Klimaneutralität im Gebäudebestand bis 2045

Entwicklung des Gebäudebestands zur Erreichung der Klimaziele im Land Brandenburg

Auftraggeber:

BBU Verband Berlin - Brandenburgischer Wohnungsunternehmen e.V.

Lentzeallee 107

14195 Berlin

info@bbu.de

Bearbeiter:

con|energy consult GmbH

Joachimsthaler Straße 20

10719 Berlin

predel@ceco.de

Berlin, den 31.03.2025

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS IV

ABBILDUNGSVERZEICHNIS V

TABELLENVERZEICHNIS VI

1 Management Summary 1

2 Vorgehensweise und Zielsetzung 3

2.1 Methodischer Ansatz der Berechnungen 3

2.2 Zielsetzung für einen klimaneutralen Gebäudebestand 4

3 Auswertung der Datenerhebung 6

3.1 Datengrundlage 6

3.2 Ausgangslage des Gebäudebestands 6

3.3 Auswirkung der Berechnungsmethoden auf die Emissionsbewertung 8

3.4 Kritische Würdigung der Datenverfügbarkeit 11

4 Transformation des Gebäudebestands in die Zukunft 12

4.1 Annahmen zur Entwicklung des Gebäudebestands 12

4.2 Annahmen zur energetischen Sanierung und zu Wärmeerzeugern 13

4.3 Annahmen zur Kostenbasis der energetischen Sanierung 15

5 Ergebnis 17

6 Auswirkung auf die Miete und damit verbundene Schlussfolgerungen 25

7 Projekt-Meinung zur aktuellen Regulierung 27

8 Anhang 28

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BPI ..... Baupreisindex

EBPD ..... Energy Performance and Buildings Directive

GEG ..... Gebäudeenergiegesetz

KSG ..... Klimaschutzgesetz

Nfl. ..... Nutzfläche

Wfl. ..... Wohnfläche

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Verlauf der jährlichen Gesamtemissionsziele für den Gebäudesektor 4
Abbildung 2: Aktueller Sanierungszustand der Gebäude im Untersuchungsbereich 7
Abbildung 3: Verteilung der Energiebedarfsdeckung durch die einzelnen Energieträger 8
Abbildung 4: Zusammensetzung der Gesamtemissionen nach Energieträgern 10
Abbildung 5: Übersicht der Clusterung und Benchmarks 14
Abbildung 6: Exemplarische Darstellung der Sanierungskosten 16
Abbildung 7: Vergleich Emissionsverlauf mit festgelegten Zielkorridoren nach $CO_{2\text{-äq}}$ 17
Abbildung 8: Vergleich Emissionsverlauf mit festgelegten Zielkorridoren nach CO_2 18
Abbildung 9: Gegenüberstellung der Zielerreichung ohne Grünerwerdung der Energieträger 19
Abbildung 10: Übersicht Kosten pro reduziertem kg CO_2 im Zeitverlauf 19
Abbildung 11: Spezifische Vollkosten und Verbrauchseinsparungen im Zeitverlauf 20
Abbildung 12: Zusammensetzung der eingesparten CO_2-Emissionen im Zeitverlauf 21
Abbildung 13: Vergleich des durchschnittlichen Verbrauchs bei unterschiedlichen Sanierungszielen 22
Abbildung 14: Gegenüberstellung Investitionskosten je Sanierungstiefe 23
Anhang A – Abbildung 15 Datenbedarfsliste zur Bereitstellung der notwendigen Informationen 28
Anhang B – Abbildung 16 Teilnehmende Unternehmen und Projektteam 30
Anhang C – Abbildung 17 Im Projekt betrachtete Brandenburger Fernwärme-Standorte 31
Anhang D – Abbildung 18 Abgerechnete Betriebskosten BBU-Mitgliedsunternehmen 2010 - 2022 32
Anhang E – Abbildung 19 Auswirkung Dekarbonisierung auf CO_2 Kosten je Wohnung 33

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Übersicht der einzelnen Gebäudeklassen 12
Tabelle 2: Überblick Eingesparte Emissionen und Investitionskosten 18

