öffentlichen Sektors .....	12
2.3 Flächenstruktur und Ist-Verbrauch des öffentlichen Sektors.....	13
2.4 Rahmendaten: Energie- und CO <sub>2</sub> -Preise .....	15
<b>3 Energetische Bestandsaufnahme öffentlicher Nichtwohngebäude .....</b>	<b>19</b>
3.1 Gebäudetypen für Nichtwohngebäude – Kennwerte.....	19
3.2 Energetische Qualität des Nichtwohngebäudebestands und Effekte von Sanierungsmaßnahmen .....	20
3.3 Hochrechnung des öffentlichen Sektors.....	21
<b>4 Analyse der Kosten im Bestand auf Gebäudeebene .....</b>	<b>23</b>
4.1 Methodische Grundlagen und Annahmen .....	23
4.1.1 Investitionskosten Gebäudehülle .....	23
4.1.2 Investitionskosten Raumluftechnik.....	25
4.1.3 Investitionskosten Beleuchtung .....	25
4.1.4 Investitionskosten Wärmeerzeuger .....	26
4.2 Vorgehen .....	28
4.2.1 Bestimmung der kapitalgebundenen Kosten .....	28
4.2.2 Bestimmung der bedarfsgebundenen Kosten.....	28
4.2.3 Bestimmung der betriebsgebundenen Kosten.....	29
4.2.4 THG-Emissionen .....	30
4.2.5 THG-Vermeidungskosten.....	30
4.3 Teilergebnis auf Gebäudeebene .....	30
4.3.1 Investitionskosten .....	30
4.3.2 Annuitäten .....	32
4.3.3 THG-Emissionen .....	37
4.3.4 THG-Vermeidungskosten.....	38
<b>5 Szenarien der Kostenentwicklung .....</b>	<b>43</b>
5.1 Methodische Grundlagen und Annahmen .....	43
5.1.1 Derzeitige Flächen- und Verbrauchsstruktur .....	43
5.1.2 Energie- und Investitionskosten .....	44
5.2 Vorgehen .....	45

5.2.1	Beschreibung der Szenarien .....	45
5.2.2	Bestimmung des Endenergieverbrauchs.....	47
5.2.3	Bestimmung der Investitions- und Energiekosten .....	47
5.2.4	Bestimmung der Energiekosteneinsparung und des Finanzierungsbedarfs .....	48
5.3	Ergebnisse der Szenarien-Berechnungen.....	48
5.3.1	Endenergieverbrauch .....	48
5.3.2	Energiekosten und Energiekosteneinsparung.....	49
5.3.3	Investitionskosten .....	51
5.3.4	Bestimmung des Finanzierungsbedarfs .....	52
5.4	Sensitivitäten .....	54
5.5	Risiken der Preisentwicklung .....	57
5.6	Fazit zur gesamtwirtschaftlichen Betrachtung .....	58
<b>6</b>	<b>Optionen der Finanzierung .....</b>	<b>60</b>
6.1	Grundsätze der haushaltsbasierten Finanzierung .....	60
6.2	Herausforderungen der Finanzierung.....	61
6.3	Überblick über mögliche Finanzierungsoptionen .....	61
6.4	Bewertung ausgewählter Finanzierungsoptionen .....	63
6.4.1	Eigenkapital .....	66
6.4.2	Einbindung von Fremdkapital.....	66
6.4.3	Energieliefer- und Energiespar-Dienstleistungen („Contracting“).....	67
6.4.4	Energieliefer-Contracting (ELC).....	68
6.4.5	Energiespar-Contracting (ESC).....	68
6.4.6	Intracting.....	70
6.5	Zusammenfassende Bewertung .....	71
6.6	Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	71
<b>7</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>74</b>
7.1	Umsteigeschlüssel .....	74
7.2	Tabellen Annuitäten .....	76
7.3	Tabellen THG-Vermeidungskosten nach Gebäudetyp .....	84
7.4	Longlist: Finanzierungsoptionen .....	92
7.5	Shortlist: Bewertung alternativer Finanzierungsoptionen .....	98
	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>101</b>
	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>103</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>105</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>110</b>

# Einordnung der Studienergebnisse

Die Wärmewende ist für öffentliche Verwaltungen eine Mammutaufgabe für die nächsten Jahrzehnte. Um sie bewältigen und ihrer Vorbildfunktion gerecht werden zu können, brauchen Gebäudeeigentümer und -verantwortliche zunächst klare Ziele im Hinblick auf technische Standards, Kosten und Finanzierung sowie Organisation und Umsetzung. Den technischen Standard für den Weg zu klimaneutralen Nichtwohngebäuden bis 2045 hat die Deutsche Energie-Agentur (dena) mit der Studie „Fit für 2045: Zielparameter für Nichtwohngebäude im Bestand“ (2023) beschrieben. Die nun vorliegende Studie „Fit für 2045 (Teil 2): Investitionsbedarf für die Transformation öffentlicher Nichtwohngebäude“ bildet Teil 2 und ermittelt die notwendigen Investitionen, um einen klimaneutralen öffentlichen Gebäudebestand zu erreichen, und betrachtet Möglichkeiten der Finanzierung.

Unter Berücksichtigung der Studienergebnisse lassen sich folgende Kernaussagen treffen:

1. **Mit „weiter wie bisher“ erreicht die öffentliche Hand nicht rechtzeitig das Ziel eines klimaneutralen Gebäudebestands und wird ihrer Vorbildfunktion nicht gerecht.**

Um diese Ziele zu erreichen, müssen sowohl die Sanierungsrate als auch die Sanierungstiefe signifikant erhöht werden. Allein für die Sanierung öffentlicher Nichtwohngebäude sind bis zum Jahr 2045 rund 120 Mrd. Euro an zusätzlichen Investitionen nötig.

Mit diesen Investitionen sind bis 2045 bereits Einsparungen von 45 Mrd. Euro realisierbar. Gleichzeitig sind dann die kostenintensiven Sanierungen abgeschlossen, das erforderliche Effizienzniveau ist erreicht und die öffentlichen Haushalte profitieren weiterhin von den Energiekosteneinsparungen. Auf lange Sicht rechnet sich das: Spätestens nach 20 Jahren hat sich die hohe Investitionssumme durch die Einsparungen amortisiert. Der Investitionsbedarf und die lange Amortisationszeit werfen jedoch die Frage auf: Woher kommen die erforderlichen finanziellen Mittel?

2. **Schwache Anreize und fehlende bzw. zu wenig etablierte Finanzierungsmodelle hemmen die Investitionen in den öffentlichen Gebäudebestand.**

Mit den am Markt etablierten sowie der öffentlichen Hand zugänglichen Finanzierungsinstrumenten wird das Klimaneutralitätsziel noch nicht erreicht. Limitierend für umfangreiche Sanierungsinvestitionen wirken haushaltsrechtliche Bestimmungen, welche die Kreditaufnahme der Kommunen eingrenzen, aber z. B. auch konkurrierende Ausgaben für Pflichtaufgaben. Neben finanziellen Ressourcen benötigen die Bauämter entsprechende Personalressourcen. Für eine Finanzierung mit privatem Kapital, z. B. über privatwirtschaftliche Fonds oder Contractoren, müssen die Renditeerwartungen der Kapitalgeber befriedigt werden.

3. **No-Regret-Maßnahmen jetzt schon nutzen.**

No-Regret-Maßnahmen wie Energiespar-Contracting existieren bereits und können öffentliche Haushalte und Verwaltungen entlasten. Unter den aktuellen Bedingungen machen Contracting-Modelle Sinn, da sie Effizienzmaßnahmen bündeln und für mehrere Gebäude gleichzeitig umsetzen. Sie binden privates Kapital und Know-how ein, garantieren Energieeinsparungen und helfen dabei, finanzielle und personelle Lücken in den Verwaltungen zu schließen. Damit sie breiter zum Einsatz kommen, muss die öffentliche Hand sich gegenüber qualitätsgesicherten, privaten Dienstleistungen und Investitionen stärker öffnen. Damit geht es schneller, einfacher und kostengünstiger.

4. **Was zu tun ist: Bekannte Sanierungsinstrumente weiterentwickeln und eng mit Finanzierungsmodellen verzahnen.**

Um die Sanierung des öffentlichen Gebäudebestands effektiv voranzutreiben und die notwendige Allokation von Investitionen, Personal und Know-how sicherzustellen, empfiehlt es sich, Stückwerk zu vermeiden: Sanierungen sollten in einem einzigen Schritt die Effizienzanforderungen an den Klimaschutz gemäß Klimaschutzgesetz erreichen. Deshalb sollten Geschäftsmodelle, die schon heute Sanierungen bündeln, skalieren und standardisieren, wie etwa das Energiespar-Contracting, gezielt zu einem entsprechenden Klimaschutz-Contracting – mit dem Ziel Klimaneutralität – weiterentwickelt und ausgerollt werden. Aufgrund der vertraglichen Garantien solcher Dienstleistungen kann sehr gezielt und mit geringem Risiko von Fehlallokationen in die erforderlichen und wirtschaftlichsten Maßnahmen investiert werden. Dazu sollen Beratende, Energiedienstleistende, Bauunternehmen, Finanzierer sich zusammenschließen, entsprechend ganzheitliche Angebote für die Kunden konzipieren und durch Bündelung vieler Gebäude technische Synergieeffekte nutzen. Wichtig ist, dabei sowohl die bautechnische als auch die finanztechnische Perspektive zu berücksichtigen. Der Markt für solche Angebote muss entwickelt werden, in dem das Produkt konkret definiert, die Anbieter identifiziert und die Kunden gefunden und informiert werden.

# Zusammenfassung der Studienergebnisse

Bis zum Jahr 2045 soll Deutschland treibhausgasneutral sein. Vor allem dem Sektor der öffentlichen Gebäude kommt dabei eine zentrale Bedeutung zu. Dies formulieren alle politischen Zielsetzungen wie auch die aktuellen Anforderungen auf europäischer und auf nationaler Ebene. Der öffentliche Sektor soll eine Vorbildfunktion einnehmen und möglichst frühzeitig Klimaneutralität erreichen. Allerdings stellt das die öffentliche Hand vor ganz besondere Herausforderungen, nicht zuletzt aufgrund der selbst auferlegten Haushaltsdisziplin („Schuldenbremse“), die das Bundesverfassungsgericht im November 2023 bestätigt hat.

Ziel dieser Studie ist es, erstmals konkrete Zahlen bezüglich der finanziellen Aufwendungen zu ermitteln, die mit der Transformation des öffentlichen Sektors verbunden sind. Dafür haben die Prognos AG und das Fraunhofer ISE im Auftrag der Deutschen Energie-Agentur die vorliegende Untersuchung in folgenden Schritten konzipiert:

- Analyse verfügbarer Daten und Statistiken
- Definition und Abgrenzung des öffentlichen Sektors sowie Analyse seiner energetischen Beschaffenheit
- Identifikation und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von energetischen Sanierungsmaßnahmen anhand von elf ausgewählten Gebäudetypen
- Hochrechnung aller Gebäudetypen und Maßnahmen auf den gesamten öffentlichen Sektor
- Analyse des Investitionsbedarfs und der erzielbaren Einsparungen in zwei Szenarien (Business as Usual und Ziel)
- Untersuchung alternativer Finanzierungsoptionen

Insgesamt zeichnet sich der öffentliche Sektor in Deutschland durch eine Vielzahl von Gebäudetypen und Funktionsbereichen aus. Es gibt dazu keine einheitliche Statistik oder integrierte Datenquelle (z. B. ein Gebäuderegister), die einen gezielten Überblick über den Bestand oder Auskunft über seine energetische Beschaffenheit geben würde. Insofern müssen verschiedene Datenquellen aus unterschiedlichen Perspektiven zusammengeführt werden, um entsprechende Aussagen treffen zu können. Letztlich erfolgt die vorliegende Untersuchung unter enger Abgrenzung der öffentlichen Verwaltung und Hochrechnung in einer Differenzierung föderaler Strukturen (Bund, Länder, Kommunen). Die so identifizierten Liegenschaften des Bundes, der Länder und der Kommunen verfügen über eine Gesamt-Nettoraumfläche von ca. 350 Mio. m<sup>2</sup><sub>NRF</sub> und über einen Endenergieverbrauch von ca. 70 TWh (davon ca. 55 TWh Wärme und Brennstoffe sowie ca. 15 TWh Strom).

Betrachtet werden die energiebedingten Mehrinvestitionen in energetisch relevante Gewerke (Haustechnik, Gebäudehülle), die zur Erreichung eines „Business as Usual“-Standards (hier: GEG-Standard) bzw. eines annähernd klimaneutralen Zielstandards (Ziel-Szenario bzw. EG-40-Standard) zu erbringen sind. Diese Investitionen werden zunächst auf Einzelobjekt-Ebene für elf Typgebäude anhand einer umfassenden Datenbank zur (energetischen) Sanierung von Nichtwohngebäuden (ENOB:dataNWG, IWU 2022) berechnet. Dabei lassen sich bei der Sanierung nach GEG-Vorgaben ca. 30 % bzw. nach EG-40-Standard ca. 70 % der Nutzenergie einsparen. In der einzelwirtschaftlichen Analyse zeigt sich, dass der GEG-Standard für alle Typgebäude und alle Beheizungsarten bei Betrachtung aller Kostenbestandteile (Investitionen und Betrieb) wirtschaftlich darstellbar ist. Der ambitionierte EG-40-Standard führt zwar zu niedrigeren Betriebskosten, aber aufgrund des

Kapitaldienstes zu moderat höheren jährlichen Gesamtkosten. Erwartungsgemäß verbessert sich die Einzelwirtschaftlichkeit bei niedrigen Zinsen und höheren CO<sub>2</sub>-Preisen in Richtung höherer energetischer Standards, wie verschiedene Sensitivitätsbetrachtungen bestätigen.

In der gesamtwirtschaftlichen Betrachtung sind nicht nur die energetischen Standards von Bedeutung, sondern auch die Umsetzungsgeschwindigkeit (Sanierungsrate) spielt eine entscheidende Rolle dabei, ob die angestrebten Klimaschutzziele im öffentlichen Gebäudebestand erreicht werden. Vor diesem Hintergrund werden zwei gesamtwirtschaftliche Szenarien abgebildet:

- das „Business as Usual“-Szenario (BaU) mit 1 % Sanierungsrate und GEG-Standard
- das Ziel-Szenario (Ziel) mit 4 % Sanierungsrate und EG-40-Standard

Aufgrund der eher geringen Umsetzungsgeschwindigkeit und bei einer Standardumsetzung im bestehenden Ordnungsrahmen wären bis 2045 energiebedingte Mehrinvestitionen in Höhe von 13 Mrd. Euro zu erwarten. Im Ziel-Szenario führen die Beschleunigung und deutliche Vertiefung des Sanierungsgeschehens im selben Zeitraum zu Mehrinvestitionen in Höhe von rund 120 Mrd. Euro.

In beiden Szenarien können die Investitionen bis 2045 nicht durch die Einsparungen gedeckt werden, allerdings sind bis dahin bestenfalls die letzten Investitionen abgeschlossen, sodass ein großer Teil der Einsparungen aufgrund der Lebensdauer der Investitionen (40 Jahre für die Gebäudehülle) noch in einem Zeitraum bis 2085 zum Tragen kommt. Wenn man diesen Ertragszeitraum im BaU-Szenario analysiert, so kumulieren sich die Einsparungen (statisch betrachtet) über die gesamte Lebensdauer auf 30 Mrd. Euro, während sich die kumulierten Gesamterträge im Ziel-Szenario sogar auf über 200 Mrd. Euro summieren. Bei einer dynamischen Betrachtung und einer entsprechenden Sensitivitätsanalyse zeigt sich (wie bei der Einzelwirtschaftlichkeit), dass höhere Zinsen die kurzfristig getätigten Investitionen verteuern und die langfristigen Erträge aus Energiekosteneinsparungen mindern, während höhere Preise die Wirtschaftlichkeit verbessern. Gerade die gesamtwirtschaftliche Analyse der kumulierten Ertragswerte bis 2085 zeigt, dass die Entscheidung, ob man in 2045 über einen weitgehend sanierten und klimaneutralen Gebäudebestand verfügt, nicht nur eine Frage des Klimaschutzes oder der Wirtschaftlichkeit ist, sondern auch eine Frage der Resilienz gegenüber künftigen geopolitischen Krisen sowie Energie- und Preisrisiken. Dabei sind in der vorliegenden Analyse die Vermeidung von Klimaschäden bzw. die Kosten von Extremwetterereignissen und anderen langfristigen Folgen des Klimawandels wie Dürren, Ernteaussfällen, Fluchtbewegungen oder der Verschärfung geopolitischer Krisen nicht einbezogen.

Um die benötigten Mittel für die nachhaltige Transformation des Gebäudesektors im angestrebten (vergleichsweise kurzen) Umsetzungszeitraum bis 2045 sicherzustellen, bedarf es nicht nur einer Neubewertung der aktuellen Finanzierungs- und Organisationsstrukturen, sondern auch der Identifikation von Instrumenten, die die Umsetzungsgeschwindigkeit und Umsetzungstiefe von energetischen Sanierungsinvestitionen im öffentlichen Gebäudebestand deutlich steigern können.

Grundsätzlich verfügen öffentliche Institutionen in Deutschland über sehr gute Refinanzierungsmöglichkeiten am Kapitalmarkt. Allein aufgrund des hohen (und in dieser Untersuchung nicht betrachteten) Instandsetzungsbedarfs bei öffentlichen Liegenschaften sollten diese Möglichkeiten primär genutzt und ausgeschöpft werden. Ob die bislang eher engen Rahmenseetzungen für die Nettokreditaufnahme öffentlicher Haushalte („Schuldenbremse“) hierfür flexibilisiert werden, kann aus wissenschaftlicher Sicht nicht eindeutig beantwortet werden, allerdings spricht aufgrund der Langfristigkeit der Transformationsaufgabe und des Umstands, dass es um Werterhalt und Zukunftsfähigkeit öffentlichen



Vermögens geht, vieles dafür, primär die öffentlichen Haushalte und ihre Kreditwürdigkeit für diese Aufgabe zu nutzen. Je nach Umfang des zur Verfügung stehenden Eigenkapitals bieten die öffentlichen Gebäude in Ergänzung dazu vor allem für an Langfristigkeit und an Nachhaltigkeit interessierte, eher risikoaverse Kapitalgeber ein attraktives Portfolio, sodass auch die Einbindung privater Kapitalgeber zu vertretbaren Kapitalkosten möglich sein sollte.

Darüber hinaus zeigen die Identifikation und Bewertung der verschiedenen Optionen, dass alternative Finanzierungsinstrumente bereits heute einen erprobten und vielfältigen Lösungsraum bieten. Vor allem erlauben sie die Einbindung von privatem Know-how und bieten die Möglichkeit der Skalierung, der Bündelung und der Standardisierung bei gezielter Übernahme von Umsetzungs- und Betriebsrisiken (z. B. Ergebnis- und Einspargarantien). Auch wenn die politische Frage offenbleibt, wie weit der Staat mit eigenem Geld und vor allem mit eigener Kreditaufnahme in die energetische Sanierung seiner öffentlichen Immobilien einsteigt, wird man auf das private Know-how und die Professionalisierung der Prozesse in der Bewirtschaftung öffentlicher Liegenschaften bei dieser umfangreichen Transformationsaufgabe kaum verzichten können.

# 1 Ausgangslage und Vorgehensweise

Deutschland strebt bis zum Jahr 2045 Treibhausgasneutralität an. Das bedeutet für alle Sektoren eine weitgehende Reduktion der Treibhausgasemissionen, sodass nur die letzten, unvermeidbaren Restemissionen über Negative Emissions Technologies (NET) kompensiert werden müssen.

Im Rahmen der Novelle der EU-Gebäuderichtlinie wird vorgeschlagen, dass, basierend auf dem Nichtwohngebäudebestand von 2020 bis 2030, die energetisch schlechtesten 16 % und bis 2033 die schlechtesten 26 % saniert werden sollen. Dabei werden numerische Schwellenwerte für Primär- oder Endenergie festgelegt, die unterschritten werden müssen.

Trotz der langfristigen Vorteile in Form von Energieeinsparungen und der Unterstützung des Klimaschutzes erfordert die systematische energetische Sanierung öffentlicher Nichtwohngebäude zunächst erhebliche Investitionen. Diese Investitionen sind notwendig, um die Energieeffizienz zu steigern, die Umweltauswirkungen zu reduzieren und letztendlich die langfristigen Ziele im Rahmen der Klimapolitik zu erreichen.

Die Ausgangslage für dieses Projekt ist daher durch die Notwendigkeit gekennzeichnet, eine effektive Strategie für die Sanierung öffentlicher Nichtwohngebäude zu entwickeln und umzusetzen, um den Anforderungen der EU-Richtlinie gerecht zu werden und gleichzeitig den langfristigen Zielen Deutschlands in Bezug auf Treibhausgasneutralität näher zu kommen.

Aus diesem Grund wurde das Konsortium, bestehend aus der Prognos AG und dem Fraunhofer ISE, beauftragt, den Investitionsbedarf und die Wirtschaftlichkeit energetischer Sanierungen nicht nur aus einzelwirtschaftlicher Sicht (aus Sicht der Gebäudeeigentümer), sondern auch aus einer gesamtwirtschaftlichen Perspektive (aus der gesamtstaatlichen Perspektive) für Bund, Länder und Kommunen systematisch zu untersuchen. Das Vorgehen der Projektbearbeitung zeigt die nachfolgende Abbildung (Abbildung 1-1). Entsprechend werden in einem vorgelagerten Kapitel 2 zunächst wesentliche, für die Projektbearbeitung notwendige übergeordnete Grundlagen und Rahmendaten erläutert. Die Unterkapitel beschäftigen sich insbesondere mit der Definition des öffentlichen Sektors, der verfügbaren Literatur und Datenlage sowie der statistischen Abgrenzung.

In Kapitel 3 erfolgt eine detaillierte energetische Bestandsaufnahme der öffentlichen Nichtwohngebäude (NWG), überwiegend auf einer statistischen Datenbasis (ENOB:dataNWG), die sehr detaillierte Analysen zum energetischen Zustand einzelner Gebäudeteile ermöglicht.

Diese Datenbasis bietet die Grundlage sowohl für die Identifikation der erforderlichen Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen auf dem Weg zur Klimaneutralität als auch für eine Analyse von deren Einzelwirtschaftlichkeit (Kapitel 4). Allerdings müssen die Ergebnisse der Analyse auf Ebene der einzelnen Gebäude vor der gesamtwirtschaftlichen Hochrechnung in die föderale und segmentäre Gliederung überführt werden, wie in Kapitel 3.3 näher beschrieben wird.



Abbildung 1-1 Drei aufeinander aufbauende Schritte der Projektbearbeitung

Die Hochrechnung der gesamtwirtschaftlichen Kosten in Kapitel 5 erfolgt dann in zwei Szenarien, bei denen vor allem Sanierungsraten und Sanierungstiefen variiert werden. Das Szenario „Business as Usual“ (BaU) entspricht dabei (näherungsweise) der aktuellen Entwicklung, während das Ziel-Szenario einen zielkompatiblen Kurs Richtung klimaneutraler Gebäudebestand verfolgt. In diesen Szenarien werden jeweils die Investitionskosten wie auch die eingesparten Energiekosten bestimmt und einander gegenübergestellt.

In dem abschließenden Kapitel 6 werden unterschiedliche Optionen der Finanzierung analysiert, die dabei helfen könnten, dieses ambitionierte Investitionsprogramm umzusetzen. Dazu werden auch dezidierte Umsetzungsempfehlungen abgeleitet.

## 2 Grundlagen und Rahmendaten

### 2.1 Literaturrecherche

Um an bereits durchgeführten Studien zur Erreichung der Klimaneutralität und zum Finanzierungsbedarf im Gebäudesektor anknüpfen und auch die Ergebnisse einordnen zu können, wurde eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt. Ziel war es, vorhandene Erkenntnisse zum Investitionsbedarf bis 2045 im Rahmen der Zielerreichung Klimaneutralität bis 2045 für Wohn- und Nichtwohngebäude zu sichten und auf ihre Anwendbarkeit für die vorliegende Aufgabenstellung zu prüfen.

Es zeigt sich, dass sich die Studien aufgrund der jeweiligen Fragestellungen, des Ambitionsniveaus, der untersuchten Segmente, des Zeitraums und der Abgrenzung der Investitionen teilweise stark voneinander unterscheiden und so ein Vergleich kaum möglich ist. Zudem sind die durchgeführten Studien oftmals aus den Jahren vor 2020. Da sich in den letzten Jahren gerade auch hinsichtlich technologischer Entwicklungen viel getan hat, werden die Daten als nicht mehr zeitgemäß betrachtet und nicht weiter zitiert.

Die Investitionsbedarfe für Wohn- und Nichtwohngebäude können zudem erheblich variieren, da sie von einer Vielzahl verschiedener Faktoren abhängen, einschließlich der Art der Gebäude, der regionalen Gegebenheiten, der angewandten Technologien und der Technologieentwicklung sowie der politischen Maßnahmen.

Im Folgenden werden die wesentlichen und für diese Untersuchung relevantesten Studien kurz dargestellt. Weitere gesichtete Quellen sind dem Literaturverzeichnis zu entnehmen.

- Krebs und Steitz (2021) haben die öffentlichen Finanzbedarfe für Klimainvestitionen in dem Zeitraum 2021 bis 2030 allgemein untersucht und schätzen dabei über einen Bottom-up-Ansatz 260 Mrd. Euro ab. Dieser aggregierte Finanzbedarf basiert auf unterschiedlichen Einzelpositionen, so auch auf dem Sektor Gebäude/Wohnen. Dabei werden aufgrund der schwierigen Abgrenzungsmöglichkeiten kommunale Investitionen vollständig privaten Investitionen zugerechnet. Für die öffentlichen Liegenschaften des Bundes liegen keine belastbaren Schätzungen vor und der Bedarf wird bei der Analyse nicht weiter berücksichtigt. Mit dieser Eingrenzung wird für die energetische Sanierung von Gebäuden eine notwendige Förderung privater Investitionen von 100 Mrd. Euro ermittelt.
- Huwe, Streit und Sigl-Glöckner (2022) legen bei ihren Untersuchungen den Fokus auf kommunale Klimaschutzinvestitionen und ihre Finanzierung, und das exemplarisch anhand von vier Kommunen mit besonders ambitionierten Klimaschutzziele. Diese Fallstudienanalyse zeigt, dass weiterhin Unsicherheit über die Größenordnung der kommunalen Investitionsbedarfe und die Verteilung der Kosten zwischen vielfältigen Akteuren herrscht. In zwei von drei Kommunen, in denen Bedarfe quantifizierbar sind, besteht eine substanzielle Lücke zwischen den Bedarfen und den genehmigten Finanzmitteln, wobei eine Vergleichbarkeit der Bedarfe über die Kommunen hinweg nur begrenzt gegeben ist. Gerade im Bereich der energetischen Sanierung kommt es zu großen Abweichungen. Grund dafür ist, dass die Methodiken und der sektorale Umfang der Schätzungen stark variieren. Gerade eine trennscharfe Abgrenzung finanzieller Zuständigkeiten zwischen Kommunen, Ländern, Bund und Privaten ist nicht möglich.
- Brand und Römer (2022) beziffern auf Basis von Prognos (2021) die notwendigen öffentlichen Klimaschutzinvestitionen bis zum Zieljahr 2045 aufgerundet auf ca. 500 Mrd. Euro, wobei 44 % davon Mehrinvestitionen sind (ca. 212 Mrd. Euro). Für welche Maßnahmen die Investitionen anfallen, wird nicht weiter dargestellt.

- Prognos (2022) schätzt die zusätzlichen Investitionen ab, die für das Erreichen der Klimaneutralität im Gebäudesektor getätigt werden müssen. Bei den Mehrinvestitionen werden energetische Sanierungen, Wärmeerzeuger, Haustechnikanlagen sowie Elektrogeräte, Beleuchtung und Prozesse berücksichtigt. Insgesamt kumulieren sich die Mehrinvestitionen bis zum Jahr 2045 auf 448 Mrd. Euro (nicht annualisierte Werte). Der Großteil der Mehrinvestitionen entfällt auf den Bereich Wärmeerzeuger (58 %, 259 Mrd. Euro). Auf die Gebäudehülle entfallen 27 % (120 Mrd. Euro) und auf die übrigen Maßnahmen 15 % (68 Mrd. Euro).

Zusammenfassend liefern die Studien zwar Hinweise auf die zu erwartenden Größenordnungen bei Investitionen und Einsparungen, allerdings führt kaum ein Weg daran vorbei, die Fragestellung von der Abgrenzung über die Einzelwirtschaftlichkeit bis hin zu gesamtwirtschaftlichen Szenarien sorgfältig und schrittweise aus den verfügbaren Daten – Bottom-up – aufzubauen.

## 2.2 Definition und statistische Abgrenzung des öffentlichen Sektors

Der öffentliche Sektor ist nicht einheitlich definiert und daher (statistisch) auf unterschiedliche Weise abgrenzbar. Das Energieeffizienzgesetz (EnEfG) bezieht sich bei der Definition von „öffentlichen Stellen“ auf die Perspektive der „öffentlichen Auftraggeber“ im Sinne des Vergaberechts. Diese sehr weite Abgrenzung umfasst „Behörden, Organe der Rechtspflege und andere öffentlich-rechtlich organisierte Einrichtungen, Körperschaften, Anstalten und Stiftungen des öffentlichen Rechts des Bundes oder der Länder sowie deren Vereinigungen; nicht mit einbezogen sind natürliche und juristische Personen, Gesellschaften und andere Personenvereinigungen des privaten Rechts mit kommerziellem oder gewerblichem Charakter sowie Kommunen<sup>1</sup>. Ebenfalls einbezogen sind juristische Personen des öffentlichen oder privaten Rechts, die mehrheitlich durch institutionelle Zuwendungen des Bundes und/oder der Länder finanziert werden“ (§ 3 EnEfG).

Ein anderer Ansatz zur Definition des öffentlichen Sektors stellt auf die Rechtsform der Organisationen ab. Hiernach sind Gebietskörperschaften (Bund, Länder, Gemeinden und Landkreise), rechtlich unselbstständige Einrichtungen (z. B. nachgeordnete Behörden, Landesbetriebe und kommunale Eigenbetriebe), Körperschaften des öffentlichen Rechts (KdöR) oder Anstalten des öffentlichen Rechts (AöR) (z. B. Hochschulen, Landesbanken und Sparkassen, Sozialversicherungen, Handwerkskammern, Industrie- und Handelskammern) sowie Stiftungen öffentlichen Rechts (z. B. Stiftung Preußischer Kulturbesitz, Stiftungsuniversitäten) als öffentlicher Sektor zu verstehen. Dieser Ansatz hat den Vorteil, dass die Zugehörigkeit zum öffentlichen Sektor im Einzelfall sicher geprüft werden kann. Andererseits ist die rechtliche Ausgestaltung des öffentlichen Sektors im föderalen System Deutschland unterschiedlich und vergleichsweise schwierig systematisch zu erfassen. Ein erster Ausgangspunkt sind die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Listen in der Fachserie „Finanzen und Steuern“, die allerdings mehr als 30.000 Einträge umfassen (Statistisches Bundesamt 2023a, 2023b, 2023c).

Als dritter Ansatz zur statistischen Abgrenzung des öffentlichen Sektors bietet sich die funktionale Gliederung nach der offiziellen „Klassifizierung der Wirtschaftszweige“ (WZ 2008 bzw. NACE Codes) an. Hier sind neben den klassischen Wirtschaftszweigen unter anderem auch die Abschnitte „Öffentliche Verwaltung, Sozialversicherungen, Erziehung und Unterricht, Gesundheits- und Sozialwesen“ etc. bis hin zu „exterritorialen Organisationen“ aufgeführt. Der Vorteil dieses Ansatzes ist, dass hierzu quantitative Daten aus der offiziellen Statistik (z. B. Statistisches Bundesamt 2023d) oder aus Sekundärquellen (z. B. Fraunhofer ISI 2023) vorliegen.

<sup>1</sup> Dass Kommunen nicht in den Begriff einbezogen sind, ist auf das Durchgriffsverbot zurückzuführen, wonach durch Bundesgesetz Gemeinden und Gemeindeverbänden keine Aufgaben übertragen werden dürfen.

Nachteile sind die teilweise hohe Aggregationsebene und die beispielsweise im WZ Abschnitt Q Gesundheitswesen nicht immer klare Trennung zwischen öffentlichen und privatwirtschaftlichen Organisationen. Ferner gibt es in diesen WZ keine differenzierten statistischen Erhebungen, weder zu Gebäuden noch zum Energieverbrauch.

Des Weiteren kann eine Abgrenzung insbesondere der öffentlichen Liegenschaften durch gebäudebezogene Datenquellen erfolgen. Dies sind das Energieverbrauchsregister nach § 6 Abs. 9 EnEfG oder das Energieausweis-Register nach § 98 GEG. Perspektivisch könnte dieser Ansatz die genauesten Daten zum Gebäudebestand des öffentlichen Sektors liefern. Derzeit befinden sich diese Datenquellen noch im Aufbau.

Im Folgenden wird der öffentliche Sektor nach dem zweiten Ansatz abgegrenzt. Dabei wird die öffentliche Hand im „engeren Sinne“ erfasst und gegliedert. Betrachtet werden die unmittelbare Verwaltung sowie Hochschulen und öffentliche Gesundheitseinrichtungen. Mittelbare Verwaltungsorganisationen (Sozialversicherungen, Stadtwerke) werden nicht betrachtet.

Die so gewonnenen Informationen werden in die Gebäudetyp-Klassifikation von ENOB:dataNWG übertragen und bilden die Ausgangslage für die Berechnungen in Kapitel 5. Einschränkend ist festzuhalten, dass mangels aktueller Untersuchungen die verwendeten Datenquellen teilweise älteren Ursprungs sind.

## 2.3 Flächenstruktur und Ist-Verbrauch des öffentlichen Sektors

Datenquelle für die Flächenstruktur und den Energieverbrauch des **Bundes** ist die Kurzexpertise „Abschätzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der unmittelbaren Bundesverwaltung“ (Prognos, Forum Ökologische Marktwirtschaft 2021), die wiederum auf dem Monitoringbericht zur Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung 2021), der Berichterstattung des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR 2012), dem Sanierungsfahrplan Bundesliegenschaften (dena 2015) und dem Energiebericht der Bundeswehr (BMVg, BAIUDBw 2018) basiert.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den ermittelten Ist-Zustand. Insgesamt steht die Bundesebene für eine Fläche von knapp 39 Mio. m<sup>2</sup>, einen Wärmeverbrauch von rund 5 TWh und einen Stromverbrauch von gut 1,8 TWh. Gut die Hälfte der Fläche ist militärischen Liegenschaften zuzuordnen.

Gebäudetyp	Wärme [TWh/a]	Strom [TWh/a]	NRF [Mio. m <sup>2</sup> ]
Büro-/Verwaltungsgebäude	0,7	0,4	7,7
Bildungseinrichtungen	0,1	0,04	0,9
Polizeigebäude, Zollgebäude	0,1	0,04	0,9
Forschungs-/Laborggebäude	0,1	0,1	0,6
Technisches Hilfswerk	0,04	0,02	0,5
Betriebsgebäude	0,02	0,004	0,2
Verpflegungs-/Betreuungseinrichtungen	0,02	0,005	0,2
Technische Infrastruktur	0,02	0,03	0,2
Veranstaltungsgebäude	0,002	0,001	0,02
Militär	2,9	1,0	20,7
Andere	0,9	0,2	6,8
<b>Summe</b>	<b>4,9</b>	<b>1,8</b>	<b>38,7</b>

Tabelle 2-1 Schätzung Flächenstruktur und Energieverbrauch der unmittelbaren Bundesverwaltung, verschiedene Jahre  
Quelle: eigene Berechnung (Prognos)

Grundlage für die Flächen- und Verbrauchsstruktur auf **Länderebene** ist das Kurzgutachten (dena, Prognos, Fraunhofer ISI, Difu 2022). Die Publikationen der Länder zu diesem Thema sind heterogen, sodass Datenlücken für einzelne Bundesländer durch Schätzung bzw. Hochrechnung anhand differenzierter Quellen aus anderen Bundesländern geschlossen werden müssen. Gut dokumentierte Datenquellen einzelner Länder sind (Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft Hamburg 2022), (Hessisches Ministerium der Finanzen 2020), (Landesbetrieb Bau- und Liegenschaftsmanagement Sachsen-Anhalt 2021), (Landesbetrieb Liegenschafts- und Baubetreuung Rheinland-Pfalz 2019), (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin, 2021), (Staatliche Vermögens- und Hochbauverwaltung Baden-Württemberg 2021), (Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement 2020) sowie (Staatliche Bau- und Liegenschaftsverwaltung Mecklenburg-Vorpommern 2021).

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den ermittelten Ist-Zustand. Insgesamt stehen die Landesliegenschaften für eine Fläche von knapp 70 Mio. m<sup>2</sup> sowie einen Wärmeverbrauch von gut 11,2 TWh und einen Stromverbrauch von rund 3,7 TWh pro Jahr.

Gebäudetyp	Wärme [TWh/a]	Strom [TWh/a]	NRF [Mio. m <sup>2</sup> ]
Wissenschaft	4,6	2,1	28,5
Allgemeine Verwaltung	3,5	0,7	16,3
Polizei	0,7	0,3	7,7
Gerichte	0,8	0,2	4,7
Justizvollzugsanstalten	0,7	0,2	4,7
Kultur- und andere Bauten	0,4	0,1	3,4
Wohnbauten	0,3	0,05	2,1
Gewerbliche Bauten	0,2	0,04	1,7
<b>Summe</b>	<b>11,2</b>	<b>3,7</b>	<b>69,1</b>

Tabelle 2-2 Schätzung Flächenstruktur und Energieverbrauch der unmittelbaren Länderverwaltungen, verschiedene Jahre  
Quelle: eigene Berechnung (Prognos)

Als Datenquelle für die Flächenstruktur auf **kommunaler Ebene** wird die Studie (Bremer Energieinstitut 2011) verwendet. Für die Energieverbrauchskennwerte werden die Veröffentlichungen der AGES GmbH (ages 1996, ages 2007) sowie Untersuchungen der dena zum Energieausweis (dena 2015) herangezogen. Datenquellen speziell im Bereich Krankenhäuser sind (Fraunhofer ISI 2023) und (ÖGUT 2011) sowie im Bereich Alten- und Pflegeheime (IfE 2015) und (EnergieAgentur.NRW 2008).

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den ermittelten Ist-Zustand. Mit knapp 240 Mio. m<sup>2</sup> Fläche sowie 39,2 TWh Wärme- und 9,6 TWh Stromverbrauch ist diese föderale Ebene bei Weitem am größten.

Gebäudetyp	Wärmeverbrauch [TWh/a]	Stromverbrauch [TWh/a]	NRF [Mio. m <sup>2</sup> ]
Schulen/Kitas/Weiterbildung	17,2	3,8	119,7
Sportgebäude	7,3	1,6	43,7
Krankenhäuser	5,5	1,8	20,9
Kommunale Verwaltung	2,5	1,0	19,8
Bauhöfe und Werkstattgebäude / Feuerwehren	3,0	0,4	15,9
Jugendzentren/Vereinsgebäude	1,0	0,2	7,1
Museen/Kulturgebäude	0,7	0,2	4,9
Schwimmbäder	1,6	0,5	4,8
Alten- und Pflegeheime	0,4	0,1	2,9
<b>Summe</b>	<b>39,2</b>	<b>9,6</b>	<b>239,7</b>

Tabelle 2-3 Schätzung Flächenstruktur und Energieverbrauch der Kommunen, verschiedene Jahre

Quelle: eigene Berechnung (Prognos)

## 2.4 Rahmendaten: Energie- und CO<sub>2</sub>-Preise

Sowohl für die einzelwirtschaftliche als auch für die gesamtwirtschaftliche Bewertung der Investitionen und Einsparungen werden Preisprognosen benötigt. Eine Basis für die Energie- und CO<sub>2</sub>-Preise (Abbildung 2-1, Abbildung 2-2) liefert Prognos durch eigene Berechnungen, die begleitend zu dem Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz, WPG) erstellt wurden.

Die Energieträgerpreise werden durch Einsatz von Energiemarktmodellen des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) im Rahmen der Langfristszenarien sowie der Prognos AG (Strom- und Gasmarktmodell) und/oder auf Basis einschlägiger Quellen aus der Literatur ermittelt. Grundsätzlich werden so weit wie möglich die Annahmen der Langfristszenarien genutzt. Wo Zahlen oder Endkundenpreise fehlen, wird zusätzlich mit den Energiemarktmodellen, insbesondere mit dem Strommarktmodell von Prognos, modelliert.<sup>2</sup>

Die Großhandelspreise für die Brennstoffe basieren auf den Langfristszenarien mit Stand 2022, langfristig orientieren sie sich an den Rohstoffpreisen (Erdgas, Rohöl) des Szenarios „Sustainable Development“ des World Energy Outlook 2021 der International Energy Agency (IEA). Auf Basis der Großhandelspreise werden durch die Ergänzung von Annahmen zu Verteilungskosten, Vertrieb und Marge, Steuern und Abgaben sowie CO<sub>2</sub>-Preisen Endkundenpreise (für unterschiedliche Kundengruppen) erstellt. Dabei werden die bestehenden Abgaben und Umlagen bis 2045 fortgeschrieben. Der zukünftig erwartete Anstieg der Netzentgelte bei Erdgas aufgrund einer geringeren Zahl von Abnehmern ist in den Preisen noch nicht berücksichtigt.

Die Strompreise sind Modellergebnisse des Strommarktmodells von Prognos, mit dem in stündlicher Auflösung Großhandelsstrompreise bis 2050 berechnet werden. Auf Basis der Modellierung werden durch die Ergänzung von Annahmen zu Netzkosten, Vertrieb und Marge sowie Steuern und Umlagen Endkundenpreise für unterschiedliche Kundengruppen erstellt. Beim Strompreis wird mit einem Anstieg der Netzkosten

<sup>2</sup> <https://www.prognos.com/de/strommarktmodell>



gerechnet, der in dem Maße noch nicht in den Prognosen abgebildet ist. Der Wärmepumpen-Strompreis beinhaltet ermäßigte Netzentgelte und geringere Konzessionsabgaben für Wärmepumpen.

Die Preise der festen Biomasse basieren auf sekundären Literaturquellen, die langfristige Entwicklung orientiert sich an den Langfristszenarien. Die Zahlen zur festen Biomasse sind mit einer großen Unsicherheit behaftet, da eine hohe Nachfrage nach Biomasse insbesondere in der Industrie und als Folge der Anforderungen an neue Heizungen im Gebäudeenergiegesetz bei gleichzeitig begrenzten Mengen zu deutlich höheren Preisen führen könnte. Bei Biomethan wird ein Wechsel von „nachwachsenden Rohstoffen“ hin zu „Abfall und Reststoffen“ sowie „Gülle“ angenommen. Dies orientiert sich an dem Agora-Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“<sup>3</sup>. Die Herstellungspfade über Gülle und Abfall sind deutlich teurer als die über nachwachsende Rohstoffe, was zu einem Anstieg des Preises führt.

Fernwärmepreise basieren auf den historischen Werten des AGFW-Hauptberichts<sup>4</sup>. Die zukünftige Entwicklung orientiert sich an der Entwicklung des Gaspreises.

Die Wasserstoffpreise werden mit einer Bottom-up-Rechnung der Herstellungs- und Transportkosten bestimmt. Es wird die Produktion von grünem Elektrolysewasserstoff unterstellt, der sowohl importiert als auch inländisch hergestellt wird, im Ergebnis ergibt sich ein Mischpreis. Dabei wird ein Inländisch/Import-Schlüssel von 30/70 % in 2032 angenommen, der ab 2035 auf 40/60 % hochläuft. Die Parameter folgen bisher einer realistisch optimistischen Einschätzung und beinhalten technologische Lernraten und Skaleneffekte, was zu einem leichten Absinken des Preises im Zeitverlauf bis 2050 führt. Da das Startnetz für Wasserstoff erst ab 2032 zur Verfügung steht, wird erst ab 2032 von der Verfügbarkeit von Wasserstoff ausgegangen, abhängig von der Infrastrukturverfügbarkeit (siehe „The European Hydrogen Backbone (EHB)“)<sup>5</sup>.

In Abbildung 2-1 sind die Endverbraucherpreise für den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) dargestellt. Alle angegebenen Energiepreise sind als reale Preise mit dem Basisjahr 2022 zu verstehen. Zur Ableitung von nominalen Werten kann der Deflator bzw. Preisindex verwendet werden.