1 Management Summary

Diese Studie wurde 2023 durchgeführt, um die praktische Umsetzbarkeit des Ziels eines klimaneutralen Gebäudebestands zu untersuchen und notwendige Optimierungen von den Ergebnissen abzuleiten. Zur Einordnung des Ist-Zustands wurden Mitglieder des BBU eingeladen an der Studie teilzunehmen. Insgesamt 17 Mitgliedsunternehmen[1] gaben Einblick in ihr Portfolio, den energetischen Zustand sowie die derzeitige Wärmeerzeugung ihrer Liegenschaften. So konnten die Daten von rund 107.000 Wohnungen bzw. ca. 6,3 Mio. m² Wohnfläche in die Studie einfließen und ausgewertet werden. Dies entspricht in etwa 1/3 der gesamten Wohnungen aller Brandenburger Mitgliedsunternehmen des BBU.

Der Datenbestand wurde anschließend in Zusammenarbeit mit den Beratern der con|energy consult GmbH (ce|co) über einen Modellansatz in die Zukunft bis 2045 fortgeschrieben und die Entwicklung von Verbräuchen und Emissionen für die Wärmebereitstellung jährlich ausgewertet. Die Prognose unterlag dabei unterschiedlichen Einflussgrößen (Sanierung von Gebäuden, Wechsel der Heizungstechnologie und die Grünerwerdung[2] des eingesetzten Energieträgers), um eine größere Bandbreite an möglichen Szenarien abbilden zu können. Mit Ausnahme der Grünerwerdung der Energieträger sind notwendige Maßnahmen mit Investitionen in den Gebäudebestand verbunden und von den Mitgliedsunternehmen zu finanzieren. Diese Investitionskosten sind abhängig vom aktuellen Zustand des Gebäudes und dem zu erreichenden Zielwert an CO_2-Emissionen. Im Ergebnis entsteht so ein Sanierungsfahrplan vom Ausgangszustand bis zum Soll-Zustand im Jahr 2045. Auf Grundlage der Auswertung sind folgende Erkenntnisse hervorzuheben:

- Der Soll-Zustand mit einem Emissionswert von unter 2 kg CO_2/m^2 Wohnfläche (Wfl.) kann erreicht werden. Dies ist allerdings nur möglich durch eine Grünerwerdung der eingesetzten Energieträger, insbesondere der Fernwärme als größtem Wärmelieferanten. Die Einsparungen an CO_2-Emissionen durch Investitionen in die energetische Gebäudesanierung stehen in einem Verhältnis von 1:5 zu den CO_2-Einsparungen infolge der Grünerwerdung des eingesetzten Energieträgers.
- Zur Erreichung der Ziel-Emissionswerte im betrachteten Portfolio sind Investitionen in Höhe von ca. 7 Mrd. EUR notwendig. Hiervon entfällt der größte Teil auf die energetische Ertüchtigung der Gebäudehülle. Von einer Sanierung sind knapp 2/3 aller Gebäude betroffen. Die zur Refinanzierung nötigen Mieten sind derzeit sozialverträglich und mietrechtlich zu realisieren. Förderprogramme, die die Finanzierungslücke schließen, sind derzeit nicht vorhanden und auch nicht in Planung.

[1] Siehe Übersicht Anhang B, Seite 30.
[2] Unter Grünerwerdung wird die Dekarbonisierung des Energieträgers oder des Erzeugungsverfahrens für die Herstellung der Fernwärme verstanden.

- Gleichzeitig kann durch eine Konzentration nur auf die Sanierung nicht das volle Potenzial an CO_2-Einsparung, bspw. durch einen Heizungswechsel ausgeschöpft werden. Teilweise wird ein hoher Aufwand betrieben, um einen sehr hohen Energiehausstandard zu erreichen, welcher nur noch geringe Auswirkungen auf die CO_2-Zielerreichung hat. Dieser hohe Aufwand dient ausschließlich dazu, dem regulatorischen Zielwert zu entsprechen, er ist aber ökonomisch nicht sinnvoll und sozial nicht vertretbar.