---

<sup>3</sup> Online verfügbar unter <https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/klimaneutrales-deutschland-2045-langfassung/>, zuletzt abgerufen am 25.03.2024

<sup>4</sup> Online verfügbar unter <https://www.agfw.de/zahlen-und-statistiken/agfw-hauptbericht>, zuletzt abgerufen am 25.03.2024

<sup>5</sup> Online verfügbar unter <https://ehb.eu/>, zuletzt abgerufen am 26.02.2024

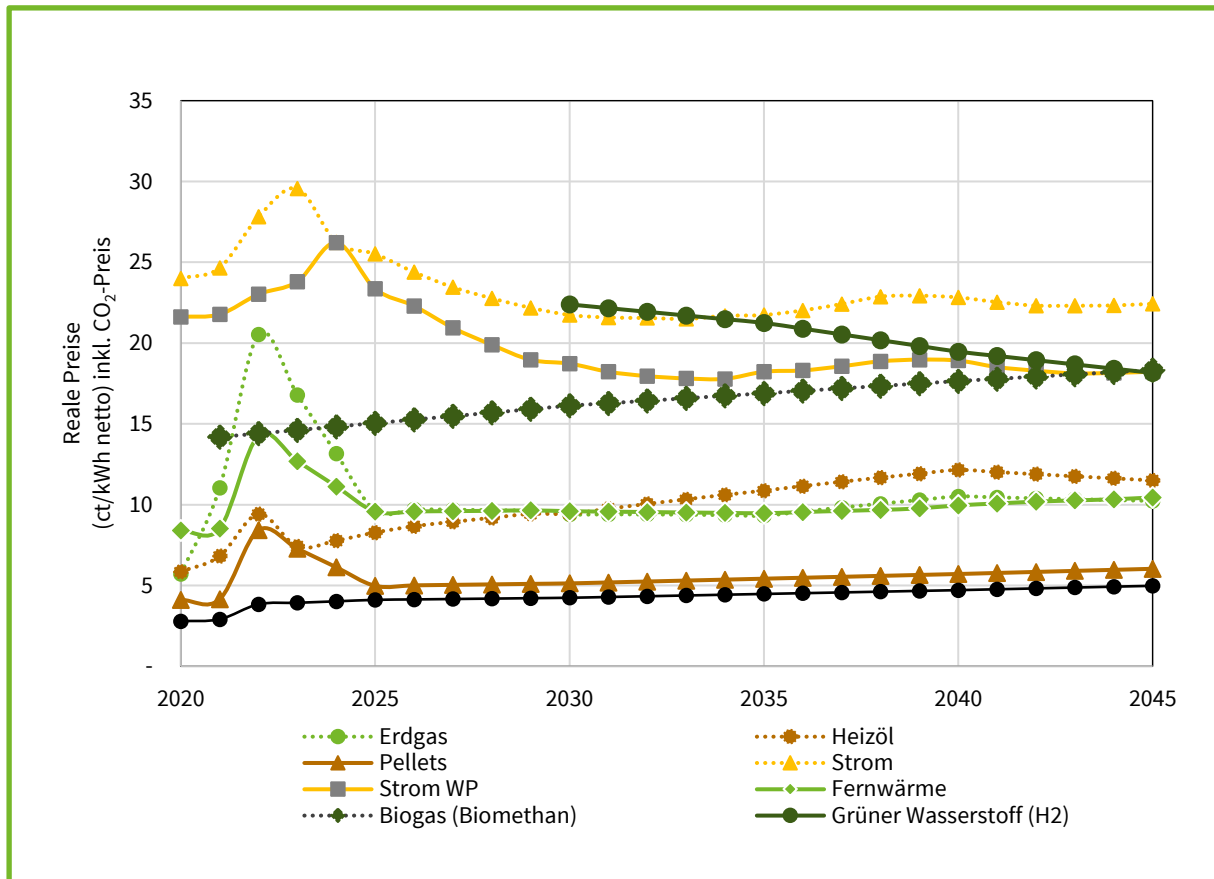


Abbildung 2-1 Energiepreise für ausgewählte Energieträger bis 2045

Quelle: „Prognos – eigene Berechnungen 10/2024“

Der CO<sub>2</sub>-Preis hat einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Modellierung der Szenarien der Kostenentwicklung. Es werden im Weiteren zwei verschiedene Preispfade betrachtet. Der Verlauf der beiden CO<sub>2</sub>-Preispfade ist in der nachfolgenden Abbildung 2-2 dargestellt.

Der niedrige CO<sub>2</sub>-Preisfad folgt bis 2025 den gesetzlichen Vorgaben, anschließend basiert er auf dem Projektionsbericht des Umweltbundesamtes 2021<sup>6</sup>. Das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) wird ab 2027 durch den ETS II abgelöst. Es wird davon ausgegangen, dass der Preis im ETS II sich ähnlich entwickelt wie der CO<sub>2</sub>-Preis im BEHG, da derselbe Markt betroffen ist. Er steigt nominal an bis zu 300 Euro/t im Jahr 2040, ab 2040 bleibt er konstant. Die in der Abbildung dargestellten CO<sub>2</sub>-Preise sind reale Werte. Nominal nimmt der Preis aufgrund der Inflation ab dem Jahr 2040 ab.

Als Sensitivität der Preisentwicklung wird darüber hinaus ein hoher Preisfad angesetzt, der auf 370 Euro/t im Jahr 2045 ansteigt. Zu beachten ist, dass es im Jahr 2027 zu einem Preissprung durch die Umstellung im BEHG und die Einführung des ETS II kommen kann. Dieser Preissprung ist im hohen Preisfad ab 2027 berücksichtigt. Der hier angesetzte hohe Preisfad entspricht dem hohen CO<sub>2</sub>-Preisfad aus der Veröffentlichung „Analyse: Heizkosten und Treibhausgasemissionen in Bestandswohngebäuden – Aktualisierung auf

<sup>6</sup> [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/dokumente/projektionsbericht\\_2021\\_uba\\_website.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/dokumente/projektionsbericht_2021_uba_website.pdf), zuletzt abgerufen am 26.02.2024

Basis der GEG-Novelle 2024“ (Meyer et al. 2024), der im Rahmen des Projekts ARIADNE des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) mit einer Vielzahl an Forschungsinstitutionen entwickelt wurde.

Durch die Einführung des Emissionshandels ist davon auszugehen, dass es in Zukunft zu Schwankungen des CO<sub>2</sub>-Preises kommen wird. Die hier angenommenen linearen Steigerungen bei beiden CO<sub>2</sub>-Preispfaden sind somit nur eine Annäherung an den langfristigen Verlauf, der insgesamt mit Unsicherheit behaftet ist.

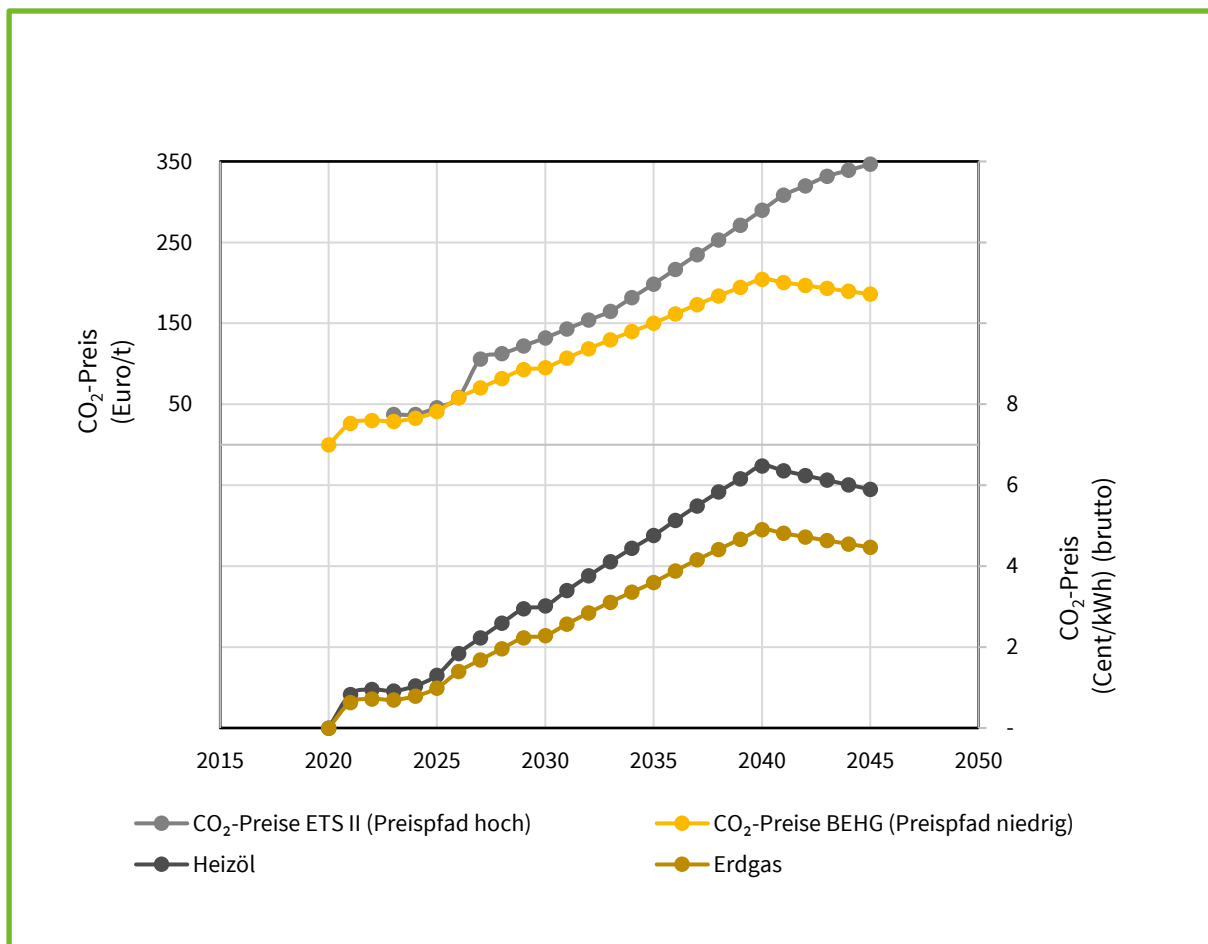


Abbildung 2-2 CO<sub>2</sub>-Preisentwicklung gemäß BEHG (2022) (Preisfad niedrig) sowie resultierende CO<sub>2</sub>-Preisentwicklung für Erdgas und Heizöl (CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren gemäß BEHG), CO<sub>2</sub>-Preisfad hoch gemäß ETS II

## 3 Energetische Bestandsaufnahme öffentlicher Nichtwohngebäude

### 3.1 Gebäudetypen für Nichtwohngebäude – Kennwerte

Im Projekt ENOB:dataNWG wurden Daten zur repräsentativen Abbildung des Nichtwohngebäudebestands erhoben (IWU 2022). Diese Daten werden verwendet, um die durch Nichtwohngebäude verursachten Emissionen nach Nutzungsart zu differenzieren. Das Projekt wurde von 2015 bis 2021 durchgeführt, die erhobenen Daten spiegeln den Nichtwohngebäudebestand etwa im Jahr 2020 wider. Die Daten umfassen Informationen zu Boden-, Dach- und Außenwandflächen sowie zum durchschnittlichen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) der jeweiligen Bauteile für alle beheizten GEG-relevanten Nichtwohngebäude. Die Studie fokussiert sich nur auf diesen Gebäudetyp, das heißt, unbeheizte Gebäude werden beispielsweise nicht betrachtet.

In der Quelle werden elf Gebäude-Hauptfunktionen unterschieden, die in den Ergebnissen der Erhebung differenziert werden. Eine detaillierte Beschreibung dieser Nutzungsfunktionen und ihrer Unterkategorien findet sich in einer Veröffentlichung der Bergischen Universität Wuppertal aus dem Jahr 2020. Weiterhin erfolgt in den Ergebnissen eine Differenzierung nach Baualtersklassen der Gebäude. Für die vorliegende Studie werden diese Baualtersklassen je Gebäude-Hauptfunktion aggregiert. Dabei erfolgt die Aggregation auf Basis der Hochrechnung der Gebäudeanzahl aus den Ergebnissen und den jeweiligen Nettoraumflächen der Gebäudetypen, sodass im Weiteren mit jeweils einem Gebäudetyp je Gebäude-Hauptfunktion gerechnet wird. Hinsichtlich der energetischen Qualität und der Flächen stellt dies einen Durchschnitt des Bestands zum Jahr 2020 dar. Nachfolgend sind die Parameter-Anzahl der Gebäude aus der ENOB:dataNWG-Hochrechnung sowie durchschnittliche Energiebezugsflächen (EBF) und durchschnittliche Nettoraumflächen (NRF) jedes Gebäudetyps abgebildet. Benannt sind auch die Gebäude-Hauptfunktionen, wie sie in den Veröffentlichungen von ENOB:dataNWG verwendet werden, und die Kurzfassung dieser Funktionen als „Gebäudetyp“, wie sie im Weiteren verwendet wird.

Gebäudetyp	Gebäude-Hauptfunktion (nach ENOB:dataNWG)	Anzahl in TSD	EBF [m <sup>2</sup> ]	NRF [m <sup>2</sup> ]
<b>Verwaltung</b>	Büro-, Verwaltungs- oder Amtsgebäude (1)	307	1.575	1.750
<b>Hochschule</b>	Gebäude für Forschung und Hochschullehre (2)	23	2.813	3.118
<b>Gesundheit</b>	Gebäude für Gesundheit und Pflege (3)	63	2.840	3.020
<b>Bildung</b>	Schule, Kindertagesstätte und sonstiges Betreuungsgebäude (4)	154	1.708	1.798
<b>Kultur</b>	Gebäude für Kultur und Freizeit (5)	141	833	936
<b>Sport</b>	Sportgebäude (6)	78	1.352	1.515
<b>Beherbergung</b>	Beherbergungs- oder Unterbringungsgebäude, Gastronomie- oder Verpflegungsgebäude (7)	270	736	788
<b>Gewerbe</b>	Produktions-, Werkstatt-, Lager- oder Betriebsgebäude (8)	666	1.280	1.476
<b>Verkauf</b>	Handelsgebäude (9)	187	2.165	2.686
<b>Technik</b>	Technikgebäude (Ver- und Entsorgung) (10)	70	349	429
<b>Verkehr</b>	Verkehrsgebäude (11)	22	565	878
<b>Mittleres NWG</b>	<b>durchschnittliche Funktion</b>	<b>1,981</b>	<b>1.366</b>	<b>1.552</b>

Tabelle 3-1 Zusammenfassung des deutschen Nichtwohngebäudebestands aus ENOB:dataNWG (2022)

### 3.2 Energetische Qualität des Nichtwohngebäudebestands und Effekte von Sanierungsmaßnahmen

Die energetische Qualität der Gebäudehülle des Nichtwohngebäudebestands kann direkt aus den ENOB:dataNWG-Ergebnissen abgeleitet werden. Sie ist in nachfolgender Tabelle 3-2 zusammengefasst. Dabei sind sowohl die flächengewichteten U-Werte der fünf Bauteilarten Außenwand, Fenster, Dach, Dachfenster und unterer Gebäudeabschluss (im Weiteren „Boden“) angegeben als auch die durchschnittlichen Bauteilflächen je Gebäudetyp.

Mithilfe dieser Informationen werden zusammen mit den Annahmen zu Luftwechselraten, Belegungszeiten und Wärmeeinträgen durch interne und solare Gewinne in einem Gebäudemodell nach ISO 52016 der Raumwärme-, Trinkwarmwasser- und Strombedarf durch die elektrischen Verbraucher für ein gesamtes Jahr simuliert.

Gebäudetyp	Mittlerer U-Werte [W/m <sup>2</sup> K] Bestand (alle Baualtersklassen)					Bauteilflächen Bestand [m <sup>2</sup> ] (alle Baualtersklassen)				
	Außenwand	Fenster	Dach	Dachfenster	Boden	Außenwand	Fenster	Dach	Dachfenster	Boden
<b>Verwaltung</b>	1,06	2,33	0,37	1,82	0,83	605,5	424,0	661,4	25,3	666,1
<b>Hochschule</b>	0,93	2,50	0,29	1,27	0,77	904,7	791,4	984,7	14,0	988,5
<b>Gesundheit</b>	0,75	2,36	0,26	1,03	0,50	976,3	615,9	970,5	2,0	953,5
<b>Bildung</b>	0,92	2,13	0,36	2,60	0,66	584,7	532,9	776,5	9,3	772,1
<b>Kultur</b>	1,13	2,33	0,59	2,41	0,80	454,3	244,8	466,6	7,0	463,7
<b>Sport</b>	1,07	3,01	0,36	1,13	0,59	809,9	893,5	1.118,0	32,3	1.131,4
<b>Beherbergung</b>	1,05	2,57	0,67	2,61	0,72	417,7	221,7	290,7	1,6	283,7
<b>Gewerbe</b>	0,74	2,57	0,36	2,83	0,67	613,9	220,2	1.052,6	18,6	1.066,3
<b>Verkauf</b>	0,47	2,50	0,25	1,14	0,41	896,4	295,2	2.070,5	86,9	2.144,6
<b>Technik</b>	0,75	2,52	0,43	0,00	0,59	414,2	96,0	264,2	0,9	262,7
<b>Verkehr</b>	1,26	6,11	0,90	4,73	0,81	586,9	325,3	665,5	40,9	695,5
<b>Mittleres NWG</b>	<b>0,85</b>	<b>2,51</b>	<b>0,36</b>	<b>1,90</b>	<b>0,61</b>	<b>611,3</b>	<b>326,8</b>	<b>888,4</b>	<b>21,8</b>	<b>899,5</b>

Tabelle 3-2 Zusammenfassung der energetischen Merkmale „Mittlerer U-Wert“ und „Bauteilflächen“ für alle Gebäudetypen aus ENOB:dataNWG (2022)

Mittels der Anpassung von U-Werten, Luftwechselraten, Wärmerückgewinnung beim Luftwechsel und Wärmeeinträgen durch die elektrischen Verbraucher<sup>7</sup> werden außerdem Sanierungsmaßnahmenpakete, die ein Erreichen des Effizienzgebäude-Standards 55 (EG 55), des Effizienzgebäude-Standards 40 (EG 40) und des GEG-Mindeststandards abbilden sollen, simuliert. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

<sup>7</sup> Es wird davon ausgegangen, dass im Zuge der Sanierung sowohl auf die Effizienzgebäude-Niveaus als auch auf GEG-Mindeststandard eine Erneuerung der elektrischen Verbraucher – insbesondere der Beleuchtung – erfolgt. Dies ist sowohl bei der energetischen Simulation als auch bei den Kosten abgebildet.

Gebäudetyp	Raumwärmebedarf Bestand [kWh/m <sup>2</sup> <sub>EBF</sub> *a]	TWW-Bedarf Bestand [kWh/m <sup>2</sup> <sub>EBF</sub> *a]	Anteil TWW	RW- und TWW-Bedarf Bestand [kWh/m <sup>2</sup> <sub>EBF</sub> *a]	GEG RW- und TWW-Bedarf Reduktion ggü. Bestand [%]	EG 55 RW- und TWW-Bedarf Reduktion ggü. Bestand [%]	EG 40 RW- und TWW-Bedarf Reduktion ggü. Bestand [%]	Endenergiebedarf Elektro Bestand [kWh/m <sup>2</sup> <sub>EBF</sub> *a]	Endenergiebedarf Elektro EG 40, EG 55 und GEG Reduktion ggü. Bestand <sup>8</sup> [%]
Verwaltung	98,2	1,8	2 %	100,1	-32 %	-69 %	-71 %	34,3	-53 %
Hochschule	109,6	1,9	2 %	111,5	-27 %	-71 %	-73 %	32,4	-49 %
Gesundheit	106,9	4,0	4 %	110,9	-20 %	-69 %	-71 %	35,3	-48 %
Bildung	116,1	4,3	4 %	120,5	-31 %	-67 %	-70 %	20,3	-55 %
Kultur	151,4	5,1	3 %	156,5	-30 %	-71 %	-73 %	36,5	-46 %
Sport	177,8	32,7	16 %	210,5	-34 %	-61 %	-62 %	19,4	-41 %
Beherbergung	159,4	37,8	19 %	197,2	-27 %	-66 %	-68 %	74,8	-44 %
Gewerbe	125,8	1,6	1 %	127,4	-23 %	-69 %	-72 %	38,4	-45 %
Verkauf	170,5	3,5	2 %	174,0	-35 %	-73 %	-76 %	217,0	-20 %
Technik	108,1	4,4	4 %	112,4	-15 %	-73 %	-77 %	136,9	-22 %
Verkehr	217,8	0,7	0 %	218,5	-56 %	-72 %	-75 %	23,4	-54 %
Mittleres NWG	130,9	6,4	5 %	137,3	-28 %	-69 %	-72 %	65,0	-33 %

Tabelle 3-3 Zusammenfassende Darstellung der Simulationsergebnisse für die verschiedenen Gebäudetypen und Sanierungstiefen

### 3.3 Hochrechnung des öffentlichen Sektors

Wie in Kapitel 2.2 dargestellt, werden für die vorliegende Untersuchung der Gebäudebestand und der Energieverbrauch des öffentlichen Sektors nach föderaler Ebene im „engeren Sinne“ erfasst und gegliedert. Mittelbare Verwaltungsorganisationen (Sozialversicherungen, Stadtwerke) werden nicht betrachtet. Hochschulen und Gesundheitseinrichtungen sind hingegen in der Betrachtung enthalten.

Um die föderalen Ebenen gemeinsam szenarisch zu betrachten, werden die jeweiligen Segmente der einzelnen föderalen Ebene (wie in Kapitel 2.3 dargestellt) auf die ENOB:dataNWG-Gebäudetypen umgerechnet. Für die Umrechnung werden Umsteigeschlüssel verwendet, die im Anhang (Kapitel 7.1) dokumentiert sind.

Die nachfolgende Tabelle stellt die Flächen sowie die spezifischen Strom- und Wärmeverbrauchskennwerte nach Gebäudetyp und Verwaltungsebene<sup>8</sup> zusammenfassend dar. Fehlende Werte bedeuten, dass der Gebäudetyp nicht auf der entsprechenden Verwaltungsebene existiert.

<sup>8</sup> Um die Effizienz der Anlagen sowie die Entwicklung der Beheizungsstruktur zu berücksichtigen, werden im Basisjahr die Energieverbrauchswerte anhand eines gemittelten Anlagenwirkungsgrades in Energiebedarfswerte umgerechnet. Die Auswirkungen der Beheizungsstruktur auf die Effizienz werden jährlich neu bewertet und darauf aufbauend wird der Endenergieverbrauch jährlich berechnet.

	Kommunen			Länder			Bund		
	Strom	Wärme	Fläche	Strom	Wärme	Fläche	Strom	Wärme	Fläche
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	Mio. m <sup>2</sup>
<b>Verwaltung</b>	48	128	19,80	47	193	28,65	58	158	3,62
<b>Hochschule</b>	29	134	2,60	83	179	25,63	51	113	9,89
<b>Gesundheit</b>	82	248	23,80	83	179	2,85	50	158	2,08
<b>Bildung</b>	32	144	117,10				48	155	2,20
<b>Kultur</b>	31	142	12,00	33	130	3,23	48	145	2,63
<b>Sport</b>	44	184	48,50	33	130	0,17	50	158	2,08
<b>Beherbergung</b>				33	163	6,80	48	158	2,11
<b>Gewerbe</b>	28	189	15,90	30	130	1,53	41	159	5,89
<b>Technik</b>				30	130	0,09	37	156	4,81
<b>Verkehr</b>				30	130	0,09	41	157	3,45
<b>Summe</b>	<b>294</b>	<b>1.169</b>	<b>239,70</b>	<b>402</b>	<b>1.364</b>	<b>69,04</b>	<b>472</b>	<b>1.517</b>	<b>38,76</b>

Tabelle 3-4 Spezifische Energieverbrauchskennwerte 2023 für Strom und Wärme nach Gebäude-Hauptfunktion und Verwaltungsebene

Quelle: eigene Berechnung (Prognos)

## 4 Analyse der Kosten im Bestand auf Gebäudeebene

### 4.1 Methodische Grundlagen und Annahmen

Auf Gebäudeebene erfolgt sowohl eine Betrachtung der Investitionskosten als auch der betriebs- und bedarfsabhängigen Kosten. Diese werden durch eine Abzinsung der Investitionen über den Lebenszyklus zu einer Annuität verrechnet, die sich auf das Startjahr der Investition bezieht. Die Berechnung der Annuitäten orientiert sich an der VDI 2067. Die Berechnung dieser Kosten erfolgt für jeden Gebäudetyp für den Bestandsfall und die beiden Sanierungstiefen Effizienzgebäude 40 und GEG-Mindeststandard. Die Investitionskosten der Gebäudehülle werden zunächst bauteilspezifisch und in Abhängigkeit von der Dämmstoffdicke ermittelt, sodass die individuellen Kosten für die Sanierung der Gebäudehülle für jedes Typgebäude und jede Sanierungstiefe bestimmt werden können.

Für jede der zwei Sanierungstiefen erfolgt weiterhin eine differenzierte Betrachtung der Kosten bei den folgenden unterschiedlich eingesetzten Wärmeerzeugungstechnologien (es wird immer von zentraler kombinierter Raumwärme- und Trinkwarmwassererzeugung ausgegangen):

- Gaskessel (nur Berücksichtigung von H<sub>2</sub>-ready-Kesseln)
- Stromdirektheizung (für Raumwärme und für Trinkwarmwasser getrennt, sodass die dezentrale Trinkwarmwasserbereitung abgebildet werden kann)
- Fernwärme (nur die Anschlusskosten auf Gebäudeebene; keine Netzkosten, diese stecken in den Energieträgerkosten)
- Wärmepumpe (zur Komplexitätsreduktion nur Luft-Wasser-Wärmepumpe abgebildet)
- Biomasse-Kessel

Die Ermittlung der Kosten für die Wärmeerzeuger erfolgt differenziert nach Technologie und installierter Leistung. Da die Heizlasten je nach Gebäudetyp und Sanierungstiefe variieren, müssen diese zunächst berechnet werden, um die Investitionskosten der Wärmeerzeuger bei den jeweiligen Typgebäuden zu ermitteln.

#### 4.1.1 Investitionskosten Gebäudehülle

Die Investitionskosten für die Gebäudehülle werden bauteilspezifisch und in Abhängigkeit von der Dämmstoffstärke bestimmt. Eine wissenschaftliche Auswertung, die eine Berechnung der Kosten mit diesen Abhängigkeiten ermöglicht, erfolgte zuletzt 2015 durch das Institut Wohnen und Umwelt (IWU) (Hinz 2015). Die Ergebnisse dieser Studien werden daher mittels des Baupreisindex für das Quartal 3 2023 aktualisiert. Dabei werden je nach Art des Bauteils die Baupreisindizes für verschiedene Gewerke bzw. Leistungen am Bau verwendet. Die Ergebnisse und Grundlagen für die weiteren Berechnungen sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Es erfolgt sowohl eine Darstellung der Vollkosten als auch der energiebedingten Mehrkosten, die ein sogenanntes Kopplungsprinzip voraussetzen, das heißt, dass die energetische Sanierung im Zuge einer ohnehin anstehenden Sanierung durchgeführt wird. Bei der Hochrechnung für die Szenarien werden die energiebedingten Mehrkosten verwendet. Durch welche Leistungen sich jeweils die energiebedingten Mehrkosten von den Vollkosten abgrenzen unterscheidet sich je nach Bauteil und ist in der Quelle des Instituts Wohnen und Umwelt (IWU) (Hinz 2015) angegeben.



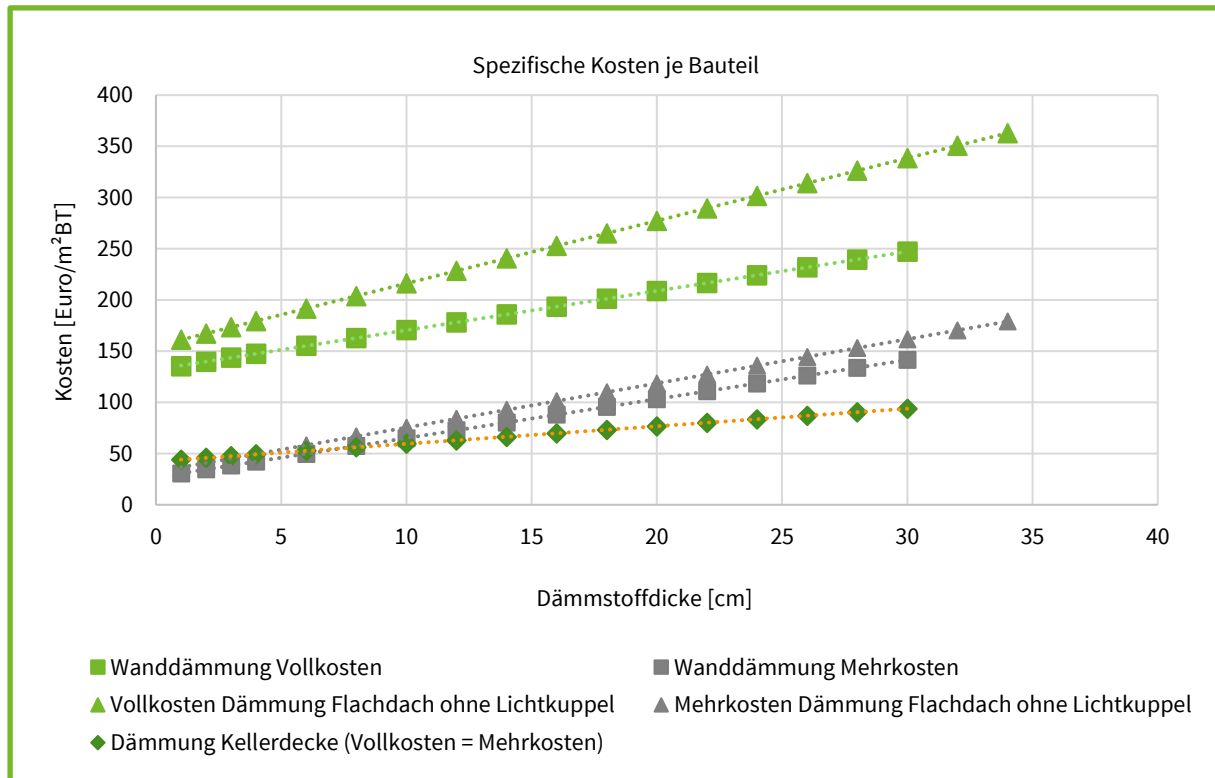


Abbildung 4-1 Verwendete Vollkosten und energiebedingte Mehrkosten für die Dämmung der opaken Gebäudehülle in Abhängigkeit von der Dämmstärke auf Basis von IWU (Hinz 2015), aktualisiert anhand des Baupreisindex auf Q3 2023

Anmerkung: BT = Bauteil

Hinsichtlich der Dämmung der Kellerdecke wird angenommen, dass die Vollkosten den energiebedingten Mehrkosten entsprechen.

Für die Sanierungskosten der Fenster wird ein ähnlicher Ansatz gewählt (Hinz 2015). Jedoch ist aus der ENOB:dataNWG-Quelle nur die gesamte Fensterfläche der Gebäude bekannt, das heißt, es muss eine Annahme getroffen werden zur durchschnittlichen Fensterfläche. Diese wird hier für alle Gebäudetypen mit  $2 \text{ m}^2$  angenommen. Weiterhin wird vorausgesetzt, dass eine Zweifach-Wärmeschutzverglasung den „So-wieso-Kosten“, also den Kosten, die bei Ersatz des Bauteils am Ende des Lebenszyklus ohnehin anfallen, auch wenn keine energetische Verbesserung angestrebt wird, entspricht. Dadurch fallen nur bei der Dreifach-Wärmeschutzverglasung energiebedingte Mehrkosten an, die der Differenz aus Zweifach- und Dreifachverglasung entsprechen.

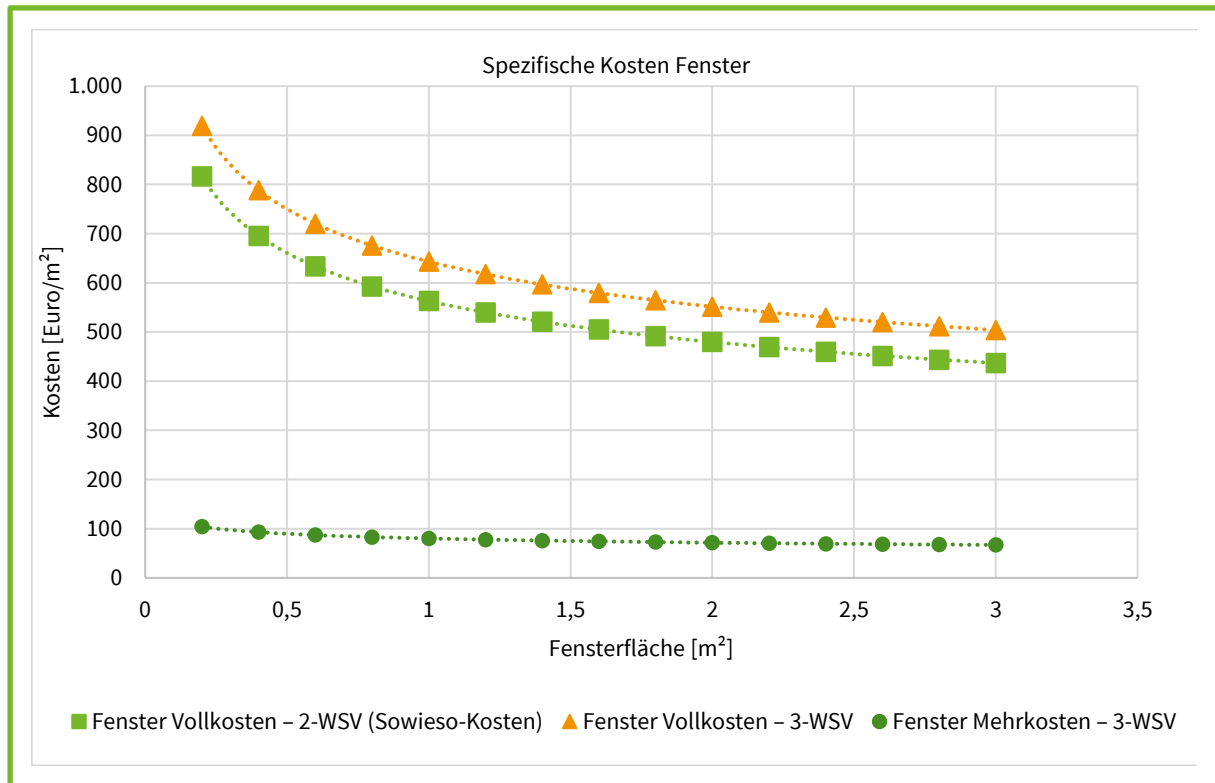


Abbildung 4-2 Verwendete Vollkosten und energiebedingten Mehrkosten für den Einbau der Fenster in Abhängigkeit der Scheibenzahl auf Basis von IWU (2015), aktualisiert anhand des Baupreisindex auf Q3 2023 (WSV: Wärmeschutzverglasung).

#### 4.1.2 Investitionskosten Raumluftechnik

Für die raumluftechnischen Anlagen wird im Bestand und bei der Sanierung auf GEG-Mindeststandard davon ausgegangen, dass keine Lüftungsanlagen eingesetzt werden. Im Falle der Sanierung zum Effizienzgebäude 40 bzw. 55 wird vorausgesetzt, dass eine zentrale Lüftungsanlage mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 80 % installiert wird.

Die verfügbaren Informationen zu Kosten für raumluftechnische Anlagen in Nichtwohngebäuden sind begrenzt. Als Quelle dient eine Studie aus dem Jahr 2015, in der die Kosten für Modernisierungsmaßnahmen von zehn verschiedenen Nichtwohngebäuden aus dem Bestand des Hessischen Immobilienmanagements analysiert wurden. Dabei wurden Kosten für raumluftechnische Anlagen zwischen 46 Euro<sub>2015</sub>/m<sup>3</sup>/h und 62 Euro<sub>2015</sub>/m<sup>3</sup>/h ermittelt (Jedek et al. 2015). Im Folgenden wird mit dem Mittelwert zwischen diesen beiden Zahlen (54 Euro<sub>2015</sub>/m<sup>3</sup>/h), multipliziert mit dem Baupreisindex von 2015 gegenüber dem Quartal 3 2023 für raumluftechnische Anlagen in Bürogebäuden (1,658), gerechnet, sodass sich Investitionskosten für die zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung von 90 Euro<sub>2023</sub>/m<sup>3</sup>/h ergeben. Die Luftwechselraten in den Typgebäuden sind in ENOB:dataNWG nicht angegeben, hier wird auf Angaben der DIN 18599 Teil 10 und der SIA2024 zurückgegriffen.

#### 4.1.3 Investitionskosten Beleuchtung

Da die Effekte einer energieeffizienteren Beleuchtung bei den höheren Sanierungstiefen Effizienzgebäude 40 und GEG-Mindeststandard auch bei der Bestimmung des Energiebedarfs berücksichtigt werden, werden für

die Erneuerung der Beleuchtung ebenfalls Kosten angesetzt. Grundlage sind die Kosten aus (Boer 2023) für die Umstellung von Bestandsbeleuchtung auf LED mit Beleuchtungsregelung. Die Kosten sind dort in Euro/m<sup>2</sup> angegeben, jedoch entsprechen die dort verwendeten Raumtypen nicht genau den Typgebäuden aus ENOB:dataNWG, sodass eine eigene Zuordnung der gesamten Energiebezugsfläche der Typgebäude zu den verschiedenen Raumtypen erfolgen muss, um die mittleren Kosten für die Erneuerung der Beleuchtung je Gebäudetyp zu bestimmen. Diese ist nachfolgend dargestellt.

Gebäudetyp	Anteile der Raumtypen						Mittlere Kosten in Euro/m <sup>2</sup> <sub>EBF</sub>
	Korridor	Einzelbüro	Besprechungsraum	Großraumbüro	Halle mit Oberlichtern	Halle ohne Oberlichter	
Verwaltung	20 %	60 %	0 %	20 %	0 %	0 %	49,8
Hochschule	20 %	40 %	40 %	0 %	0 %	0 %	50
Gesundheit	20 %	60 %	20 %	0 %	0 %	0 %	51,4
Bildung	30 %	0 %	0 %	50 %	20 %	0 %	39,1
Kultur	30 %	0 %	30 %	10 %	30 %	0 %	41,7
Sport	0 %	0 %	0 %	0 %	60 %	40 %	44,6
Beherbergung	20 %	60 %	20 %	0 %	0 %	0 %	51,4
Gewerbe	10 %	0 %	0 %	0 %	60 %	30 %	42,9
Verkauf	10 %	0 %	0 %	0 %	0 %	90 %	39,3
Technik	30 %	20 %	10 %	0 %	20 %	20 %	42,1
Verkehr	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	24

Tabelle 4-1 Verteilung der Raumtypen für Beleuchtungen nach Boer (2023) auf die verwendeten Gebäudetypen aus ENOB:dataNWG (2022)

#### 4.1.4 Investitionskosten Wärmeerzeuger

Die spezifischen Kosten für die Wärmeerzeuger werden aus dem Entwurf zum „Technikkatalog Kommunale Wärmeplanung“ bestimmt. Die Investitionskostenkurven werden dabei ebenfalls mittels des Baupreisindex für Bürogebäude zwischen Q/1 2022 und Q/3 2023 (1,24) aktualisiert. Die Kostenkurven enthalten auch Kosten für die notwendige Heizungsperipherie, wie sie beispielsweise beim Tausch der Wärmeerzeuger in der Regel anfallen.

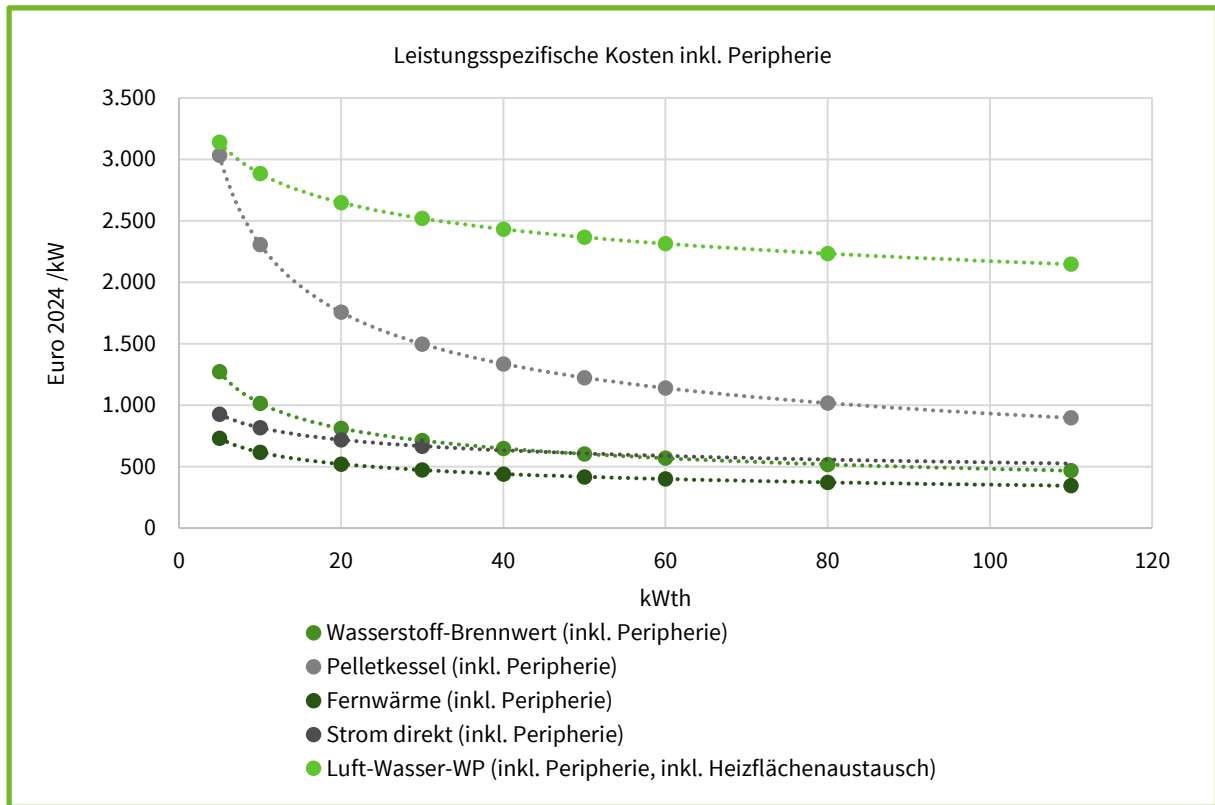


Abbildung 4-3 Angesetzte leistungsspezifische Kosten inkl. Peripherie für die Wärmeerzeuger aus dem Entwurf zum „Technikkatalog Kommunale Wärmeplanung“ (2023), aktualisiert anhand des Baupreisindex auf Q/3 2023

Wie in Kapitel 4.1 beschrieben, wird zur Bestimmung der gebäudespezifischen Kosten für die Investition in die Wärmeerzeuger noch die jeweilige Heizlast benötigt, die aus den Jahressimulationen (ISO 52016 Gebäudemodell) abgeleitet wird. Nachfolgend sind diese Leistungen zusammengefasst.

Gebäudetyp	Installierte Leistung [in kW <sub>th</sub> ]					
	Bestand Normheizlast	Bestand Bivalenzleistung	GEG Normheizlast	GEG Bivalenzleistung	EG 40 Normheizlast	EG 40 Bivalenzleistung
Verwaltung	87	70	67	53	36	29
Hochschule	165	131	133	107	64	51
Gesundheit	124	99	101	81	39	31
Bildung	104	83	82	65	44	35
Kultur	65	52	51	41	26	21
Sport	112	89	94	75	56	44
Beherbergung	48	39	36	29	12	10
Gewerbe	97	77	84	67	36	29
Verkauf	183	146	142	113	66	53
Technik	26	21	22	18	10	8
Verkehr	61	49	37	30	26	21
<b>Durchschnittliches NWG</b>	<b>102</b>	<b>82</b>	<b>76</b>	<b>60</b>	<b>36</b>	<b>29</b>

Tabelle 4-2 Ergebnisse der Simulation der zu installierenden Leistung in den verschiedenen Gebäudetypen

## 4.2 Vorgehen

Zur Bestimmung der Vorteilhaftigkeit der verschiedenen Maßnahmenpakete müssen die zusätzlichen Kosten für eine Sanierung mit den dadurch erzielten Energieeinsparungen und den daraus resultierenden geringeren laufenden Kosten verrechnet werden. Hierzu wird die Annuität verschiedener Investitionsentscheidungen nach VDI 2067 bestimmt. Dabei werden die betriebsgebundenen Kosten, die kapitalgebundenen Kosten, die durch eine Abzinsung der Investitionskosten bestimmt werden, und die bedarfsgebundenen Kosten, die sich aus der Multiplikation der Energiemengen mit den Energiepreisen ergeben, miteinander verrechnet.

Insgesamt werden vier verschiedene Fälle bzw. Sensitivitäten betrachtet bzw. berechnet. Dabei werden die folgenden Parametervariationen angenommen:

- Realer Zinssatz 3 %
- Realer Zinssatz 1,5 %
- CO<sub>2</sub>-Preis „niedrig“ (vgl. Kapitel 2.4)
- CO<sub>2</sub>-Preis „hoch“ (vgl. Kapitel 2.4)

Daraus ergeben sich die vier Sensitivitäten:

- S1: niedriger CO<sub>2</sub>-Preisfad und 1,5 % Zinssatz
- S2: niedriger CO<sub>2</sub>-Preisfad und 3 % Zinssatz
- S3: hoher CO<sub>2</sub>-Preisfad und 1,5 % Zinssatz
- S4: hoher CO<sub>2</sub>-Preisfad und 3 % Zinssatz

### 4.2.1 Bestimmung der kapitalgebundenen Kosten

Unter Berücksichtigung einer Gebäudehüllennutzungsdauer von 40 Jahren, einer Anlagentechniknutzungsdauer von 20 Jahren und einem Zinsfaktor von 1,03 (entsprechend einem realen Zinssatz von 3 %) bzw. 1,015 (entsprechend einem realen Zinssatz von 1,5 %) ergeben sich Annuitätsfaktoren von 4,3 % (bei Zinssatz 3 %) bzw. 3,3 % (bei Zinssatz 1,5 %) für die Gebäudehülle und 6,7 % (bei Zinssatz 3 %) bzw. 5,8 % (bei Zinssatz 1,5 %) für die Anlagentechnik. Diese Annuitätsfaktoren werden verwendet, um die jährlichen Kosten für die Investitionen in die Gebäudehülle und die Anlagentechnik zu berechnen.