Aus diesen Erkenntnissen ergibt sich ein deutlicher Handlungsbedarf, der wie folgt skizziert werden kann:

- Verständnis von Klimaneutralität im Gebäudesektor auf einen systemischen Ansatz zwischen Energieerzeugung und Sanierung erweitern. Dieser muss die Balance zwischen wirtschaftlicher Tragfähigkeit, sozialer Verträglichkeit und Klimazielen wahren.
- Politische Rahmenbedingungen müssen flexibilisiert und Förderprogramme angepasst werden, um eine realistische und sozialverträgliche Umsetzung zu ermöglichen. Dogmatische Standards und kleinteilige technische Vorgaben sind herauszunehmen und die Steuerungswirkung des CO_2-Preises ist zu nutzen.

2 Vorgehensweise und Zielsetzung

2.1 Methodischer Ansatz der Berechnungen

Für die Berechnung wurde ein eigens von ce|co entwickeltes Rechenmodell verwendet, um die jährlichen Veränderungen der Parameter zu berücksichtigen. Dadurch werden im Zeitraum von 2023 bis 2045 jährliche Anpassungen des betrachteten Gebäudeportfolios simuliert und in den verschiedenen Auswirkungen berechnet. Die im Rechenmodell simulierten Anpassungen verteilen sich auf:

1. Anpassungen am energetischen Zustand des Gebäudes
2. Wechsel der Heizungstechnologie
3. Grünerwerdung der eingesetzten Energieträger

Für jedes Gebäude werden im Vorhinein Maßnahmen definiert, die zu einer Energieeinsparung und zu Emissionseinsparungen führen. Den Maßnahmen stehen Investitionskosten gegenüber. Die Auswahl der Gebäude erfolgt durch das Modell basierend auf einer Rangliste. In der Rangliste werden prioritär jene Gebäude betrachtet, bei denen Emissionen und Energie effizient eingespart werden können. Das jährliche Budget für Investitionen ist nicht festgesetzt. Vielmehr wird von einer vorher definierten Sanierungsquote ausgegangen, die jährlich zu erfüllen ist, um den Zielen[3] bis 2045 zu entsprechen. Alle Parameter sind jahresscharf hinterlegt und nehmen Einfluss auf die Entwicklung der Energieträger, die Emissionsfaktoren und auf die Kosten der Maßnahmen. Im Ergebnis entsteht dadurch ein Sanierungspfad, welcher die Auswirkungen der Maßnahmen anhand der eingesparten Emissionen darstellt und diese Entwicklung mit Investitionskosten untermauert. Durch Anpassung des zu erreichenden Sanierungsstandards oder der eingesetzten Heizungstechnologien kann analysiert werden, welche Investitionskosten für ein bestimmtes Emissionsziel benötigt werden.

Damit wird der betrachtete Gebäudebestand bis 2045 fortgeschrieben und die Veränderungen werden festgehalten. Bei der Wahl der Parameter wurden sowohl Literaturwerte als auch Erfahrungen der Projektteilnehmenden einbezogen. Insbesondere bei den Kosten für energetische Sanierung sollten tatsächliche Erfahrungswerte Berücksichtigung finden. Hierzu wurden ausgewählte Sanierungsprojekte der Teilnehmenden mit in die Kostenberechnung für die Sanierungen integriert. In mehreren Abstimmungsrunden wurden die angesetzten Parameter nach und nach verfeinert.

[3] Für die Modellberechnung wurden die folgenden Zielparameter im Basisszenario festgelegt: Eine Sanierungsrate von 2 %, 2 kg CO_2-Emissionen pro m^2 Wohnfläche im Jahr sowie einen Wärmebedarf von 70 kW/h je m^2 Wohnfläche im Durchschnitt des betrachteten Portfoliobestandes.