### 4.2.2 Bestimmung der bedarfsgebundenen Kosten

Unter Verwendung eines Zinsfaktors von 1,03 (entsprechend einem Zinssatz von 3 % für die öffentliche Finanzierung) und eines individuell berechneten Preisänderungsfaktors, der von der Energiepreisentwicklung in den nächsten 20 Jahren abhängt<sup>9</sup>, ergeben sich die folgenden anzusetzenden Energieträgerpreise als

<sup>9</sup> Das Startjahr für die Preisänderungsfaktoren wird aufgrund der Preiseffekte durch die Energiekrise in den Preisszenarien (siehe Kapitel 2.4) im Jahr 2024 in den Szenarien auf das Jahr 2025 festgelegt.

Produkte aus Barwertfaktor<sup>10</sup>, Annuität und aktuellem Energieträgerpreis für die nächsten 20 Jahre im Fall des CO<sub>2</sub>-Preises „niedrig“:

Energieträger	Cent2025(netto)/kWh
Fossiles Erdgas (bezogen auf H <sub>i</sub> )	10,5
Mischgas H <sub>2</sub> /Erdgas (gemäß GEG-Quote: 15 % 2029; 30 % 2035; 60 % <sup>11</sup> 2040)	12,9
Pellets	5,8
Fernwärme	10,6
Strom (allgemein)	26,3
Wärmepumpenstrom	23,0

Tabelle 4-3 Berücksichtigte Energieträger und ihr anzusetzender Preis für die nächsten 20 Jahre als Produkt aus energieträgerspezifischem Barwertfaktor, Annuität und aktuellem Energieträgerpreis bei niedrigem CO<sub>2</sub>-Preisfad

Im Fall des hohen CO<sub>2</sub>-Preispfads ändern sich die Preise der fossilen Energieträger, die in der nachfolgenden Tabelle dargestellt sind<sup>12</sup>:

Energieträger	Cent2025(netto)/kWh
Fossiles Erdgas (bezogen auf H <sub>i</sub> )	12,1
Mischgas H <sub>2</sub> /Erdgas (gemäß GEG-Quote: 15 % 2029; 30 % 2035; 60 % 2040)	13,7

Tabelle 4-4 Anzusetzender Preis für die nächsten 20 Jahre als Produkt aus energieträgerspezifischem Barwertfaktor, Annuität und aktuellem Energieträgerpreis bei hohem CO<sub>2</sub>-Preisfad für die berücksichtigten (teilweise) fossilen Energieträger

### 4.2.3 Bestimmung der betriebsgebundenen Kosten

Die jährlichen betriebsgebundenen Kosten, das heißt die Kosten, die für Wartung, Inspektion und Instandsetzung anfallen, werden durch einen fixen Faktor aus den Investitionskosten bestimmt. Hier eine Übersicht über diese Faktoren, die aus dem Entwurf zum „Technikkatalog Kommunale Wärmeplanung“ entnommen sind:

	Gas-Brennwert (bezogen auf H <sub>i</sub> )	Pelletkessel	Fernwärme	Strom direkt	Luft-Wasser-Wärmepumpe
f in % von Investition p.a.	3,0 %	6,0 %	2,0 %	1,0 %	1,2 %

Tabelle 4-5 Investitionsfaktoren für die Bestimmung der betriebsgebundenen Kosten

<sup>10</sup> Durch die Änderung des Zinsfaktors (z. B. von 1,03 auf 1,015) ändern sich auch der Barwertfaktor und somit der anzusetzende Preis. Diese Änderungen sind jedoch nur minimal und wirken sich nur auf die zweite Nachkommastelle der anzusetzenden Preise (in Cent(netto)/kWh) aus, sodass sie hier nicht gesondert ausgewiesen werden, jedoch jeweils mit den ungerundeten Werten in die Berechnung der Ergebnisse fließen.

<sup>11</sup> Jeweils bezogen auf den Energiegehalt und nicht auf den Volumenanteil

<sup>12</sup> Für Strom und Fernwärme gelten unverändert die Preise aus Tabelle 4-3, da davon ausgegangen wird, dass die CO<sub>2</sub>-Kosten aus dem EU-ETS I bereits in den Großhandelspreisen und somit auch in den Endkundenpreisen enthalten sind.

#### 4.2.4 THG-Emissionen

Für die Bestimmung der gemittelten Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) für die nächsten 20 Jahre (ab 2025) wird der Entwurf zum „Technikkatalog Kommunale Wärmeplanung“ als Grundlage herangezogen. Auf dieser Grundlage werden energieträgerspezifische THG-Emissionen für das Jahr 2025 ermittelt, die in folgender Tabelle zusammengefasst sind:

	Gas-Brennwert (fossil, bezogen auf $H_i$ )	Gas-Brennwert (GEG-konform)	Pelletkessel	Fernwärme	Strom direkt	Luft-Wasser-Wärmepumpe
Spezifische Emissionen [g CO <sub>2</sub> -äq/kWh]	240	175,7	20	79,6	64,6	64,6

Tabelle 4-6 Energieträgerspezifische THG-Emissionen, gemittelt für 2025 bis 2045

Die spezifischen THG-Emissionen werden mit den entsprechenden Endenergieverbräuchen für Raumwärme, Trinkwarmwasser und elektrische Verbraucher multipliziert, um die durchschnittlichen Emissionen pro Jahr zu berechnen.

#### 4.2.5 THG-Vermeidungskosten

Im Rahmen der Ermittlung der THG-Vermeidungskosten wird ein Referenz-Case definiert, in dem eine Neuinvestition in einen Gaskessel in einem Bestandsgebäude erfolgt und dieser über die kommenden 20 Jahre fossile Brennstoffe verwendet. Für alle anderen Kombinationen von Maßnahmen werden die Unterschiede in Bezug auf den Kapitalwert und die THG-Emissionen auf diesen Referenz-Case berechnet.

Die THG-Vermeidungskosten werden als Verhältnis zwischen der Differenz des Kapitalwerts und der Differenz der THG-Emissionen folgendermaßen berechnet:

$$\text{Vermeidungskosten}_{\text{System}=i} = \frac{\text{Annuität}_{\text{System}=i} - \text{Annuität}_{\text{System}=\text{Gaskessel fossil}}}{\text{THG} - \text{Emissionen}_{\text{System}=\text{Gaskessel fossil}} - \text{THG} - \text{Emissionen}_{\text{System}=i}}$$

Negative Vermeidungskosten bedeuten, dass keine zusätzlichen Kosten für die THG-Vermeidung entstehen. Auf diese Weise kann ermittelt werden, ob und in welchem Ausmaß die verschiedenen Maßnahmenkombinationen Kosten und THG-Emissionen einsparen können.

### 4.3 Teilergebnis auf Gebäudeebene

#### 4.3.1 Investitionskosten

Auf Basis der Annahmen und Berechnungen in Kapitel 4.1 werden die Investitionskosten für die Sanierung jedes Gebäudetyps bestimmt. Dazu werden die Investitionskosten für die Sanierung auf GEG-Mindeststandard bzw. auf EG-40-Standard für alle betroffenen Bauteile (Außenwand, Dach, Fenster etc.) jeweils berechnet und anschließend summiert. Diese Ergebnisse sind nachfolgend in Abbildung 4-4 und Abbildung 4-5

anhand der Balken auf der linken Achse dargestellt. Außerdem wird die berechnete Nutzeneinsparung für Raumwärme und Trinkwarmwasser bei einer Sanierung der Bestandsgebäude auf GEG-Mindeststandard bzw. EG-40-Standard auf der rechten Achse dargestellt. Es wird deutlich, dass die Energieeinsparung eng mit den Investitionskosten zusammenhängt. Außerdem ist zu sehen, dass die Kosten für die Lüftungsanlage bei der Sanierungstiefe Effizienzgebäude entscheidend zu den Gesamtkosten beitragen. Dies hängt unter anderem damit zusammen, dass dieser Kostenpunkt gemäß Annahme in voller Höhe als energiebedingte Mehrkosten erfasst wird. Die Lüftungsanlage trägt jedoch auch maßgeblich zu den Energieeinsparungen bei.

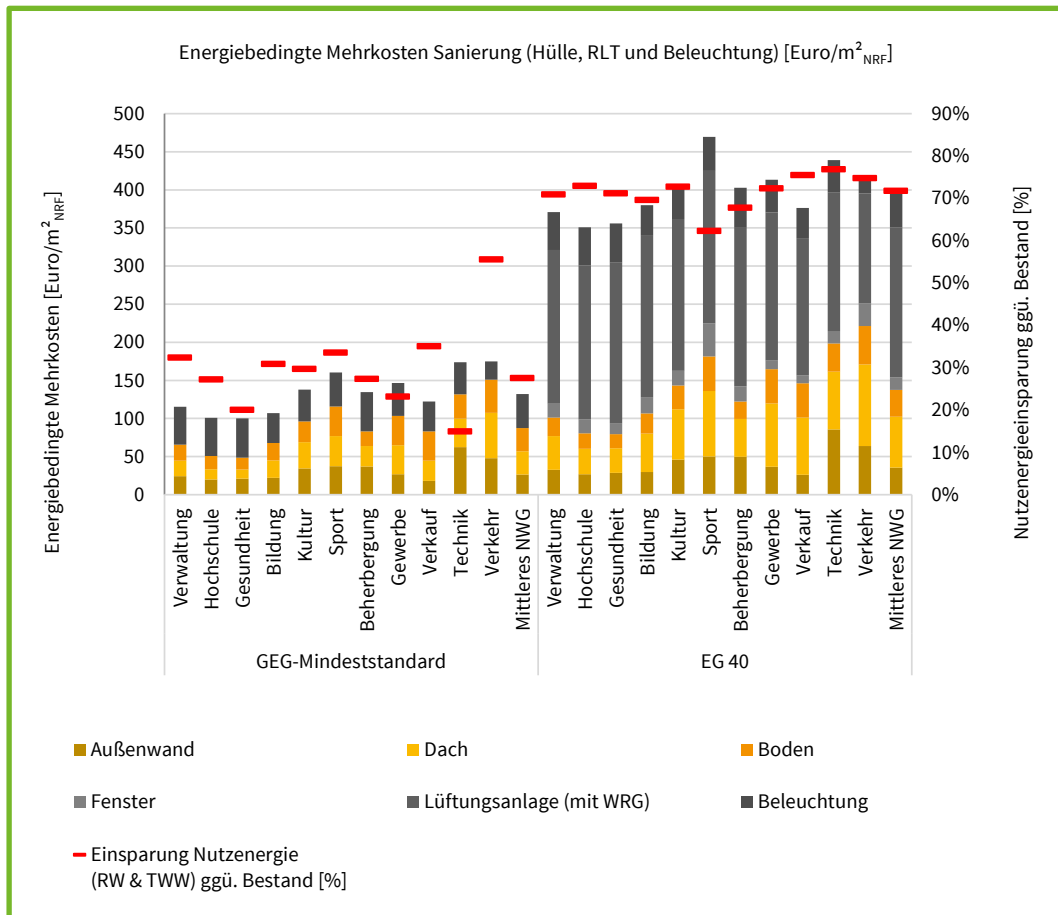


Abbildung 4-4 Energiebedingte Mehrkosten Sanierung ohne Förderung (Hülle, Raumluftechnik und Beleuchtung)



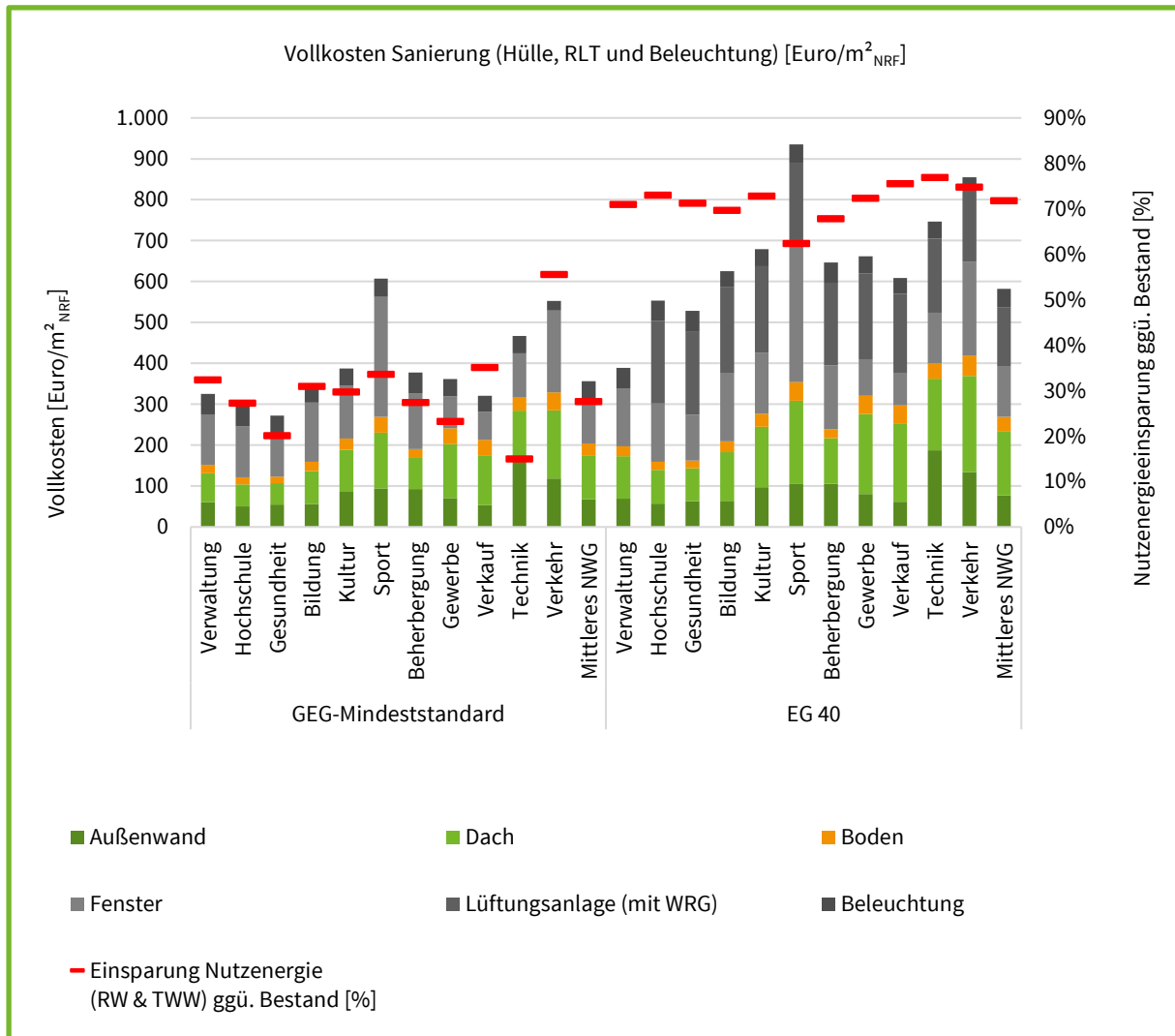


Abbildung 4-5 Vollkosten der Sanierung ohne Förderung (Hülle, Raumlufttechnik und Beleuchtung)

### 4.3.2 Annuitäten

Nachfolgend ist die Auswertung der Kostenbelastungen über den Lebenszyklus, aggregiert für die verschiedenen Maßnahmenpakete und die in Kapitel 4.2 beschriebenen ökonomischen Sensitivitäten (Zinsfuß 1,5 % und 3 %; CO<sub>2</sub>-Preis „niedrig“ und „hoch“), dargestellt. Die Darstellungen beziehen sich jeweils auf das „Mittlere NWG“, das ein flächengewichtetes Mittel der anderen Gebäudetypen darstellt. Eine detaillierte Aufschlüsselung für alle Gebäudetypen findet sich im Anhang.

In Abbildung 4-6 sind die Annuitäten unter den folgenden ökonomischen Randbedingungen dargestellt (Szenario S1):

- Realer Zinssatz 1,5 %
- Niedriger CO<sub>2</sub>-Preisfad (vgl. Kapitel 2.4)

Gegenüber der nächsten Darstellung ist der anzusetzende Zinssatz um 1,5 % niedriger und der CO<sub>2</sub>-Preis wird konstant gehalten. Deutlich wird, dass sich dies vor allem auf die investitionsintensiven Maßnahmenpakete,

das heißt vor allem auf die Sanierung auf EG-40-Niveau und bei der Anlagentechnik vor allem auf Wärmepumpen und in geringerem Umfang auch auf Pelletkessel, positiv auswirkt. Die Kosten reduzieren sich im Bestand nur gering (maximal  $-1,2 \text{ Euro/m}^2_{\text{NRF}} \cdot \text{a}$ , was etwa 3,8 % entspricht), während sie im EG-40-Fall deutlich stärker sinken (maximal  $-3,6 \text{ Euro/m}^2_{\text{NRF}} \cdot \text{a}$ , was etwa 10,6 % entspricht). Dadurch gleichen sich die Kostenniveaus stärker an. Im Fall der Gas-Brennwertsysteme liegen die Kosten im EG-40-Gebäude nun sogar unter denen des Bestands. In allen Fällen (außer bei der Stromdirektheizung) bleibt jedoch der GEG-Mindeststandard die kostengünstigste Option bei sonst identischer Anlagentechnik.

Hinsichtlich der Anlagentechnik zeigt sich, dass die Luft-Wasser-Wärmepumpe nun bei identischer Gebäudehülle in allen Fällen günstiger als der GEG-konform betriebene Gas-Brennwertkessel ist.

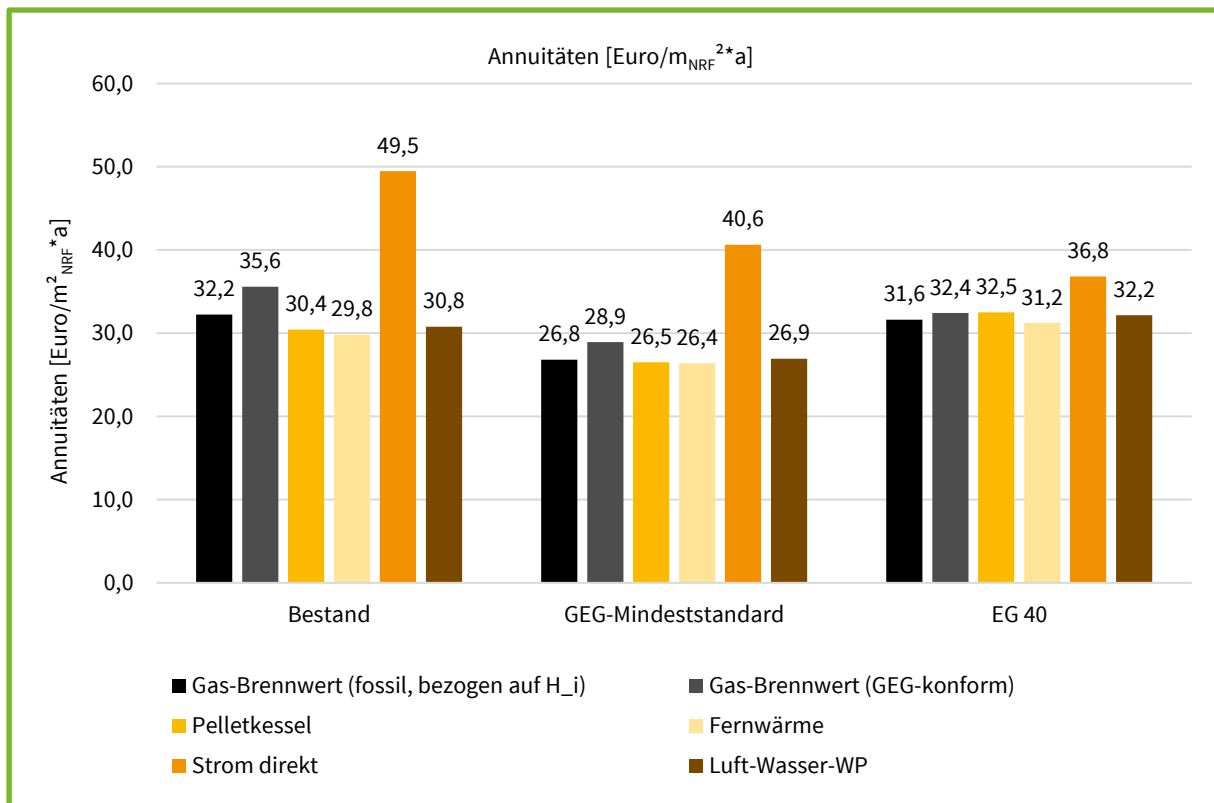


Abbildung 4-6 Annuität der verschiedenen Maßnahmenpakete bei realem Zinssatz von 1,5 % und niedrigem CO<sub>2</sub>-Preisfad

Als nächstes erfolgt die Betrachtung unter den folgenden Annahmen (Szenario S2):

- Realer Zinssatz 3 %
- Niedriger CO<sub>2</sub>-Preisfad (vgl. Kapitel 2.4)

Es zeigt sich in Abbildung 4-7, dass die jährlichen Zahlungsströme (Annuitäten), die sowohl die Investitionen in die Hülle und die Anlagentechnik (inklusive Beleuchtung) sowie die resultierenden Bedarfskosten über die nächsten 20 Jahre miteinander verrechnen, zu Ergebnissen in ähnlicher Größenordnung zwischen 27,8 und 40,3  $\text{Euro/m}^2_{\text{NRF}} \cdot \text{a}$  führen, mit Ausnahme der Stromdirektheizung im Bestand und im auf GEG-Mindeststandard sanierten Gebäude. Diese Ergebnisse erscheinen dahingehend valide, dass sich alle Systemkonfigurationen auch in der Baupraxis wiederfinden, die einen vergleichbaren Kostenwert haben. Eine reine Beheizung mit Stromdirektheizungen findet sich heute aufgrund der hohen Verbrauchskosten kaum noch im Bestand

und in gering sanierten Gebäuden (mit Ausnahme einiger Nachtspeicheröfen), sondern nur in sehr gut gedämmten Gebäuden, wie zum Beispiel Passivhäusern.

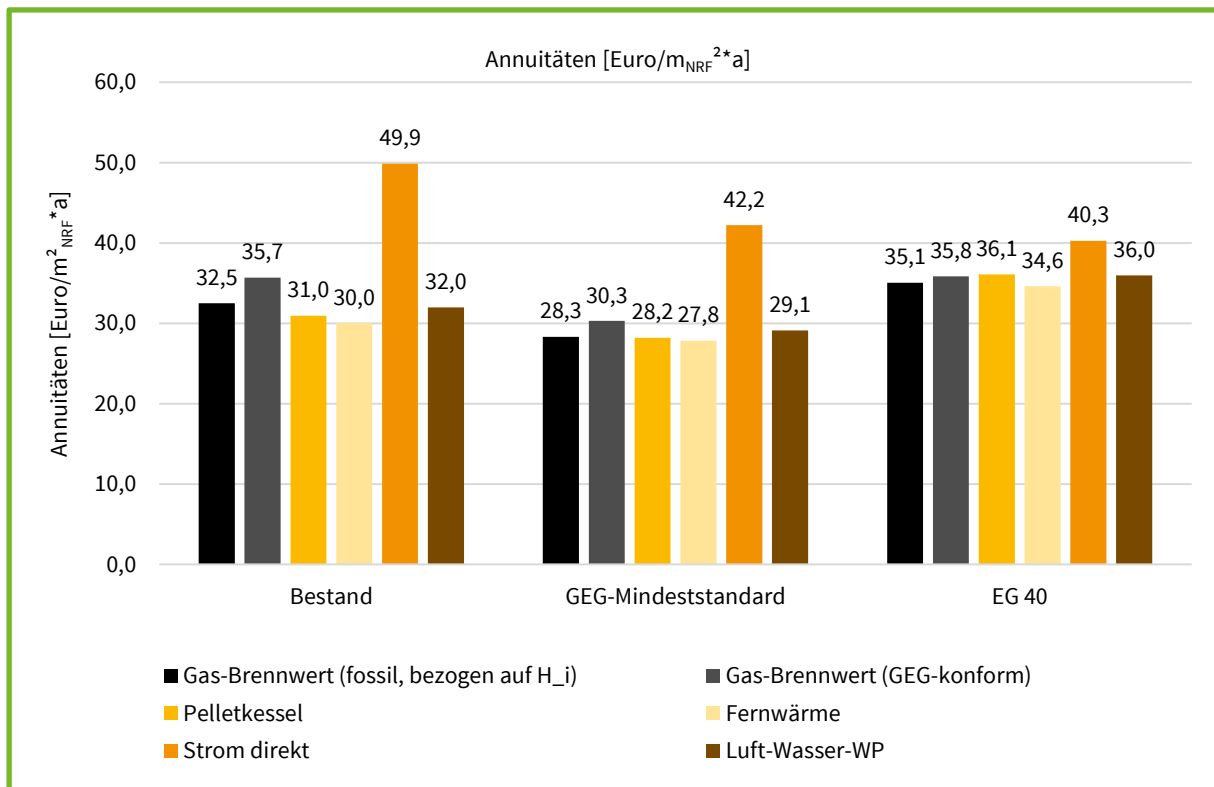


Abbildung 4-7 Annuität der verschiedenen Maßnahmenpakete bei realem Zinssatz von 3 % und niedrigem CO<sub>2</sub>-Preisfad

Für alle anderen Heizungssysteme lässt sich die Aussage treffen, dass die Gesamtkosten (inklusive Sanierung der Gebäudehülle) jeweils bei auf GEG-Mindestniveau sanierten Gebäuden am geringsten und bei auf EG-40-Niveau sanierten Gebäuden am höchsten sind, der Bestand liegt dazwischen. Das heißt, dass durch eine GEG-Sanierung der Außenhülle und eine Erneuerung der Beleuchtung – jedoch ohne Veränderung des Heizsystems – im mittleren NWG-Gebäude über den betrachteten Lebenszyklus gegenüber durchschnittlichen Bestandsgebäuden aufgrund der reduzierten Energiekosten Geld gespart werden kann. Eine Sanierung auf EG-40-Niveau hingegen führt über den Lebenszyklus zu mehr Kosten im Vergleich zum durchschnittlichen Bestandsgebäude, da die höheren Energieeinsparungen die höheren Investitionskosten nicht aufwiegen können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei dieser Betrachtung in allen Fällen keine Investitionsförderung berücksichtigt wird – weder für die Anlagentechnik noch für die Gebäudehülle. Auch dies erscheint konsistent mit der Baupraxis, wo der GEG-Mindeststandard in der Regel aufgrund seiner Rentabilität gefordert, aber nicht gefördert wird, der EG-40-Standard hingegen schon eine Förderung erfährt, um die Wirtschaftlichkeitslücke zu schließen und höhere THG-Einsparungen für den Klimaschutz zu erreichen.

Weiterhin fällt auf, dass die Kostenunterschiede zwischen den Heizsystemen bei der gleichen Sanierungstiefe im Bestand (mit einem Unterschied von 66 % zwischen teuerstem und günstigstem System) deutlich größer sind als im EG-40-Fall (maximaler Kostenunterschied 16 %), der GEG-Mindestfall liegt dazwischen (maximaler Kostenunterschied 52 %). Das liegt darin begründet, dass die Kostenunterschiede zwischen den Heizsystemen von der Differenz bei den Bedarfskosten für die Wärmebereitstellung dominiert sind. Da der Anteil der

Energiekosten im Bestand deutlich größer ist als im stark sanierten Zustand, ist auch die Variabilität der Kosten zwischen den Heizsystemen im Bestand größer.

Beim Vergleich der Heizsysteme untereinander zeigt sich ebenfalls, dass nach der Stromdirektheizung das nächstteuerste System im Bestand und im gering sanierten Fall das Gas-Brennwertsystem ist, das über den Lebenszyklus mit steigendem Anteil „grüner Gase“ nach GEG-Vorgabe betrieben wird. Über die nächsten 20 Jahre rein fossil betriebene Gaskessel (was jedoch mit wenigen Ausnahmen nicht GEG-konform sein wird) erreichen ebenso wie Luft-Wärmepumpen (ohne Förderung) mittlere Kosten bei gleichbleibender Sanierungstiefe. Am günstigsten sind in den meisten Fällen die Fernwärme- und Pelletkessel-Systeme. Hierbei ist jedoch zu bedenken, dass die Investitionskosten für die Fernwärmesysteme gegebenenfalls recht gering angesetzt sind und die nachhaltige Verfügbarkeit der Brennstoffe für die Pelletkessel begrenzt ist. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Kosten für einen Investitionszeitpunkt im Jahr 2024 bestimmt sind und sich aufgrund einer allgemeinen Preissteigerung sowie der Energie- und CO<sub>2</sub>-Preisentwicklung der Kostenvergleich langfristig wahrscheinlich verändern wird.

In Abbildung 4-8 sind die Annuitäten unter folgenden Bedingungen (Szenario S3) dargestellt:

- Realer Zinssatz 1,5 %
- Hoher CO<sub>2</sub>-Preisfad (vgl. Kapitel 2.4)

Diese Sensitivität führt dazu, dass sich vor allem der Kostenunterschied zwischen den Gassystemen und der investitionsintensiven Wärmepumpe gegenüber den anderen Analysen nochmals zugunsten der Wärmepumpe verbessert. Bei dieser Sensitivität ist die Wärmepumpe in allen Fällen günstiger oder höchstens (im Fall des EG-40-Gebäudes) genauso teuer wie die Gassysteme. Gegenüber der Sensitivität in Abbildung 4-7 mit hohem Zinsniveau und niedrigem CO<sub>2</sub>-Preisfad treten hier zwei gegenläufige Effekte hinsichtlich der Kosten auf: Der geringere Zinssatz wirkt kostendämpfend, während der höhere CO<sub>2</sub>-Preisfad kostensteigernd wirkt. Im Ergebnis führt dies dazu, dass die Kosten für die Gas-Brennwertsysteme bei sanierter Gebäudehülle (GEG-Mindeststandard und EG 40) in Abbildung 4-8 niedriger sind als in Abbildung 4-7, während die Situation für den Bestand genau umgekehrt ist.

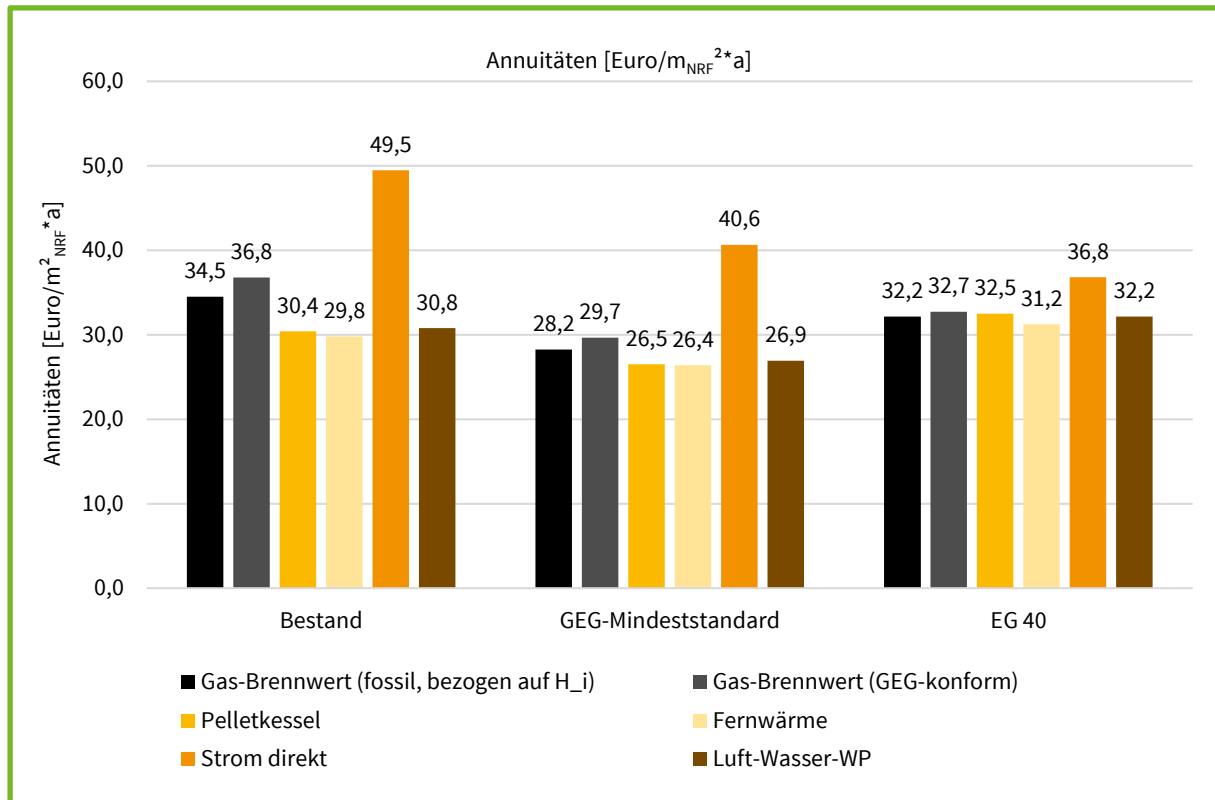
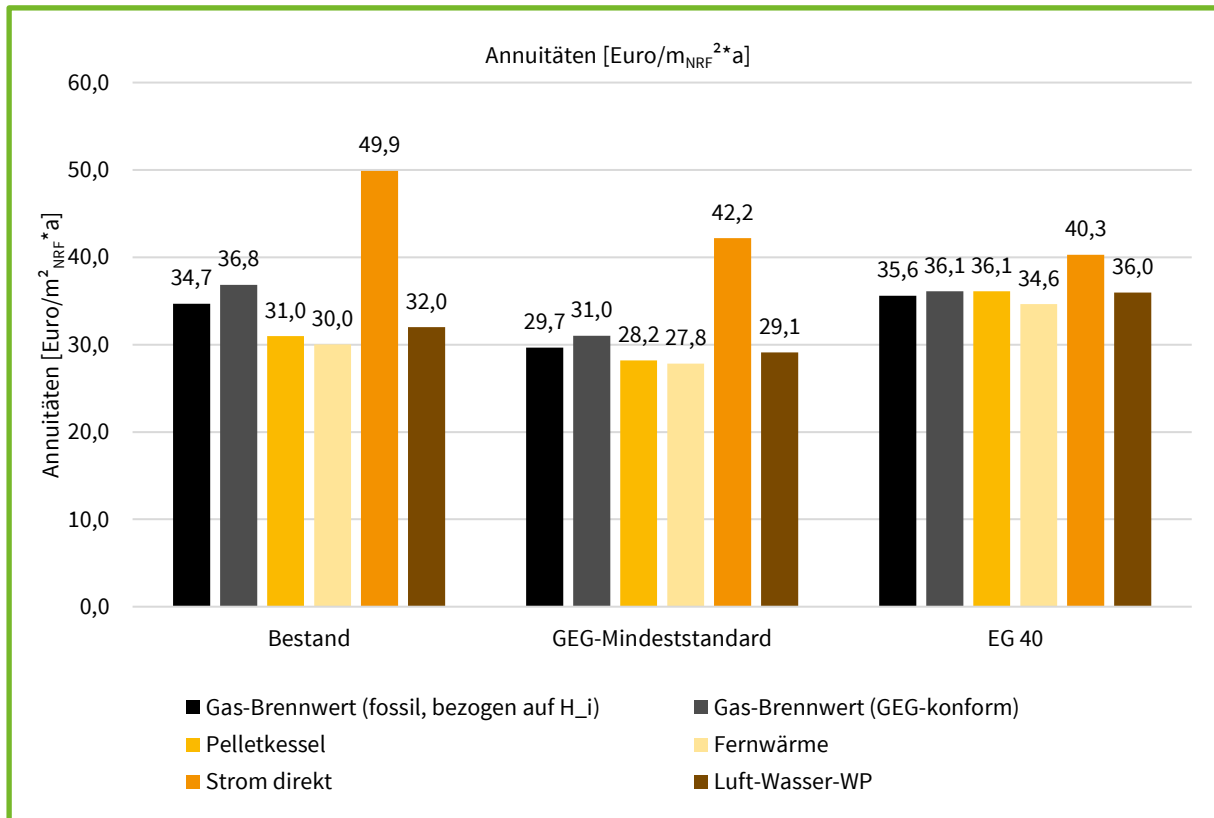


Abbildung 4-8 Annuität der verschiedenen Maßnahmenpakete bei realem Zinssatz von 1,5 % und hohem CO<sub>2</sub>-Preisfad

Abbildung 4-9 zeigt die Annuitäten unter folgenden Voraussetzungen (Szenario S4)

- Realer Zinssatz 3 %
- Hoher CO<sub>2</sub>-Preisfad (vgl. Kapitel 2.4)

Gegenüber Abbildung 4-7 kommt es nur zur Kostensteigerung für die Gas-Brennwertssysteme. Sie fällt für das rein fossil betriebene Gas-Brennwertsystem höher (im Bestand: +2,2 Euro/m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a; 6,8 %) als für das Gas-Brennwertsystem mit anteiliger (GEG-konformer) Nutzung erneuerbarer Gase (im Bestand: +1,1 Euro/m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a; 3,1 %) aus. Trotzdem bleibt das rein fossil betriebene System in allen Fällen günstiger als teilweise mit Wasserstoff – dafür GEG-konform – betriebene Systeme. Durch den höheren CO<sub>2</sub>-Preisfad erhöht sich der Kostenunterschied zwischen den Gas- und den anderen Systemen. Signifikante Auswirkungen auf die „Reihenfolge“ der Rentabilität der Systeme bei identischer Gebäudehülle treten jedoch nicht auf.

Abbildung 4-9 Annuität der verschiedenen Maßnahmenpakete bei realem Zinssatz von 3 % und hohem CO<sub>2</sub>-Preispfad

### 4.3.3 THG-Emissionen

In Abbildung 4-10 sind die durchschnittlichen jährlichen THG-Emissionen nach Verursacher-Prinzip (d. h. inklusive Vorketten) für die verschiedenen Maßnahmenpakete pro Quadratmeter Nettoraumfläche über die nächsten 20 Jahre dargestellt. Dafür wird bei Energieträgern, bei denen durch eine Dekarbonisierung in den nächsten 20 Jahren ein Rückgang angenommen werden kann, der Durchschnitt über die nächsten 20 Jahre angesetzt, wie in Kapitel 4.2.3 beschrieben. Ebenso wird die schrittweise Beimischung von grünem Wasserstoff bei GEG-konformen Gas-Brennwertsystemen berücksichtigt. In der Darstellung sind die Emissionen für Raumwärmebereitstellung, Trinkwarmwasser und die elektrischen Verbraucher (z. B. Beleuchtung, PCs, Drucker) aggregiert dargestellt<sup>13</sup>.

Erwartungsgemäß liegen die Emissionen im Bestand höher als bei auf GEG-Mindeststandard sanierten Gebäuden und diese wiederum höher als bei zu EG 40 sanierten Gebäuden, was in erster Linie auf die geringeren Raumwärmebedarfe zurückzuführen ist und in geringeren Teilen auf den effizienteren Betrieb der Anlagentechnik. Deutlich wird auch, dass die Wahl des Energieträgers einen größeren Einfluss auf die THG-Emissionen hat als die Sanierung der Gebäudehülle. So erreichen die beiden Heizsysteme mit den geringsten THG-Emissionen, der Pelletkessel und die Luft-Wasser-Wärmepumpe, sogar im Bestand Emissionswerte von 6,5 kg CO<sub>2</sub>-äq/m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a bzw. 5,6 kg CO<sub>2</sub>-äq/m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a. Diese Werte werden sogar im EG-40-Gebäude mit den Gaskesselsystemen nicht erreicht. Bei diesen Systemen liegen die Werte teilweise sogar fast doppelt so hoch mit

<sup>13</sup> Somit entspricht der Quotient aus Strom direkt- und Wärmepumpensystem auch nicht der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe, da in beiden Fällen noch die elektrische Energie und ihre Emissionen für weitere Verbraucher hinzugerechnet werden.

10,4 kg CO<sub>2</sub>-äq/m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a (fossil) bzw. 8,3 kg CO<sub>2</sub>-äq/m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a (GEG-konform). Außerdem wird deutlich, dass die Umstellung der Heizsysteme im Bestand einen besonders großen Effekt hat. Die Emissionen des Wärmepumpensystems betragen etwa ein Sechstel und die des Fernwärmesystems knapp ein Drittel des fossilen Gassystems. Zwar ist zu beachten, dass vereinzelt Umbaumaßnahmen für den Einsatz der Wärmepumpe im Bestand notwendig sind (z. B. Austausch einzelner Heizflächen und hydraulischer Abgleich), sie sind jedoch in den Kosten bereits berücksichtigt und in der Regel technisch möglich. Der Wechsel des Heizsystems hat im Sanierungsfall einen weniger starken Effekt als im Bestand (z. B. nur noch Halbierung bei Umstellung von Gas fossil auf Fernwärme bei EG 40). Dies ist damit zu begründen, dass in diesen Systemen die Emissionen der sonstigen elektrischen Verbraucher, auf die das Heizsystem keinen Einfluss hat, einen größeren Anteil an den Gesamtemissionen ausmachen als im Bestand.

Die Emissionen für die Fernwärme- und Stromdirektssysteme liegen zwischen denen der Gassysteme und der Luft-Wärmepumpe bzw. des Pelletkessels. Dabei ist jedoch anzumerken, dass gerade bei der Fernwärme die Emissionen lokal/regional sehr verschieden sein können und es sich hierbei nur um einen Mittelwert handelt.

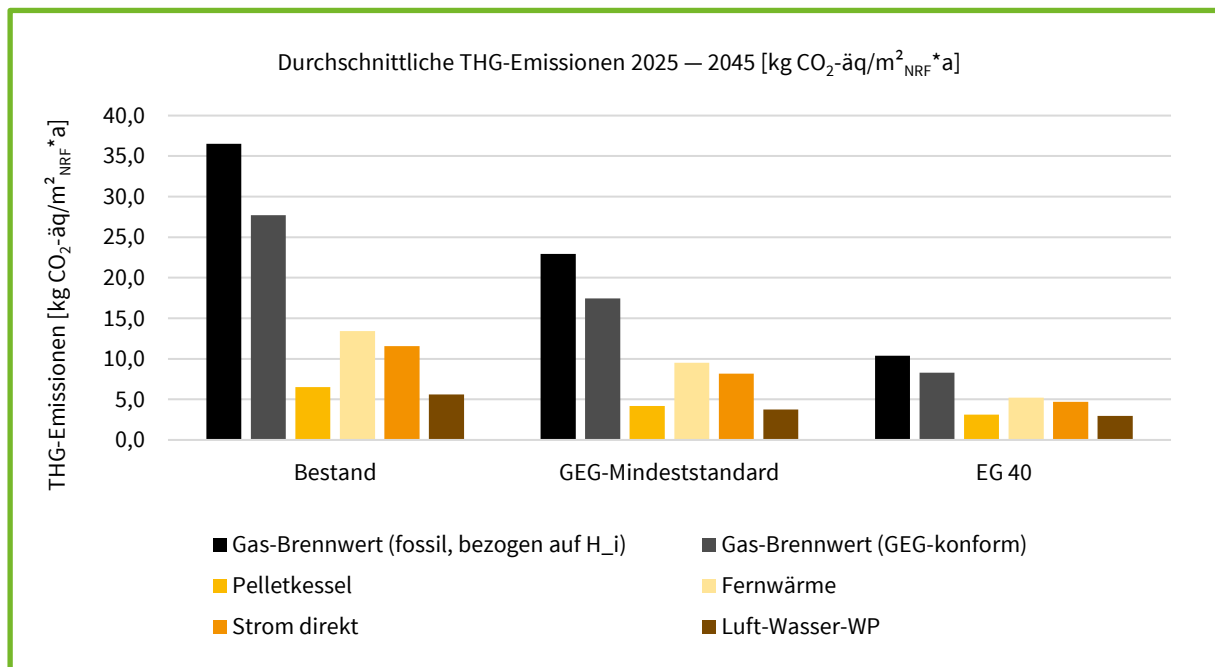


Abbildung 4-10 Durchschnittliche jährliche THG-Emissionen nach Verursacher-Prinzip für die verschiedenen Maßnahmenpakete pro Quadratmeter Nettoraumfläche über die nächsten 20 Jahre

#### 4.3.4 THG-Vermeidungskosten

Die THG-Vermeidungskosten werden wie in Kapitel 4.2.5 beschrieben berechnet. Eine detaillierte Aufschlüsselung für alle Gebäudetypen findet sich im Anhang. Nachfolgend sind jeweils nur die Ergebnisse für das „Mittlere NWG“ dargestellt.

Bei den Randbedingungen in Szenario S1

- Realer Zinssatz 1,5 %
- Niedriger CO<sub>2</sub>-Preisfad

können auch im Fall des EG 40 Emissionen beim fossilen Gas-Brennwertkessel, bei Fernwärme und bei der Luftwärmepumpe ohne Mehrkosten eingespart werden (siehe Abbildung 4-11). Dies ist besonders wichtig vor dem Hintergrund der absoluten THG-Emissionen der Systeme. Diese liegen, wie in Abbildung 4-10 gezeigt, im Fall des EG 40 nochmals deutlich unter denen des GEG-Mindeststandards und des Bestands. In den meisten anderen Fällen sinken auch die THG-Emissionen gegenüber der Betrachtung in Abbildung 4-12. Lediglich im Fall des Gas-Brennwertsystems im Bestand, das GEG-konform betrieben wird, und der Fernwärme im Bestand – beides Systeme mit sehr geringen Investitionskosten – steigen die Kosten für die Einsparung leicht.

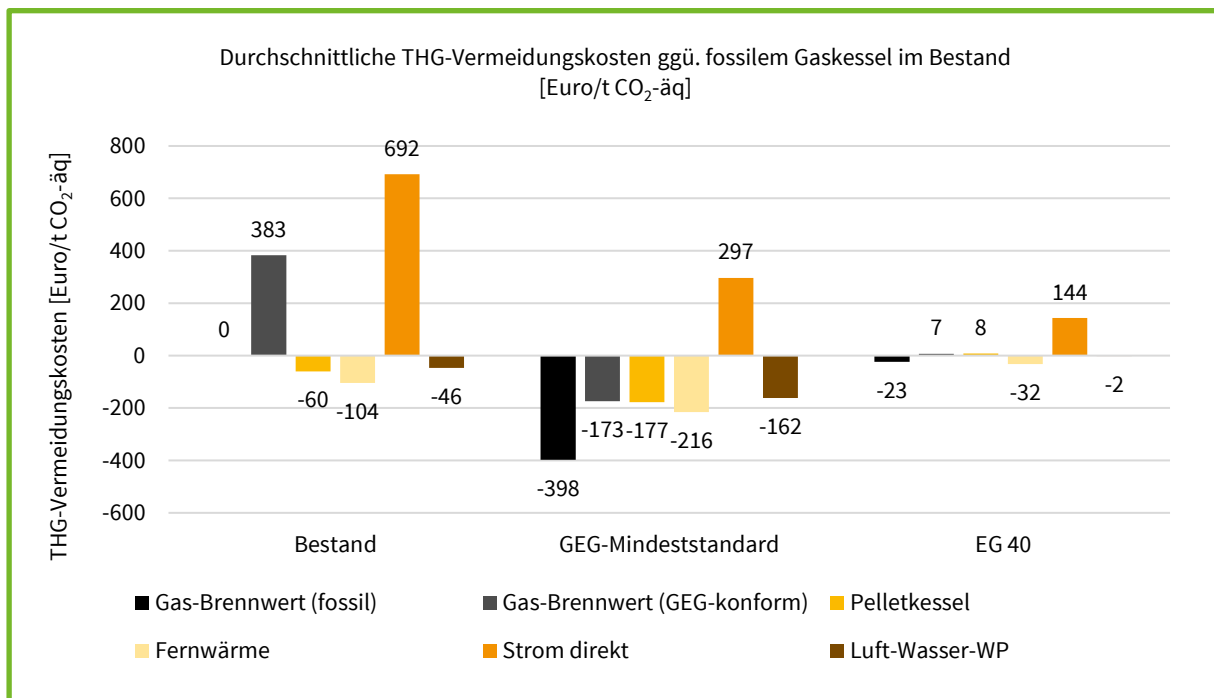


Abbildung 4-11 Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten der verschiedenen Maßnahmenpakete in Bezug auf das rein fossile Gaskesselsystem im Bestand bei realem Zinssatz von 1,5 % und niedrigem CO<sub>2</sub>-Preispfad

In Abbildung 4-12 finden sich die Ergebnisse unter den Randbedingungen von Szenario S2:

- Realer Zinssatz 3 %
- Niedriger CO<sub>2</sub>-Preispfad

Dabei erreichen Pelletkessel, Fernwärme und Luft-Wasser-Wärmepumpe leicht negative Vermeidungskosten im Bestand, das heißt, THG-Emissionen können ohne zusätzliche Kosten über den Lebenszyklus eingespart werden. Dem gegenüber stehen deutlich positive Vermeidungskosten von 360 Euro/t CO<sub>2</sub>-äq bzw. knapp 700 Euro/t CO<sub>2</sub>-äq für das Gaskesselsystem mit anteiliger Nutzung von Wasserstoff bzw. für das Stromdirekt-system. Beide Systeme führen zwar zu geringeren THG-Emissionen als das rein fossile System (vgl. Abbildung 4-10), aber auch zu teilweise deutlich höheren Kosten. Deutlich günstiger stellt sich die Sanierung auf GEG-Mindeststandard dar. Wie bereits in Abbildung 4-7 dargestellt, sind alle GEG-Mindeststandard-Systeme – bis auf das Stromdirektssystem – günstiger als der Referenzfall (des fossilen Gaskessels im Bestand). Besonders günstig ist in diesem Fall das System mit fossilem Gaskessel. Es kommt trotz einer Kostenreduktion von 32,5 Euro/m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a auf 28,3 Euro/m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a zu THG-Einsparungen von 13,6 kg CO<sub>2</sub>-äq/m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a. Zu beachten ist jedoch, dass das damit erreichte Zielniveau von 22,9 kg CO<sub>2</sub>-äq/m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a nicht kompatibel ist mit einem



klimateutralen Gebäudebestand. Die Maßnahme ist somit kostengünstig, jedoch nicht hinreichend, wenn nicht umfangreich an anderer Stelle die verbleibenden Emissionen kompensiert werden.

Im Fall der Sanierung auf EG-40-Niveau weisen alle Systeme positive Vermeidungskosten in ähnlicher Höhe auf.

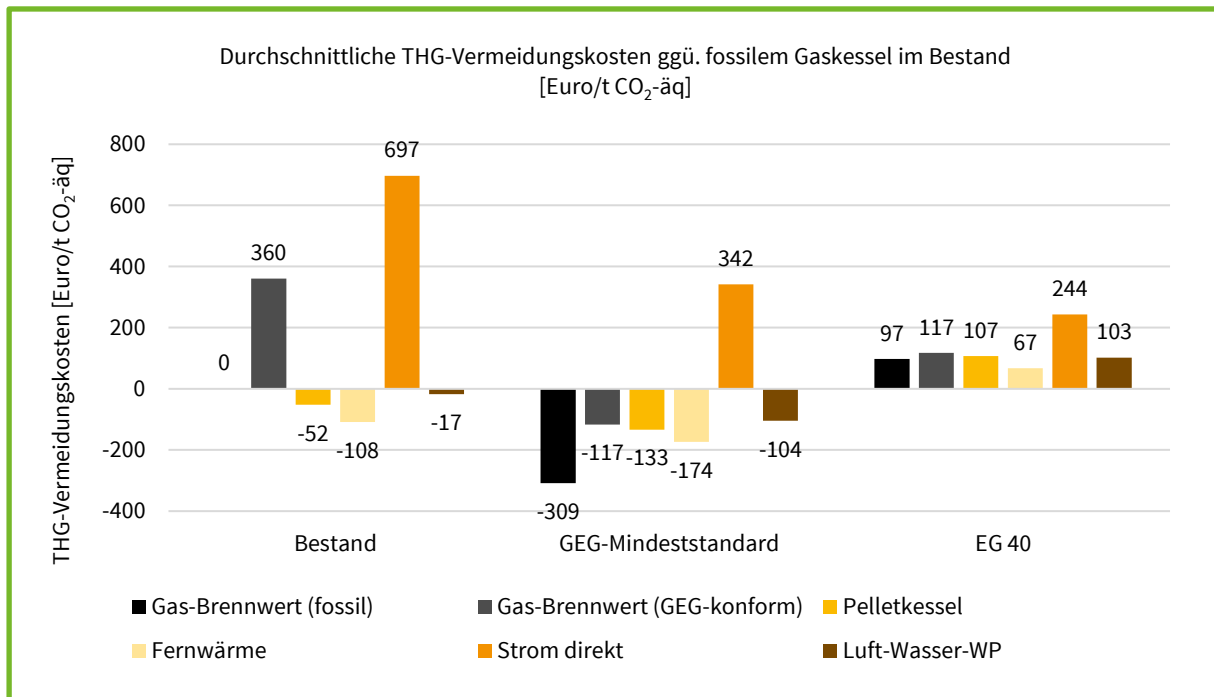


Abbildung 4-12 Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten der verschiedenen Maßnahmenpakete in Bezug auf das rein fossile Gaskesselsystem im Bestand bei realem Zinssatz von 3 % und niedrigem CO<sub>2</sub>-Preisfad

In Abbildung 4-13 sind die THG-Vermeidungskosten bei Szenario S3

- Realer Zinssatz 1,5 %
- Hoher CO<sub>2</sub>-Preisfad

zusammengefasst. Die THG-Vermeidungskosten sind nun bei allen Heizungssystemen bis auf bei der Strom-direktheizung im EG-40-Gebäude negativ. Das heißt, es können THG-Emissionen ohne Mehrkosten mit diesen Maßnahmenpaketen eingespart werden. Vor allem die THG-Vermeidungskosten der investitionsintensiven Systeme, wie zum Beispiel Pelletkessel und Luftwärmepumpe, sind gegenüber der vorherigen Betrachtung nochmals gesunken. Das ist aus gesamtsystemischer Sicht relevant, da dies auch die Systeme mit den absolut geringsten THG-Emissionen sind. Folglich sind aus Klimaschutzperspektive die hier angenommenen Randbedingungen die günstigsten der vier betrachteten Sensitivitäten. Insgesamt weisen nur vier Systeme, wie auch in Abbildung 4-11, positive THG-Vermeidungskosten auf.

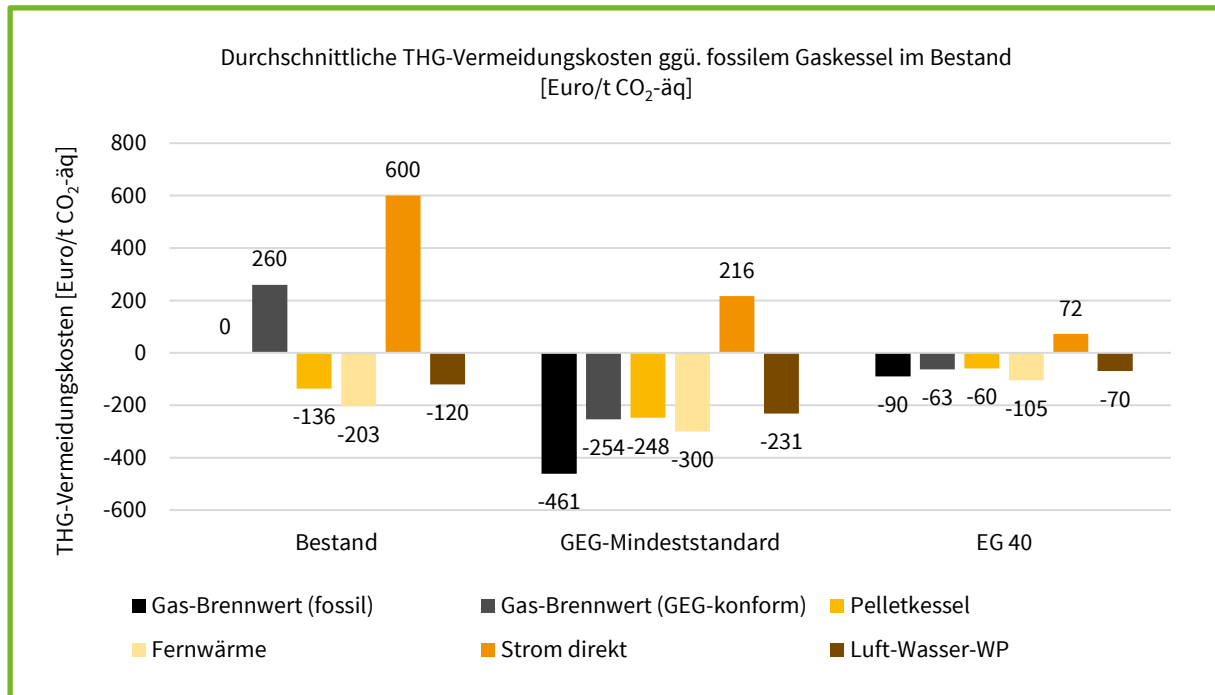


Abbildung 4-13 Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten der verschiedenen Maßnahmenpakete in Bezug auf das rein fossile Gaskesselsystem im Bestand bei realem Zinssatz von 1,5 % und hohem CO<sub>2</sub>-Preisfad

Bei den Randbedingungen aus Szenario S4

- Realer Zinssatz 3 %
- Hoher CO<sub>2</sub>-Preisfad

in Abbildung 4-14 nähern sich ebenfalls die THG-Vermeidungskosten im EG-40-Gebäude dem Nullniveau an, das heißt, Emissionen können ohne signifikante Mehrkosten durch diese Maßnahmenpakete eingespart werden. Jedoch liegen die Vermeidungskosten mit 50 bis -2 Euro/t CO<sub>2</sub>-äq (außer Strom direkt mit 175 Euro/t CO<sub>2</sub>-äq) noch etwas höher als im vorherigen Fall. Dies ist mit dem im Vergleich zum vorherigen Fall höheren Zinssatz zu begründen, der dazu führt, dass die Investitionskosten und damit auch die Vermeidungskosten bei den investitionskostenintensiven Maßnahmenpaketen von EG 40 höher liegen. Die Effekte des höheren CO<sub>2</sub>-Preisfads wirken zwar in die entgegengesetzte Richtung, mindern also die Vermeidungskosten, haben insgesamt aber einen schwächeren Einfluss auf die Vermeidungskosten als die Variation des Zinssatzes bei EG 40. In allen anderen Fällen, bis auf beim fossilen Gassystem im GEG-Mindeststandard-Gebäude, sinken die Kosten gegenüber der Betrachtung in Abbildung 4-12 und auch der ersten Betrachtung (Abbildung 4-11). Dies ist vor allem durch die höheren Kosten aufgrund des CO<sub>2</sub>-Preises für das Referenzsystem (fossiler Gaskessel im Bestand) zu erklären.

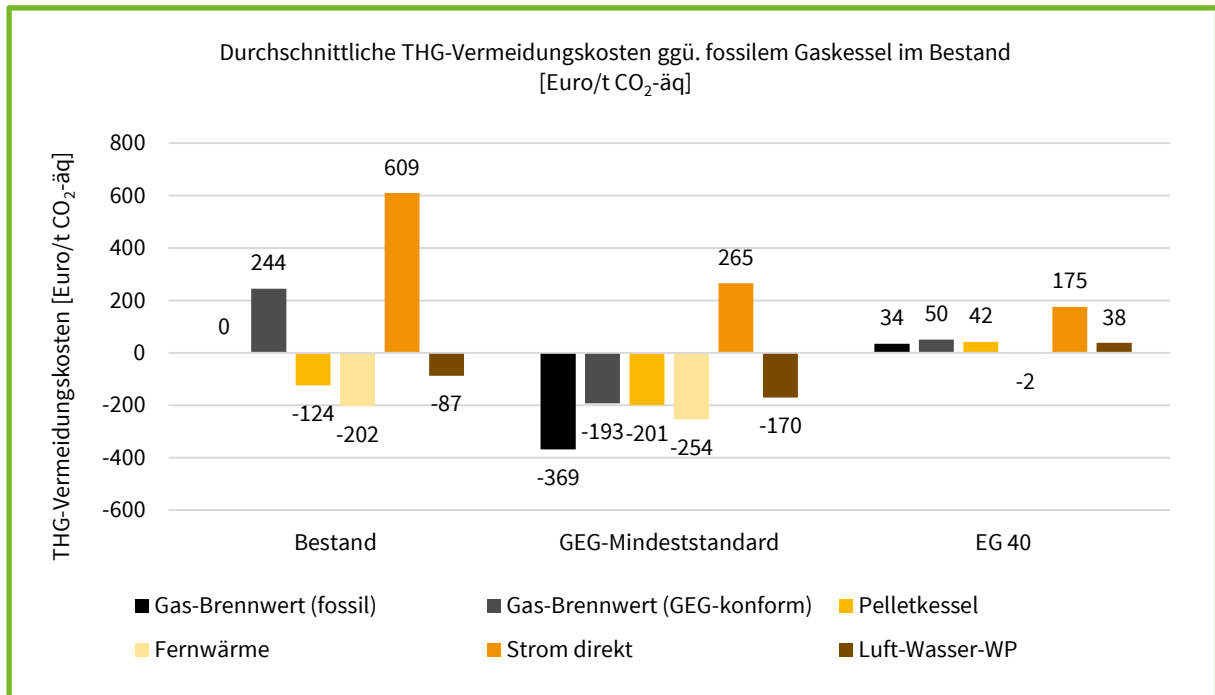


Abbildung 4-14 Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten der verschiedenen Maßnahmenpakete in Bezug auf das rein fossile Gaskesselsystem im Bestand bei realem Zinssatz von 3 % und hohem CO<sub>2</sub>-Preisfad

## 5 Szenarien der Kostenentwicklung

Um Klimaneutralität bzw. eine weitgehende Reduktion der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erreichen, müssen umfangreiche Investitionen in die Gebäudehülle und in die Anlagentechnik getätigt werden. Ziel des folgenden Kapitels ist es, den Finanzierungsbedarf zur Erreichung der Klimaneutralitätsziele genauer zu spezifizieren. Dabei werden zwei Szenarien betrachtet. Im Ziel-Szenario wird eine ambitionierte Sanierungstätigkeit angenommen, die zu einem klimaneutralen Liegenschaftsbestand im öffentlichen Sektor bis 2045 führt. Dem gegenüber wird ein „Business as Usual“-Szenario (BaU) bestimmt, das das derzeitige Sanierungsgeschehen fortschreibt.

In den folgenden Kapiteln 5.1 und 5.2 werden die beiden Szenarien und die methodischen Grundlagen im Detail beschrieben. Kapitel 5.3 stellt die Ergebnisse der Berechnungen dar. Die Kapitel 5.4 und 5.5 zeigen wesentliche Einflussfaktoren für die Szenarien-Ergebnisse durch eine Sensitivitäten-Betrachtung. Kapitel 5.6 fasst die Kernergebnisse des Kapitels zusammen.

### 5.1 Methodische Grundlagen und Annahmen

Die Methodik zur Bestimmung der Kosten für die Transformation zur Erreichung der Klimaneutralität basiert auf einem Bottom-up-Ansatz und umfasst zahlreiche Berechnungsschritte. Zunächst wird der spezifische Endenergieverbrauch durch umfangreiche Literaturrecherchen ermittelt (vgl. Kapitel 2.1). Anschließend werden für die elf Gebäude-Hauptfunktionen zwei Sanierungstiefen berücksichtigt: Sanierung nach Gebäudeenergiegesetz (GEG-Mindeststandard) und Sanierung zum Effizienzgebäude 40 (EG 40). Dabei wird die Minderung des Endenergieverbrauchs für alle öffentlichen Nichtwohngebäude unter Berücksichtigung einer definierten Sanierungstätigkeit bzw. Sanierungsrate bestimmt. Die Heizungen und Energieträger werden anhand einer jährlichen Beheizungsstruktur definiert, woraufhin die Energiekosten ermittelt werden. Die Investitionskosten für Sanierung und Anlagenmodernisierung pro Gebäude werden spezifisch bestimmt. Der Begriff „Modernisierung“ bezieht sich auf den Austausch einer Altanlage gegen eine Neuanlage, die über eine verbesserte Technologie verfügt und aufgrund der Integration erneuerbarer Energien einen deutlich höheren Dekarbonisierungsgrad aufweist. Der Begriff „Ersatz“ meint, dass eine Altanlage durch eine Neuanlage desselben Typs ersetzt wird. Diese Erneuerung von Anlagen wird in den Kosten nicht einbezogen, da sie ohnehin nach dem Ende der Lebensdauer der Anlage stattfindet. Abschließend erfolgt eine Hochrechnung auf Verwaltungsebene und dann für alle öffentlichen Nichtwohngebäude.

#### 5.1.1 Derzeitige Flächen- und Verbrauchsstruktur

Ausgangspunkt für beide Szenarien ist die derzeitige Flächen- und Verbrauchsstruktur. Die Datengrundlagen hierfür sind in Kapitel 2.3 dargestellt. Diese Daten werden vereinheitlicht durch Umrechnung auf die elf Gebäude-Hauptfunktionen (Kapitel 3.3). Die so ermittelte Nettoraumfläche der Nichtwohngebäude in öffentlicher Hand beträgt 347 Mio. m<sup>2</sup>, wobei 70 % auf der kommunalen Ebene liegen. Die Energieverbrauchskennwerte werden ebenfalls nach den elf Gebäude-Hauptfunktionen umgerechnet, um eine strukturierte Hochrechnung zu ermöglichen.

## 5.1.2 Energie- und Investitionskosten

Die folgende Abbildung stellt die Einflussfaktoren auf die Energie- und Investitionskosten dar.

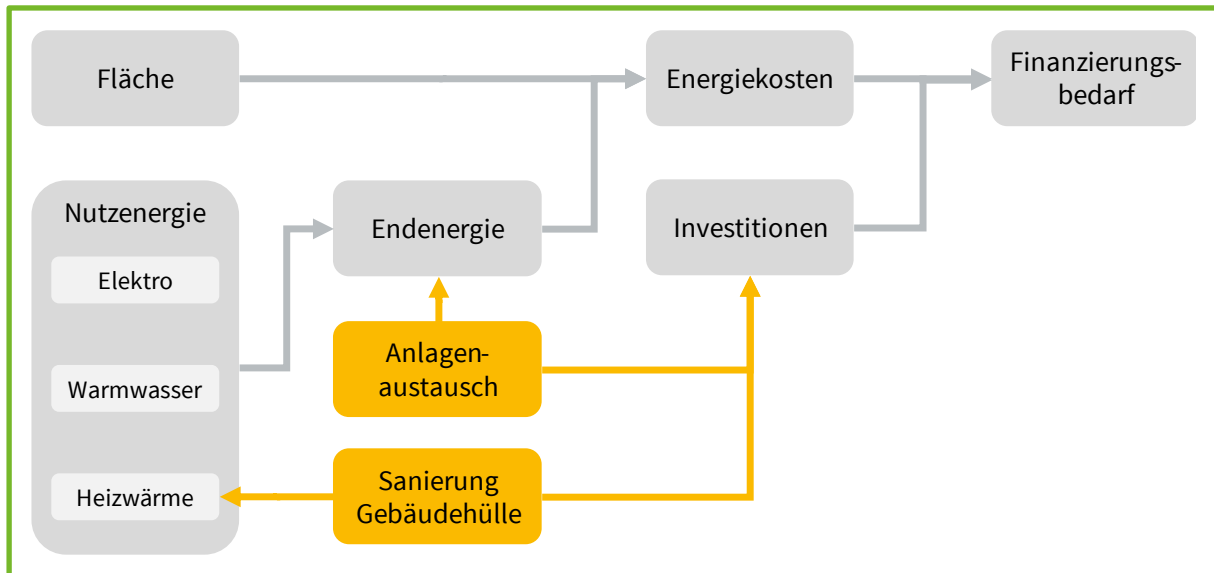


Abbildung 5-1 Einflussfaktoren in der Szenarien-Betrachtung. Die hervorgehobenen Faktoren werden in den Szenarien variiert.

Die Investitionskosten lassen sich unterscheiden in Investitionen in die Gebäudehülle und solche in die Anlagentechnik. Grundsätzlich werden nur die energiebedingten Mehrkosten betrachtet.

Die Investitionskosten für die Sanierung der Gebäudehülle (energiebedingte Mehrkosten) variieren je nach Gebäude-Hauptfunktion. Diese Kosten sind spezifisch pro Quadratmeter Nettoraumfläche für jede Gebäude-Hauptfunktion aus Kapitel 4 hergeleitet. Die Investitionen in die Gebäudehülle beeinflussen im Wesentlichen den Heizwärmebedarf. Darüber hinaus haben sie Einfluss auf die Kosten für Investitionen in die Anlagentechnik, da ein gesunkener Energiebedarf eine geringere Dimensionierung der Anlagen erlaubt. Die Kosten für die Anlagen sinken daher um durchschnittlich 20 % bei einer Sanierung auf den GEG-Mindeststandard und um 50 % bei einer Sanierung auf den Effizienzgebäude-40-Standard. Als Lebensdauer für die Maßnahmen an der Gebäudehülle werden 40 Jahre angesetzt.

Die Investitionskosten für den Anlagen-austausch hängen stark von den Annahmen zur Änderung der Beheizungsstruktur ab, da die jährlich neu eingesetzten Heizungen die Modernisierungsrate der Anlagen bestimmen. Die Modernisierungsrate bezeichnet die Rate, mit der eine Altanlage durch eine Neuanlage ersetzt wird, die über eine verbesserte Technologie verfügt und einen deutlich höheren Dekarbonisierungsgrad aufweist. Die technische Lebensdauer aller Anlagen wird auf 20 Jahre festgelegt und unterscheidet sich damit von der „wirtschaftlichen“ Lebensdauer, die vorrangig durch die steuerliche Abschreibung definiert wird. Zwischen dem Basisjahr und 2045 werden die Anlagen entweder ersetzt oder modernisiert. In dieser Studie werden die Kosten für die Modernisierung betrachtet. Die Investitionskosten der Anlagen werden normalerweise in Euro pro Kilowatt Leistung angegeben. Um eine Hochrechnung zu ermöglichen, werden spezifische Investitionskosten in Euro pro Quadratmeter benötigt. Dafür wird eine Umrechnung basierend auf der Beheizungsstruktur, der Gebäudegröße und der erforderlichen Anlagenleistung durchgeführt (vgl. Kapitel 4.3.1).

Die Gesamtinvestitionskosten aller Nichtwohngebäude des öffentlichen Sektors werden durch eine Hochrechnung anhand der Nettoraumfläche bestimmt.

Die Energiekosten hängen einerseits von den Energieträgerpreisen ab. Die Annahmen hierzu sind in Kapitel 2.4 dargestellt. Sie werden inflationsbereinigt bei den weiteren Berechnungen berücksichtigt. Andererseits hängen die Energieträgerkosten vom Heizwärmebedarf und der Beheizungsstruktur ab, die durch die Szenario-Annahmen variieren.

## 5.2 Vorgehen

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Vorgehensweise. Die einzelnen föderalen Ebenen werden separat modelliert. Die beiden Szenarien unterscheiden sich in ihren Annahmen zur Sanierungsrate und zur Entwicklung der Beheizungsstruktur (siehe nächster Abschnitt). Die betrachteten Ergebnisvariablen sind Endenergieverbrauch, Investitions- und Energiekosten sowie – daraus abgeleitet – der Finanzierungsbedarf.

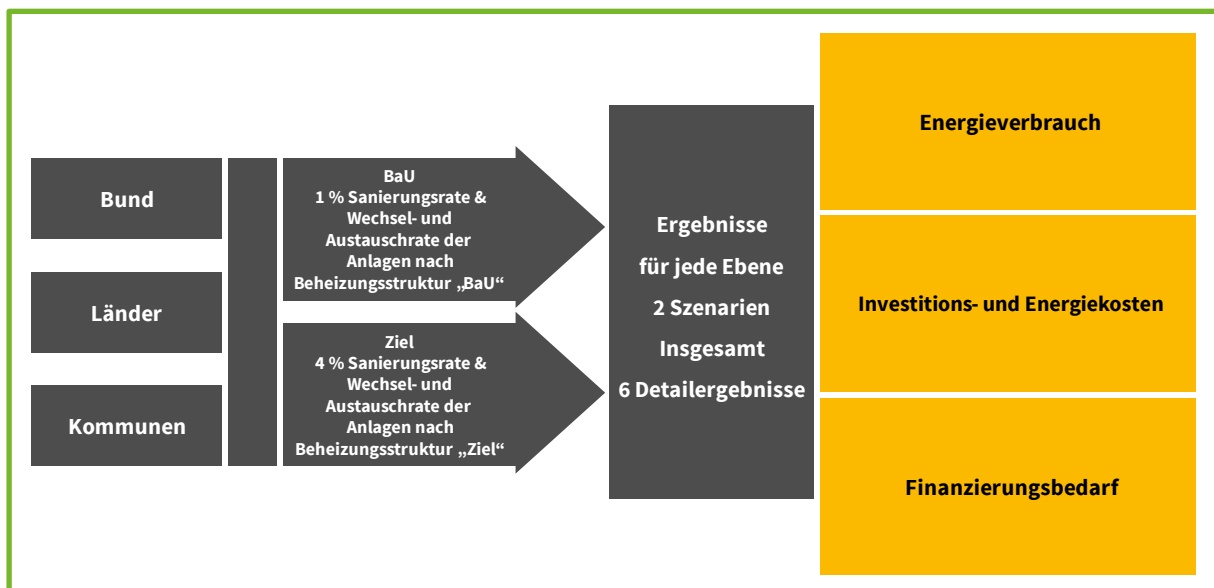


Abbildung 5-2 Vorgehensweise zur Bestimmung der gesamtwirtschaftlichen Kostenbelastung und -entlastung auf Bund-, Länder- und Kommunalebene

### 5.2.1 Beschreibung der Szenarien

Um den Finanzierungsbedarf zur Erreichung der Klimaneutralität zu bestimmen, wird der Aufwand in zwei Szenarien ermittelt: dem Ziel-Szenario und dem BaU-Szenario. Sie unterscheiden sich hauptsächlich in der Sanierungsrate, der Sanierungstiefe und der Beheizungsstruktur. Im Folgenden wird ein Überblick über die Annahmen beider Szenarien gegeben.

#### „Business as Usual“-Szenario

Das BaU-Szenario bildet weitgehend das übliche Sanierungsgeschehen ab mit folgenden Parametern:

- 1 % Sanierungsrate
- Sanierungstiefe gemäß GEG-Mindeststandard

## Ziel-Szenario

Das Ziel-Szenario strebt einen weitgehend klimaneutralen Gebäudebestand <sup>14</sup> für 2045 an mit folgenden Parametern:

- 4 % Sanierungsrate
- Sanierungstiefe gemäß Effizienzgebäude 40 (EG 40)

Die angenommene Beheizungsstruktur im BaU-Szenario zeigt eine starke Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, die auch im Zieljahr noch eine dominante Rolle spielen; sie machen etwa zwei Drittel der Beheizungsstruktur aus. Der Anteil der Wärmepumpe sowie der Fernwärme steigt auf 16 % bzw. 14 %, bleibt jedoch im Zieljahr weiterhin von geringer Bedeutung in der Beheizungsstruktur. Mit einer jährlichen Sanierungsrate von 1 % werden bis zum Zieljahr insgesamt 22 % der Nettoraumflächen saniert, was etwa 76 Mio. m<sup>2</sup><sub>NRF</sub> entspricht. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Entwicklung der Sanierungstätigkeit und der Beheizungsstruktur.

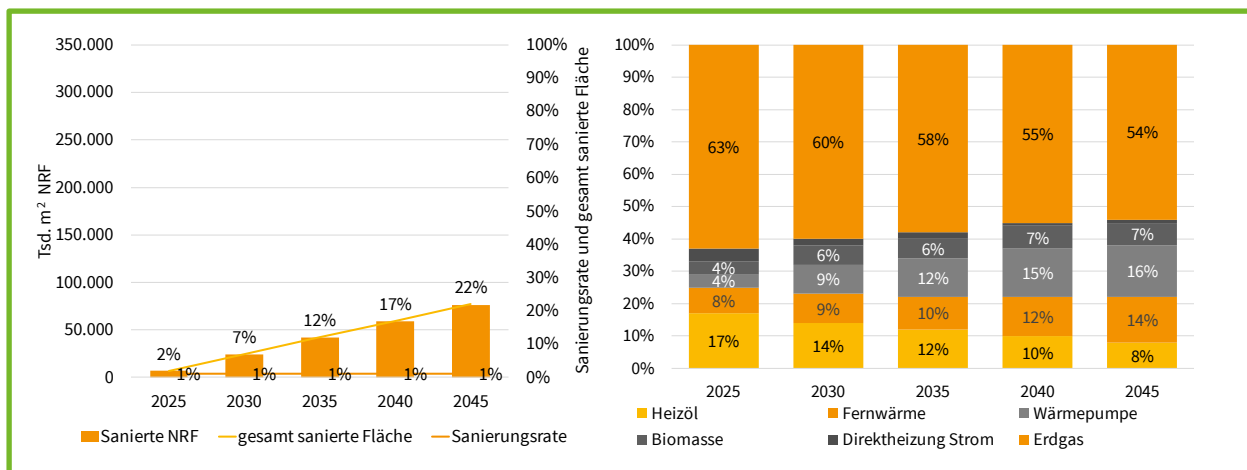


Abbildung 5-3 Entwicklung der Sanierungstätigkeit und Beheizungsstruktur in öffentlichen Nichtwohngebäuden im BaU-Szenario

Im Ziel-Szenario ist eine deutliche Entwicklung der sanierten Fläche aufgrund der 4%igen Sanierungsrate zu erkennen. Dadurch wird eine Sanierungsquote von 88 % erreicht, was einer sanierten Nettoraumfläche von über 300 Mio. m<sup>2</sup><sub>NRF</sub> entspricht. Die angenommene Beheizungsstruktur weist eine äußerst geringe Abhängigkeit von fossilen Energieträgern auf, die auch im Zieljahr kaum eine Rolle spielen. Der Anteil von Erdgas reduziert sich auf 6 %, während Heizöl nicht mehr verwendet wird und somit entfällt. Stattdessen dominieren Wärmepumpen und Fernwärme die Energieerzeugung im Zieljahr und machen zusammen etwa 90 % der Beheizungsstruktur aus.

<sup>14</sup> Die Annahmen zur Sanierungsrate, Sanierungstiefe und Beheizungsstruktur in den Szenarien basieren auf der „Roadmap Energieeffizienz 2045“ (noch unveröffentlicht). Die Roadmap ist Teil der deutschen Energieeffizienzstrategie und soll sektorübergreifende Pfade zur Erreichung des Reduktionsziels für 2045 diskutieren. Dabei beschreibt das Ziel der Bundesregierung, die Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen, das Ambitionsniveau des Roadmap-Prozesses.

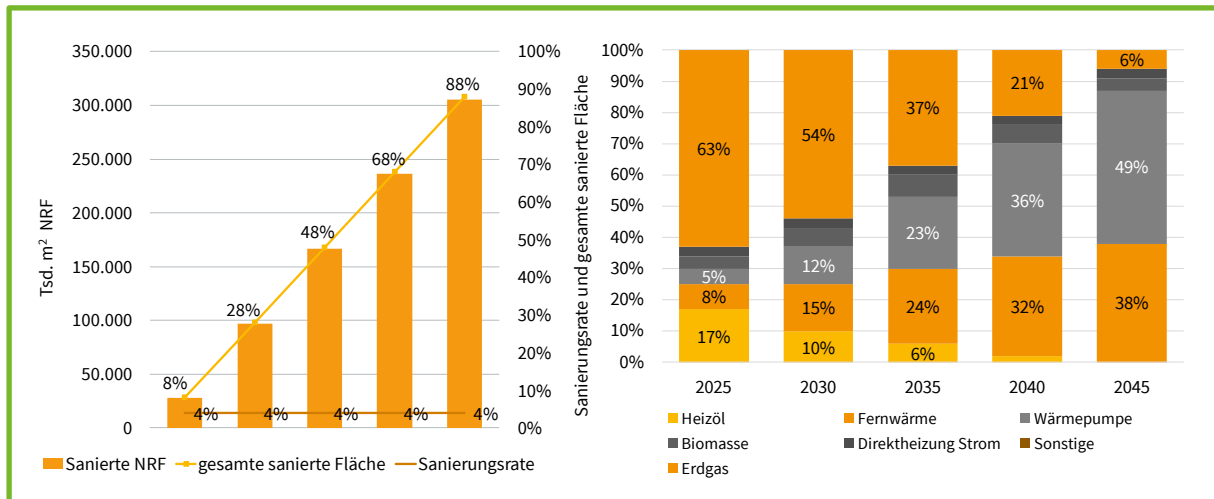


Abbildung 5-4 Entwicklung der Sanierungstätigkeit und Heizungsstruktur in öffentlichen Nichtwohngebäuden im Ziel-Szenario

## 5.2.2 Bestimmung des Endenergieverbrauchs

Der Endenergieverbrauch wird anhand der spezifischen Energiekennwerte der Nutzenergie bestimmt. Die Nutzenergie umfasst den Heizwärme-, Warmwasser- und Elektrobedarf, wobei die Heizwärme den überwiegenden Teil ausmacht. Anhand der Anlagenwirkungsgrade, die auf der Heizungsstruktur basieren, wird der spezifische Endenergieverbrauch ermittelt. In Kombination mit der Nettoraumfläche kann der spezifische Endenergieverbrauch auf alle öffentlichen Nichtwohngebäude der entsprechenden Verwaltungsebene hochgerechnet werden. Um den Gesamtendenergieverbrauch in öffentlichen Nichtwohngebäuden zu bestimmen, werden die berechneten Ergebnisse pro Verwaltungsebene addiert.

Eine Sanierung reduziert den Energieverbrauch pro Gebäude. Um den Effekt der Sanierung auf den gesamten öffentlichen Sektor zu ermitteln, wird der Endenergieverbrauch nach der entsprechenden Sanierung mit der sanierten Fläche und der Nettoraumfläche verrechnet. Die sanierte Fläche lässt sich durch die Sanierungsrate ermitteln.

## 5.2.3 Bestimmung der Investitions- und Energiekosten

Die Investitionskosten werden in zwei Hauptteile unterteilt. Der erste Teil betrifft die Investitionskosten der Sanierung. Der zweite Teil umfasst die Investitionskosten aufgrund der Modernisierung der Anlagen. Für den ersten Teil werden die sanierten Flächen (in Quadratmetern Nettoraumfläche) mit den spezifischen Sanierungskosten (abhängig vom Szenario) multipliziert, um die Gesamtkosten der Sanierung pro Verwaltungsebene zu ermitteln. Die Gesamtsumme der Einzelergebnisse auf den Verwaltungsebenen ergibt den gesamten Investitionsbedarf aufgrund der Sanierung von öffentlichen Nichtwohngebäuden. Für den zweiten Teil entstehen Investitionskosten aufgrund der Modernisierung der Anlagen. Die Modernisierungsraten werden anhand der Heizungsstruktur bestimmt. Diese Raten werden dann auf die Nettoraumfläche umgerechnet. Anschließend werden die vorhandenen spezifischen Investitionskosten auf alle öffentlichen Nichtwohngebäude mit entsprechender Nettoraumfläche hochgerechnet.

Die Energiekosten werden durch die Verrechnung der Energiepreise mit den Endenergieverbräuchen bestimmt. Hierfür werden die Endenergieverbräuche nach Energieträger benötigt, die mithilfe der Heizungsstruktur berechnet werden.



Es ist wichtig, zu betonen, dass nicht nur die Investitions- und Energiekosten bis zum Jahr 2045 berücksichtigt werden, sondern auch die darauf basierenden Energieeinspareffekte in den späteren Jahren. Beispielsweise resultiert eine Sanierungsinvestition im Jahr 2030 in Einspareffekten für die nachfolgenden 40 Jahre bis 2070, während eine Sanierung im Jahr 2045 Einspareffekte bis 2085 mit sich bringt.<sup>15</sup> Des Weiteren werden ab dem Zieljahr auch die Anlagen im betrachteten Zeitraum ersetzt. Die Kosten für diesen Ersatz werden in dieser Analyse nicht als Kostenbelastung berücksichtigt, da die Anlagen ohnehin nach Ende ihrer Lebensdauer ersetzt werden müssen und ihr Ersatz somit keine Rolle bei den zusätzlichen Kosten spielt.

## 5.2.4 Bestimmung der Energiekosteneinsparung und des Finanzierungsbedarfs

Eine wirtschaftliche oder finanzielle Lücke entsteht aus der Differenz von Nutzen und Kosten. In dieser Studie bedeutet dies konkret, dass durch die Sanierung und die Anlagenmodernisierung der Endenergieverbrauch verringert wird, was zu Energieeinsparungen führt und somit auch die Energiekosten reduziert. Allerdings erfordert dies auch Investitionen bzw. bringt einen Finanzierungsbedarf mit sich. Wenn der Nutzen (die eingesparten Energiekosten) geringer ist als die dafür aufgewendeten Kosten (Investitionen), entsteht eine Lücke, die als Finanzierungslücke bezeichnet wird. Zur Deckung dieser Finanzierungslücke entsteht ein zusätzlicher Finanzierungsbedarf.

Die Berechnung der eingesparten Energiekosten in einem bestimmten Jahr erfolgt durch den Vergleich des aktuellen Endenergieverbrauchs im gewählten Jahr mit dem Referenzjahr (2023) sowie unter Berücksichtigung der Energiepreise im entsprechenden Jahr. Auf diese Weise werden die Einsparungen bei den Energiekosten ermittelt, die durch den reduzierten Energieverbrauch entstehen. Es ist zu beachten, dass, obwohl die Methodik ähnlich erscheinen mag, sie sich dennoch von einem direkten Vergleich der Energiekosten unterscheidet.<sup>16</sup>

## 5.3 Ergebnisse der Szenarien-Berechnungen

Die Ergebnisse werden auf gesamtwirtschaftlicher Ebene unter Berücksichtigung der Annahmen und Berechnungen in Kapitel 5.1 und 5.2 bestimmt und im Folgenden dargestellt.

### 5.3.1 Endenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch wird anhand der Annahmen zu den Effekten von Sanierungsmaßnahmen aus Kapitel 3.2, der spezifischen Energieverbrauchskennwerte aus Kapitel 3.3 und des in Kapitel 5.2.2 beschriebenen Vorgehens berechnet. Im Bestand beläuft sich der Endenergieverbrauch in öffentlichen Nichtwohngebäuden auf 70 TWh, wobei über zwei Drittel davon der kommunalen Ebene zuzuordnen sind, was etwa 50 TWh entspricht. Erdgas und Heizöl sind die im Bestandsjahr am häufigsten eingesetzten Energieträger und sind für zwei Drittel der Erzeugung verantwortlich. Die nachfolgende Abbildung visualisiert die Entwicklung des Endenergieverbrauchs in den beiden Szenarien nach Energieträgern.

<sup>15</sup> Die Sanierung wird mit einer Lebensdauer von 40 Jahren und Anlagen werden mit einer Lebensdauer von 20 Jahren berücksichtigt.

<sup>16</sup> Beispiel (Werte aus dem Ziel-Szenario): Im Ziel-Szenario beträgt der Energieverbrauch im Jahr 2023 70,6 TWh, was bei einem durchschnittlichen Energiepreis von 17,06 Cent/kWh zu Energiekosten in Höhe von 12,1 Mrd. Euro führt. Im Jahr 2030 sinkt der Verbrauch auf 60,9 TWh, wobei der durchschnittliche Energiepreis bei 11,9 Cent/kWh liegt und die Energiekosten auf 7,2 Mrd. Euro zurückgehen. Ein direkter Vergleich zeigt eine Einsparung von 4,9 Mrd. Euro. Methodisch besteht ein Unterschied zwischen den reduzierten Energiekosten und den Kosten, die bei unverändertem Energieverbrauch im Jahr 2030 angefallen wären. Die Energiekosteneinsparung wird wie folgt berechnet: Die eingesparte Energiemenge im Vergleich zum Referenzjahr (2023) wird mit dem durchschnittlichen Energiepreis im entsprechenden Jahr (hier 2030) multipliziert. Dies ergibt  $9,7 \text{ TWh} \times 11,9 \text{ Cent/kWh} = 1,1 \text{ Mrd. Euro}$ .

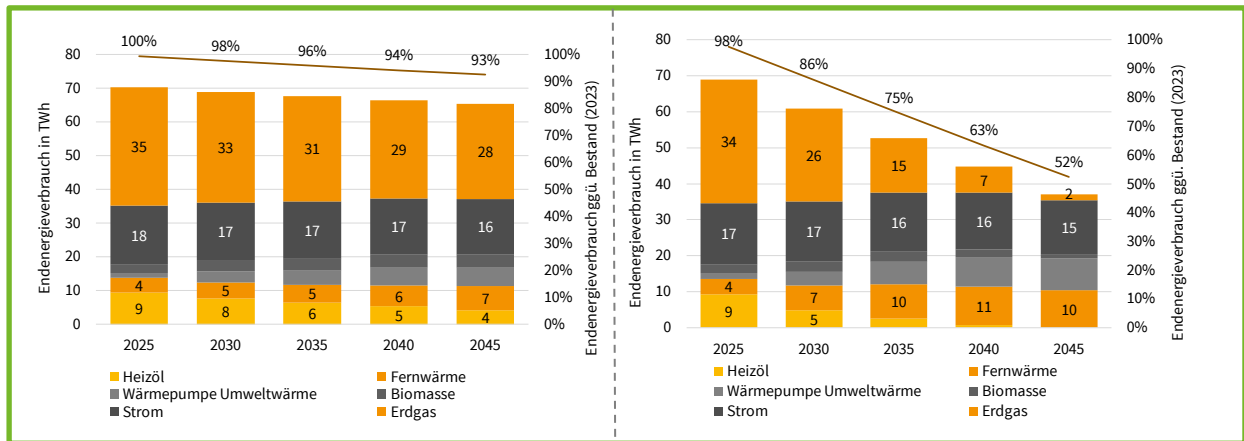


Abbildung 5-5 Entwicklung des Endenergieverbrauchs im BaU-Szenario (links) und im Ziel-Szenario (rechts) nach Energieträger

Im BaU-Szenario bleibt die Beheizungsstruktur im Wesentlichen unverändert, wobei Gas weiterhin dominierend ist und mehr als 40 % des Endenergieverbrauchs ausmacht. Aufgrund geringerer Sanierungsmaßnahmen nimmt der Endenergieverbrauch leicht ab und im Zieljahr beträgt er 65 TWh, was einer Reduktion um 7 % im Vergleich zum Bestandsjahr entspricht. Im Ziel-Szenario zeigt sich eine signifikante Reduktion des Endenergieverbrauchs um die Hälfte. Diese Entwicklung ist maßgeblich auf die Sanierung, den Energiestandard EG 40, die festgelegte Sanierungsrate und die Veränderung der Beheizungsstruktur zurückzuführen. Besonders hervorzuheben ist die deutliche Veränderung der Beheizungsstruktur, wobei die Rolle der Wärmepumpe über die Jahre kontinuierlich zunimmt und im Zieljahr für über ein Drittel des Endenergieverbrauchs verantwortlich ist. Im Zieljahr entfällt der Heizölverbrauch vollständig, während Gas einen Anteil von 5 % beibehält. Der Wärmeverbrauch aus Fernwärme steigt von 4 auf 10 TWh und entspricht damit 28 % des Gesamtendenergieverbrauchs im Zieljahr. Der Endenergieverbrauch von Strom bleibt in beiden Szenarien nahezu unverändert, da Sanierungsmaßnahmen kaum einen Einfluss darauf haben.

### 5.3.2 Energiekosten und Energiekosteneinsparung

Die Bestimmung der Energiekosten basiert auf den in Kapitel 2.4 dargestellten Energiepreisen. In beiden Szenarien entstehen unterschiedliche Energiekosten aufgrund der verschiedenen Beheizungsstrukturen, die unterschiedliche Energieträger verwenden. Zudem führt die Sanierung zu unterschiedlichen Energieverbräuchen.