Als Ausgangszustand des betrachteten Gebäudebestands[4] wurden die tatsächlichen Portfolien von insgesamt 17 BBU-Mitgliedsunternehmen verwendet. Dadurch konnte nicht nur ein großer Anteil des BBU-Gesamtwohnungsbestands in Brandenburg, sondern auch diverse Wohnbauten mit unterschiedlichen Gebäudetypologien abgebildet werden. Um eine Aussage treffen zu können, ob der betrachtete Wohnungsbestand seine Klimaschutzziele erreichen kann, wurde im Rahmen des Projekts zunächst eine Zieldefinition basierend auf den gesetzlichen Rahmenbedingungen formuliert.

2.2 Zielsetzung für einen klimaneutralen Gebäudebestand

Die Zielerreichung richtet sich nach den zur Verfügung stehenden $CO_{2\text{-äq}}$-Kontingenten für die Wohnungswirtschaft. Bei der Definition der Zielerreichung wurden daher die Vorgaben des Klimaschutzgesetzes (KSG) in seiner Fassung vom 12.12.2019 zugrunde gelegt.[5] Die Vorgaben im Gebäudesektor sehen eine Reduktion der $CO_{2\text{-äq}}$-Emissionen von 62 % ggü. 1990 vor, bzw. eine Reduktion der Emissionen bis 2030 von 43 % ggü. 2020. Durch die beiden unterschiedlichen Vergleichsjahre (1990 bzw. 2020) kommt es im Jahr 2030 zu einer leichten Erhöhung der vorgesehenen jährlichen Gesamtemissionen. Der Pfad wirkt damit unstet, es hat aber faktisch keine Auswirkungen auf die Zieljahre 2040 und 2045. Das KSG definiert nur Emissionsziele bis 2040. Um einen Zielpfad bis 2045 zu verfolgen, wurden die Werte fortgeschrieben, sodass im Jahre 2045 eine Reduktion von 95 % ggü. 1990 zu realisieren ist. Der gesamte Verlauf ist in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt.

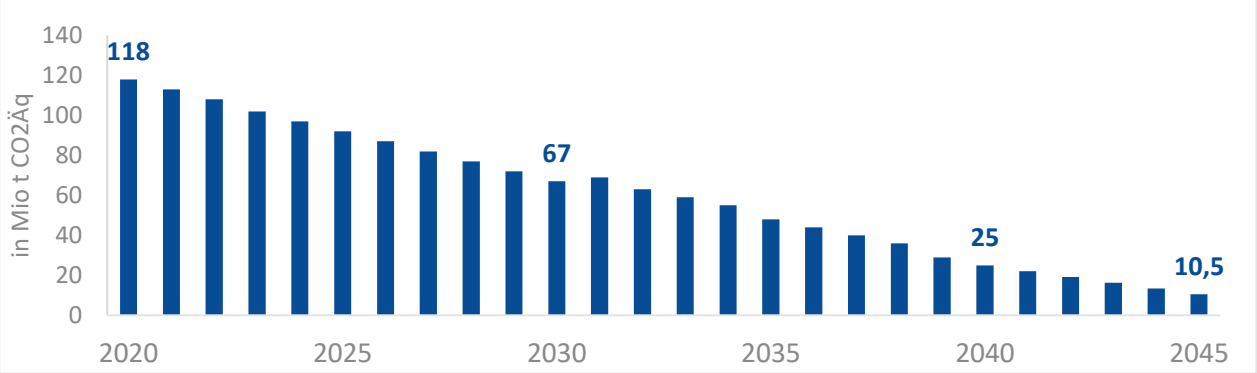


Abbildung 1 Verlauf der jährlichen Gesamtemissionsziele für den Gebäudesektor

Bei der Erreichung des 95 %-Ziels wird unterstellt, dass dadurch eine Klimaneutralität im Gebäudebestand erreicht wird. Klimaneutralität wird im Klimaschutzgesetz als Netto-Treibhausgasneutralität bezeichnet.

[4] Es wurden verschiedene Daten je Gebäude erhoben. Vergleiche Anhang A – Seite 28.
[5] Bei Erstellung der Studie lag noch keine Aktualisierung des Klimaschutzgesetzes vor.

„Im KSG wird Netto-Treibhausgasneutralität definiert als das Gleichgewicht zwischen den anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen aus Quellen und dem Abbau solcher Gase durch Senken."