Nachfolgend wird die Entwicklung der Energiekosten auf Basis der für das Jahr 2025 extrapolierten Kosten<sup>17</sup> für beide Szenarien dargestellt.

<sup>17</sup> Das Bezugsjahr 2025 wurde gewählt, da die Energiepreise in den Jahren 2023 und 2024 aufgrund der Energiekrise ungewöhnlich hoch waren bzw. sind, während davon ausgegangen wird, dass sie sich 2025 auf eher typische Preisniveaus zurückentwickeln werden. Dies ermöglicht einen realistischeren und besser nachvollziehbaren Vergleich der nachfolgenden Jahre.

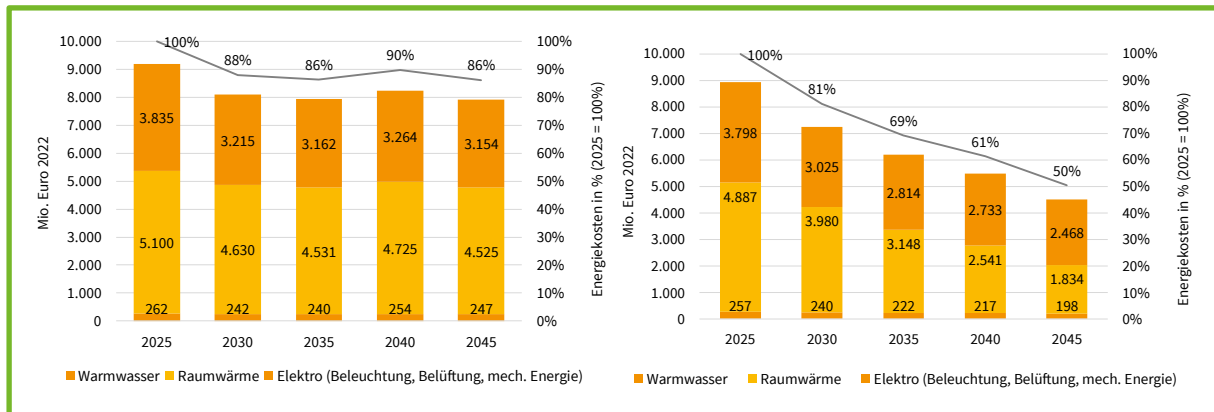


Abbildung 5-6 Die Entwicklung der Energiekosten im BaU-Szenario (links) und im Ziel-Szenario (rechts) nach Anwendung

Im Jahr 2025 belaufen sich die Energiekosten für öffentliche Nichtwohngebäude auf 9,2 Mrd. Euro (2022). Davon entfallen rund 60 % auf die Wärmekosten und etwa 40 % auf die Stromkosten. Im Zieljahr verzeichnet das BaU-Szenario eine Reduktion der Energiekosten um 14 %, wodurch sie auf 7,9 Mrd. Euro (2022) sinken. Infolgedessen bleibt die Verteilung der Kosten nahezu konstant, wobei die Wärmekosten im Zieljahr ebenfalls rund 60 % der Gesamtkosten ausmachen.

Im Ziel-Szenario zeigt sich eine erhebliche Reduzierung der Energiekosten, was im Einklang mit den Annahmen bezüglich der Sanierungstiefe und -rate sowie der Beheizungsstruktur steht. Im Vergleich zum Jahr 2025 halbieren sich die Energiekosten nahezu von etwa 9 Mrd. Euro (2022) auf 4,5 Mrd. Euro (2022). Zusätzlich ändert sich die Verteilung der Kosten signifikant. Durch die Annahmen zur Sanierung und Beheizungsstruktur verschiebt sich die Kostenstruktur im Zieljahr, wobei die Wärmekosten nicht mehr den größten Kostenblock ausmachen. Ihr Anteil sinkt von rund 60 % im Jahr 2025 auf unter die Hälfte der Gesamtkosten (45 %), während die Stromkosten im Zieljahr den maßgeblichen Kostenfaktor darstellen.

Die Energiekosteneinsparung ergibt sich aus dem reduzierten Energieverbrauch im Vergleich zum Referenzjahr 2023 in Verbindung mit den entsprechenden durchschnittlichen Energiepreisen des betrachteten Jahres (vgl. Kapitel 5.2.4). Die Energiekosteneinsparung korreliert daher eng mit den eingesparten Energiemengen. Im BaU-Szenario werden bis zum Jahr 2045 etwa 5 TWh Endenergie eingespart, was zu gesamten eingesparten Energiekosten von 7 Mrd. Euro (2022) führt. Im Ziel-Szenario hingegen reduziert sich der Endenergieverbrauch um 33 TWh, was zu einer Energiekosteneinsparung von 45 Mrd. Euro (2022) führt (vgl. Abbildung 5-7).

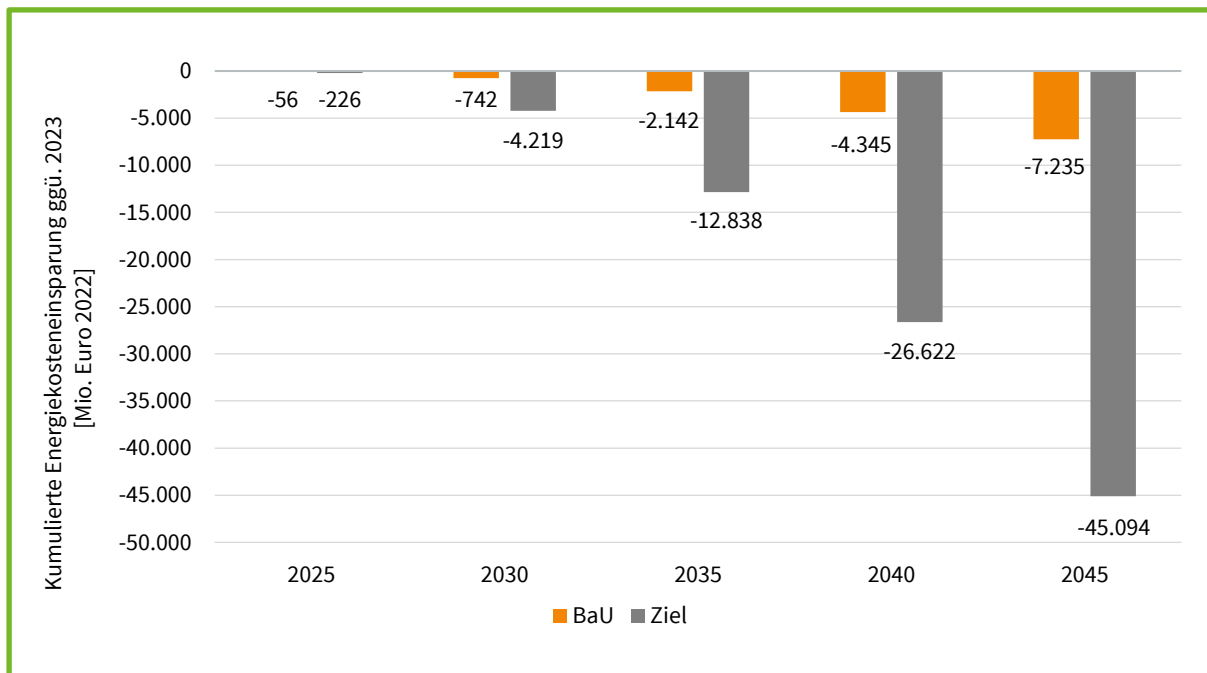


Abbildung 5-7 Entwicklung der Energiekosteneinsparung im BaU-Szenario und im Ziel-Szenario

### 5.3.3 Investitionskosten

Die Investitionskosten werden basierend auf Kapitel 5.2.3 berechnet und differenzieren sich in Sanierungs- und Anlagenmodernisierungskosten. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die differenzierten Investitionskosten im BaU- und im Ziel-Szenario bis zum Zieljahr.

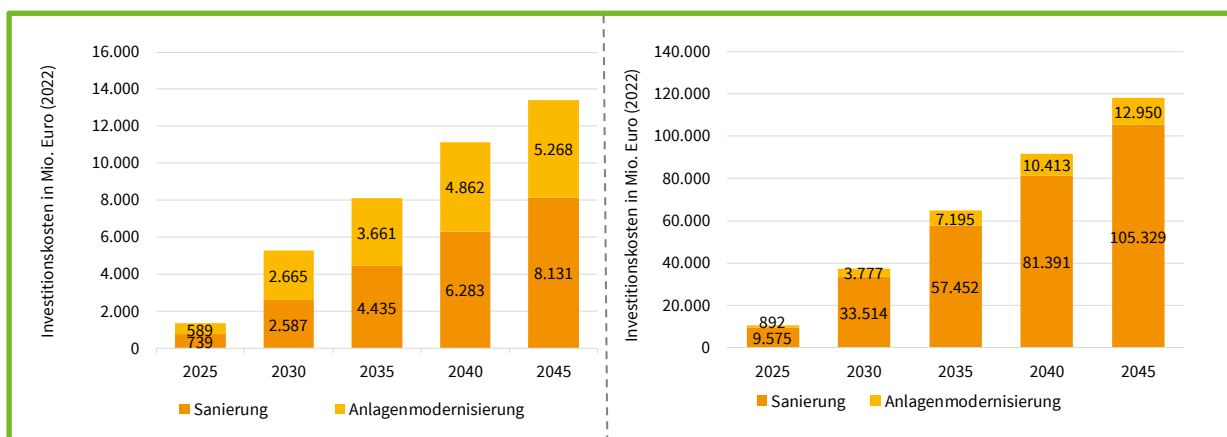


Abbildung 5-8 Differenzierte Investitionskosten im BaU-Szenario (links) und im Ziel-Szenario (rechts)

Im BaU-Szenario machen die Sanierungskosten mit etwa 60 % der Gesamtkosten den größten Kostenblock aus. Die Investitionskosten belaufen sich auf rund 13 Mrd. Euro (2022), wobei die Sanierungskosten davon 8 Mrd. Euro (2022) ausmachen. Die Kosten für die Modernisierung der Anlagen resultieren aus der Modernisierungsrate, die auf der Beheizungsstruktur basiert und dazu führt, dass ein Viertel der Anlagen modernisiert wird. Die Investitionskosten für diese Modernisierung belaufen sich auf rund 5 Mrd. Euro (2022).

Im Ziel-Szenario spielen die Sanierungskosten eine wesentlich größere Rolle im Vergleich zum BaU-Szenario. Das hat mehrere Gründe: Zum einen erfolgt die Sanierung auf einen höheren Standard, nämlich EG 40 statt des GEG-Mindeststandards, was zu dreifach höheren Kosten führt. Zudem ist die Sanierungsrate im Ziel-Szenario viermal so hoch. Im Durchschnitt führen die genannten Effekte zu rund 13-mal höheren Sanierungskosten. Die Gesamtkosten für die Anlagenmodernisierung liegen 2,5-mal höher, da die Modernisierungsrate im Ziel-Szenario höher ist als die im BaU-Szenario. Dies ist auf die Beheizungsstruktur zurückzuführen. Im Gegensatz zum BaU-Szenario werden im Ziel-Szenario drei Viertel der Anlagen modernisiert, was zu höheren Anlagenmodernisierungskosten führt. Dadurch beträgt die Modernisierungsrate 3,5 % pro Jahr. Eine Anlagensatzrate sowie die damit gebundenen Investitionskosten werden in dieser Studie nicht berücksichtigt. Dies liegt daran, dass ein Anlagensatz ohnehin nach Ablauf der Lebensdauer der Anlage erfolgt und daher keine Mehrkosten entstehen.

### 5.3.4 Bestimmung des Finanzierungsbedarfs

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse beider Szenarien verglichen, um die gesamtwirtschaftliche Kostenbelastung und -entlastung durch die Erreichung des Ziels Klimaneutralität in öffentlichen Nichtwohngebäuden auszuwerten. Dies beinhaltet auch die Analyse der daraus resultierenden Finanzierungslücke, wie in Kapitel 5.2.4 beschrieben.

Die Investitionen unterscheiden sich erheblich zwischen dem BaU-Szenario und dem Ziel-Szenario. Im BaU-Szenario belaufen sich die Investitionen auf 13 Mrd. Euro (2022). Diese Investitionen führen bis zum Zieljahr zu einer gesamten Energiekostenentlastung von 7 Mrd. Euro (2022) aufgrund der eingesparten Endenergie. Im Gegensatz dazu erfordert das Ziel-Szenario erheblich höhere energiebedingte Investitionen in Höhe von rund 120 Mrd. Euro (2022). Jedoch führen diese Investitionen zu einer wesentlich größeren Energiekostenentlastung bzw. Energiekosteneinsparung im Zieljahr, die sich auf etwa 45 Mrd. Euro (2022) beläuft.

Bei Betrachtung der entstehenden Investitionskosten und der dadurch eingesparten Energiekosten ergibt sich ein Finanzierungsbedarf im BaU-Szenario in Höhe von 6 Mrd. Euro (2022) und im Ziel-Szenario von 73 Mrd. Euro (2022). Die nachfolgende Abbildung zeigt die kumulierten Ergebnisse der Investitionskosten und der erzielten Energiekosteneinsparungen sowie den Saldo bzw. Finanzierungsbedarf kumuliert bis 2045<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Es ist zu beachten, dass ein positiver Wert einen Investitionsaufwand darstellt, während ein negativer Wert eine Einsparung bedeutet.

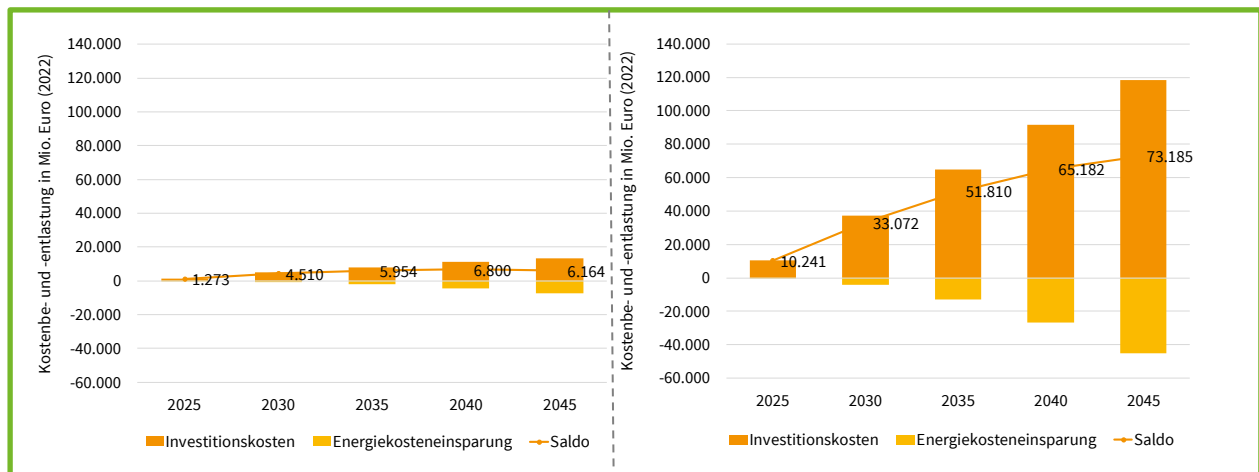


Abbildung 5-9: Vergleich des kumulierten Investitionsaufwands und der erzielten Energiekosteneinsparung im BaU-Szenario (links) und im Ziel-Szenario (rechts)

Folgende Tabelle bietet eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse auf den einzelnen Verwaltungsebenen.

	BaU		Ziel	
<b>Investitionskosten bis 2045 [Mio. Euro (2022)]</b>				
Kommunen	10.107		84.855	
Länder	2.612		20.675	
Bund	679		12.749	
<b>Summe</b>	<b>13.398</b>		<b>118.279</b>	
<b>Endenergieverbrauch in 2045 [TWh]</b>				
Kommunen	45,4		25,5	
Länder	13,8		8,3	
Bund	6,3		3,2	
<b>Summe</b>	<b>65,5</b>		<b>37,0</b>	
<b>Energiekosteneinsparung [Mio. Euro (2022)]</b>	bis 2045	bis 2085	bis 2045	bis 2085
Kommunen	-4.966	-22.454	-31.380	-143.545
Länder	-1.558	-6.838	-9.065	-46.976
Bund	-711	-3.097	-4.649	-17.881
<b>Summe</b>	<b>-7.235</b>	<b>-32.389</b>	<b>-45.094</b>	<b>-208.402</b>
<b>Finanzierungsbedarf [Mio. Euro (2022)]</b>	bis 2045	bis 2085	bis 2045	bis 2085
Kommunen	5.142	-12.347	53.475	-58.691
Länder	1.054	-4.226	11.610	-26.301
Bund	-32 <sup>19</sup>	-2.418	8.100	-5.131
<b>Summe</b>	<b>6.164</b>	<b>-18.991</b>	<b>73.185</b>	<b>-90.123</b>

Tabelle 5-1 Differenzierte Darstellung der Investitionskosten, der Energiekosteneinsparungen und des Finanzierungsbedarfs nach Verwaltungsebenen

<sup>19</sup> Die Energieeinsparungen auf Bundesebene übersteigen die auf kommunaler und Länderebene, da der Endenergieverbrauch auf Bundesebene stärker sinkt. Dies führt zu höheren Energiekosteneinsparungen, die die Investitionskosten übersteigen. Daher entsteht auf Bundesebene keine Finanzierungslücke, sondern eine Einsparung im BaU-Szenario.

Der überwiegende Anteil der Kosten fällt auf kommunaler Ebene an. Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass etwa 70 % der betrachteten Fläche der Nichtwohngebäude den Kommunen zugeordnet sind. Diese Verteilung spiegelt sich ebenfalls in den Energieeinsparungen und dem Endenergieverbrauch wider.

Es werden auch zusätzliche Energieeinspareffekte aufgrund der Energiekostenentlastungen ab dem Jahr 2045 berücksichtigt (vgl. 5.2.4). Im BaU-Szenario werden aufgrund des verringerten Energieverbrauchs ab dem Jahr 2045 noch insgesamt 25 Mrd. Euro (2022)<sup>20</sup> an Energiekosten eingespart. Damit summiert sich die Gesamtersparnis bis zum Jahr 2085 auf 32 Mrd. Euro (2022) aufgrund der im BaU-Szenario getätigten Investitionen. Im Ziel-Szenario sind diese Einsparungen noch erheblich höher und belaufen sich zwischen 2045 und 2085 auf 163 Mrd. Euro (2022)<sup>21</sup>. Somit betragen die insgesamt eingesparten Energiekosten bis 2085 208 Mrd. Euro (2022).

Bei Betrachtung der Energieeinspareffekte ab 2045 zeigt sich ein negativer Saldo. Dies impliziert, dass die bis 2045 entstandenen Investitionskosten bis zum Jahr 2085 durch die erzielte Energieeinsparung kompensiert werden können. Im BaU-Szenario belaufen sich die gesamten eingesparten Energiekosten auf 32 Mrd. Euro (2022), was einen Saldo von 19 Mrd. Euro (2022) ergibt. Im Ziel-Szenario sind die Einspareffekte ab 2045 noch höher. Die gesamten eingesparten Energiekosten bis 2085 in Höhe von 208 Mrd. Euro (2022) führen ebenfalls zur Deckung der Investitionskosten und ergeben einen Saldo in Höhe von 90 Mrd. Euro (2022).

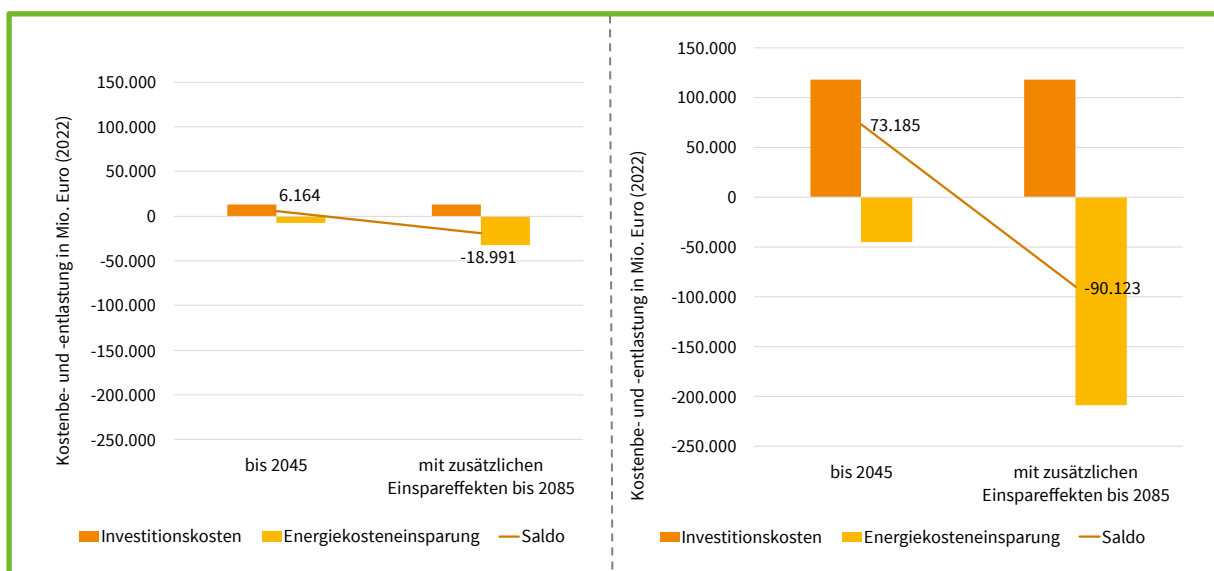


Abbildung 5-10 Vergleich des Investitionsaufwands und der erzielten Energiekosteneinsparung im BaU-Szenario (links) und im Ziel-Szenario (rechts) mit den zusätzlichen Einspareffekten bis zum Jahr 2085 (kumulierte Ergebnisse)

## 5.4 Sensitivitäten

Um den Einfluss eines variierenden Zinssatzes sowie eines erhöhten CO<sub>2</sub>-Preispfads auf den Finanzierungsbedarf zu untersuchen, wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Dabei werden insgesamt vier Sensitivitäten berechnet. Die Pfade für niedrige und hohe CO<sub>2</sub>-Preise sind in Kapitel 2.4 veranschaulicht.

<sup>20</sup> Diese zusätzlich erzielten Energieeinsparungen ab dem Jahr 2045 im BaU-Szenario entsprechen der Differenz zwischen den Energieeinsparungen im Jahr 2085 und den Energieeinsparungen im Jahr 2045.

<sup>21</sup> Diese zusätzlich erzielten Energieeinsparungen ab dem Jahr 2045 im Ziel-Szenario entsprechen der Differenz zwischen den Energieeinsparungen im Jahr 2085 und den Energieeinsparungen im Jahr 2045.

- Referenzszenario: niedriger CO<sub>2</sub>-Preisfad und 0 % Zinssatz
- S1: niedriger CO<sub>2</sub>-Preisfad und 1,5 % Zinssatz
- S2: niedriger CO<sub>2</sub>-Preisfad und 3 % Zinssatz
- S3: hoher CO<sub>2</sub>-Preisfad und 1,5 % Zinssatz
- S4: hoher CO<sub>2</sub>-Preisfad und 3 % Zinssatz

Für diese Analyse wird eine Nettobarwertrechnung angewendet, bei der die Investitionskosten sowie die Energiekosteneinsparungen anhand der entsprechenden Zinssätze diskontiert werden. Mit einem höheren Zinssatz ergibt sich ein niedrigerer Nettobarwert sowohl für die Investitionskosten als auch für die Einsparungen. Daher sind die absoluten Zahlen ungeeignet für die Bewertung des Einflusses. Stattdessen wird eine Wirtschaftlichkeitskennzahl verwendet, die das Verhältnis der eingesparten Energiekosten zu den Investitionskosten darstellt. Wenn die eingesparten Energiekosten genau den Investitionen entsprechen, ergibt sich aus dem Verhältnis eine Kennzahl von 100 %. Ein Wert über 100 % bedeutet, dass die Einsparungen die Investitionskosten übersteigen, während ein Wert unter 100 % auf einen Finanzierungsbedarf hinweist. Je niedriger die Kennzahl ist, desto größer ist die Differenz zwischen den Investitions- und den Energieeinsparkosten, was wiederum zu einem höheren Finanzierungsbedarf führt.

Der Effekt eines höheren CO<sub>2</sub>-Preisfad wird auch für den Finanzierungsbedarf untersucht. Durch einen höheren CO<sub>2</sub>-Preisfad erhöht sich der mittlere Energiepreis für Erdgas um weitere 1,93 Euro-Cent (2022) je Kilowattstunde und der für Heizöl um weitere 2,51 Euro-Cent (2022). Dies führt zu höheren Energiekosten im BaU-Szenario, jedoch zu keiner deutlichen Erhöhung im Ziel-Szenario, da Erdgas und Heizöl im Laufe der Jahre weniger verwendet werden. Im BaU-Szenario führen die höheren Energiepreise dazu, dass die Energiekosteneinsparungen höher ausfallen, da jede eingesparte Kilowattstunde einen höheren Wert hat. Dies bewirkt einen positiven Effekt, der den Finanzierungsbedarf verringert. Die nachfolgenden Tabellen geben einen Überblick über den Effekt der Zinssätze auf den Finanzierungsbedarf.

	BaU statisch (0 % Zinssatz)	S1 (i = 1,5 % CO <sub>2</sub> niedrig)	S2 (i = 3 % CO <sub>2</sub> niedrig)	S3 (i = 1,5 % CO <sub>2</sub> hoch)	S4 (i = 3 % CO <sub>2</sub> hoch)
<b>Investitionskosten</b> [Mio. Euro (2022)]	13.399	11.507	9.986	11.507	9.986
<b>Eingesparte Energiekosten bis 2045</b> [Mio. Euro (2022)]	7.235	5.792	4.680	6.466	5.208
<b>Eingesparte Energiekosten bis 2085</b> [Mio. Euro 2022]	32.390	19.351	12.267	22.599	14.235

Tabelle 5-2 Der Effekt eines höheren Zinssatzes und eines höheren CO<sub>2</sub>-Preisfad (S3 und S4) auf die Investitionskosten und die Energieeinsparungen im BaU-Szenario (Nettobarwertrechnung)



	Ziel statisch (0 % Zinssatz)	S1 (i = 1,5 % CO <sub>2</sub> niedrig)	S2 (i = 3 % CO <sub>2</sub> niedrig)	S3 (i = 1,5 % CO <sub>2</sub> hoch)	S4 (i = 3 % CO <sub>2</sub> hoch)
<b>Investitionskosten</b> [Mio. Euro (2022)]	118.279	100.118	85.684	100.118	85.684
<b>Eingesparte Energiekosten bis 2045</b> [Mio. Euro (2022)]	45.094	36.005	29.011	37.436	30.180
<b>Eingesparte Energiekosten bis 2085</b> [Mio. Euro (2022)]	208.402	124.028	78.262	126.854	80.212

Tabelle 5-3 Der Effekt eines höheren Zinssatzes und eines höheren CO<sub>2</sub>-Preisfadens (S3 und S4) auf die Investitionskosten und die Energieeinsparungen im Ziel-Szenario (Nettobarwertrechnung)

Die folgende Abbildung stellt den Effekt eines höheren Zinssatzes und eines höheren CO<sub>2</sub>-Preisfadens auf die Investitionskosten und die Energieeinsparungen unter Verwendung des Verhältnisses der eingesparten Energiekosten zu den Investitionskosten im BaU-Szenario dar.

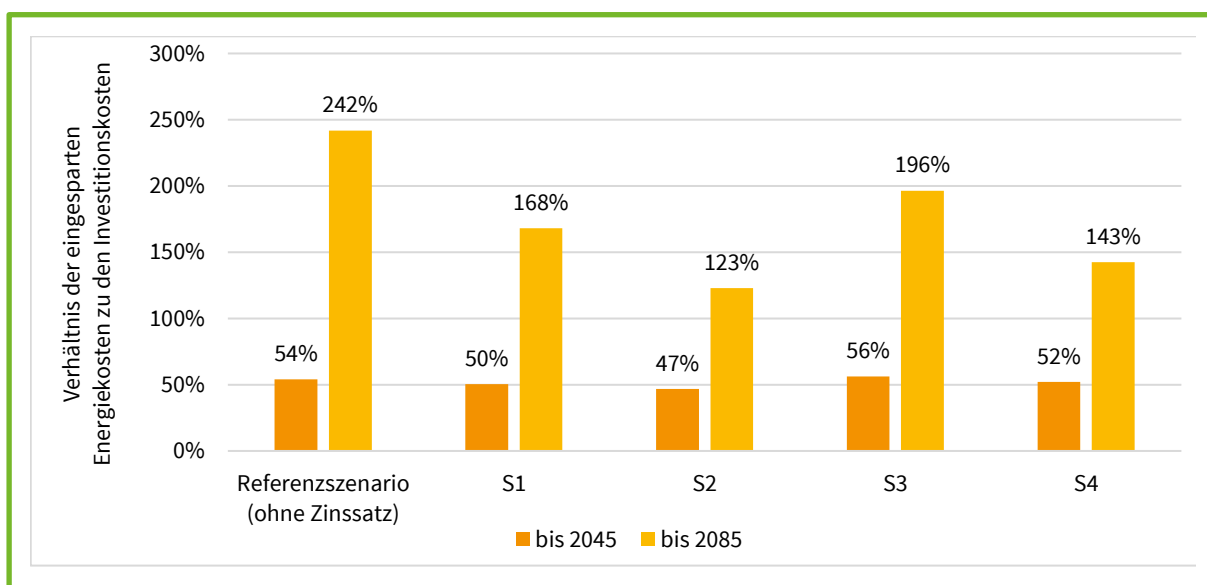


Abbildung 5-11 Der Effekt eines höheren Zinssatzes und eines höheren CO<sub>2</sub>-Preisfadens (S3 und S4) auf die Investitionskosten und die Energieeinsparungen anhand des Verhältnisses der eingesparten Energiekosten zu den Investitionskosten im BaU-Szenario

Der Vergleich zwischen dem Referenzszenario und S1 und S2 zeigt eine Verringerung des Verhältnisses von 54 % auf 50 % bzw. 47 %. Das bedeutet, dass die erzielten Einsparungen im Vergleich zu den Investitionen niedriger ausfallen. In Bezug auf den Finanzierungsbedarf bis zum Jahr 2045 ist der Effekt relativ gering. Ein höherer Zinssatz führt zwar zu einem negativen Einfluss auf den Finanzierungsbedarf, jedoch ist dieser Effekt nicht sehr signifikant. Allerdings ist der Effekt bei Berücksichtigung der Investitionszyklen bis zum Jahr 2085 wesentlich größer. Trotz Diskontierung übersteigen die Energiekosteneinsparungen kumuliert die bis zum Jahr 2045 getätigten energieeffizienzbedingten Mehrinvestitionen.

Der Effekt eines höheren CO<sub>2</sub>-Preispfads ist durch den Vergleich von S1 mit S3 und von S2 mit S4 ersichtlich. Dabei vergrößert sich das Verhältnis leicht, was bedeutet, dass die erzielten Einsparungen im Vergleich zu den Investitionen höher ausfallen. Dies ist auf die höheren eingesparten Energiekosten aufgrund der gestiegenen Energiepreise zurückzuführen.

Der Effekt der Zinssätze und des höheren CO<sub>2</sub>-Preispfads im Ziel-Szenario ähnelt dem im vorherigen BaU-Szenario. Die folgende Abbildung stellt diesen Effekt im Ziel-Szenario dar.

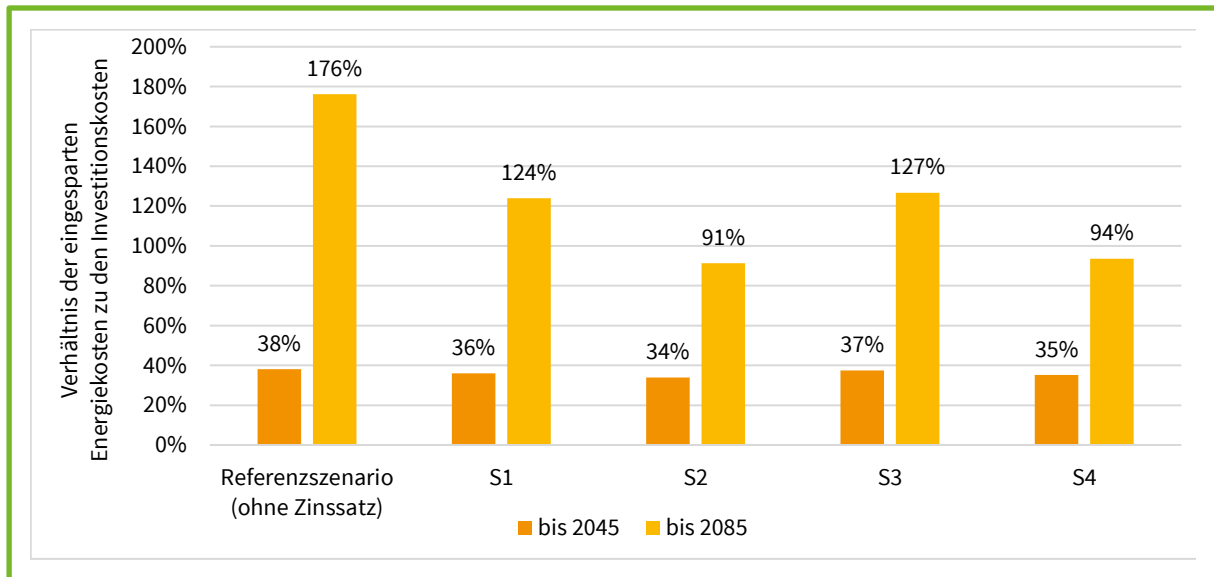


Abbildung 5-12 Der Effekt eines höheren Zinssatzes und eines höheren CO<sub>2</sub>-Preispfads (S3 und S4) auf die Investitionskosten und die Energieeinsparungen anhand des Verhältnisses der eingesparten Energiekosten zu den Investitionskosten im Ziel-Szenario

Im Ziel-Szenario ist aufgrund der höheren Investitionskosten ein erhöhter Finanzierungsbedarf zu erwarten, was sich in einem geringeren Verhältnis der erzielten Einsparungen zu den Investitionskosten widerspiegelt. Diese Einsparungen sind im Ziel-Szenario größer, da der Energieverbrauch im Vergleich zum BaU-Szenario deutlich reduziert wird. Der Effekt eines höheren Zinssatzes bis 2045 ist wie zuvor nicht besonders groß. Langfristig betrachtet spielt er jedoch eine bedeutende Rolle. Bei einem Zinssatz von 1,5 % entsteht langfristig kein Finanzierungsbedarf. Dies ändert sich jedoch bei einem Zinssatz von 3 %, da die großen Einsparungen langfristig an Wert verlieren und somit ein geringer Finanzierungsbedarf entsteht.

## 5.5 Risiken der Preisentwicklung

Alle Preisangaben in Kapitel 5 beziehen sich auf reale (inflationsbereinigte) Werte, für nominale Werte kommt jeweils die allgemeine Preissteigerung (Inflation) hinzu. Allerdings können sich in einzelnen Segmenten die Preise auch über oder unter dem entsprechenden Wert der allgemeinen Inflation entwickeln und durch sektorspezifische Besonderheiten wie den Fachkräftemangel oder gestiegene Materialpreise in der Zukunft „real“ ansteigen. Zur Untersuchung der Sensitivität wird daher eine jährliche reale Preissteigerung der Investitionskosten um 2 % angenommen, um den Effekt auf den Finanzierungsbedarf zu untersuchen.

Im BaU-Szenario steigt der Finanzierungsbedarf bis zum Jahr 2045 um etwa 3,3 Mrd. Euro (2022) auf 9,5 Mrd. Euro (2022) an, während er im Ziel-Szenario um etwa 32 Mrd. Euro (2022) auf insgesamt 105 Mrd.

Euro (2022) anwächst. Dies ist auf die gestiegenen Investitionskosten zurückzuführen, die aufgrund einer jährlichen Steigerung von 2 % entstanden sind.<sup>22</sup>

Die Steigerung der Energieträgerpreise führt zu einem entgegengesetzten Effekt, der zu einer Reduzierung des Finanzierungsbedarfs führt. Ein Energiepreisschock wie der durch die Energiekrise im Jahr 2022 verursacht höhere Energiepreise und infolgedessen steigen die Energiekosten. Bis 2045 bleibt ein Energiepreisschock nicht ausgeschlossen, insbesondere aufgrund der politischen Unsicherheiten in den Ländern, die fossile Energieträger exportieren. Durch die höheren Energiepreise ergeben sich höhere Energiekosteneinsparungen aufgrund des verringerten Energieverbrauchs durch die umweltfreundliche Transformation des Nichtwohngebäudebestands. Dadurch rentieren sich die Investitionen mehr und amortisieren sich schneller.

## 5.6 Fazit zur gesamtwirtschaftlichen Betrachtung

Die Modellierung zeigt, dass der Investitionsbedarf im BaU-Szenario bei rund 13 Mrd. Euro (2022) und im Ziel-Szenario bei etwa 120 Mrd. Euro (2022) liegt (vgl. Abbildung 5-8). Mit Blick auf die in Kapitel 2.1 durchgeführte Literaturrecherche liegt der hier ermittelte Investitionsbedarf unterhalb der Literaturwerte. Im Wesentlichen dürfte dies auf zwei Faktoren zurückzuführen sein:

- Eher enge Definition des öffentlichen Sektors „im engeren Sinne“, betrachtet werden hier die unmittelbare Verwaltung sowie Hochschulen und öffentliche Gesundheitseinrichtungen. Mittelbare Verwaltungsorganisationen (Sozialversicherungen, Stadtwerke, kommunale Wohnungsunternehmen) werden nicht betrachtet.
- Eher enge Abgrenzung der „energiebedingten Mehrinvestitionen“. Hier werden nur diejenigen Investitionen in energetische Gewerke (Haustechnik, Gebäudehülle) betrachtet, die zur Erreichung eines (annähernd) klimaneutralen Zielstandards zu erbringen sind.

Wie bereits im Abschnitt 2.1 beschrieben, sind die Werte aus der Literatur ohne genaue Kenntnis aller Berechnungsgrundlagen nur bedingt miteinander zu vergleichen und sollten im jeweiligen Kontext der Untersuchung interpretiert werden.

Die Ergebnisse auf föderaler Ebene (vgl. Tabelle 5-1) zeigen erhebliche Unterschiede im Finanzierungsbedarf auf den einzelnen Ebenen. Über zwei Drittel des Finanzierungsbedarfs entfallen auf die kommunale Ebene, wobei dies rund 10 Mrd. Euro (2022) im BaU-Szenario und 85 Mrd. Euro (2022) im Ziel-Szenario entspricht. Der Aufwand auf Länder- und Bundesebene beläuft sich im BaU-Szenario auf 3 bzw. 1 Mrd. Euro (2022) und im Ziel-Szenario auf 21 bzw. 13 Mrd. Euro (2022). Diese Unterschiede lassen sich auf den Bestand der Nichtwohngebäude zurückführen, wobei etwa 70 % der öffentlichen Nichtwohngebäude den Kommunen zuzuordnen sind.

Durch diese Investitionen in Sanierung und Anlagenmodernisierung kann im BaU-Szenario der Endenergieverbrauch von 70 TWh auf 65 TWh und im Ziel-Szenario von 70 TWh auf 37 TWh verringert und ein klimaneutraler Zustand erreicht werden. Etwa 70 % des Endenergieverbrauchs entfallen auf die kommunale Ebene.

Der betrachtete Zeitraum spielt eine wichtige Rolle. Wird nur der Zeitraum bis zum Zieljahr 2045 berücksichtigt, dann ist – in Abhängigkeit von den Annahmen zum CO<sub>2</sub>-Preis und zum Zinssatz – ein Finanzierungs-

<sup>22</sup> Dieser Abschnitt beschreibt den Effekt einer Preisentwicklung auf die Investitionen und den Finanzierungsbedarf. Tabelle 5-1 in Abschnitt 5.3.4 zeigt die Werte ohne Berücksichtigung der Preisentwicklung, während hier der Einfluss einer solchen Entwicklung auf die Zahlen der vorherigen Tabelle dargelegt wird.

bedarf zwischen 6 und 9,5 Mrd. Euro (2022) im BaU-Szenario und zwischen 73 und 105 Mrd. Euro (2022) im Ziel-Szenario zu erwarten. Das Ziel-Szenario stellt sich also deutlich unwirtschaftlicher dar als das BaU-Szenario. Betrachtet man hingegen den Zeitraum bis 2085 und berücksichtigt somit die zusätzlichen Einspareffekte, die ab dem Zieljahr 2045 eintreten, dann zeigt sich, dass im Ziel-Szenario die Energiekosteneinsparungen die energiebedingten Investitionsmehrkosten übersteigen und der Finanzierungsbedarf somit entfällt. Im Bau-Szenario beläuft sich der Finanzierungsbedarf bis 2045 auf 6 Mrd. Euro (2022), während er im Ziel-Szenario 73 Mrd. Euro (2022) beträgt. Durch den zusätzlichen Energieeinspareffekt bis 2085 entsteht in beiden Szenarien keine Finanzierungslücke mehr. Stattdessen ergibt sich im Bau-Szenario ein Kosteneinsparungssaldo von 19 Mrd. Euro (2022) und im Ziel-Szenario von 90 Mrd. Euro (2022).

Der Effekt eines höheren Zinssatzes wirkt sich negativ auf den Finanzierungsbedarf aus, da bei einem Zinssatz von 3 % im Bau-Szenario die Energiekosteneinsparung bis 2045 von 7 auf 5 Mrd. Euro (2022) und im Ziel-Szenario von 45 auf 29 Mrd. Euro (2022) reduziert wird.

Ein höherer CO<sub>2</sub>-Preis verbessert die Wirtschaftlichkeit von Effizienzmaßnahmen und reduziert den Finanzierungsbedarf. Dies liegt daran, dass jede eingesparte Kilowattstunde aufgrund des höheren Energiepreises einen Mehrwert bietet. Diese Dynamik ist im BaU-Szenario besonders ausgeprägt, da Erdgas und Heizöl dort eine größere Rolle spielen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Erreichung eines klimaneutralen Energiezustands in öffentlichen Nichtwohngebäuden mit erheblichen Mehrinvestitionen von rund 120 Mrd. Euro (2022) bis 2045 verbunden ist. Durch die Betrachtung der Energieeinspareffekte ab 2045 zeigt sich jedoch, dass sich die Investitionen langfristig auszahlen, da die eingesparten Energiekosten die getätigten Investitionen übersteigen.

## 6 Optionen der Finanzierung

Die Sanierung von öffentlichen Gebäuden auf ein Niveau, das mit den Sektorzielen nach dem Klimaschutzgesetz kompatibel ist, erfordert häufiger als bisher technisch anspruchsvolle Lösungen und muss zugleich in deutlich beschleunigter Rate als bisher erfolgen. Neue rechtliche Vorgaben werden künftig etwa auch den Nachweis des Sanierungsumfanges und der erzielten Energieeinsparungen erfordern. Dabei ist die Versorgung mit dem dafür erforderlichen Kapital eine wesentliche Voraussetzung für die angestrebte klimaneutrale Transformation des öffentlichen Gebäudebestands.

### 6.1 Grundsätze der haushaltsbasierten Finanzierung

Die Finanzierung öffentlicher Investitionen erfolgt üblicherweise über den Haushalt. Dieser wiederum speist sich hauptsächlich aus Steuereinnahmen.<sup>23</sup> Für die Aufstellung der Haushalte gibt es feste Grundsätze und Regeln, insbesondere wird über die Verwendung des Steueraufkommens in transparenter Weise in parlamentarischen Gremien entschieden. Das Finanzierungsverhältnis zwischen Bund, Ländern und ihren Kommunen ist komplex und ebenfalls einem engen Regelwerk unterworfen, wie der Verteilung der Steuermittel, dem Finanzausgleich, Vorgaben zur Konnexität und Konsultationspflichten. Zudem spielen die (teilweise unterschiedlichen) Landesverfassungen bei der Finanzierung der Kommunen eine besondere Rolle.

Grundsätzlich müssen sich zu erwartende Einnahmen und Ausgaben im Haushalt wiederfinden, der in der Regel jährlich aufgestellt wird. Für größere Investitionsprogramme bietet sich auch die Implementierung von Sondervermögen an: „Sie werden ... eingerichtet, um umfangreiche und mehrjährige Maßnahmen für ... bestimmte Zwecke zu finanzieren. Sondervermögen werden per Gesetz errichtet und müssen dieselben Anforderungen erfüllen wie der Bundeshaushalt. Sie werden wirtschaftlich getrennt vom übrigen Bundesvermögen verwaltet und abgerechnet.“<sup>24</sup> Allerdings bieten Sondervermögen mehr Sicherheit und Flexibilität für langfristige Investitionsprogramme.

Üblicherweise wird das für Investitionen fehlende Kapital durch die Aufnahme von Fremdkapital (im öffentlichen Sektor über Staatsanleihen) am Kapitalmarkt beschafft. Hierbei haben sich die Volkswirtschaften in der Euro-Zone mit dem Stabilitäts- und Wachstumspakt enge Regeln auferlegt. Auf Bundes- und Länderebene greift die Schuldenbremse nach Art. 109 GG (Grundgesetz) und Art. 115 GG. Da die Landeshaushalte für die Ausstattung der Kommunen zuständig sind, gilt die Schuldenbremse indirekt auch für die Kommunen. Grundsätzlich gibt es gewichtige Argumente für die Begrenzung der Nettokreditaufnahme der öffentlichen Haushalte. Im Vordergrund stehen die Begrenzung von Inflations- und Bonitätsrisiken, die Vermeidung einer Belastung künftiger Haushalte durch Zinszahlungen sowie nicht zuletzt die intergenerationelle Verteilungsgerechtigkeit. Allerdings werden nachfolgende Generationen *auch* belastet, wenn wichtige Zukunftsinvestitionen (in Bildung, Forschung und Klimaschutz) unterbleiben.

Die Frage, wie stark sich Staaten grundsätzlich verschulden dürfen oder sollten, ist nicht nur politisch, sondern auch wissenschaftlich umstritten. Die Beantwortung ist abhängig von unterschiedlichen ökonomischen

<sup>23</sup> Neben Steuern gibt es auch Abgaben bzw. Sonderabgaben. Für sie gelten jedoch enge Vorgaben hinsichtlich der Mittelverwendung (Zweckbindung) und der Gruppennützigkeit. Insbesondere müssen sie der Gruppe, die die Abgabe entrichtet, und dem Zweck, zu dem die Abgabe erhoben wird, zugutekommen.

<sup>24</sup> <https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Video-Textfassungen/Finanzisch/textfassung-sondervermoegen.html>

Schulen und gesellschaftlichen Erfahrungen.<sup>25</sup> Die konkrete Handhabung hängt insbesondere von der konjunkturellen Situation sowie von anstehenden Aufgaben bzw. Notlagen ab. Insofern berücksichtigt auch die deutsche Schuldenbremse eine strukturelle und konjunkturelle Komponente und erlaubt Ausnahmen im Falle von „Notsituationen“. Letztlich bleibt die Auslegung bzw. die Flexibilisierung von Haushaltsrestriktionen eine politische Abwägung.

## 6.2 Herausforderungen der Finanzierung

Bei jeder Investition liegt die grundsätzliche Herausforderung in der erheblichen (finanziellen) Vorleistung, die über die (technische bzw. wirtschaftliche) Lebensdauer der Investition durch (zusätzliche) Erlöse sowie durch die Wertsteigerung (der Immobilie) zurückgespielt werden muss. Bei der Nutzung von Eigenkapital (bzw. Rücklagen) obliegt es dem Investor, einen für ihn angemessenen Zeitraum für den Rückfluss zu wählen. Bei der Einbeziehung von Fremdkapital werden zusätzlich zur Tilgung Zinszahlungen fällig. Die Erlöse stammen aus verminderten Betriebskosten (z. B. aufgrund von Energieeinsparungen) bzw. aus höheren Erträgen (in der Regel Mieten) der Immobilie. Erträge aus der Immobilie bilden sich in der klassischen Bewirtschaftung öffentlicher Gebäude allerdings nicht ab. Seit Einführung der doppelten Buchführung spielt jedoch stärker als zuvor der Buchwert der Immobilien eine Rolle für die Bewertung der Haushalte – somit ist deren Werterhalt eine wichtige Aufgabe.

Eine weitere Herausforderung besteht in der segmentierten Verantwortung bei der Bewirtschaftung öffentlicher Gebäude. Während das Eigentum regelmäßig bei den Finanzbehörden liegt, ist die Hochbauverwaltung für die bauliche Bewirtschaftung (und damit für Investitionen in Instandsetzung und Modernisierung) zuständig, während die nutzenden Behörden (z. B. Schulbehörden) in der Regel die Energie- und Betriebskosten tragen. Vielfach wurde bereits der Versuch unternommen, diesen multiplen „Split Incentives“, also den Interessenkonflikten, bei der Bewirtschaftung der unterschiedlichen Vermögenswerte und Haushaltstitel mit der Zusammenführung der Liegenschaftsverwaltung in einer Behörde bzw. in einer Immobiliengesellschaft (Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA), Building Information Modeling (BIM) für Bundesbauten etc.) zu begegnen, allerdings ohne die segmentierten Zuständigkeiten aufzulösen. In der Praxis bleibt – auch bei der finanziellen Bewirtschaftung der Haushaltstitel – ein Nutzer-Investor-Dilemma.

Angesichts dieser Herausforderungen liegt der vorrangige Fokus der Studie darauf, alternative Wege aufzuzeigen, um den begrenzten Finanzierungsspielraum zu erweitern. Um die benötigten Mittel für die nachhaltige Transformation des Gebäudesektors im angestrebten (vergleichsweise kurzen) Umsetzungszeitraum bis 2045 sicherzustellen, bedarf es nicht nur einer Neubewertung der aktuellen Finanzierungs- und Organisationsstrukturen, sondern auch der Identifikation von Instrumenten, die die Umsetzungsgeschwindigkeit und Umsetzungstiefe von energetischen Sanierungsinvestitionen in den öffentlichen Gebäudebestand deutlich steigern.

## 6.3 Überblick über mögliche Finanzierungsoptionen

Die Finanzierung der Sanierung öffentlicher Gebäude erfolgt in der Regel durch eine Kombination verschiedener Finanzierungsinstrumente. Die genaue Finanzierungsstruktur hängt jedoch von verschiedenen Fak-

<sup>25</sup> Die Schuldenquote in Deutschland liegt aktuell leicht unter dem Durchschnitt der OECD-Staaten (80 Prozent, 2020 <https://www.oecd.org/berlin/statistiken/staatsdefizit.htm>) bzw. deutlich unter dem der EU 27 (90 Prozent, Q3/23, Statista 01.01.2024 [www.statista.de](http://www.statista.de)). In Deutschland sind allerdings Inflationsängste aufgrund einschneidender Erfahrungen (u. a. Hyperinflation im Zuge der Weltwirtschaftskrise 1929) stark ausgeprägt. Daher werden hohe Schuldenquoten, wie zum Beispiel in Japan, den USA oder Frankreich, politisch wenig akzeptiert.

toren ab, einschließlich der finanziellen Situation der öffentlichen Hand, der politischen Prioritäten, der Art der Sanierungsmaßnahmen und der verfügbaren externen Finanzierungsmöglichkeiten. Aufgrund zunehmend ambitionierter Klimaschutzziele werden auf nationaler und europäischer Ebene („Green Deal“) zwar auch über staatliche Zuschüsse vergünstigte Kredite von verschiedenen Institutionen (KfW, Europäische Investitionsbank EIB) zur Verfügung gestellt, aber zum einen sind diese (zusätzlichen) Fördermittel begrenzt, zum anderen schaffen sie bei der Inanspruchnahme eine zunehmende Komplexität.

Einen Überblick über mögliche Finanzierungsoptionen zeigt Abbildung 6-1. Für diese Instrumente wurden in einem ersten Schritt typische beschreibende Merkmale zusammengestellt. Sie sind der Longlist im Anhang (Kapitel 7.4) zu entnehmen.

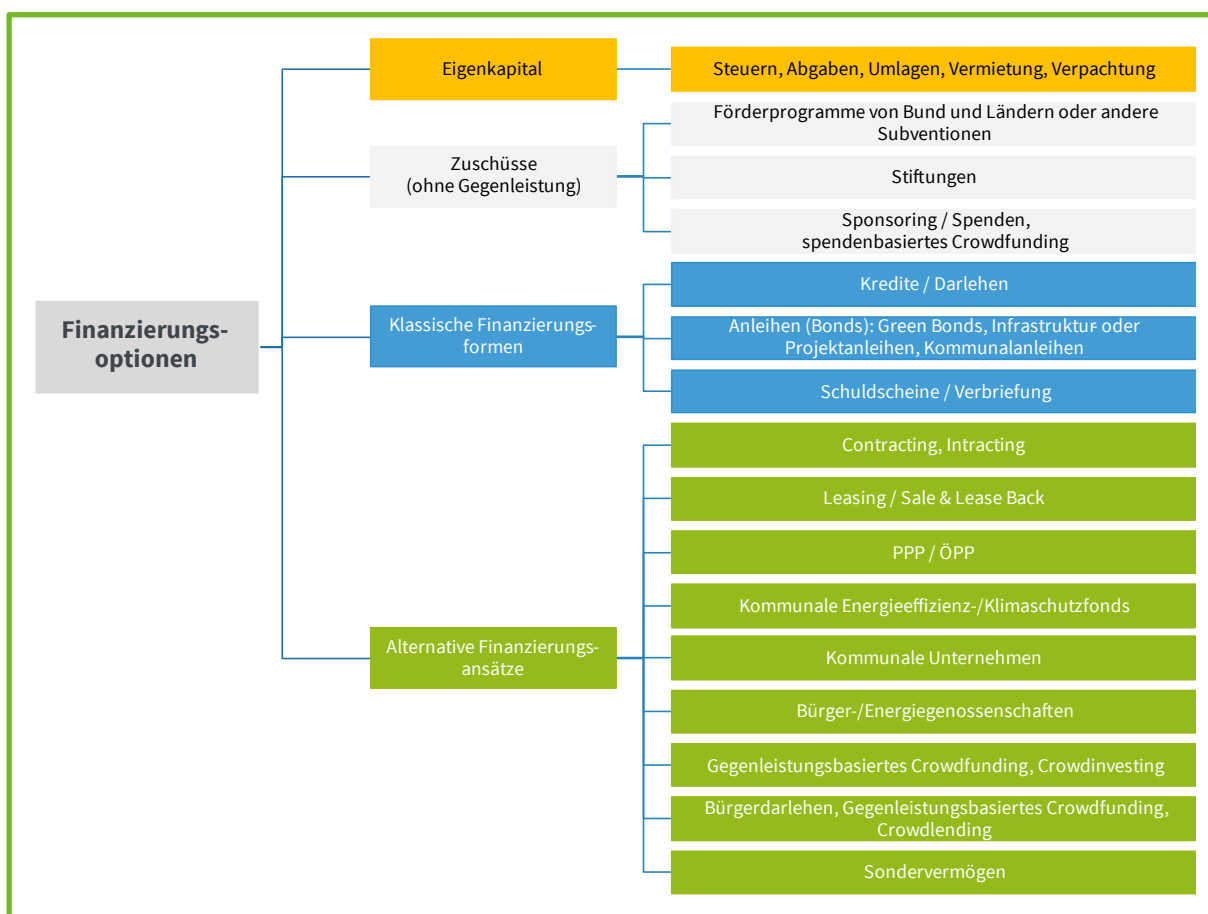


Abbildung 6-1 Unterschiedliche Finanzierungsoptionen

Die verfügbaren Finanzierungsmöglichkeiten lassen sich in verschiedene Kategorien einteilen. Sie umfassen Zuschüsse ohne Gegenleistung, etablierte klassische Finanzierungsinstrumente sowie alternative Finanzierungsansätze. Insbesondere in der Kategorie der alternativen Finanzierungsansätze existieren eine Vielzahl unterschiedlicher Optionen als auch Mischformen. Insofern erhebt diese Auswahl nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Eine entscheidende Auswirkung hat somit die Wahl des Gesamtprozesses zur Sanierung, in welchen die Kapitalbeschaffung eingebettet ist: Alle Finanzierungsoptionen unterscheiden sich beispielsweise darin, in der Bilanz welchen Akteurs das Kapital bereitgestellt wird, wie Transaktionen organisiert sind und auch in der Allokation und Bündelung der Umsetzungsschritte zwischen Auftraggeber und Auftrag-

nehmer. Somit wurden in einem nächsten Schritt die Finanzierungsoptionen ausgewählt, die für die öffentliche Hand als besonders erfolversprechend erscheinen.

## 6.4 Bewertung ausgewählter Finanzierungsoptionen

Häufig kommen die klassischen Finanzierungsoptionen von öffentlichen Bauvorhaben im Rahmen des aus Sicht der Bauverwaltung üblichen Sanierungsprozesses zum Einsatz, der standardisierte Schritte der Bauplanung umfasst (Zielsetzung, Vorplanung, Feinplanung mit Erstellung eines Leistungsverzeichnisses und Kostenschätzung, Finanzierung (in der Regel auch Fördermittelakquise), gewerkweise Ausschreibung und Vergabe, Umsetzung und Bauabnahme). Mit diesem Prozess besteht bei öffentlichen Stellen ein hohes Maß an Erfahrung, allerdings erfordert dieser die Koordination mehrerer Akteure und lastet bereits bei den derzeit eher geringen Sanierungsraten die Kapazitäten stark aus.

Für die vertiefende Betrachtung und für eine vergleichende Einordnung werden ausgewählte alternative Finanzierungsoptionen der klassischen Finanzierung von öffentlichen Bauvorhaben gegenübergestellt.

Von Optionen einer weitgehenden Eigentumsübertragung wie in „Sale & Lease Back“-Modellen oder in öffentlich-privaten Partnerschaften (ÖPP) wurde bei der weiteren Untersuchung Abstand genommen, da es hierzu sehr weitreichender politischer Entscheidungen bzw. langfristiger Verpflichtungen bedarf. Ebenso wird von einer Veräußerung (von Teilen) der öffentlichen Immobilien abgesehen.

Insofern konzentriert sich die Betrachtung auf folgende, als erfolversprechend eingeordnete alternative Finanzinstrumente bei der Sanierung öffentlicher Nichtwohngebäude:

- Energieliefer-Contracting (ELC)
- Energiespar-Contracting (ESC)
- Intracting (als verwaltungsinternes Contracting)

Die Einbeziehung von Förderzuschüssen bzw. zinsvergünstigten Darlehen (sofern verfügbar und zugänglich) wird dabei in allen Fällen (Eigenregie wie Contracting) vorausgesetzt und daher nicht gesondert behandelt. Die identifizierten alternativen Instrumente werden näher erläutert, Vor- und Nachteile werden aufgezeigt und es erfolgt eine Bewertung anhand von sechs ausgewählten Kriterien, die im Folgenden beschrieben werden.

### Kriterium „Hebel für den Klimaschutz“

Inwieweit befähigt heute allein die Wahl des Instruments die Auftraggeber dazu, die Einsparung von Energie und Treibhausgasemission zu priorisieren? Klassische Finanzierungsmechanismen kommen z. B. häufig innerhalb der oben beschriebenen klassischen Sanierungsprozesse zum Einsatz. Das klassische Finanzierungsverfahren setzt somit als solches a-priori keinen Anreiz, den Stellenwert von Energieeinsparung und Klimaschutz im Sanierungsverfahren zu maximieren. In der Praxis spielen diese Ziele neben anderen Zielvorgaben des öffentlichen Hochbaus derzeit (meist) eine geringe(re) Rolle und der Hebel für Energieeinsparung und Emissionsminderung ist entsprechend klein.

Fraglich ist daher, ob Ansätze zur Steigerung dieser Hebelwirkung bestehen, etwa durch die Integration von Indikatoren, die den Klimaschutz berücksichtigen. Zum Beispiel kann die Finanzierung an spezifische Umweltauflagen oder Klimaziele gebunden sein. Durch die Festlegung klarer Kriterien und Standards für Umweltschutz in den Finanzierungsvereinbarungen kann sichergestellt werden, dass das investierte Kapital



tatsächlich dazu beiträgt, positive Auswirkungen auf den Klimaschutz zu erzielen. Auf diese Weise würde der Hebel im Vergleich zu herkömmlichen Finanzierungsformen erheblich größer ausfallen.

### **Kriterium „Vereinbarkeit von Akteursinteressen/geeignete Allokation von Kosten & Nutzen“**

Inwieweit gelingt es mit dem betrachteten Finanzierungsansatz, neben einer Ausstattung des Vorhabens mit Kapital, auch die Interessen der beteiligten Akteure miteinander in Einklang zu bringen? Bei der Bewirtschaftung von (öffentlichen) Immobilien spielt die passfähige und geeignete Allokation von Kosten und Nutzen eine Rolle, da Akteure mit verschiedenen Zuständigkeiten involviert sind, darunter Projektentwicklung, Investoren, Eigentümer, Verwaltung und Mieter/Nutzer.

Die Interessen dieser Akteure sind nicht immer deckungsgleich, besonders bei umfangreichen Sanierungsinvestitionen. Ungünstige Kostenstrukturen können hier eine optimale Lösung behindern, was oft als Nutzer-Investor-Dilemma bezeichnet wird.

Um diese Probleme anzugehen, ist es wichtig, Mechanismen zu entwickeln, die eine kohärente Motivation und ein inhärentes Interesse an guten und nachhaltigen Investitionen fördern. Dies kann erreicht werden, indem die Kosten- und Nutzenallokation den Ausgleich der Interessen angemessen berücksichtigt. Eine hohe Kohärenz der Interessen führt zu einer positiven Bewertung.

Allerdings sind – wie bereits in der Einleitung dieses Kapitels beschrieben – meist mehrere Akteure involviert, deren Interessen stark voneinander abweichen können. In solchen Fällen ist es besonders herausfordernd, eine ausgewogene und faire Lösung zu finden, die die langfristige Nachhaltigkeit und Rentabilität der Investition gewährleistet. Insofern ist bei der Anwendung dieses Kriteriums eine gewisse Vorsicht geboten, da grundsätzlich alle untersuchten Optionen komplex sind.

### **Kriterium „Allokation/Management der Risiken“**

Inwieweit lassen sich mit dem betrachteten Finanzierungsansatz Risiken zwischen Akteuren minimieren und fair ausgleichen? Bei der Umsetzung umfangreicher Sanierungsmaßnahmen sind zahlreiche Risiken zu berücksichtigen. Obwohl idealerweise Risiken minimiert werden sollten, lassen sie sich meist nicht vollständig ausschließen. Für die Finanzierung, insbesondere aus Sicht der Kapitalgeber, ist es entscheidend, dass ein definiertes Risikomanagement oder eine klare Risikotragung vorhanden ist. Dabei sollte das Risiko idealerweise von dem Akteur getragen werden, der den größten Einfluss darauf hat.

Ein wichtiger Aspekt zur Bewertung dieses Risikomanagements ist die Indikatorik, die explizite Regelungen zu verschiedenen Risikobereichen umfasst. Dazu gehören das Ausfallrisiko, der Eigentumsübergang, technische Risiken wie Planung, Betrieb und Wartung/Instandhaltung, potenzielle Einsparungen, Kosten, Preise, die Nutzung der Immobilie sowie Einflüsse von Klima und Wetter.

Durch klare Regelungen und Definitionen dieser Risikosphären kann ein effektives Risikomanagement gewährleistet werden, das allen beteiligten Parteien eine transparente Grundlage bietet und das Risiko auf diejenigen verteilt, die am besten in der Lage sind, es zu kontrollieren oder zu beeinflussen.

Eine positive Bewertung erfolgt, wenn ein Risikomanagement vorhanden ist und es klare Vereinbarungen und Garantien gibt. Wenn keine oder nur unzureichende Vereinbarungen und ein Risikomanagement kaum oder gar nicht vorhanden sind, erfolgt eine negative Bewertung.

### **Kriterium „Zugänglichkeit“**

Inwieweit erleichtert der Ansatz die Bereitstellung von Kapital mit dem ambitionierten Sanierungsziel? Die Aufgabe, den gesamten Gebäudebestand so in einen Zustand der Klimaneutralität zu transformieren, dass die erforderlichen Minderungspfade eingehalten werden, ist bereits äußerst komplex. Je nach Finanzierungsoptionen unterscheidet sich für Auftraggeber die Schwierigkeit und Vielschichtigkeit des Prozesses, der erforderlich ist, um eine bestimmte Finanzierung zu arrangieren oder abzuschließen. Alternative Finanzierungslösungen können hier helfen. Sie können für Auftraggeber jedoch Klärungsbedarf in der Phase der Projektvorbereitung ergeben (Rüstkosten bzw. Transaktionskosten). In Projekten der öffentlichen Hand sind das vor allem die organisatorische Komplexität (z. B. bei Einbindung Dritter), die rechtliche Komplexität (vertragliche Regelungen) oder auch die Komplexität der verwaltungsüblichen Abläufe wie Ausschreibungen und Genehmigungsverfahren.

### **Kriterium „Marktreife“**

Inwieweit wird die Finanzierungsmethode von den Nutzern als auch von den potenziellen Investoren oder Kreditgebern als geeignet und erprobt angesehen? Gibt es etablierte Richtlinien und Standards, die ihre Anwendung unterstützen? Gibt es eine erfolgreiche Historie von Transaktionen oder Projekten, die dieses Instrument nutzen, und wird das Instrument als vertrauenswürdig, akzeptiert und praktikabel angesehen?

### **Kriterium „Skalierbarkeit & Bündelung von Maßnahmen“**

Inwieweit reizt die Finanzierungsmethode eine erhöhte Leistungsfähigkeit von Gebäudeverwaltungen bei der Umsetzung von Sanierungsvorhaben an? Die Aufgabe, den gesamten Gebäudebestand so in einen Zustand der Klimaneutralität zu transformieren, dass die erforderlichen Minderungspfade eingehalten werden, ist komplex. Innerhalb von Sanierungsprozessen stellt die Kapitalbeschaffung selbst allerdings nur einen von vielen entscheidenden und häufig hemmenden Schritten dar. Der Erfolg der Transaktion hängt demnach vom Framework ab, innerhalb dessen die Kapitalbereitstellung erfolgt. Die Klimaschutzwirkung selbst hängt darüber hinaus auch nach der Umsetzung von der Betreuung der Gebäude und Anlagen ab. Um Transaktionsaufwand und -kosten für die Gebäudeverantwortlichen niedrig zu halten, besteht die Möglichkeit, die Komplexität des Prozesses insgesamt zu reduzieren und/oder Skaleneffekte zu nutzen, indem Investitionen in viele ähnliche oder gleichartige Objekte gebündelt werden. Eine erfolgreiche Bündelung von Maßnahmen und Dienstleistungen kann Standardisierungs-, Skalen- und Geschwindigkeitseffekte ermöglichen und Kapazitäten der Verwaltungen frei machen für weitere Aufgaben. Auch aus Sicht von Finanzinstituten steigt die Attraktivität, zum Teil erlaubt die Bündelung von mehreren Objekten eine gewisse Streuung von Risiken (positive Bewertung).

Die Indikatorik zur Bewertung solcher Ansätze umfasst die Umsetzung von vielen gleichartigen Maßnahmen an mehreren Objekten oder die Bündelung von Maßnahmen zu einem Paket an einem einzelnen Objekt. Dies ermöglicht es, die Maßnahmen als Gesamtpaket in die Finanzierung zu integrieren, anstatt für jede Einzelmaßnahme separate Finanzierungssicherheiten bereitstellen zu müssen.

Neben der Bewertung der Finanzierungsoptionen anhand der erläuterten Kriterien werden die Vorteile der gewählten Finanzierungsoption im Vergleich zur klassischen Nutzung von Eigen- bzw. Fremdkapital dargestellt. Ebenso werden Nachteile und Grenzen aufgezeigt. Es werden darüber hinaus mögliche Vorschläge oder Ansätze erwogen, wie diese Grenzen angepasst werden könnten, um die Nachteile zu minimieren.

Im Folgenden werden die Finanzinstrumente näher beschrieben und es wird eine kurze Zusammenfassung der Bewertung gegeben.

### 6.4.1 Eigenkapital

Bei der Finanzierung von Investitionen spielt der Einsatz von Eigenkapital eine entscheidende Rolle. Es ist nicht nur ein wichtiger Hebel, sondern auch eine wesentliche Voraussetzung für den Zugang zu Fremdkapital. Im Immobilienbereich wird Eigenkapital – neben der Haftung bzw. den Einlagen der Gesellschafter oder dem Vermögen der Eigentümer – vor allem durch Rücklagen gebildet. Diese können durch Mieteinnahmen oder regelmäßige Zahlungen der Eigentümer über mehrere Jahre hinweg angesammelt werden.

Die Kommunen, die Länder und der Bund generieren ihre Einnahmen und damit ihr Eigenkapital durch verschiedene Quellen wie Steuereinnahmen, Abgaben, Umlagen, Vermietung und Verpachtung. Diese finanziellen Mittel dienen zur Deckung der Ausgaben und zur Finanzierung des Haushalts. Neben diesen Einnahmequellen können auch Mittel aus Vermietung und Verpachtung bewirtschaftet werden, sofern die Bewirtschaftung über eigenständige Immobiliengesellschaften erfolgt, die entsprechende Mieten von den nutzenden Behörden erheben. Eine eigene Herausforderung besteht demgegenüber in der Regel in der Reduktion von Ausgaben. Die finanziellen Mittel werden (bei der klassischen haushaltsbasierten Finanzierung) über den Vermögens- und Verwaltungshaushalt verwaltet, geplant und eingesetzt.

#### Aspekte der Eigenkapitalnutzung

Die Nutzung von Eigenkapital bietet zahlreiche Vorteile. Haushaltsrechtlich ist sie sicher und die Prozesse sind erprobt. Zudem entstehen keine zusätzlichen Kosten für das Kapital, da keine spezifischen Vorgaben zur Eigenkapitalverzinsung bestehen. Allerdings gibt es auch Nachteile: Die Haushaltsführung ist grundsätzlich durch enge Vorgaben und Spielräume eingeschränkt, besonders für langjährige Projekte kann dies herausfordernd sein. Bei den Investitionen in die Klimaneutralität von Gebäuden besteht demgegenüber zu Projektbeginn ein sehr hoher Kapitalbedarf, der einer Planungsunsicherheit unterliegt und mit den öffentlichen Haushaltsperioden koordiniert werden muss.

### 6.4.2 Einbindung von Fremdkapital

Die Einbindung von Fremdkapital erfolgt über private oder öffentliche Finanzinstitutionen. Kreditaufnahmen durch die öffentliche Hand sind nur in Ausnahmefällen und ausschließlich für investive Zwecke möglich. Diese restriktive Handhabung dient dazu, die Verschuldung der Kommunen im Rahmen zu halten und eine solide Finanzierung der öffentlichen Aufgaben sowie die Leistungsfähigkeit sicherzustellen. Darlehen und Kredite sind für die öffentliche Hand bereits etablierte Finanzierungsinstrumente, die langfristig angelegt sind und oft einen niedrigen Zinssatz aufweisen. Dies macht sie besonders geeignet für langfristige Maßnahmen wie beispielsweise Sanierungsprojekte. Durch die lange Laufzeit können die Rückzahlungen über einen längeren Zeitraum gestreckt werden, was die finanzielle Belastung für den Darlehensnehmer verringert. Der niedrige Zinssatz führt zudem zu geringeren Gesamtkosten der Finanzierung.

#### Aspekte der Nutzung von Fremdkapital

Die Nutzung von Fremdkapital bietet dem öffentlichen Sektor, insbesondere in Deutschland, sehr gute Kreditkonditionen. Doch trotz dieser Vorteile gibt es auch Nachteile: Die Kreditaufnahme ist grundsätzlich durch enge Vorgaben und Spielräume eingeschränkt.

Es zeigt sich ein zunehmendes Interesse privater Kapitalgeber an nachhaltigen Krediten, insbesondere aufgrund der Bestimmungen der EU-Taxonomie-Richtlinie bzw. auf Basis der ESG-Kriterien (Environmental,

Social & Governance, also: Umwelt, Soziales und (gute) institutionelle Führung). Sie werden zunehmend von institutionellen Kapitalgebern gefordert, weshalb sich auch bislang „klassisch orientierte“ Investoren zunehmend nach nachhaltigen Investments umsehen. Die öffentliche Hand und ihre Infrastrukturen sind aufgrund ihrer geringen Ausfallwahrscheinlichkeit und langfristigen Orientierung vielversprechende Anlageobjekte.

Im Gegensatz zu vielen anderen Gläubigern verfügt der öffentliche Sektor (vor allem in Deutschland) über eine ausgezeichnete Bonität (geringes Ausfallrisiko und hohe Glaubwürdigkeit der Rückzahlung) und hat daher Zugang zu günstigen Zinskonditionen. Demgegenüber stehen grundsätzlich enge Vorgaben und Spielräume für die Kreditaufnahme, was die Flexibilität einschränken kann. Aufgrund der Zielsetzung einer Ausgeglichenheit des Haushalts sowie der Renditeerwartungen der Kapitalgeber sind Investitionen mithilfe von Fremdkapital umso leichter durchzusetzen, je mehr sie eine Rentierlichkeit aufweisen – das bedeutet im öffentlichen Sektor, je mehr sie eine Kosteneinsparung ergeben.

### **6.4.3 Energieliefer- und Energiespar-Dienstleistungen („Contracting“)**

Grundsätzlich ist es für die öffentliche Hand vergaberechtlich möglich, als Beschaffungsgegenstand bei einer Sanierung direkt die „Rentierliche Einsparung von Energie und Umstellung auf Erneuerbare Erzeuger“ (Energiespar-Contracting) zu bestimmen oder wenigstens die „Versorgung eines Gebäudes mit klimafreundlicher Energie“ (Energieliefer-Contracting).

Bei Contracting-Lösungen werden Verträge geschlossen, bei denen eine Partei (der Auftragnehmer) verpflichtet ist, bestimmte Investitionen sowie Betriebs- und Dienstleistungen für eine andere Partei (den Auftraggeber) zu erbringen. Contracting kann sowohl für Bund, Länder und Kommunen als auch für private Liegenschaften eine attraktive Möglichkeit darstellen, Installation wie auch den Betrieb der Anlageninfrastruktur an professionelle Dienstleister auszulagern. Die Dienstleister übernehmen die planerische und betriebliche Optimierung der Infrastrukturen und tragen dabei definierte technische und preisliche Risiken, zum Teil tätigen sie erhebliche Investitionen auf eigene Rechnung und refinanzieren sich über vertraglich vereinbarte Entgelte. Das Instrument bietet somit die Einbindung von Fachwissen und Ressourcen und sichert (je nach Vertrag) die Qualität der Umsetzung.

Je nach Umfang der durch den Contractor übernommenen Investitionen nimmt der Contractor seinerseits Fremdkapital auf und verpflichtet sich zur (üblichen) Rückzahlung gegenüber seiner Bank. Entsprechend verpflichtet sich der (öffentliche) Auftraggeber für eine definierte Vertragslaufzeit zur Zahlung einer Contracting-Rate, die den Aufwand für die Dienstleistung des Contractors inklusive des Kapitaldienstes deckt. Die hohe Kreditwürdigkeit des öffentlichen Auftraggebers kann sich dabei auf die Zinskonditionen des Dienstleisters positiv auswirken.

#### **Aspekte der Nutzung von Contracting im Allgemeinen**

Die Bauverwaltung in Kommunen und im Gewerbe leidet regelmäßig unter mangelnder personeller Ausstattung. Die Prioritäten werden demzufolge eher im Kerngeschäft bzw. in primären kommunalen Aufgabenbereichen gesehen. Anforderungen aus dem Ordnungsrecht bzw. Prüfpflichten könnten den Druck steigern, Maßnahmen umzusetzen und Einsparerfolge nachzuweisen. Allerdings müssten die Verwaltungen auch für die (standardisierte) Nutzung alternativer Finanzierungsformen (wie z. B. Contracting) ertüchtigt werden.

Im Gegensatz zu Ausschreibungen mit Leistungsverzeichnis wird Contracting als Dienstleistung in funktionaler Leistungsbeschreibung vergeben. Häufig wird Contracting (je nach Bundesland) als kreditähnliches Geschäft eingestuft und ist fallweise genehmigungspflichtig.

Durch die Nutzung von Contracting werden gewisse fachliche Aufgaben und Risiken an Dritte übergeben. Dies führt zu einer Entlastung der öffentlichen Hand von aufwendigen bzw. fachlich sehr detaillierten Aufgaben, was in der öffentlichen Verwaltung Freiraum für übergeordnete und strategische Fragen schafft und damit eine Professionalisierung von Leistungsstrukturen ermöglicht.

Wenn der Contractor die Maßnahmen in vollem Umfang finanziert, werden üblicherweise Vertragslaufzeiten von 10 bis 15 Jahren vereinbart. Je mehr sich der öffentliche Auftraggeber an der Finanzierung der Investition beteiligt, desto kürzere Laufzeiten können vereinbart oder auch Maßnahmen in den Leistungsumfang einbezogen werden, die sich nicht innerhalb der Vertragslaufzeit rechnen.

Im Folgenden wird auf ausgewählte Varianten des Contractings näher eingegangen.

#### **6.4.4 Energieliefer-Contracting (ELC)**

Beim Energieliefer-Contracting erhält der Auftraggeber im Ergebnis gegen Zahlung einer Vergütung Nutzenergie geliefert. Alle mit der Lieferung einhergehenden Risiken liegen beim Contractor. Dazu übernimmt der Contractor die Planung und Installation der Energieerzeugungsanlage und liefert Energie zu vereinbarten Preiskonditionen an den Liegenschaftsnutzer über einen mehrjährigen Vertragszeitraum, der meist zwischen 7 und 13 Jahre umfasst. Dabei bleibt die Anlage im Eigentum des Contractors, sofern ein Übergang an den Auftraggeber nach einer bestimmten Laufzeit nicht explizit vertraglich geregelt wird. Bei diesem Ansatz wird nicht nur die Betriebsführung von Anlagen ausgelagert, sondern auch die Planung und Finanzierung der Anlage(n) sowie die Beschaffung und Lieferung von Energie (Difu 2018; Schuch et al. 2017).

##### **Aspekte der Nutzung von ELC**

Die Leistung ist gut standardisierbar, wodurch klare Zuständigkeiten festgelegt werden können. Zudem ist das Modell grundsätzlich erweiterbar, wenn die Zieldimensionen oder der Leistungskatalog entsprechend angepasst werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der Finanzhaushalt der Kommune nicht durch eigenmittelfinanzierte Investitionen belastet wird. Dies führt zu einer organisatorischen, technischen und personellen Entlastung in der Kommune. Zusätzlich können auch Gebäude mit geringem Energieverbrauch in eine Nahwärmeversorgung integriert werden.

Der Contractor fokussiert sich hauptsächlich auf den effizienten Betrieb der Anlagen zur Erzielung von Kostenvorteilen, kann aber auch gezielt auf CO<sub>2</sub>-arme Versorgungsformen umstellen. Die absolute Reduktion des Energieverbrauchs steht nicht im Zentrum.

Risiken wie Betriebsführung, Wartung und Ausfallrisiken trägt der Contractor. Bei langen Laufzeiten können Preisgleitklauseln dafür sorgen, dass bestimmte Risiken, die nicht einseitig vom Contracting-Geber zu verantworten bzw. zu beeinflussen sind (z. B. geopolitische, konjunkturelle oder Energiekrisen), zu einem definierten Anteil vom Contracting-Nehmer getragen werden. Dies vermeidet übertriebene Risikozuschläge in der Angebots- und Preiskalkulation.

#### **6.4.5 Energiespar-Contracting (ESC)**

Beim Energiespar-Contracting kauft der Auftraggeber die rentierliche Einsparung von Energie und Umstellung auf erneuerbare Energieversorgung ein. Energiespar-Contracting ist ein sehr weitgehendes Contracting-Modell, bei dem der Leistungsraum über die Erzeugungsanlage hinausgeht und unterschiedliche Gewerke (in der Regel Elektrotechnik (ELT), Raumlufttechnik (RLT), Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (MSR))

umfasst. Dabei wird der Dienstleister beauftragt, energieeffiziente Maßnahmen zu identifizieren, zu finanzieren, zu implementieren und zu betreiben, um den Energieverbrauch zu senken. Der Contractor gibt in diesem Fall eine Garantie bezüglich der Energieverbrauchs- und Energiekosteneinsparungen ab und weist den Erfolg jährlich nach. Die Einsparungen, die durch diese Maßnahmen erzielt werden, werden dann zur Amortisierung der Investitionen des Dienstleisters genutzt. Dies bedeutet, dass der Auftraggeber keine Eigenmittel für die Umsetzung bereitstellen muss.

Es ist üblich, gleich viele öffentliche Nichtwohngebäude gebündelt zur Ausschreibung zu bringen („Gebäudepooling“). Die Dienstleister bündeln in ihren Angeboten zudem ganzheitlich verschiedene Effizienzmaßnahmen.

### **Aspekte der Nutzung von ESC**

Die erzielten Einsparungen refinanzieren in der Regel die Kosten. Es besteht eine große Motivation, Energieeinsparungen zu maximieren, unterstützt durch den Einsatz von neuen Technologien und Expertenwissen.

Das Energiespar-Contracting ermöglicht einen umfassenden Ideenwettbewerb mit Fokus auf wirtschaftliche Maßnahmen und der Berücksichtigung unterschiedlicher Gewerke. Es können auch weniger attraktive Gebäude in Gebäudepools integriert werden. Die Einbeziehung von weniger wirtschaftlichen Maßnahmen, etwa an der Gebäudehülle, ist mithilfe zusätzlicher Baukostenzuschüsse möglich. Dies macht allerdings weitere Regelungen erforderlich (z. B. zu Nutzungs-/Preis-/Witterungsrisiken und zur Instandhaltung) und steigert die Komplexität bei der Ausschreibung und Vergabe. Eine Voraussetzung für ESC ist die gebündelte Verantwortlichkeit aufseiten der Auftraggeber mit gleichen Eigentümern und Bewirtschaftern. Aufgrund der Bündelung und einer schnelleren Maßnahmenumsetzung ist der Hebel für den Klimaschutz als hoch zu bewerten.

### **Weiterentwicklung zum Klimaschutz-Contracting (KSC)**

Klassisches ESC ist von der Zielsetzung her kostenneutral, die Maßnahmen reichen jedoch in der Regel nicht aus, um so viel Energie einzusparen, wie es bis 2045 erforderlich ist. ESC kann jedoch durch alternative Zielsetzung ausgeweitet werden, etwa indem der Dienstleister für die nachweisliche Einsparung von Treibhausgas-Emissionen vergütet wird. Entscheidend ist dabei die Verschiebung des Zielrahmens von der reinen Energie(kosten)einsparung hin zur kontinuierlichen Reduktion von Energieverbräuchen oder THG-Emissionen bis auf einen Zielwert. Dabei wird die Umstellung auf emissionsärmere Energieträger besonders angereizt.

### **Aspekte der Nutzung von KSC**

Klimaschutz-Contracting kann helfen, komplexe Projekte mit dem Ziel der maximal möglichen CO<sub>2</sub>-Reduktion in einem überschaubaren zeitlichen, organisatorischen und finanziellen Rahmen umzusetzen. Es kann im Ergebnis ein Instrument zur Umsetzung der wirtschaftlichsten Kombination aus Energieeffizienz und zur Verwendung regenerativer Energien sowie gegebenenfalls zu einer energetischen Sanierung zur Erreichung der Klimaschutzziele werden. Das Klimaschutz-Contracting ermöglicht, ebenso wie das Energiespar-Contracting, einen umfassenden Ideenwettbewerb. Um die Effizienz der Gebäude zu erhöhen, sind energetische Sanierungsmaßnahmen zumeist integriert, auch wenn dies in der Regel Baukostenzuschüsse durch den Auftraggeber erfordert. Allerdings bringt dies auch eine besondere Komplexität bei der Ausschreibung und Vergabe mit sich und erfordert umfassende vertragliche Regelungen zu verschiedenen Risiken und zur Instandhaltung.

Der Hebel für den Klimaschutz und Energieeinsparungen wird als hoch bewertet, da es eine klare Zielvorgabe gibt, die Einsparungen zu maximieren, unterstützt durch den Einsatz von neuen Technologien und Expertenwissen. Allerdings umfasst der Investitionsumfang deutlich kapitalintensivere Maßnahmen (Deep Retrofit),

sodass die Kosten in der Regel nicht allein durch die erzielten Einsparungen refinanziert werden können, sondern auch über Baukostenzuschüsse durch den Auftraggeber finanziert werden müssen.

Die explizite Risikotragung durch den Contractor umfasst Betriebsführung, Wartung und Garantien für Einsparungen, während der Auftraggeber Preisrisiken, Nutzungsrisiken und Witterungsrisiken trägt.

Es besteht die Möglichkeit zur Bündelung von Maßnahmen, allerdings nur bei gebündelter Verantwortlichkeit aufseiten der Auftraggeber mit gleichen Eigentümern und Bewirtschaftern.

### **6.4.6 Intracting**

Intracting ist eine Sonderform des Contractings in der öffentlichen Verwaltung. Der Contractor ist hierbei kein externer Partner, sondern selbst Teil der Kommunalverwaltung. Dabei übernimmt eine ausgewählte Dienststelle (z. B. Facility Management/Gebäudewirtschaft) sehr weitgehende Verantwortung und Verfügung über Investitions- und Betriebskosten. Diese Stelle muss als interne Intracting-Organisation fachkundig sein und die nötigen Ressourcen besitzen.

Die durch Energiesparinvestitionen erwirtschafteten Gewinne aufgrund von Betriebskosteneinsparungen werden einem gesonderten Haushaltstitel zugeschrieben, um den Investitionsaufwand verwaltungsintern zu refinanzieren.

Benötigt wird eine ausreichend große Anschubfinanzierung, durch Kapitalrückfluss werden anschließend weitere Intracting-Maßnahmen finanziert (über eingerichtete Einsparfonds bzw. gesonderte Haushaltstitel).

#### **Aspekte der Nutzung von Intracting**

Die interne Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen bietet verschiedene Vorteile. Zum einen müssen die Erlöse aus Einsparungen nicht mit externen Partnern geteilt werden. Dadurch können die eingesparten Kosten vollständig beim öffentlichen Auftraggeber verbleiben, dieser muss allerdings die Intracting-Organisation unterhalten. Zudem entfallen Ausschreibungsverfahren, die mit Contracting-Partnern erforderlich wären. Die Dienstleistungen und Finanzierungen werden intern geleistet, was Abhängigkeiten gegenüber Dritten vermeidet. Unter der Voraussetzung einer gut ausgestatteten Intracting-Stelle ist die Verwaltung flexibler und kann schneller auf Veränderungen reagieren. Darüber hinaus entstehen keine zusätzlichen Kosten wie Zinsen für investives Fremdkapital, so lange der Intracting-Haushaltstitel ausreichende Mittel enthält. Ein weiterer Vorteil ist, dass auch kleinere Maßnahmen umgesetzt werden können, die für Contracting-Modelle nicht attraktiv genug sind. Dadurch können auch in diesem Bereich Einsparungen erzielt werden. Insgesamt bietet die interne Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen eine Vielzahl von Vorteilen für die öffentliche Hand.

Als Nachteile sind zu nennen, dass Intracting-Verträge oft langfristig angelegt sind, was zu einer sperrigen und wenig flexiblen Handhabung führt. Zudem ist eine Anschubfinanzierung notwendig, um das Projekt überhaupt starten zu können – im Grunde verlagert sich die Frage nach der Kapitalbereitstellung hierher. Die Zusammenarbeit mehrerer Verwaltungseinheiten stellt auch eine organisatorische Herausforderung dar. Es kann schwierig sein, alle Beteiligten auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen. Darüber hinaus können die tatsächlichen Einsparungen von den anfänglichen Prognosen abweichen und es ist fraglich, ob gegenüber der Intracting-Stelle ein vergleichbar großer Erwartungsdruck aufgebaut wird, wie er gegenüber einem Contractor üblich ist. Es ist also möglich, dass die erwarteten Einsparungen nicht erreicht werden.

Ein weiterer Nachteil im Vergleich zum externen Contracting ist der fehlende Wettbewerb um Einsparideen, da die Vergabe nicht über funktionale Ausschreibungen mit Verhandlungsverfahren, sondern über die klassische Ausschreibung von Planungs- und Bauleistungen erfolgt. Darüber hinaus gibt es keine externen Anbieter, die alternative Lösungen oder Ideen einbringen könnten, was zu einem Mangel an Innovation und Effizienz führen kann.

Positiv ist hervorzuheben, dass eine haushalterische Identität zwischen investierender und nutzender Behörde hergestellt, also das Nutzer-Investor-Dilemma aufgehoben wird. Das Investitionsrisiko liegt allerdings ausschließlich bei der Kommune, es gibt keine explizite Risikotragung durch Dritte.

Eine Bewertungsmatrix zu den verschiedenen Optionen findet sich im Anhang (Kapitel 7.5).

## 6.5 Zusammenfassende Bewertung

Es wird deutlich, dass jede Finanzierungsform ihre Berechtigung hat. Bei den klassischen Varianten liegt der klare Vorteil in der bereits erreichten Marktreife. Die klassischen Prozesse des Verwaltungshandelns (Nutzung von Eigen- und Fremdkapital mit anschließender objektweiser Ausschreibung in Eigenregie) ermöglichen zwar eine verfahrenssichere Handhabung der Sanierungsaufgaben, weisen allerdings Defizite im Bereich der Skalierbarkeit und bei der Ausrichtung an Klimaschutzziele auf. Die alternativen Finanzierungsformen hingegen überzeugen durch ihre zielgerichtete Ausrichtung auf Energieeinsparung und Klimaschutz sowie einer verstärkten Bündelung, Standardisierung und Skalierung von Maßnahmen.

Angesichts des in dieser Untersuchung beschriebenen Umfangs der Transformationsaufgabe wird deutlich, dass die Umsetzung im Szenario „Business as Usual“ zu langsam ist und die Klimaschutzziele deutlich verfehlt. Insofern werden neue, innovative Instrumente benötigt, die Skalierbarkeit und Standardisierung ermöglichen und einen klaren Weg Richtung klimaneutraler Gebäudebestand vorgeben.

## 6.6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

In Anbetracht der ambitionierten klimapolitischen Zielvorgaben müssen sowohl die Umsetzungsgeschwindigkeit (Sanierungsrate) als auch die energetische Qualität (Sanierungstiefe) deutlich erhöht werden. Es ist absehbar, dass das für die Bewirtschaftung verantwortliche Personal mit den bislang vorgesehenen Budgets und mit den etablierten Prozessen an deutliche Grenzen stößt. Aus der vorliegenden Untersuchung können folgende Schlussfolgerungen und Empfehlungen abgeleitet werden.