Weitere Zielvorgaben für den Gebäudesektor im Hinblick auf Emissionen sind dem KSG nicht bekannt, somit wird von einem Wert von 10,5 Mio. t $CO_{2\text{-äq}}$ für das Jahr 2045 als Zielerreichung ausgegangen. Für die Wohnungswirtschaft ergibt sich hieraus die Fragestellung, wie der absolute Wert von 10,5 Mio. t $CO_{2\text{-äq}}$ nun auf den Gebäudebestand angewendet werden kann. Im Zentrum steht die Frage, ab wann ein Gebäudebestand die Zielerreichung unterstützt bzw. von dem Zielpfad abweicht. Im Rahmen des Projekts wurde daher der absolute Wert von 10,5 Mio. t auf einen spezifischen Wert in Form von kg $CO_{2\text{-äq}}/m^2$ umgerechnet. Die Fläche bezieht sich hierbei auf die Wohnfläche. Dadurch wird eine Vergleichsbasis zwischen den Gebäuden und Portfolien hergestellt. Für die Anpassung des absoluten Zielwerts auf einen spezifischen Wert im Jahr 2045 wurde eine Gesamtwohnfläche von 3,97 Mrd. m² im Jahr 2045 angenommen[6]. Dies unterstellt, dass von der gesamten im Gebäudesektor enthaltenen Fläche 66 % dem Wohnzweck dienen. Unter Berücksichtigung der Annahmen entsteht dadurch ein spezifischer Emissionsfaktor von etwa 2 kg $CO_{2\text{-äq}}/m^2$ Wohnfläche. Dieser Wert wurde als Zielerreichung (im Rechenmodell) für 2045 festgelegt. Ein Wert zur Zielerreichung für die artverwandte Einheit CO_2 existiert aktuell nicht. Daher wurde auch hier ein Emissionsfaktor von 2 kg CO_2/m^2 als Zielwert angenommen. Das aktualisierte Klimaschutzgesetz vom 15.07.2024 sieht zur Erreichung der Emissionsziele eine Gesamtbetrachtung über alle Sektoren vor. Dies erschwert die Ausarbeitung eines Zielkorridors auf Basis nationaler Gesetze für den Gebäudesektor[7]. Umso wichtiger ist ein gemeinsames Verständnis für einen möglichen Zielkorridor, der von den Akteuren im Gebäudesektor getragen und verfolgt wird.

[6] Im Rahmen der Parametrisierung für das Rechenmodell wurden Annahmen zur Portfolioentwicklung definiert, die auch eine regelmäßige Neubauaktivität somit Flächenentwicklung beinhalten.

[7] Ohne ein im KSG vorgegebenes Ziel ist es schwer Zwischenziele abzuleiten, daher orientiert sich das Modell an den vorher gültigen und definierten Sektorzielen.