### **Investitionsbudgets für die öffentliche Gebäudebewirtschaftung erhöhen**

Unabhängig vom Finanzierungsmechanismus benötigen die Eigentümer und Bewirtschafter deutlich höhere Investitionsbudgets gegenüber den bisherigen Ansätzen für die Instandsetzung und Modernisierung von Gebäuden. Bei allen betrachteten Optionen ist bis 2045 eine Investitionsphase mit deutlich erhöhtem Finanzbedarf in Höhe von 120 Mrd. Euro absehbar. Auch wenn ein beträchtlicher Teil der Investitionen im Rahmen der technischen Lebensdauer der Anlagen und Umbauten in die öffentlichen Kassen zurückfließt, bedarf es in den kommenden beiden Dekaden einer erheblichen finanziellen Vorleistung. Diese Investitionen sind auch dann zu erbringen, wenn sich die Politik für einen erheblich längeren Umsetzungszeitraum (und ein geringeres Ambitionsniveau) entscheiden würde. Dabei zählt nicht nur das „Kriterium Klimaschutz“, also ob (einmal auf nationaler Ebene erklärte bzw. durch die EU-Vorgaben verbindliche) Klimaschutzziele erreicht werden (oder nicht), sondern auch die Frage, wie krisen- und preisresilient der öffentliche Gebäudebestand in 20



oder 30 Jahren dasteht. Sollte die Transformation weniger entschlossen verfolgt werden, entstehen erhebliche Risiken, dass Gebäude mit fossilen Energieträgern und unzureichenden Dämmstandards in späteren Jahren nicht mehr betrieben werden dürfen (z. B. aufgrund gesetzlicher Vorgaben wie Mindesteffizienzstandards für Nichtwohngebäude) oder nur zu erheblich gestiegenen Kosten beheizbar sind. Beide Effekte führen wiederum zu einer Entwertung des Immobilienbestands.<sup>26</sup>

### **Finanzielle Förderung für Klimaschutz und Energieeffizienz**

Die hier abgeleitete Erhöhung des Investitionsbudgets ist ohne Zweifel eine Kernherausforderung für die öffentliche Hand, insbesondere für Kommunen. Ein entsprechendes Investitionsprogramm wird kaum ohne finanzielle Förderung auskommen, die von übergeordneten Ebenen (Bund) über die Länder oder direkt an die Kommunen gereicht wird. Für die hohen Anfangsinvestitionen muss die Kommunalaufsicht den Kommunen entsprechende Spielräume geben. Bei der Mittelausstattung ist darauf zu achten, dass die Unterstützung entsprechend dem Ambitionsniveau erfolgt (höhere Zielstandards erhalten höhere Zuschüsse) und dass finanzschwache Kommunen besondere Unterstützung erhalten.

Unabhängig davon, ob diese notwendigen Ausgaben im Rahmen der geltenden Schuldenbremse erfolgen oder ob eine entsprechende Flexibilisierung bzw. Novellierung der Schuldenbremse erfolgt, könnte die Implementierung bzw. Organisation des Budgets im Rahmen eines Sondervermögens die langfristige Ausrichtung und Investitionssicherheit ermöglichen.

### **Personelle Kapazitäten für die Gebäudebewirtschaftung erhalten**

Für die Umsetzung eines solch umfassenden Investitionsprogramms müssen personelle Kapazitäten in der Bewirtschaftung der öffentlichen Nichtwohngebäude auch in Zeiten des Fachkräftemangels erhalten und konsequent auf die anstehenden Aufgaben ausgerichtet werden. Auch wenn ausgewählte Bewirtschaftungsmodelle die Einbindung von technischem Know-how und Ressourcen privatwirtschaftlicher Bau- und Energiedienstleister ermöglichen bzw. sie explizit vorsehen, verbleibt angesichts der Steigerung der Investitionsraten immer noch ein erheblicher Managementaufwand bei der öffentlichen Verwaltung. Allein bei der übergeordneten Planung, Vergabe, Ausschreibung und Einbindung sowie beim Controlling von umfassenden Dienstleistungs-Partnerschaften entsteht ein nicht unbeträchtlicher Aufwand. Je nach Umsetzungsmodell dürfte sich das Leistungsprofil der Hochbauämter (mehr oder weniger) ändern, allerdings dürfte angesichts der angestrebten Umsetzungsgeschwindigkeit und Umsetzungstiefe kaum eine Reduktion des öffentlich verantwortlichen Personals möglich sein.

### **Öffentliche Kreditaufnahme nutzen und Einbindung von privatem Know-how ermöglichen**

Grundsätzlich verfügen öffentliche Institutionen in Deutschland über sehr gute Refinanzierungsmöglichkeiten am Kapitalmarkt. Diese Möglichkeiten sollten primär genutzt und ausgeschöpft werden, etwa im Rahmen des oben skizzierten Sondervermögens. Auch wenn die Kapitalbeschaffung überwiegend in staatlicher Regie erfolgt, ist es dennoch sinnvoll, bei der Planung und Bewirtschaftung der Investitionsbudgets auf das Know-how professioneller Energie- und Baudienstleister zurückzugreifen etwa im Rahmen funktionaler Ausschreibungen mit Garantiezusagen bezüglich der Umsetzungs- und Ergebnisqualität.

Sollte die Kapitalbeschaffung bzw. öffentliche Kreditaufnahme an (selbst gesetzte) Grenzen stoßen, könnten öffentliche Auftraggeber gezwungen sein, alternative Finanzierungswege über private Kapitalgeber in Betracht zu ziehen. Grundsätzlich bieten sie privaten oder institutionellen Kapitalgebern ein sehr attraktives

<sup>26</sup> Auch wenn in der öffentlichen Immobilienbewirtschaftung der Marktwert einer Immobilie vordergründig keine Rolle spielt, wird dieser Aspekt beim Verkauf oder bei der Übertragung an öffentliche Unternehmen (z. B. an Bundes-, Landes- oder kommunale Gesellschaften) relevant.

Portfolio mit nachhaltigen, langfristig orientierten Anlagemöglichkeiten mit einer hohen Sicherheit. Umgekehrt sind bestimmte Klassen risikoaverser Anleger sehr daran interessiert, Kapital auch langfristig in nachhaltige (ESG-konforme bzw. Taxonomie-konforme) Maßnahmen zu investieren. Diese Konstellation sollte es grundsätzlich erlauben, attraktive Zinssätze zu erzielen, die nur geringfügig über denen der öffentlichen Hand liegen.

### **Erprobung neuer Finanzierungsmodelle**

Auf Basis der vorliegenden Untersuchung ist nicht zu entscheiden, welches Umsetzungs- und Finanzierungsmodell sich am besten eignet, um die anstehende Transformationsaufgabe zu bewältigen. Es wird nicht nur *eine* Lösung geben, sondern ein Spektrum unterschiedlicher Lösungen, je nach den jeweiligen technischen und organisatorischen Voraussetzungen sowie den verfügbaren (personellen und finanziellen) Kapazitäten.

In den vergangenen beiden Dekaden sind wiederholt Bewirtschaftungsmodelle (teilweise kritisch, teilweise euphorisch) diskutiert worden, die einen sehr weitgehenden Eigentumsübergang der öffentlichen Gebäudeinfrastruktur bedingen (ÖPP oder „Sale & Lease Back“-Modelle). Diese sind hier nicht vertieft untersucht worden, vielmehr erfolgte die vorliegende Untersuchung unter der Maßgabe, dass die öffentliche Hand ihren Gebäudebestand grundsätzlich im Eigentum behält und nur ausgewählte energie- und/oder klimabedingte Modernisierungsprogramme an Dritte auslagert.

Grundsätzlich zeigt die Untersuchung, dass es bereits interessante und erprobte Lösungen gibt, die eine Einbindung von privatem Know-how erlauben. Allerdings sind die Modelle (immer noch) sehr individuell angepasst oder (noch) nicht in der Breite bzw. in ausreichender Standardisierung verfügbar oder sie erzielen (noch) nicht die entsprechende Sanierungstiefe, die zur Erreichung der Klimaneutralität notwendig ist.

Dies alles spricht dafür, diese alternativen Modelle – ähnlich wie in der Energiesystemforschung (SINTEG-Programm) – in Reallaboren zu standardisieren und weiterzuentwickeln. Dabei können verschiedene Ausprägungen, Standardformate und Schnittstellen ausgetestet werden, die jeweils eine unterschiedliche Eingriffstiefe bzw. unterschiedlich tiefe Schnittstellen in die öffentliche Gebäudebewirtschaftung aufweisen.

Gerade aus finanztechnischer Sicht wäre es – im Sinne eines vorgeschalteten Ideenwettbewerbs – interessant, frühzeitig interessierte Banken und Investoren einzubinden, um die verschiedenen Modelle auch aus finanztechnischer Perspektive optimal zu konfigurieren. Dabei sollten sich – mit Blick auf die Transaktionskosten – möglichst große Tranchen bilden. Diese größeren Volumina bieten einen hohen Anreiz, bei der Entwicklung innovativer Produkte und Dienstleistungsmodelle in Vorleistung zu gehen.

# 7 Anhang

## 7.1 Umsteigeschlüssel

	Betriebsgebäude	Bildungs- einrichtungen	Büro- /Verwal- tungsgebäude	Forschungs-/ Laborgebäude	Polizei-/ Zollgebäude	Technische Infrastruktur	Technisches Hilfswerk	Veranstaltungs- gebäude	Verpflegungs-/ Betreuungs- einrichtungen	Militär	Andere
Verwaltung	0%	0%	100 %	0%	100 %	0%	0%	0%	0%	10%	10 %
Hochschule	0%	50%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10 %
Gesundheit	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10 %
Bildung	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10 %
Kultur	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	10%	10 %
Sport	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10 %
Beherbergung	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	10%	10 %
Technik	33%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10 %
Verkehr	33%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10 %
Gewerbe	33%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	10%	10 %

Tabelle 7-1 Umsteigeschlüssel auf die Typgebäude für Bundesliegenschaften

Quelle: eigene Berechnung (Prognos)

	Gerichte	Allgemeine Verwaltung	Polizei	Wissenschaft	Wohnbauten	Gewerbliche Bauten	Kultur- und andere Bauten	Justizvollzugs- anstalten
Verwaltung	100 %	100 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Hochschule	0 %	0 %	0 %	90 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Gesundheit	0 %	0 %	0 %	10 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Kultur	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	95 %	0 %
Sport	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	0 %
Beherbergung	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	100 %
Technik	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	0 %	0 %
Verkehr	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	0 %	0 %
Gewerbe	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	90 %	0 %	0 %

Tabelle 7-2 Umsteigeschlüssel auf die Typgebäude für Landesliegenschaften

Quelle: eigene Berechnung (Prognos)

	Kommunale Verwaltung	Schulen/Kitas/ Weiterbildung	Schwimmbäder	Sportgebäude	Jugendzentren /Vereinsgebäude	Bauhöfe und Werkstattgebäude/ Feuerwehren	Alten- und Pflegeheime	Museen /Kulturgebäude
<b>Verwaltung</b>	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Hochschule</b>	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Gesundheit</b>	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Bildung</b>	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Kultur</b>	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	100 %
<b>Sport</b>	0 %	0 %	100 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Beherbergung</b>	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Technik</b>	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %
<b>Gewerbe</b>	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %

Tabelle 7-3 Umsteigeschlüssel auf die Typgebäude für kommunale Liegenschaften

Quelle: eigene Berechnung (Prognos)

## 7.2 Tabellen Annuitäten

Sanierungstiefe	Gebäudetyp	Annuitäten [Euro/m <sup>2</sup> <sub>NRF</sub> *a]					
		Gas-Brennwert (fossil)	Gas-Brennwert (GEG-konform)	Pelletkessel	Fernwärme	Strom direkt	Luft-Wasser- Wärmepumpe
<b>Bestand</b>	Verwaltung	21,1	23,6	20,0	19,2	33,9	20,2
<b>Bestand</b>	Hochschule	21,6	24,5	19,3	19,8	36,1	20,0
<b>Bestand</b>	Gesundheit	22,8	25,7	20,0	21,0	37,8	19,4
<b>Bestand</b>	Bildung	21,2	24,4	19,1	18,9	37,5	19,5
<b>Bestand</b>	Kultur	28,6	32,5	27,1	25,6	48,2	26,4
<b>Bestand</b>	Sport	29,6	34,7	24,8	26,7	57,0	26,4
<b>Bestand</b>	Beherbergung	43,1	48,1	39,5	40,1	69,7	38,8
<b>Bestand</b>	Gewerbe	24,8	27,9	23,6	22,4	40,5	23,7
<b>Bestand</b>	Verkauf	65,1	69,0	61,4	62,6	85,4	62,2
<b>Bestand</b>	Technik	44,1	46,7	46,8	41,4	56,3	44,6
<b>Bestand</b>	Verkehr	24,3	28,2	22,9	21,2	44,0	22,0
<b>Bestand</b>	<b>Mittleres NWG</b>	32,2	35,6	30,4	29,8	49,5	30,8
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verwaltung	17,0	18,5	17,3	16,6	26,5	17,5
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Hochschule	17,7	19,5	16,8	17,5	29,4	17,8
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Gesundheit	19,1	21,1	17,5	19,0	32,4	17,8
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Bildung	17,0	18,9	16,7	16,6	29,5	17,3
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Kultur	23,2	25,6	23,6	22,6	38,5	23,4
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Sport	24,6	27,5	23,2	24,3	44,5	25,1
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Beherbergung	32,4	35,6	31,1	32,1	53,6	31,0
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Gewerbe	22,0	24,1	22,3	21,5	35,4	22,9
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verkauf	53,3	55,4	52,1	53,0	67,8	53,3
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Technik	41,3	43,2	44,4	40,2	52,9	42,6
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verkehr	17,2	18,7	18,7	16,5	26,7	18,2

<b>GEG-Mindeststandard</b>	<b>Mittleres NWG</b>	26,8	28,9	26,5	26,4	40,6	26,9
<b>EG 40</b>	Verwaltung	21,5	22,2	22,5	21,2	25,5	22,2
<b>EG 40</b>	Hochschule	19,7	20,3	20,1	19,4	23,9	20,2
<b>EG 40</b>	Gesundheit	19,9	20,6	19,9	19,8	24,6	19,6
<b>EG 40</b>	Bildung	21,2	22,0	22,0	20,9	26,5	21,9
<b>EG 40</b>	Kultur	27,7	28,6	29,3	27,1	33,3	28,5
<b>EG 40</b>	Sport	35,0	36,6	35,0	34,7	46,1	36,0
<b>EG 40</b>	Beherbergung	33,6	35,0	33,5	33,4	42,9	32,7
<b>EG 40</b>	Gewerbe	28,0	28,8	29,2	27,6	32,6	28,8
<b>EG 40</b>	Verkauf	58,2	59,0	58,6	57,9	63,5	58,7
<b>EG 40</b>	Technik	49,4	49,9	52,8	48,5	52,0	51,0
<b>EG 40</b>	Verkehr	31,8	32,7	33,8	31,2	37,0	32,9
<b>EG 40</b>	<b>Mittleres NWG</b>	31,6	32,4	32,5	31,2	36,8	32,2

Tabelle 7-4 Durchschnittliche Annuitäten bei realem Zinssatz von 1,5 % und niedrigem CO<sub>2</sub>-Preisfad

Sanierungstiefe	Gebäudetyp	Annuitäten [Euro/m <sup>2</sup> <sub>NRF</sub> *a]					
		Gas-Brennwert (fossil)	Gas-Brennwert (GEG-konform)	Pelletkessel	Fernwärme	Strom direkt	Luft-Wasser- Wärmepumpe
<b>Bestand</b>	Verwaltung	21,3	23,7	20,5	19,4	34,2	21,1
<b>Bestand</b>	Hochschule	21,8	24,5	19,7	19,9	36,4	20,9
<b>Bestand</b>	Gesundheit	23,0	25,7	20,3	21,1	38,1	20,1
<b>Bestand</b>	Bildung	21,4	24,4	19,6	19,1	37,9	20,5
<b>Bestand</b>	Kultur	28,9	32,6	27,7	25,8	48,7	27,8
<b>Bestand</b>	Sport	29,9	34,7	25,4	26,9	57,4	27,7
<b>Bestand</b>	Beherbergung	43,5	48,2	40,2	40,3	70,2	40,0
<b>Bestand</b>	Gewerbe	25,1	28,0	24,1	22,6	40,9	24,9
<b>Bestand</b>	Verkauf	65,4	69,1	61,9	62,9	85,8	63,4
<b>Bestand</b>	Technik	44,6	47,0	47,6	41,7	56,8	45,9
<b>Bestand</b>	Verkehr	24,7	28,4	23,6	21,4	44,5	23,3
<b>Bestand</b>	<b>Mittleres NWG</b>	32,5	35,7	31,0	30,0	49,9	32,0
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verwaltung	18,3	19,6	18,7	17,8	27,9	19,3
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Hochschule	18,8	20,5	18,1	18,5	30,6	19,5
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Gesundheit	20,2	22,1	18,7	20,0	33,6	19,4
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Bildung	18,2	20,0	18,1	17,8	30,8	19,1
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Kultur	24,8	27,0	25,5	24,1	40,2	25,8
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Sport	26,4	29,2	25,2	26,0	46,4	27,8
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Beherbergung	34,0	37,0	32,9	33,5	55,2	33,2
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Gewerbe	23,7	25,6	24,2	23,1	37,1	25,3
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verkauf	54,7	56,7	53,7	54,4	69,4	55,4
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Technik	43,4	45,2	46,9	42,1	55,0	45,4
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verkehr	19,1	20,5	20,9	18,3	28,7	20,7
<b>GEG-Mindeststandard</b>	<b>Mittleres NWG</b>	28,3	30,3	28,2	27,8	42,2	29,1
<b>EG 40</b>	Verwaltung	24,3	24,9	25,4	23,9	28,3	25,3
<b>EG 40</b>	Hochschule	22,1	22,7	22,6	21,8	26,3	22,9

EG 40	Gesundheit	22,2	22,9	22,2	22,1	27,0	22,1
EG 40	Bildung	24,1	24,9	25,0	23,7	29,5	25,1
EG 40	Kultur	31,3	32,2	33,1	30,7	36,9	32,5
EG 40	Sport	39,8	41,4	40,0	39,4	51,0	41,4
EG 40	Beherbergung	36,9	38,2	37,0	36,7	46,2	36,2
EG 40	Gewerbe	31,9	32,6	33,2	31,4	36,5	33,0
EG 40	Verkauf	61,7	62,4	62,2	61,3	67,0	62,5
EG 40	Technik	54,1	54,6	57,8	53,1	56,7	56,0
EG 40	Verkehr	37,0	37,8	39,2	36,3	42,2	38,5
EG 40	<b>Mittleres NWG</b>	35,1	35,8	36,1	34,6	40,3	36,0

Tabelle 7-5 Durchschnittliche Annuitäten der verschiedenen Maßnahmenpakete bei realem Zinssatz von 3 % und niedrigem CO<sub>2</sub>-Preisfad



Sanierungstiefe	Gebäudetyp	Annuitäten [Euro/m <sub>NRF</sub> <sup>2</sup> *a]					
		Gas-Brennwert (fossil)	Gas-Brennwert (GEG-konform)	Pelletkessel	Fernwärme	Strom direkt	Luft-Wasser- Wärmepumpe
Bestand	Verwaltung	22,8	24,5	20,0	19,2	33,9	20,2
Bestand	Hochschule	23,6	25,5	19,3	19,8	36,1	20,0
Bestand	Gesundheit	24,8	26,8	20,0	21,0	37,8	19,4
Bestand	Bildung	23,3	25,5	19,1	18,9	37,5	19,5
Bestand	Kultur	31,2	33,8	27,1	25,6	48,2	26,4
Bestand	Sport	33,1	36,6	24,8	26,7	57,0	26,4
Bestand	Beherbergung	46,5	49,9	39,5	40,1	69,7	38,8
Bestand	Gewerbe	26,9	29,0	23,6	22,4	40,5	23,7
Bestand	Verkauf	67,8	70,4	61,4	62,6	85,4	62,2
Bestand	Technik	45,9	47,6	46,8	41,4	56,3	44,6
Bestand	Verkehr	27,0	29,7	22,9	21,2	44,0	22,0
Bestand	<b>Mittleres NWG</b>	34,5	36,8	30,4	29,8	49,5	30,8
GEG-Mindeststandard	Verwaltung	18,0	19,0	17,3	16,6	26,5	17,5
GEG-Mindeststandard	Hochschule	18,9	20,1	16,8	17,5	29,4	17,8
GEG-Mindeststandard	Gesundheit	20,5	21,8	17,5	19,0	32,4	17,8
GEG-Mindeststandard	Bildung	18,3	19,6	16,7	16,6	29,5	17,3
GEG-Mindeststandard	Kultur	24,8	26,4	23,6	22,6	38,5	23,4
GEG-Mindeststandard	Sport	26,6	28,6	23,2	24,3	44,5	25,1
GEG-Mindeststandard	Beherbergung	34,6	36,8	31,1	32,1	53,6	31,0
GEG-Mindeststandard	Gewerbe	23,4	24,8	22,3	21,5	35,4	22,9
GEG-Mindeststandard	Verkauf	54,7	56,2	52,1	53,0	67,8	53,3
GEG-Mindeststandard	Technik	42,6	43,9	44,4	40,2	52,9	42,6
GEG-Mindeststandard	Verkehr	18,2	19,2	18,7	16,5	26,7	18,2
GEG-Mindeststandard	<b>Mittleres NWG</b>	28,2	29,7	26,5	26,4	40,6	26,9
EG 40	Verwaltung	22,0	22,4	22,5	21,2	25,5	22,2
EG 40	Hochschule	20,1	20,6	20,1	19,4	23,9	20,2

EG 40	Gesundheit	20,4	20,9	19,9	19,8	24,6	19,6
EG 40	Bildung	21,8	22,3	22,0	20,9	26,5	21,9
EG 40	Kultur	28,3	28,9	29,3	27,1	33,3	28,5
EG 40	Sport	36,1	37,2	35,0	34,7	46,1	36,0
EG 40	Beherbergung	34,6	35,5	33,5	33,4	42,9	32,7
EG 40	Gewerbe	28,5	29,0	29,2	27,6	32,6	28,8
EG 40	Verkauf	58,7	59,3	58,6	57,9	63,5	58,7
EG 40	Technik	49,7	50,1	52,8	48,5	52,0	51,0
EG 40	Verkehr	32,4	33,0	33,8	31,2	37,0	32,9
EG 40	<b>Mittleres NWG</b>	32,2	32,7	32,5	31,2	36,8	32,2

Tabelle 7-6 Durchschnittliche Annuitäten bei realem Zinssatz von 1,5 % und hohem CO<sub>2</sub>-Preisfad

Sanierungstiefe	Gebäudetyp	Annuitäten [Euro/m <sup>2</sup> <sub>NRF</sub> *a]					
		Gas-Brennwert (fossil)	Gas-Brennwert (GEG-konform)	Pelletkessel	Fernwärme	Strom direkt	Luft-Wasser- Wärmepumpe
<b>Bestand</b>	Verwaltung	23,0	24,6	20,5	19,4	34,2	21,1
<b>Bestand</b>	Hochschule	23,7	25,5	19,7	19,9	36,4	20,9
<b>Bestand</b>	Gesundheit	24,9	26,7	20,3	21,1	38,1	20,1
<b>Bestand</b>	Bildung	23,5	25,5	19,6	19,1	37,9	20,5
<b>Bestand</b>	Kultur	31,4	33,9	27,7	25,8	48,7	27,8
<b>Bestand</b>	Sport	33,2	36,5	25,4	26,9	57,4	27,7
<b>Bestand</b>	Beherbergung	46,7	49,9	40,2	40,3	70,2	40,0
<b>Bestand</b>	Gewerbe	27,1	29,1	24,1	22,6	40,9	24,9
<b>Bestand</b>	Verkauf	68,0	70,5	61,9	62,9	85,8	63,4
<b>Bestand</b>	Technik	46,2	47,9	47,6	41,7	56,8	45,9
<b>Bestand</b>	Verkehr	27,2	29,7	23,6	21,4	44,5	23,3
<b>Bestand</b>	<b>Mittleres NWG</b>	34,7	36,8	31,0	30,0	49,9	32,0
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verwaltung	19,2	20,1	18,7	17,8	27,9	19,3
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Hochschule	19,9	21,1	18,1	18,5	30,6	19,5
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Gesundheit	21,5	22,8	18,7	20,0	33,6	19,4
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Bildung	19,5	20,7	18,1	17,8	30,8	19,1
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Kultur	26,3	27,8	25,5	24,1	40,2	25,8
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Sport	28,3	30,2	25,2	26,0	46,4	27,8
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Beherbergung	36,0	38,1	32,9	33,5	55,2	33,2
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Gewerbe	25,0	26,3	24,2	23,1	37,1	25,3
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verkauf	56,1	57,5	53,7	54,4	69,4	55,4
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Technik	44,6	45,8	46,9	42,1	55,0	45,4
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verkehr	20,1	21,0	20,9	18,3	28,7	20,7
<b>GEG-Mindeststandard</b>	<b>Mittleres NWG</b>	29,7	31,0	28,2	27,8	42,2	29,1
<b>EG 40</b>	Verwaltung	24,8	25,2	25,4	23,9	28,3	25,3
<b>EG 40</b>	Hochschule	22,5	22,9	22,6	21,8	26,3	22,9

EG 40	Gesundheit	22,7	23,2	22,2	22,1	27,0	22,1
EG 40	Bildung	24,7	25,2	25,0	23,7	29,5	25,1
EG 40	Kultur	31,9	32,5	33,1	30,7	36,9	32,5
EG 40	Sport	40,9	41,9	40,0	39,4	51,0	41,4
EG 40	Beherbergung	37,8	38,7	37,0	36,7	46,2	36,2
EG 40	Gewerbe	32,3	32,8	33,2	31,4	36,5	33,0
EG 40	Verkauf	62,2	62,7	62,2	61,3	67,0	62,5
EG 40	Technik	54,4	54,7	57,8	53,1	56,7	56,0
EG 40	Verkehr	37,5	38,1	39,2	36,3	42,2	38,5
EG 40	<b>Mittleres NWG</b>	35,6	36,1	36,1	34,6	40,3	36,0

Tabelle 7-7 Durchschnittliche Annuitäten bei realem Zinssatz von 3 % und hohem CO<sub>2</sub>-Preisfad

### 7.3 Tabellen THG-Vermeidungskosten nach Gebäudetyp

Sanierungstiefe	Gebäudetyp	Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten ggü. Gaskessel Bestand 2025 – 2045 [Euro/t CO <sub>2</sub> -äq]					
		Gas-Brennwert (fossil)	Gas-Brennwert (GEG-konform)	Pelletkessel	Fernwärme	Strom direkt	Luft-Wasser- Wärmepumpe
<b>Bestand</b>	Verwaltung	0	383	-48	-110	682	-41
<b>Bestand</b>	Hochschule	0	383	-93	-97	694	-62
<b>Bestand</b>	Gesundheit	0	383	-110	-91	696	-128
<b>Bestand</b>	Bildung	0	383	-72	-102	691	-57
<b>Bestand</b>	Kultur	0	383	-44	-111	682	-60
<b>Bestand</b>	Sport	0	383	-104	-83	722	-68
<b>Bestand</b>	Beherbergung	0	383	-80	-88	720	-95
<b>Bestand</b>	Gewerbe	0	383	-44	-112	682	-38
<b>Bestand</b>	Verkauf	0	383	-106	-93	696	-81
<b>Bestand</b>	Technik	0	383	115	-158	645	19
<b>Bestand</b>	Verkehr	0	383	-41	-114	674	-64
<b>Bestand</b>	<b>Mittleres NWG</b>	0	383	-60	-104	692	-46
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verwaltung	-363	-176	-158	-219	250	-148
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Hochschule	-352	-139	-178	-186	328	-140
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Gesundheit	-374	-113	-191	-168	402	-177
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Bildung	-312	-124	-147	-178	313	-126
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Kultur	-335	-136	-133	-194	305	-138
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Sport	-232	-70	-134	-131	351	-93
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Beherbergung	-538	-267	-249	-276	247	-249
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Gewerbe	-246	-44	-87	-136	413	-65
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verkauf	-618	-389	-336	-365	79	-302
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Technik	-341	-72	11	-196	409	-60
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verkehr	-293	-200	-149	-232	68	-162

<b>GEG-Mindeststandard</b>	<b>Mittleres NWG</b>	-398	-173	-177	-216	297	-162
<b>EG 40</b>	Verwaltung	21	49	54	2	181	42
<b>EG 40</b>	Hochschule	-90	-56	-56	-85	84	-52
<b>EG 40</b>	Gesundheit	-129	-89	-103	-112	66	-112
<b>EG 40</b>	Bildung	2	34	26	-11	182	22
<b>EG 40</b>	Kultur	-29	1	19	-41	130	-2
<b>EG 40</b>	Sport	157	182	109	113	359	130
<b>EG 40</b>	Beherbergung	-254	-198	-193	-210	-5	-209
<b>EG 40</b>	Gewerbe	133	152	143	96	267	129
<b>EG 40</b>	Verkauf	-213	-176	-164	-191	-41	-160
<b>EG 40</b>	Technik	244	252	333	177	315	262
<b>EG 40</b>	Verkehr	246	255	249	190	347	225
<b>EG 40</b>	<b>Mittleres NWG</b>	-23	7	8	-32	144	-2

Tabelle 7-8 Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten der verschiedenen Maßnahmenpakete in Bezug auf das rein fossile Gaskesselsystem im Bestand bei realem Zinssatz von 1,5 % und niedrigem CO<sub>2</sub>-Preisfad

Sanierungstiefe	Gebäudetyp	Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten ggü. Gaskessel Bestand 2025 – 2045 [Euro/t CO <sub>2</sub> -äq]					
		Gas-Brennwert (fossil)	Gas-Brennwert (GEG-konform)	Pelletkessel	Fernwärme	Strom direkt	Luft-Wasser- Wärmepumpe
<b>Bestand</b>	Verwaltung	0	360	-39	-114	687	-11
<b>Bestand</b>	Hochschule	0	360	-87	-99	699	-35
<b>Bestand</b>	Gesundheit	0	360	-105	-93	701	-107
<b>Bestand</b>	Bildung	0	360	-65	-105	696	-30
<b>Bestand</b>	Kultur	0	360	-35	-115	686	-32
<b>Bestand</b>	Sport	0	360	-99	-86	726	-46
<b>Bestand</b>	Beherbergung	0	360	-73	-92	724	-75
<b>Bestand</b>	Gewerbe	0	360	-35	-116	687	-7
<b>Bestand</b>	Verkauf	0	360	-101	-95	701	-56
<b>Bestand</b>	Technik	0	360	134	-166	646	57
<b>Bestand</b>	Verkehr	0	360	-31	-118	678	-37
<b>Bestand</b>	<b>Mittleres NWG</b>	0	360	-52	-108	697	-17
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verwaltung	-270	-112	-108	-171	300	-84
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Hochschule	-270	-87	-139	-147	371	-85
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Gesundheit	-282	-60	-154	-130	443	-128
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Bildung	-238	-76	-108	-142	352	-74
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Kultur	-255	-85	-91	-156	346	-84
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Sport	-162	-24	-97	-96	389	-44
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Beherbergung	-477	-230	-218	-248	278	-210
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Gewerbe	-124	31	-32	-83	470	7
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verkauf	-560	-349	-303	-333	114	-256
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Technik	-144	44	92	-123	486	34
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verkehr	-227	-146	-99	-187	115	-104
<b>GEG-Mindeststandard</b>	<b>Mittleres NWG</b>	-309	-117	-133	-174	342	-104
<b>EG 40</b>	Verwaltung	154	170	163	110	290	156
<b>EG 40</b>	Hochschule	11	36	27	-2	168	38

EG 40	Gesundheit	-33	-3	-26	-34	145	-32
EG 40	Bildung	114	135	116	79	273	118
EG 40	Kultur	80	100	111	49	221	94
EG 40	Sport	289	297	204	212	459	233
EG 40	Beherbergung	-175	-128	-130	-148	58	-145
EG 40	Gewerbe	282	288	265	219	390	256
EG 40	Verkauf	-116	-86	-81	-108	42	-73
EG 40	Technik	441	436	506	344	483	438
EG 40	Verkehr	402	399	380	321	478	361
EG 40	<b>Mittleres NWG</b>	97	117	107	67	244	103

Tabelle 7-9 Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten der verschiedenen Maßnahmenpakete in Bezug auf das rein fossile Gaskesselsystem im Bestand bei realem Zinssatz von 3 % und niedrigem CO<sub>2</sub>-Preisfad



Sanierungstiefe	Gebäudetyp	Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten ggü. Gaskessel Bestand 2025 – 2045 [Euro/t CO <sub>2</sub> -äq]					
		Gas-Brennwert (fossil)	Gas-Brennwert (GEG-konform)	Pelletkessel	Fernwärme	Strom direkt	Luft-Wasser- Wärmepumpe
<b>Bestand</b>	Verwaltung	0	260	-124	-209	591	-115
<b>Bestand</b>	Hochschule	0	260	-169	-195	602	-136
<b>Bestand</b>	Gesundheit	0	260	-186	-190	605	-202
<b>Bestand</b>	Bildung	0	260	-148	-201	599	-131
<b>Bestand</b>	Kultur	0	260	-120	-210	590	-134
<b>Bestand</b>	Sport	0	260	-180	-183	630	-143
<b>Bestand</b>	Beherbergung	0	260	-157	-188	628	-170
<b>Bestand</b>	Gewerbe	0	260	-120	-211	590	-112
<b>Bestand</b>	Verkauf	0	260	-183	-191	605	-155
<b>Bestand</b>	Technik	0	260	39	-257	553	-56
<b>Bestand</b>	Verkehr	0	260	-117	-213	583	-138
<b>Bestand</b>	<b>Mittleres NWG</b>	0	260	-136	-203	600	-120
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verwaltung	-426	-254	-228	-302	171	-217
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Hochschule	-416	-220	-249	-271	247	-210
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Gesundheit	-436	-196	-262	-255	319	-247
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Bildung	-378	-205	-219	-264	231	-197
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Kultur	-400	-217	-205	-279	224	-209
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Sport	-300	-152	-206	-217	269	-165
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Beherbergung	-601	-347	-320	-360	166	-319
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Gewerbe	-310	-127	-158	-223	331	-135
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verkauf	-680	-464	-405	-445	2	-370
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Technik	-398	-153	-59	-282	328	-129
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verkehr	-362	-275	-220	-311	-9	-232
<b>GEG-Mindeststandard</b>	<b>Mittleres NWG</b>	-461	-254	-248	-300	216	-231
<b>EG 40</b>	Verwaltung	-45	-22	-14	-71	110	-26
<b>EG 40</b>	Hochschule	-157	-127	-125	-158	12	-120

EG 40	Gesundheit	-195	-160	-171	-186	-6	-180
EG 40	Bildung	-65	-38	-43	-86	109	-47
EG 40	Kultur	-97	-71	-50	-115	58	-71
EG 40	Sport	88	107	38	35	283	59
EG 40	Beherbergung	-320	-269	-261	-284	-77	-278
EG 40	Gewerbe	67	81	74	23	195	61
EG 40	Verkauf	-278	-245	-230	-262	-111	-227
EG 40	Technik	180	184	266	107	246	195
EG 40	Verkehr	177	183	179	116	274	155
EG 40	<b>Mittleres NWG</b>	-90	-63	-60	-105	72	-70

Tabelle 7-10 Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten der verschiedenen Maßnahmenpakete in Bezug auf das rein fossile Gaskesselsystem im Bestand bei realem Zinssatz von 1,5 % und hohem CO<sub>2</sub>-Preisfad

Sanierungstiefe	Gebäudetyp	Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten ggü. Gaskessel Bestand 2025 – 2045 [Euro/t CO <sub>2</sub> -äq]					
		Gas-Brennwert (fossil)	Gas-Brennwert (GEG-konform)	Pelletkessel	Fernwärme	Strom direkt	Luft-Wasser- Wärmepumpe
<b>Bestand</b>	Verwaltung	0	244	-111	-208	600	-81
<b>Bestand</b>	Hochschule	0	244	-159	-193	612	-105
<b>Bestand</b>	Gesundheit	0	244	-177	-187	614	-177
<b>Bestand</b>	Bildung	0	244	-137	-199	609	-100
<b>Bestand</b>	Kultur	0	244	-107	-209	599	-103
<b>Bestand</b>	Sport	0	244	-171	-181	639	-117
<b>Bestand</b>	Beherbergung	0	244	-146	-186	636	-146
<b>Bestand</b>	Gewerbe	0	244	-107	-210	600	-77
<b>Bestand</b>	Verkauf	0	244	-174	-189	614	-126
<b>Bestand</b>	Technik	0	244	62	-260	559	-14
<b>Bestand</b>	Verkehr	0	244	-104	-212	591	-107
<b>Bestand</b>	<b>Mittleres NWG</b>	0	244	-124	-202	609	-87
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verwaltung	-330	-186	-174	-250	225	-149
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Hochschule	-330	-164	-206	-228	294	-151
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Gesundheit	-341	-139	-221	-213	365	-195
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Bildung	-301	-153	-176	-223	275	-141
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Kultur	-317	-162	-159	-237	269	-151
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Sport	-227	-102	-166	-178	311	-112
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Beherbergung	-537	-306	-285	-329	201	-277
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Gewerbe	-185	-47	-100	-165	392	-60
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verkauf	-618	-420	-368	-409	41	-320
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Technik	-198	-33	26	-204	409	-32
<b>GEG-Mindeststandard</b>	Verkehr	-292	-218	-167	-262	42	-171
<b>GEG-Mindeststandard</b>	<b>Mittleres NWG</b>	-369	-193	-201	-254	265	-170
<b>EG 40</b>	Verwaltung	91	103	98	41	222	92
<b>EG 40</b>	Hochschule	-53	-31	-38	-71	100	-27

EG 40	Gesundheit	-96	-70	-91	-104	76	-96
EG 40	Bildung	50	66	50	8	203	52
EG 40	Kultur	16	33	45	-21	152	29
EG 40	Sport	223	226	137	138	387	165
EG 40	Beherbergung	-238	-195	-195	-218	-11	-210
EG 40	Gewerbe	218	220	199	149	321	191
EG 40	Verkauf	-177	-151	-144	-175	-24	-136
EG 40	Technik	380	372	443	278	417	375
EG 40	Verkehr	337	331	313	251	409	294
EG 40	<b>Mittleres NWG</b>	34	50	42	-2	175	38

Tabelle 7-11 Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten der verschiedenen Maßnahmenpakete in Bezug auf das rein fossile Gaskesselsystem im Bestand bei realem Zinssatz von 3 % und hohem CO<sub>2</sub>-Preisfad

## 7.4 Longlist: Finanzierungsoptionen

Kategorie	Finanzierungsform	Synopse
<b>Eigenkapital</b>	<b>Eigenkapital</b>	<p>Einnahmen der Kommune durch Steuereinnahmen, Abgaben, Umlagen, Vermietung, Verpachtung etc. / Über die Verwendung entscheiden parlamentarische Gremien nach Grundsätzen des Haushaltsrechts (Transparenz, Jährlichkeit etc.). Alle Leistungen und Risiken beim Auftraggeber.</p> <p>Klassische Ausschreibung von Bauleistungen nach VOB/A, klassische Wartungs- und Instandhaltungsleistungen (meist durch Einzelverträge mit Fremdfirmen)</p>
<b>Zuschüsse (ohne Gegenleistung)</b>	<b>Diverse Förderprogramme (Bund/Länder)</b>	Förderprogramme sind oft kofinanzierungspflichtig (Eigenanteil), hierbei ist auch bei einer möglichen Querfinanzierung oft eine Freigabe von Aufsichtsbehörden notwendig.
<b>Zuschüsse (ohne Gegenleistung)</b>	<b>Stiftungen</b>	<p>Stiftungen können der Kommune finanzielle Mittel in Form von Stiftungszuwendungen oder Spenden für bestimmte Projekte bereitstellen.</p> <p>Wenn eine Stiftung gemeinnützige Zwecke verfolgt und beispielsweise den Umwelt-, Bildungs- oder Sozialbereich fördert, könnte eine Kommune durch die Kooperation mit einer solchen Stiftung finanzielle Unterstützung für spezifische Projekte erhalten.</p> <p>Stiftungen sind in der Regel unabhängige rechtliche Einheiten und haben ihre eigenen Zielsetzungen. Wenn eine Kommune Unterstützung von einer Stiftung sucht, muss sie oft einen Antrag stellen und überzeugend darlegen, wie das Projekt oder die Initiative den Zielen der Stiftung entspricht.</p> <p>In einigen Fällen könnten Kommunen auch eigene Stiftungen gründen, um Mittel für bestimmte Zwecke zu sammeln und zu verwalten. Solche kommunalen Stiftungen können dann Spenden von Bürgerinnen und Bürgern, Unternehmen oder anderen Organisationen erhalten, um lokale Projekte zu unterstützen.</p>

<b>Zuschüsse (ohne Gegenleistung)</b>	<b>Sponsoring / spendenbasiertes Crowdfunding (Reward-based Crowdfunding)</b>	<p><b>Sponsoring</b> bezieht sich auf die Unterstützung oder Förderung von zum Beispiel Projekten durch eine Organisation, ein Unternehmen oder eine Einzelperson. Für Sponsoring kommen grundsätzlich vor allem finanzstarke Einzelpersonen und Institutionen in Frage – also neben vermögenden Privatpersonen vor allem Stiftungen, Medien und Unternehmen. Mit Blick auch auf Klimaschutzaktivitäten handelt es sich bei Sponsoren in der Regel um ortsansässige Unternehmen. Dazu zählen beispielsweise Energieversorgungsunternehmen, kommunale Unternehmen mit Bezug zum Themenfeld Klimaschutz und Banken. Weitere Akteure können Vereine sowie Umwelt- und Sozialverbände sein. Es handelt sich um eine geschäftliche Vereinbarung mit gewissen Gegenleistungen.</p> <p><b>Spendenbasiertes Crowdfunding</b> läuft in der Regel ohne Gegenleistungen, nicht finanzielle Belohnungen oder Anreize ab.</p>
<b>Klassische Finanzierungsform</b>	<b>Kredite / Darlehen</b>	<p>Darlehen oder Kredite sind Fremdfinanzierungen durch private oder öffentliche Finanzinstitutionen.</p> <p>Förderkredite für Energieeffizienzmaßnahmen enthalten beispielsweise unterdurchschnittliche Marktzinsen, längere Rückzahlungsfristen oder tilgungsfreie Zeiten (adelpi Handbuch Finanzierungsmodelle: Matušek et al. 2022).</p> <p>Kreditaufnahmen durch Kommunen sind nur in Ausnahmefällen und ausschließlich für investive Zwecke möglich, was sehr restriktiv gehandhabt wird.</p>
<b>Klassische Finanzierungsform</b>	<b>Green Bonds (Unterform der Kommunalanleihen)</b>	<p>Green Bonds sind Anleihen, deren Erlöse speziell für umweltfreundliche und nachhaltige Projekte verwendet werden.</p> <p>Diese Art von Anleihen wird von Regierungen, internationalen Organisationen, Banken oder Unternehmen emittiert, um Finanzmittel für Projekte zu beschaffen, die einen positiven Umweltnutzen haben.</p> <p>Die Emission von Green Bonds ist Teil einer breiteren Initiative zur Förderung nachhaltiger Finanzierung und zur Unterstützung von Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen.</p>

<b>Klassische Finanzierungsform</b>	<b>Schuldscheine (Verbriefung)</b>	<p>Ebenso wie bei der Anleihe oder dem Kredit verspricht auch beim Schuldscheindarlehen der Schuldner eine bestimmte Leistung: die Rückzahlung eines Darlehensbetrags zu einem definierten Zeitpunkt inklusive eines Zinssatzes. Dazu stellt er an den Gläubiger einen „Schuldschein“ aus und/oder beide einigen sich auf den Abschluss eines Schuldscheindarlehensvertrags.</p> <p>Der Begriff „Verbriefung“ bezieht sich auf den Prozess der Umwandlung von illiquiden Vermögenswerten, wie zum Beispiel Krediten, in handelbare Finanzinstrumente, die als Wertpapiere bezeichnet werden.</p>
<b>Alternative Finanzierungsansätze</b>	<b>PPP (auch ÖPP)</b>	<p>Langfristige, aber zeitlich befristete strategische, vertraglich fixierte Partnerschaften zwischen öffentlichen und privaten Partnern</p> <p>Der private Partner übernimmt die Errichtung, den Betrieb und gegebenenfalls die Finanzierung (durch Kredite oder Eigenkapital) einer Infrastruktur und erhält über einen längeren Zeitraum für Betrieb und Wartung vom öffentlichen Partner Einnahmen und/oder das Recht, Entgelte von den Nutzern der Infrastruktur zu erheben. Die Risiken werden aufgeteilt.</p> <p>Finanzierung von öffentlichen Infrastrukturen: Unter Einbeziehung von privaten Dritten werden kostenintensive Infrastrukturen erstellt/betrieben/instandgehalten.</p> <p>PPPs gelten als „kreditähnliche Rechtsgeschäfte“ und müssen gewisse Anforderungen erfüllen.</p>
<b>Alternative Finanzierungsansätze</b>	<b>Contracting – Betriebsführungs- Contracting</b>	<p>Hierbei werden die Betriebsführung und Instandhaltung einer Anlage oder eines Projekts an externe Dienstleister ausgelagert. Durch die spezielle Expertise der Dienstleister kann ein effizienter Betrieb gewährleistet und damit verbunden können Einsparungen generiert werden.</p>
<b>Alternative Finanzierungsansätze</b>	<b>Energieliefer-Contracting (ELC)</b>	<p>Beim Energieliefer-Contracting übernimmt der Contractor die Planung und Installation der Energieerzeugungsanlage und liefert Energie zu vereinbarten Preiskonditionen an den Liegenschaftsnutzer über einen mehrjährigen Vertragszeitraum, der meist zwischen 7 und 13 Jahre umfasst. Dabei bleibt die Anlage Eigentum des Contractors, wenn nicht ein Übergang an die Kommune nach einer bestimmten Laufzeit vertraglich geregelt wird (Difu 2018; Schuch et al. 2017). Bei diesem Ansatz wird nicht nur die Betriebsführung von Anlagen ausgelagert, sondern auch die Planung und Finanzierung der Anlage(n) sowie die Beschaffung und Lieferung von Energie.</p>