3 Auswertung der Datenerhebung

3.1 Datengrundlage

Grundlage für die Auswertung ist eine Datenerhebung unter den 17 teilnehmenden Mitgliedsunternehmen. Abgefragt wurden hierbei neben gebäudetypischen Faktoren wie Baujahr, Anzahl Wohnungen, Wohnfläche und Geschossigkeit auch energetische Kennzahlen (Verbrauch gem. Verbrauchs- bzw. Bedarfsausweis) sowie die Art der derzeitigen Wärmeversorgung inkl. der jeweiligen Hauptenergieträger für Warmwasser und Heizwasser. Zur besseren Auswertung wurden die Antwortmöglichkeiten in Abstimmung mit den Teilnehmenden vorgegeben. Insgesamt wurden je Eintrag 25 unterschiedliche Attribute[8] abgefragt und in die Auswertung überführt. Durch die Abfragen konnte ein Datensatz bestehend aus 3.800 Einträgen à 25 Attribute realisiert werden. Jeder Eintrag steht hierbei für eine Wirtschaftseinheit. Häufig handelt es sich bei einer Wirtschaftseinheit um einen zusammenhängenden Gebäudekomplex oder eine Ansammlung von Gebäuden, die in räumlicher Nähe zueinanderstehen. Dadurch enthält eine Wirtschaftseinheit mehrere Adressen, sodass eine ausreichende Kumulierung der Daten im Sinne des Datenschutzes sichergestellt wurde. Darüber hinaus stellt die Größenordnung „Wirtschaftseinheit“ in der Regel die Steuerungsgröße für die Sanierungsmaßnahmen dar und nicht einzelne Adressen bzw. Wohnungen. Zur besseren Lesbarkeit werden für die folgenden Kapitel die Begriffe Wirtschaftseinheit und Gebäude gleichgesetzt. Die rund 3.800 Wirtschaftseinheiten beinhalten über 107.000 Wohneinheiten, welche sich zu einer Gesamtwohnfläche von ca. 6 Mio. m² summieren. Je Aufgang innerhalb der Wirtschaftseinheit sind durchschnittlich 10 Wohnungen vorzufinden. Der Anteil der rein gewerblich genutzten Fläche ist mit weniger als 300.000 m² damit im Vergleich vernachlässigbar.
Die Summe der Wohnfläche entspricht in etwa 1/3 des gesamten, dem BBU zugehörigen, Gebäudebestands in Brandenburg und stellt damit auch eine breite Stichprobe des ostdeutschen Wohnungsbestands dar.

3.2 Ausgangslage des Gebäudebestands

Der Wohnungsbestand ist geprägt durch Gebäude mit einer hohen Anzahl an Wohneinheiten in Form von Block- oder Plattenbau. Der Bestand wurde zu einem großen Teil in den letzten 30 Jahren bereits einmalig energetisch saniert. Nur ein sehr geringer Teil an Gebäuden weist keine Sanierungsaktivitäten auf.

[8] Vgl. Datenbedarfsliste im Anhang A, S. 28.

Durch den hohen Anteil energetisch ertüchtigter Gebäude weist der Gebäudebestand bereits einen guten durchschnittlichen energetischen Verbrauch von 120 kWh/m² Wohnfläche bzw. 100 kWh/m² Nutzfläche auf. Der aktuelle Sanierungszustand der Gebäude ist der Abbildung 2 zu entnehmen. Der Wert bezieht sich auf die Angabe des Energiekennwerts, welcher in mehr als 80 % der Fälle angegeben ist.

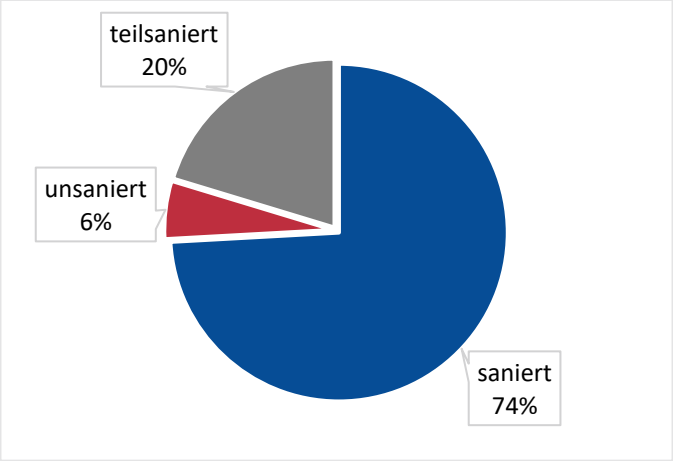


Abbildung 2: Aktueller Sanierungszustand der Gebäude im Untersuchungsbereich

Hierbei zu erwähnen ist allerdings, dass das Fehlen eines Energiekennwerts häufig auf ein denkmalgeschütztes Gebäude hinweist. Für denkmalgeschützte Gebäude ist die Angabe eines Energiekennwertes gesetzlich nicht vorgeschrieben. In diesen Fällen wurde bei der Auswertung der zuletzt vorliegende Verbrauch verwendet. Ist sowohl der Energiekennwert als auch der Verbrauchswert nicht vorhanden, wurden Annahmen für den Verbrauch getroffen, was aber nur in wenigen Fällen notwendig war.

Gebäude, für die eine Abrissplanung bestand, wurden nicht in das Betrachtungsportfolio aufgenommen. Daher kann davon ausgegangen werden, dass vor allem jene Gebäude mit deutlichen baulichen Defiziten nicht in die Auswertung eingeflossen sind.

Basierend auf den angegebenen Verbräuchen für das Jahr 2021 wurde ermittelt, dass zur Bereitstellung von Wärme eine Gesamtenergie von 700.000.000 kWh notwendig ist. Ein Großteil dieses Energiebedarfs wird bereits heute durch Fernwärme bereitgestellt. Knapp 75 % des Energiebedarfs des betrachteten Portfolios werden durch die Fernwärmeversorger oder Nahwärmenetze gedeckt. Weitere 23 % entfallen auf Erdgas. Der Rest wird hauptsächlich durch Strom bereitgestellt. Der Stromverbrauch ist hauptsächlich auf den Einsatz von Durchlauferhitzern zur Bereitstellung von Warmwasser zurückzuführen. Wärmepumpen sind bei einer einstelligen Zahl an Gebäuden wiederzufinden. Heizöl spielt keine Rolle und kann daher bei der Betrachtung vernachlässigt werden. Die Deckung des Energiebedarfs durch die Energieträger ist in Abbildung 3 dargestellt.

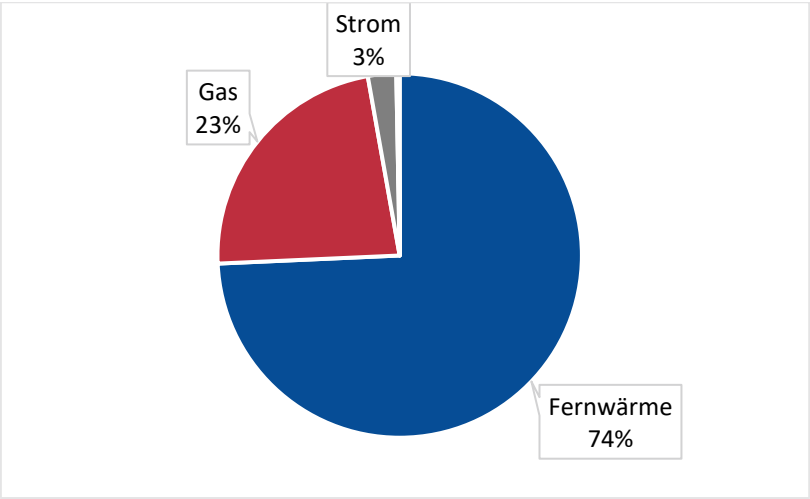


Abbildung 3: Verteilung der Energiebedarfsdeckung durch die einzelnen Energieträger

Festzuhalten ist damit, dass der untersuchte Gebäudebestand bereits eine gute Grundlage gemäß der regulatorischen Rahmenbedingung aufweist. Hierunter fällt sowohl der energetisch gute Effizienzhausstandard der Gebäude und der aus Sicht des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) zukunftssichere Energielieferant in Form von Fernwärme.

3.3 Auswirkung der Berechnungsmethoden auf die Emissionsbewertung

Bei der Bewertung der Emissionen kommt es sehr stark auf Berechnungsverfahren für CO_2-Äquivalaente an. Dafür gibt es verschiedene Methoden zur Allokation des CO_2 bei Wärme oder Strom. Diese Allokationsmethoden sind je nach Gesetz verschieden und auch inhaltlich widersprüchlich in der Gesetzgebung verwendet worden:

- Stromgutschrift-Methode gem. GEG
- Berechnung nach Carnot-Methode
- Berechnung nach der finnischen Methode

Da je nach Berechnungsverfahren deutlich unterschiedliche Ergebnisse für denselben Zustand herauskommen, bleibt somit die Zielerreichung durch geringe CO_2 -Emissionen in der Wärmeerzeugung sehr differenziert. Zur genaueren Beantwortung dieser Frage, wurden die zur Verfügung stehenden Zertifikate der Fernwärmeversorger gesichtet und nach ihrer jeweiligen Emissionslast der gelieferten Wärme hin untersucht. Insgesamt wurden 25 Fern- und Nahwärmenetze, der im Projekt beteiligten Städte, mit jeweiligen Emissionsfaktoren berücksichtigt. Bei der Auswertung der Emissionen zeigte sich, dass ein Großteil der untersuchten