Alternative Finanzierungsansätze	<b>Energiespar-Contracting (ESC)</b>	Energiespar-Contracting ist ein sehr weitgehendes Contracting-Modell, bei dem der Leistungsraum über die Erzeugungsanlage hinausgeht und unterschiedliche Gewerke (in der Regel ELT, RLT, MSR) umfasst. Dabei wird der Dienstleister beauftragt, energieeffiziente Maßnahmen zu identifizieren, zu finanzieren, zu implementieren und zu betreiben, um den Energieverbrauch zu senken. Der Contractor gibt in diesem Fall eine Garantie bezüglich der Energieverbrauchs- und Energiekosteneinsparungen. Die Einsparungen, die durch diese Maßnahmen erzielt werden, werden dann zur Amortisierung der Investitionen des Dienstleisters genutzt. Dies bedeutet, dass der Auftraggeber keine Eigenmittel für die Umsetzung bereitstellen muss.
Alternative Finanzierungsansätze	<b>Klimaschutz-Contracting (KSC)</b>	Klimaschutz-Contracting ist eine Weiterentwicklung des ESC mit einem ausdrücklichen Fokus auf Klimaschutz und Dekarbonisierung. Entscheidend ist dabei die Verschiebung des Zielrahmens von der reinen Energie(kosten)einsparung hin zur kontinuierlichen Reduktion von THG-Emissionen. Dabei wird die Umstellung auf emissionsärmere Energieträger besonders bewertet.
Alternative Finanzierungsansätze	<b>Contracting – Finanzierungs-Contracting</b>	Der Contractor plant, finanziert und errichtet eine abgegrenzte technische Einrichtung oder Anlage, die dem Contracting-Nehmer, der die Anlage dann betreibt, einen sicheren, wirtschaftlichen und umweltschonenden Betrieb ermöglicht. Über die Vertragslaufzeit erfolgt die Tilgung der Anlagenkosten.
Alternative Finanzierungsansätze	<b>Intracting (Sonderform des Contractings)</b>	<p>Intracting ist eine Sonderform des Contractings in der öffentlichen Verwaltung. Der Contractor ist hierbei kein externer Partner, sondern selbst Teil der Kommunalverwaltung. Dabei übernimmt eine ausgewählte Dienststelle (z. B. Facility Management / Gebäudewirtschaft) sehr weitgehende Verantwortung und Verfügung über Investitions- und Betriebskosten.</p> <p>Die durch Energiesparinvestitionen erwirtschafteten Gewinne aufgrund von Betriebskosteneinsparungen werden einem gesonderten Haushaltstitel zugeschrieben, um den Investitionsaufwand verwaltungsintern zu refinanzieren. Benötigt wird eine Anschubfinanzierung, durch Kapitalrückfluss werden anschließend weitere Intracting-Maßnahmen finanziert (über eingerichtete Einsparfonds bzw. gesonderte Haushaltstitel).</p>



<b>Alternative Finanzierungsansätze</b>	<b>Crowdfunding / Bürgerdarlehen</b>	Crowdfunding oder Bürgerdarlehen dienen im kommunalen Kontext der Mobilisierung von privatem Kapital von Bürgerinnen und Bürgern sowie Unternehmen und werden in der Regel über Plattformen im Internet abgewickelt.
<b>Alternative Finanzierungsansätze</b>	<b>Crowdinvesting</b>	Crowdinvesting (auch Equity-based Crowdfunding) ist eine spezifische Form des Crowdfunding, bei der die Geldgeber (Investoren) eine finanzielle Beteiligung am Unternehmen oder Projekt erhalten. Crowdinvesting wird in einer Vielzahl von Branchen eingesetzt, von Start-ups und Technologieunternehmen bis hin zu Immobilienprojekten.
<b>Alternative Finanzierungsansätze</b>	<b>Energiegenossenschaften / Bürgerenergieanlagen / Bürgerenergiegesellschaften</b>	<b>Bürgerenergie-/Energiegenossenschaften</b> sind Organisationsformen, bei denen Bürgerinnen und Bürger gemeinsam Eigentümer von Energieprojekten sind (Mitglieder sind Anteilseigner). Die finanziellen Mittel für die Projekte stammen hauptsächlich von den Mitgliedern durch ihre Genossenschaftsanteile. Die Genossenschaft kann auch zusätzliche Mittel über Kredite, Fördermittel oder andere Finanzierungsinstrumente aufnehmen. Die Gewinne aus den Energieprojekten fließen an die Genossenschaft und werden unter den Mitgliedern aufgeteilt. <b>Bürgerenergiegesellschaften</b> können verschiedene Rechtsformen annehmen, Bürgerinnen und Bürger können Anteile kaufen. Die Gewinne aus den Energieprojekten fließen an die Gesellschaft und werden dann unter den Anteilseignern aufgeteilt.
<b>Alternative Finanzierungsansätze</b>	<b>(Kommunale) Energieeffizienz- und Klimaschutzfonds</b>	Kommunale Klimaschutzfonds sind spezielle Finanzinstrumente, die von Gemeinden oder Kommunen eingerichtet werden, um Projekte und Maßnahmen zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen und zur Anpassung an den Klimawandel zu finanzieren. Diese Fonds dienen dazu, lokale Initiativen zu unterstützen, die auf den Klimaschutz abzielen und die Resilienz der Gemeinden gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels stärken.
<b>Alternative Finanzierungsansätze</b>	<b>Sondervermögen (im Haushalt)</b>	Im Haushaltsrecht, insbesondere im öffentlichen Haushaltsrecht, bezieht sich der Begriff „Sondervermögen“ (auch Extrahaushalt, Schattenhaushalt, Nebenhaushalt) auf einen speziellen Haushalt, der für bestimmte Aufgaben oder Projekte eingerichtet wird. Im Gegensatz zum allgemeinen Haushalt handelt es sich bei einem Sondervermögen um eine gesonderte Vermögensmasse, die einem bestimmten Zweck gewidmet ist.  Grundlegende Merkmale von Sondervermögen im Haushaltsrecht:

		<p><b>Zweckbindung:</b> Ein Sondervermögen wird für einen bestimmten Zweck oder eine spezifische Aufgabe eingerichtet. Dieser Zweck kann vielfältig sein, beispielsweise der Bau von Infrastrukturprojekten, Forschung und Entwicklung oder die Bewältigung von Naturkatastrophen.</p> <p><b>Eigenständigkeit:</b> Das Sondervermögen ist rechtlich eigenständig und von anderen Vermögenswerten des öffentlichen Haushalts getrennt. Diese Trennung dient dazu, sicherzustellen, dass die finanziellen Mittel, die für den spezifischen Zweck des Sondervermögens bestimmt sind, nicht für andere Zwecke verwendet werden.</p> <p><b>Buchführung:</b> Sondervermögen werden in der Buchführung getrennt vom allgemeinen Haushalt geführt. Dies ermöglicht eine transparente und nachvollziehbare Darstellung der Einnahmen und Ausgaben im Zusammenhang mit dem spezifischen Zweck des Sondervermögens.</p> <p><b>Zeitliche Begrenzung:</b> Die Einrichtung eines Sondervermögens kann zeitlich begrenzt sein und auf die Dauer eines bestimmten Projekts oder Vorhabens beschränkt werden. Nach Abschluss des Projekts kann das Sondervermögen aufgelöst werden. Das EKF-Sondervermögen des Bundes ermöglicht zusätzliche Programmausgaben zur Förderung einer umweltschonenden, zuverlässigen und bezahlbaren Energieversorgung sowie zum Klimaschutz.</p> <p>Rechtlich und wirtschaftlich sind die Mittel des Sondervermögens vom Bundeshaushalt getrennt zu halten. Die Veranschlagung der EKF-Mittel erfolgt im Wirtschaftsplan des EKF, der jährlich zusammen mit dem Haushaltsgesetz festgestellt wird.</p>
<p><b>Alternative Finanzierungsansätze</b></p>	<p><b>Deutschlandfonds</b></p>	<p>Der Begriff „Deutschlandfonds“ bezieht sich in der Regel auf Investmentfonds, die in deutsche Wertpapiere und Unternehmen investieren. Diese Fonds können in eine breite Palette von Vermögenswerten in Deutschland investieren, darunter Aktien, Anleihen und andere Finanzinstrumente. Ziel ist es, Anlegern die Möglichkeit zu bieten, an der wirtschaftlichen Entwicklung und den Erträgen deutscher Unternehmen teilzuhaben.</p> <p>In der Form gibt es aktuell jedoch keinen Deutschlandfonds, was nicht ausschließt, dass diese Idee in der nächsten Bundesregierung in der einen oder anderen Form wieder aufgegriffen werden könnte (Jaeger, Haas, Teitge 2021)</p>

Tabelle 7-12 Longlist der Finanzierungsoptionen

## 7.5 Shortlist: Bewertung alternativer Finanzierungsoptionen

	Hebel für den Klimaschutz / die Einsparung	Vereinbarkeit von Akteursinteressen / Allokation von Kosten/Nutzen	Management der Risiken	Skalierung & Bündelung von Maßnahmen	Marktreife	Zugänglichkeit
Eigenkapital	Nicht explizit (nur bei konkreten politischen Vorgaben)	Juristische Identität von Eigentümer (Bund, Land, Kommune), aber keine Identität der Behörde (Eigentum, Bewirtschaftung, Nutzung)	Kein explizites Risikomanagement Investitionsrisiko und Risiko des mangelnden Mittelabflusses im Vermögenshaushalt, Betriebsrisiken im Verwaltungshaushalt	Umsetzung in der Praxis erfolgt eher objektweise. Bei größeren Organisationseinheiten ist grundsätzlich eine gebündelte Bewirtschaftung möglich.	Bewährte und eingeschwungene Prozesse im öffentlichen Verwaltungshandeln, hohe Verfahrenssicherheit	Übliches Zusammenspiel zwischen unterschiedlichen Behörden (z. B. Hochbauamt und Kämmerei); nicht umsetzungsschnell, aber verfahrenssicher
Kredite / Darlehen	Nicht explizit Implizit nimmt das Interesse privater Kapitalgeber an nachhaltigen Krediten zu (ESG/EU-Taxonomie).	Juristische Identität von Eigentümer (Bund, Land, Kommune), aber keine Identität der Behörde (Eigentum, Bewirtschaftung, Nutzung)	Kein explizites Risikomanagement Implizit wird das (zunehmend) von privaten Kapitalgebern gefordert (weniger bei öffentlichen Kapitalnehmern).	Umsetzung in der Praxis erfolgt eher objektweise. Bei größeren Organisationseinheiten ist grundsätzlich eine gebündelte Bewirtschaftung möglich.	Bewährte und eingeschwungene Prozesse im öffentlichen Verwaltungshandeln, hohe Verfahrenssicherheit	Übliches Zusammenspiel zwischen unterschiedlichen Behörden. Allerdings sind (zusätzliche) Grundsätze der Haushaltsführung zu beachten bzw. ist die Zustimmung der Aufsichtsbehörde einzuholen.

Energieliefer-Contracting (ELC)	Mittel. Die absolute Reduktion des Nutzenergieverbrauchs steht nicht im Fokus des Contractors, sondern eher der effiziente und wirtschaftliche Betrieb der Anlagen (vorrangig Kostenvorteile durch Optimierung des Jahresnutzungsgrads und Einkaufsvorteile des Energieträgers). Allerdings kann auch gezielt die Umstellung auf CO <sub>2</sub> -arme Versorgungsformen ausgeschrieben werden (z. B. Biomasse, Wärmepumpe, solare Komponenten).	Identität Investor/Contractor, allerdings weiterhin unterschiedliche interne Zuständigkeiten (Eigentum, Bewirtschaftung, Nutzung)	Explizite Risikotragung Contractor: - Betriebsführung - Wartung - Preis (je nach Preisleitung)	Bündelung vor allem in räumlicher Nähe (bei Nahwärmenetzen) bei der Sanierung von Gebäuden. Teilweise werden öffentliche Liegenschaften (Verwaltungs- und/oder Schulkomplexe) Ankerkunden für die sukzessive Erschließung durch Wärmenetze sein.	ELC ist seit Beginn der 1990er Jahre ein bewährtes EDL-Produkt und wird seitdem systematisch von der öffentlichen Hand genutzt.	Grundsätzlich sind die Schnittstellen gut handhabbar und klar definiert (Leistungsgrenze Wärmemengenzähler). Erhöhte Anforderungen an Vergabeprozess.
Energiespar-Contracting (ESC)	Hoch, da die Kosten in der Regel durch die erzielten Energieeinsparungen refinanziert werden und somit eine große Motivation besteht, Energieeinsparungen zu maximieren. Um das zu unterstützen, liegt der Fokus oftmals auf der Nutzung neuer Technologien, die öffentliche Hand holt sich Expertenwissen ins Haus.	Identität Investor/ Contractor, allerdings weiterhin unterschiedliche interne Zuständigkeiten (Eigentum, Bewirtschaftung, Nutzung)	Explizite Risikotragung Contractor: - Betriebsführung - Wartung - Einsparung (Garantie) Risikotragung Auftraggeber: - Preisrisiken - Nutzungsrisiken - Witterungsrisiken	Bündelung möglich, allerdings nur bei gebündelter Verantwortlichkeit auf Auftraggeberseite (gleicher Eigentümer, gleicher Bewirtschafter)	ESC ist seit Mitte der 1990er Jahre ein EDL-Produkt und wird seitdem auch von der öffentlichen Hand genutzt.	Vergabe- und Genehmigungspraxis ist grundsätzlich erprobt und in Leitfäden abgesichert. Funktionale Leistungsbeschreibung erfordert allerdings eine geübte Vergabepaxis. Kann kleinere Kommunen leicht überfordern.

Klimaschutz-Contracting (KSC)	Hoch, siehe oben	Identität Investor/Contractor, allerdings weiterhin unterschiedliche interne Zuständigkeiten (Eigentum, Bewirtschaftung, Nutzung)	<p>Explizite Risikotragung Contractor:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betriebsführung</li> <li>- Wartung</li> <li>- Einsparung (Garantie)</li> </ul> <p>Risikotragung Auftraggeber:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preisrisiken</li> <li>- Nutzungsrisiken</li> <li>- Witterungsrisiken</li> </ul>	Bündelung möglich, allerdings nur bei gebündelter Verantwortlichkeit auf Auftraggeberseite (gleicher Eigentümer, gleicher Bewirtschafter)	KSC ist noch eine vergleichsweise neue Dienstleistung auf dem Markt und befindet sich daher noch in der Entwicklungsphase ohne vollständige Marktreife.	Vergabe- und Genehmigungspraxis ist grundsätzlich erprobt. Funktionale Leistungsbeschreibung erfordert allerdings eine geübte Vergabep Praxis. Kann kleinere Kommunen leicht überfordern. Bei der gleichzeitigen Umsetzung der baulichen Sanierung an mehreren Gebäuden könnte es zu Problemen kommen (Fachkräfte, Ausweichflächen in Schulen finden, Start der Garantiephase, Eigentumsübergang).
Intracting – (Sonderform des Contractings)	Hoch bis mittel, abhängig von <ul style="list-style-type: none"> <li>- der Gestaltung der internen Zusammenarbeit und Organisation</li> <li>- der vorhandenen (Fach-) Expertise</li> <li>- des verfügbaren Budgets</li> </ul>	Haushalterische Identität zwischen investierender und nutzender Behörde wird hergestellt.	Das Investitionsrisiko liegt ausschließlich bei der Kommune; keine explizite Risikotragung durch Dritte, aber in der Regel klare Regelung von internen Verantwortlichkeiten.	Bündelung möglich, allerdings nur im Rahmen der Zuständigkeit der Intracting-Behörde	Seit den 1990er Jahren gibt es wiederholt Umsetzungen von Intracting in größeren Bauverwaltungen (z. B. Stuttgart, Universitäten Frankfurt, Heidelberg)	Alle Prozesse können grundsätzlich verwaltungsintern abgebildet werden. Allerdings sind haushalterische Vorkehrungen zu treffen, um sicherzustellen, dass der Mittelrückfluss für die Vorfinanzierung der Investitionen zur Verfügung steht.

Tabelle 7-13 Bewertungsmatrix ausgewählter Finanzierungsoptionen

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1	Drei aufeinander aufbauende Schritte der Projektbearbeitung .....	10
Abbildung 2-1	Energiepreise für ausgewählte Energieträger bis 2045 Quelle: „Prognos – eigene Berechnungen 10/2024“ .....	17
Abbildung 2-2	CO <sub>2</sub> -Preisentwicklung gemäß BEHG (2022) (Preisfad niedrig) sowie resultierende CO <sub>2</sub> -Preisentwicklung für Erdgas und Heizöl (CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren gemäß BEHG), CO <sub>2</sub> -Preisfad hoch gemäß ETS II.....	18
Abbildung 4-1	Verwendete Vollkosten und energiebedingte Mehrkosten für die Dämmung der opaken Gebäudehülle in Abhängigkeit von der Dämmstärke auf Basis von IWU (Hinz 2015), aktualisiert anhand des Baupreisindex auf Q3 2023 Anmerkung: BT = Bauteil .....	24
Abbildung 4-2	Verwendete Vollkosten und energiebedingten Mehrkosten für den Einbau der Fenster in Abhängigkeit der Scheibenzahl auf Basis von IWU (2015), aktualisiert anhand des Baupreisindex auf Q3 2023 (WSV: Wärmeschutzverglasung). .....	25
Abbildung 4-3	Angesetzte leistungsspezifische Kosten inkl. Peripherie für die Wärmeerzeuger aus dem Entwurf zum „Technikkatalog Kommunale Wärmeplanung“ (2023), aktualisiert anhand des Baupreisindex auf Q/3 2023 .....	27
Abbildung 4-4	Energiebedingte Mehrkosten Sanierung ohne Förderung (Hülle, Raumluftechnik und Beleuchtung) .....	31
Abbildung 4-5	Vollkosten der Sanierung ohne Förderung (Hülle, Raumluftechnik und Beleuchtung).....	32
Abbildung 4-6	Annuität der verschiedenen Maßnahmenpakete bei realem Zinssatz von 1,5 % und niedrigem CO <sub>2</sub> -Preisfad .....	33
Abbildung 4-7	Annuität der verschiedenen Maßnahmenpakete bei realem Zinssatz von 3 % und niedrigem CO <sub>2</sub> -Preisfad .....	34
Abbildung 4-8	Annuität der verschiedenen Maßnahmenpakete bei realem Zinssatz von 1,5 % und hohem CO <sub>2</sub> -Preisfad .....	36
Abbildung 4-9	Annuität der verschiedenen Maßnahmenpakete bei realem Zinssatz von 3 % und hohem CO <sub>2</sub> -Preisfad .....	37
Abbildung 4-10	Durchschnittliche jährliche THG-Emissionen nach Verursacher-Prinzip für die verschiedenen Maßnahmenpakete pro Quadratmeter Nettoraumfläche über die nächsten 20 Jahre .....	38
Abbildung 4-11	Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten der verschiedenen Maßnahmenpakete in Bezug auf das rein fossile Gaskesselsystem im Bestand bei realem Zinssatz von 1,5 % und niedrigem CO <sub>2</sub> -Preisfad.....	39
Abbildung 4-12	Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten der verschiedenen Maßnahmenpakete in Bezug auf das rein fossile Gaskesselsystem im Bestand bei realem Zinssatz von 3 % und niedrigem CO <sub>2</sub> -Preisfad.....	40

Abbildung 4-13	Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten der verschiedenen Maßnahmenpakete in Bezug auf das rein fossile Gaskesselsystem im Bestand bei realem Zinssatz von 1,5 % und hohem CO <sub>2</sub> -Preisfad.....	41
Abbildung 4-14	Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten der verschiedenen Maßnahmenpakete in Bezug auf das rein fossile Gaskesselsystem im Bestand bei realem Zinssatz von 3 % und hohem CO <sub>2</sub> -Preisfad.....	42
Abbildung 5-1	Einflussfaktoren in der Szenarien-Betrachtung. Die hervorgehobenen Faktoren werden in den Szenarien variiert.....	44
Abbildung 5-2	Vorgehensweise zur Bestimmung der gesamtwirtschaftlichen Kostenbelastung und -entlastung auf Bund-, Länder- und Kommunalebene .....	45
Abbildung 5-3	Entwicklung der Sanierungstätigkeit und Beheizungsstruktur in öffentlichen Nichtwohngebäuden im BaU-Szenario.....	46
Abbildung 5-4	Entwicklung der Sanierungstätigkeit und Beheizungsstruktur in öffentlichen Nichtwohngebäuden im Ziel-Szenario.....	47
Abbildung 5-5	Entwicklung des Endenergieverbrauchs im BaU-Szenario (links) und im Ziel-Szenario (rechts) nach Energieträger .....	49
Abbildung 5-6	Die Entwicklung der Energiekosten im BaU-Szenario (links) und im Ziel-Szenario (rechts) nach Anwendung.....	50
Abbildung 5-7	Entwicklung der Energiekosteneinsparung im BaU-Szenario und im Ziel-Szenario.....	51
Abbildung 5-8	Differenzierte Investitionskosten im BaU-Szenario (links) und im Ziel-Szenario (rechts) .....	51
Abbildung 5-9:	Vergleich des kumulierten Investitionsaufwands und der erzielten Energiekosteneinsparung im BaU-Szenario (links) und im Ziel-Szenario (rechts) .....	53
Abbildung 5-10	Vergleich des Investitionsaufwands und der erzielten Energiekosteneinsparung im BaU-Szenario (links) und im Ziel-Szenario (rechts) mit den zusätzlichen Einspareffekten bis zum Jahr 2085 (kumulierte Ergebnisse).....	54
Abbildung 5-11	Der Effekt eines höheren Zinssatzes und eines höheren CO <sub>2</sub> -Preisfad (S3 und S4) auf die Investitionskosten und die Energieeinsparungen anhand des Verhältnisses der eingesparten Energiekosten zu den Investitionskosten im BaU-Szenario .....	56
Abbildung 5-12	Der Effekt eines höheren Zinssatzes und eines höheren CO <sub>2</sub> -Preisfad (S3 und S4) auf die Investitionskosten und die Energieeinsparungen anhand des Verhältnisses der eingesparten Energiekosten zu den Investitionskosten im Ziel-Szenario .....	57
Abbildung 6-1	Unterschiedliche Finanzierungsoptionen.....	62

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1	Schätzung Flächenstruktur und Energieverbrauch der unmittelbaren Bundesverwaltung, verschiedene Jahre Quelle: eigene Berechnung (Prognos) 13
Tabelle 2-2	Schätzung Flächenstruktur und Energieverbrauch der unmittelbaren Länderverwaltungen, verschiedene Jahre Quelle: eigene Berechnung (Prognos) ..... 14
Tabelle 2-3	Schätzung Flächenstruktur und Energieverbrauch der Kommunen, verschiedene Jahre Quelle: eigene Berechnung (Prognos) ..... 15
Tabelle 3-1	Zusammenfassung des deutschen Nichtwohngebäudebestands aus ENOB:dataNWG (2022) ..... 19
Tabelle 3-2	Zusammenfassung der energetischen Merkmale „Mittlerer U-Wert“ und „Bauteilflächen“ für alle Gebäudetypen aus ENOB:dataNWG (2022) ..... 20
Tabelle 3-3	Zusammenfassende Darstellung der Simulationsergebnisse für die verschiedenen Gebäudetypen und Sanierungstiefen ..... 21
Tabelle 3-4	Spezifische Energieverbrauchskennwerte 2023 für Strom und Wärme nach Gebäude-Hauptfunktion und Verwaltungsebene Quelle: eigene Berechnung (Prognos) ..... 22
Tabelle 4-1	Verteilung der Raumtypen für Beleuchtungen nach Boer (2023) auf die verwendeten Gebäudetypen aus ENOB:dataNWG (2022) ..... 26
Tabelle 4-2	Ergebnisse der Simulation der zu installierenden Leistung in den verschiedenen Gebäudetypen ..... 27
Tabelle 4-3	Berücksichtigte Energieträger und ihr anzusetzender Preis für die nächsten 20 Jahre als Produkt aus energieträgerspezifischem Barwertfaktor, Annuität und aktuellem Energieträgerpreis bei niedrigem CO <sub>2</sub> -Preisfad ..... 29
Tabelle 4-4	Anzusetzender Preis für die nächsten 20 Jahre als Produkt aus energieträgerspezifischem Barwertfaktor, Annuität und aktuellem Energieträgerpreis bei hohem CO <sub>2</sub> -Preisfad für die berücksichtigten (teilweise) fossilen Energieträger ..... 29
Tabelle 4-5	Investitionsfaktoren für die Bestimmung der betriebsgebundenen Kosten .... 29
Tabelle 4-6	Energieträgerspezifische THG-Emissionen, gemittelt für 2025 bis 2045 ..... 30
Tabelle 5-1	Differenzierte Darstellung der Investitionskosten, der Energiekosteneinsparungen und des Finanzierungsbedarfs nach Verwaltungsebenen ..... 53
Tabelle 5-2	Der Effekt eines höheren Zinssatzes und eines höheren CO <sub>2</sub> -Preisfad (S3 und S4) auf die Investitionskosten und die Energieeinsparungen im BaU-Szenario (Nettobarwertrechnung) ..... 55
Tabelle 5-3	Der Effekt eines höheren Zinssatzes und eines höheren CO <sub>2</sub> -Preisfad (S3 und S4) auf die Investitionskosten und die Energieeinsparungen im Ziel-Szenario (Nettobarwertrechnung) ..... 56



Tabelle 7-1	Umsteigeschlüssel auf die Typgebäude für Bundesliegenschaften Quelle: eigene Berechnung (Prognos) .....	74
Tabelle 7-2	Umsteigeschlüssel auf die Typgebäude für Landesliegenschaften Quelle: eigene Berechnung (Prognos) .....	74
Tabelle 7-3	Umsteigeschlüssel auf die Typgebäude für kommunale Liegenschaften Quelle: eigene Berechnung (Prognos) .....	75
Tabelle 7-4	Durchschnittliche Annuitäten bei realem Zinssatz von 1,5 % und niedrigem CO <sub>2</sub> -Preisfad .....	77
Tabelle 7-5	Durchschnittliche Annuitäten der verschiedenen Maßnahmenpakete bei realem Zinssatz von 3 % und niedrigem CO <sub>2</sub> -Preisfad .....	79
Tabelle 7-6	Durchschnittliche Annuitäten bei realem Zinssatz von 1,5 % und hohem CO <sub>2</sub> - Preisfad .....	81
Tabelle 7-7	Durchschnittliche Annuitäten bei realem Zinssatz von. 3 % und hohem CO <sub>2</sub> - Preisfad .....	83
Tabelle 7-8	Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten der verschiedenen Maßnahmenpakete in Bezug auf das rein fossile Gaskesselsystem im Bestand bei realem Zinssatz von 1,5 % und niedrigem CO <sub>2</sub> -Preisfad.....	85
Tabelle 7-9	Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten der verschiedenen Maßnahmenpakete in Bezug auf das rein fossile Gaskesselsystem im Bestand bei realem Zinssatz von 3 % und niedrigem CO <sub>2</sub> -Preisfad.....	87
Tabelle 7-10	Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten der verschiedenen Maßnahmenpakete in Bezug auf das rein fossile Gaskesselsystem im Bestand bei realem Zinssatz von 1,5 % und hohem CO <sub>2</sub> -Preisfad.....	89
Tabelle 7-11	Durchschnittliche THG-Vermeidungskosten der verschiedenen Maßnahmenpakete in Bezug auf das rein fossile Gaskesselsystem im Bestand bei realem Zinssatz von 3 % und hohem CO <sub>2</sub> -Preisfad.....	91
Tabelle 7-12	Longlist der Finanzierungsoptionen .....	97
Tabelle 7-13	Bewertungsmatrix ausgewählter Finanzierungsoptionen .....	100

# Literaturverzeichnis

## Allgemeines und Hintergrund

**AGES (1996):** Energie und Verbrauchskennwerte von Gebäuden in der Bundesrepublik Deutschland.

**AGES (2007):** Energie und Verbrauchskennwerte von Nichtwohngebäuden in Deutschland.

**Bergische Universität Wuppertal (Hrsg.) (2020):** Erhebungsmerkmale und Merkmalsausprägung. Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude: Primärdatenerhebung zur Erfassung der Struktur und der energetischen Qualität des Nichtwohngebäudebestands in Deutschland.

**BMWi, BMI (2021):** Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand vom 15. April 2021.

**Boer (2023):** LED Guideline for the Promotion of Lighting Retrofitting – A Brochure of IEA SHC Task 70 / EBC Annex 90. Fraunhofer IBP, 2023.

**BReg (2021):** Monitoringbericht 2021 zum Maßnahmenprogramm Nachhaltigkeit – Weiterentwicklung 2021 „Nachhaltigkeit konkret im Verwaltungshandeln umsetzen“. <https://www.bundesregierung.de/re-source/blob/975274/2192466/2593432b1a28800afc4cd66ddc2df940/2023-05-23-monitoringbericht-2021-data.pdf?download=1>, zuletzt abgerufen am 26.02.2024.

**dena (2015):** Leitfaden Energieausweis. Teil 3 – Energieverbrauchsangabe für Wohn- und Nichtwohngebäude (Berechnungsgrundlage/Umrechnungsfaktoren).

**dena (2018):** Kommunale Nichtwohngebäude – Rahmenbedingungen und Ausblick für klimafreundliche Gebäude in Städten und Gemeinden.

**dena (2021):** dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität, unter Mitarbeit von EWI, ITG, FIW, JUB, SUER, Wuppertal Institut (u. a. zum „Kommunalen Gestaltungsspielraum – Gebäude und Wärme“).

**dena (2023):** Fit für 2045: Zielparameter für Nichtwohngebäude im Bestand – Wie viel Energie dürfen Rathäuser, Schulen und Kitas nach einer Sanierung noch verbrauchen? (Autoren: adelphi, Fraunhofer ISE).

**dena; Prognos; Fraunhofer ISI; Difu (2022):** Gesamtenergieverbrauch nach Art. 5 EED recast. Kurzgutachten gemäß Rahmenvertrag zur Beratung der Abteilung II des BMWK. Abgerufen durch Referat IIA1 am 29.11.2021. BMWK-Projekt-Nr.: 115/21-7.

**IWU; IÖR; BUW-ÖPB (2022):** Forschungsdatenbank NichtWohnGebäude. Repräsentative Primärdatenerhebung zur statistisch validen Erfassung und Auswertung der Struktur und der energetischen Qualität des Nichtwohngebäudebestands in Deutschland. Hrsg. v. Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) und Bergische Universität Wuppertal (BUW-ÖPB). Darmstadt.

**Kalkuhl, M.; Kellner, M. et al. (2023):** CO<sub>2</sub>-Bepreisung zur Erreichung der Klimaneutralität im Verkehrs- und Gebäudesektor: Investitionsanreize und Verteilungswirkungen, MCC.

**Prognos; dena (2023, noch unveröffentlicht):** Energiepreise als Grundlage der kommunalen Wärmeplanung.

**UBA (2017):** Klimaneutraler Gebäudebestand (unter Mitarbeit von Öko-Institut, Fraunhofer ISE) (u. a. zu Definition Klimaneutraler Gebäude).

### **Abgrenzung öffentlicher Sektor**

**BAFA (2019):** Bauwerkszuordnungskatalog und -nummern.

**BBSR (2012):** Energie- und CO<sub>2</sub> -Bericht Bundesliegenschaften 2012.

**Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (Ref. E 1) (2022):** Energiebericht 2021 für öffentliche Gebäude der Freien und Hansestadt Hamburg.

**BMVg, BAIUDBw (2018):** Energiebericht 2017 Bundeswehr.

**Bremer Energieinstitut (2011):** Der energetische Sanierungsbedarf und der Neubaubedarf von Gebäuden der kommunalen und sozialen Infrastruktur.

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2020):** Nachhaltigkeit konkret im Verwaltungshandeln umsetzen – Maßnahmenprogramm Nachhaltigkeit, Monitoringbericht 2020.

**dena (2015):** Energetischer Sanierungsfahrplan Bundesliegenschaften (ESB). Fahrplan für die energetische Sanierung der Dienstliegenschaften der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA).

**dena (2023):** Entwurf Technikkatalog kommunale Wärmeplanung (Stand 23.09.2023).

### **Energetischer Zustand von und Investitionen in Nichtwohngebäude bis 2045**

**Energieagentur NRW (2008):** Effiziente Energienutzung in Alten- und Pflegeheimen. Nützliche Informationen und Praxisbeispiele für Betreiber und Träger.

**Erdmann et al. (2018):** Wirtschaftlichkeit baulicher Investitionen bei Erhöhung energetischer gesetzlicher Anforderungen. Metastudie.

**Fraunhofer ISI (2023):** Erhebung des Endenergieverbrauchs im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD). Endbericht mit Sonderauswertung Digitalisierung. <https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2023/06/Endbericht-Energieverbrauch-GHD-Befragung-2019.pdf>, zuletzt abgerufen am 23.02.2024.

**Hessisches Ministerium der Finanzen (Hrsg.) (2020):** Energiebericht 2018 für den staatlichen Hochbau und Gebäudebetrieb des Landes Hessen.

**Hinz, Eberhard (2015):** Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Altbauten. IWU – Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt.

**Hörner, M.; Bischof, J. (2022):** Typologie der Nichtwohngebäude in Deutschland. IWU – Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt.

**IfE (2015):** Abschlussbericht, Energieeffizienzkonzept für das BRK Alten- und Pflegeheim in Bad Neustadt an der Saale.

**Jedek et al. (2015):** Kosten für Modernisierungsmaßnahmen von zehn Nichtwohngebäuden aus dem Bestand des Hessischen Immobilienmanagement. IWU – Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt.

**Landesbetrieb Bau- und Liegenschaftsmanagement Sachsen-Anhalt (2021):** Energiebericht 2020.

**Landesbetrieb Liegenschafts- und Baubetreuung Rheinland-Pfalz (2019):** Energiebericht 2019.

**ÖGUT (2011):** Kennzahlen zum Energieverbrauch in Dienstleistungsgebäuden. Eine Studie im Auftrag des Klima- und Energiefonds im Rahmen des Programms „Neue Energien 2020“.

**Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (2024):** Heizkosten und Treibhausgasemissionen in Bestandswohngebäuden, Aktualisierung auf Basis der GEG-Novelle 2024 (Ariadne-Analyse).

**Prognos; Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (2021):** Abschätzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der unmittelbaren Bundesverwaltung. Im Rahmen der wissenschaftlichen Unterstützung Klimapolitik und Maßnahmenprogramm 2018.

**Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2021):** Energieverbrauchsübersicht öffentlicher Liegenschaften des Landes Berlin 2019.

**Staatliche Bau- und Liegenschaftsverwaltung Mecklenburg-Vorpommern (2021):** Energiebericht 2021 für die Landesliegenschaften M-V.

**Staatliche Vermögens- und Hochbauverwaltung Baden-Württemberg (2021):** Energiebericht 2020. Energie- und Klimaschutzkonzept 2020–2050.

**Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement (2020):** Energieeffizienzbericht 2019.

**Statistisches Bundesamt (2020):** Fachserie 14 Reihe 6. Finanzen und Steuern. Personal des Öffentlichen Dienstes 2019.

**Statistisches Bundesamt (2023a):** Finanzen und Steuern. Liste der Kernhaushalte. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Staat/Oeffentliche-Finanzen/Fonds-Einrichtungen-Unternehmen/Methoden/Downloads/liste-kernhaushalte-2023-pdf.html>, zuletzt abgerufen am 23.02.2024.

**Statistisches Bundesamt (2023b):** Finanzen und Steuern. Liste der Extrahaushalte. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Staat/Oeffentliche-Finanzen/Fonds-Einrichtungen-Unternehmen/Methoden/Downloads/liste-extrahaushalte-2023-stand-30-juni-2023-pdf.html>, zuletzt abgerufen am 23.02.2024.

**Statistisches Bundesamt (2023c):** Finanzen und Steuern. Liste der sonstigen Fonds, Einrichtungen und Unternehmen. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Staat/Oeffentliche-Finanzen/Fonds-Einrichtungen-Unternehmen/Methoden/Downloads/liste-sonstige-FEU-2023-pdf.html>, zuletzt abgerufen am 23.02.2024.

**Statistisches Bundesamt (2023d):** Fachserie 14 Reihe 6. Finanzen und Steuern. Personal des Öffentlichen Dienstes 2021. Tabelle 4.3 [https://www.destatis.de/DE/Themen/Staat/Oeffentlicher-Dienst/Publikationen/Downloads-Oeffentlicher-Dienst/personal-oeffentlicher-dienst-2140600217004.pdf?\\_\\_blob=publication-file](https://www.destatis.de/DE/Themen/Staat/Oeffentlicher-Dienst/Publikationen/Downloads-Oeffentlicher-Dienst/personal-oeffentlicher-dienst-2140600217004.pdf?__blob=publication-file), zuletzt abgerufen am 23.02.2024.

### **Investitionsbedarf der Energiewende (allgemein); speziell: in Gebäuden und im öffentlichen Sektor**

[im Hintergrund: Haushaltsrecht, Vergaberecht, EU-Konvergenz, EU-Wettbewerbsrecht, Kameralistik]

**Brand, S.; Römer, D. (2022):** Öffentliche Investitionsbedarfe zur Erreichung der Klimaneutralität in Deutschland. KfW-research Fokus Volkswirtschaft Nr. 395.

**Difu (2018):** Klimaschutz in Kommunen – Praxisleitfaden.

## Finanzierung öffentlicher Investitionen

**green finance Institut (2022):** Finanzierungslücke in Europa.

**Gruettner, a.; Rottmann, O. (2021):** Energetischer Modernisierungs- und Sanierungsbedarf kommunaler Gebäude – Option für kommunale Energiedienstleistungsangebote. KOWID Kompetenzzentrum Öffentliche Wirtschaft.

**Heinbach, K.; Scheller, H. et. al. (2020):** Klimaschutz in finanzschwachen Kommunen. Potenzielle Haushaltsentlastungen, lokale Wertschöpfung etc. IÖW Schriftenreihe.

**Huwe, V.; Steitz, J.; Sigl-Glückner, P. (2022):** Kommunale Klimaschutzinvestitionen und deren Finanzierung.

**Jaeger, C.; Haas, A.; Teitge, J. (2021):** Klima, Digitalisierung und Nachhaltigkeit: Zur Finanzierung öffentlicher Zukunftsinvestitionen. GCF Report 1/2021, Global Climate Forum.

**Kind, C.; Protze, N.; Rothballer, C. (2013):** Klimaschutz trotz knapper Kassen. Ein Handbuch für die Kommunalverwaltung. Dessau-Roßlau. [https://www.adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/handbuch\\_klimaschutz-trotz-knapper-kassen\\_online-version\\_1.pdf](https://www.adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/handbuch_klimaschutz-trotz-knapper-kassen_online-version_1.pdf).

**Krebs, T.; Steitz, J. (2021):** Öffentliche Finanzbedarfe für Klimainvestitionen im Zeitraum 2021–2030. Forum for a new Economy, Workings Papers.

**Matußeck, M.; Fjornes, J.; Becker, J. (2022):** Finanzierungsmodelle der sozialverträglichen Wärmewende. Handbuch. Berlin: adelphi research gGmbH.

**Novikova, A.; Hessling, M.; Stelmakh, K. (2017):** Financing models for energy-efficient street lighting. [https://www.ikem.de/wp-content/uploads/2018/05/3-355-17\\_Novikova.pdf](https://www.ikem.de/wp-content/uploads/2018/05/3-355-17_Novikova.pdf) (Zugriff: 07.08.2018).

**Prognos (2021):** Beitrag von Green Finance zum Erreichen von Klimaneutralität in Deutschland. Studie im Auftrag der KfW.

**Prognos (2022):** Hintergrundpapier zur Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz.

**Scheller, H. (2020):** Spielräume für Investitionen finanzschwacher Kommunen bei Klimaschutzmaßnahmen. Vergleichende Analyse der Bundesländer. Berlin. Difu-Sonderveröffentlichung.

**Schuch, Cornelia, Ursel Weißleder und Harald Baedeker (2017):** Energiemanagement und Energiespar-Contracting in Kommunen. Ein Beitrag zu mehr Klimaschutz und Energieeffizienz in öffentlichen Liegenschaften. Dena-Leitfaden. Berlin: Deutsche Energie-Agentur.

**Thamling, N.; Rau, D. et al. (2022):** Hintergrundpapier zur Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045. Gutachten im Auftrag des BMWK.

**Umweltbundesamt (2022):** Klimaschutzpotenziale in Kommunen – Quantitative und qualitative Erfassung von Treibhausgasreduzierungsmaßnahmen in Kommunen.

## Drittfinanzierung öffentlicher Investitionen

**Busch, K. (2013):** Transparenz: D2.4 Country Report on Identified Barriers and Success Factors for EPC Projekt Implementation. Berlin: Berliner Energieagentur. <https://www.transparenz.eu/>.

**dena; prognos et. al. (2023):** Analyse von Zielgruppen und Erarbeiten von passgenauen Maßnahmenvorschlägen und Umsetzungsmöglichkeiten für grundlegend neue ordnungsrechtliche Vorgaben im Gebäude- und Wärmesektor.

**EA NRW (2014):** Markt- und Akteursanalyse für Finanzierungs- und Geschäftsmodelle von dezentralen Projekten der Erneuerbaren Energien und Energieeffizienzdienstleistungen (Autoren: prognos & SVS Capital Partners).

**Gruettner, A.; Rottmann, O. (2021):** Energetischer Modernisierungs- und Sanierungsbedarf kommunaler Gebäude – Option für kommunale Energiedienstleistungsangebote (Kowid).

**Heinbach, K.; Scheller, H. et. al. (2020):** Klimaschutz in finanzschwachen Kommunen. Potenzielle Haushaltsentlastungen, lokale Wertschöpfung etc. IÖW Schriftenreihe (IÖW).

**IEA DSM (2009):** Task XVI „Competitive Energy Services“ of the IEA (International Energy Agency). Demand Side Management. Implementing Agreement. [www.ieadsm.org](http://www.ieadsm.org).

**Lohse, R. (2022):** User Centric Energy Service Models, Challenges and Best Practices. Frankfurt am Main, 05.10.2022.

**Moles-Grueso, S.; Bertoldi, P.; Boza-Kiss, B. (2023):** Energy Performance Contracting in the EU 20-21. JRC 2023.

**ÖPP (2013):** Energieeffizienz-Partnerschaften – Partnerschaftsmodelle zur Steigerung der Energieeffizienz bei Bestandsgebäuden. <https://www.ppp-projekt Datenbank.de/index.php?id=9>.

**Prognos; energetic solutions (2012):** Energie-Contracting in der Praxis. Eine Evaluation von 55 Contracting-Projekten der öffentlichen Hand aus Kundensicht. Entscheidungskriterien.

**Rombach, L. (2022):** The German mentoring program to foster energy services in the public sector – Methodology, experiences and best practices. Berliner Energieagentur GmbH. Frankfurt am Main, 05.10.2022.

**Vanstraelen, L. et. al. (2022):** Renovation strategies for complex public and private building portfolios, based on Energy Performance Contracting: Challenges and lessons learned. Frankfurt am Main, 05.10.2022.

**Woerner, P. (2022):** Updates on financing for energy efficiency from EEFIG. Frankfurt am Main, 05.10.2022.

# Abkürzungsverzeichnis

<b>a</b>	Jahr
<b>AGFW</b>	Arbeitsgemeinschaft Fernwärme
<b>äq</b>	Äquivalent
<b>BAIUSBw</b>	Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr
<b>BEHG</b>	Brennstoffemissionshandelsgesetz
<b>BMVg</b>	Bundesministerium der Verteidigung
<b>BMWK</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
<b>BMWSB</b>	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
<b>BT</b>	Bauteil
<b>Difu</b>	Deutsches Institut für Urbanistik
<b>EBF</b>	Energiebezugsfläche
<b>EDL</b>	Energiedienstleistungen
<b>EG</b>	Effizienzgebäude
<b>EKF</b>	Energie- und Klimafonds
<b>ELC</b>	Energieliefer-Contracting
<b>ELT</b>	Elektrotechnik
<b>EnEFG</b>	Energieeffizienzgesetz
<b>ESC</b>	Energiespar-Contracting
<b>ESG</b>	Environmental, Social & Governance
<b>ETS</b>	EU Emissions Trading Scheme
<b>Fraunhofer ISE</b>	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme
<b>Fraunhofer ISI</b>	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
<b>GEG</b>	Gebäudeenergiegesetz
<b>GG</b>	Grundgesetz
<b>ggü.</b>	gegenüber
<b>H<sub>2</sub></b>	Wasserstoff
<b>H<sub>i</sub> / H<sub>i</sub></b>	Heizwert

<b>IfE</b>	Institut für Energietechnik
<b>IWU</b>	Institut Wohnen und Umwelt
<b>KfW</b>	Kreditanstalt für Wiederaufbau
<b>KSC</b>	Klimaschutz-Contracting
<b>kW</b>	Kilowatt
<b>kWh</b>	Kilowattstunde
<b>m<sup>2</sup></b>	Quadratmeter
<b>m<sup>3</sup></b>	Kubikmeter
<b>MSR</b>	Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik
<b>NACE</b>	Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft
<b>NET</b>	Negative Emissions Technologies
<b>NRF</b>	Nettoraumfläche
<b>NWG</b>	Nichtwohngebäude
<b>ÖGUT</b>	Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik
<b>ÖPP</b>	Öffentlich-private Partnerschaft
<b>PPP</b>	Public Private Partnership
<b>RLT</b>	Raumlufttechnik
<b>RW</b>	Raumwärme
<b>th</b>	thermisch
<b>THG</b>	Treibhausgase
<b>TSD</b>	Tausend
<b>TWh</b>	Terawattstunde
<b>TWW</b>	Trinkwarmwasser
<b>U-Wert</b>	Wärmedurchgangskoeffizient
<b>WP</b>	Wärmepumpe
<b>WSV</b>	Wärmeschutzverglasung
<b>WZ</b>	Klassifikation der Wirtschaftszweige