Zertifikate einen Emissionsfaktor von 0 kg/$CO_{2\text{-äq}}$ ausweist. Dies ist nur bedingt auf „grüne Fernwärme“ zurückzuführen, sondern vielmehr auf die Art und Weise der Berechnung der Emissionsfaktoren. In der Fernwärme ist es üblich, dass die Wärme in einer gekoppelten Strom -und Wärmeproduktion zur Verfügung gestellt wird. Neben Wärme wird somit auch gleichzeitig Strom produziert. Wird bei der Erzeugung ein fossiler Brennstoff verwendet, führt die Verbrennung zu Emissionen. Es stellt sich nun die Frage, wie diese Emissionen auf Strom und Wärme aufgeteilt werden. Hierbei kommen die oben bereits genannten Allokationsmethoden zum Einsatz. Ein Großteil der aktuell verfügbaren Zertifikate der Fernwärmeversorger richtet sich nach den Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes. In diesem ist derzeit die Stromgutschriftmethode als Allokationsmethode vorgesehen. Bei dieser Methode erhält der Versorger für seinen erzeugten Strom eine „Emissionsgutschrift“. Diese kann verwendet werden, um die Gesamtemissionen bilanziell zu reduzieren. Bei einer hohen Stromerzeugung sorgt dies für eine sehr niedrige Emissionslast, die bilanziell übrigbleibt. Es ist dadurch möglich, dass selbst bei einem Einsatz klimaschädlicher Brennstoffe (wie z. B. Braunkohle) ein Emissionsfaktor nahe null erreicht werden kann. Somit ist zur Auswertung der Emissionen zu sagen, dass diese auf den derzeitigen regulatorischen Rahmenbedingungen beruht und nur bedingt Aussagen zum Einsatz erneuerbarer Energien in der Wärmeerzeugung treffen kann. Es ist damit zu rechnen, dass in den kommenden Jahren die Berechnungsgrundlage für die Treibhausgasemissionen hin zur Carnot-Methode[9] angepasst wird, was einen plötzlichen Anstieg der Emissionsfaktoren zur Folge haben wird.

Darüber hinaus sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es sich hierbei um die Ausweisung von Emissionsfaktoren in der Einheit $CO_{2\text{-äq}}$ (Treibhausgase) handelt. Dies ist nicht zu verwechseln mit einer Ausweisung nach CO_2-Emissionen. Der CO_2-Emissionsfaktor ist z. B. für die Berechnung der Emissionen nach CO_2-Kostenaufteilungsgesetz relevant und darf nicht mit dem Emissionsfaktor nach dem Gebäudeenergiegesetz verwechselt werden. Neben der unterschiedlichen Einheit kommt hierbei zusätzlich eine andere Berechnungsmethodik, nämlich die finnische Methode[10], zum Einsatz. Dies hat zur Folge, dass ein Fernwärmenetz, welches gemäß Zertifikat einen niedrigen Emissionsfaktor aufweist, trotzdem eine hohe Emissionslast auf der Rechnung gemäß CO2KostAufG haben kann, um den Anteil der Emissionskosten für den Vermieter auszuweisen. Es ist davon auszugehen, dass dies auch in Zukunft für Verwirrung sorgen wird. Um die Differenz durch die unterschiedliche Bewertung von CO_2 und $CO_{2\text{-äq}}$ darzustellen, wurde die Emissionslast nach beiden

[9] Die Carnot-Methode verteilt Emissionen nach dem energetischen Anteil, welcher dem Strom und der Wärme innewohnt. Die Aufteilung gilt aus physikalischer Sicht am sinnvollsten.

[10] Die finnische Methode vergleicht eine gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung mit einer ungekoppelten Erzeugung und setzt die Wirkungsgrade der gekoppelten Erzeugung mit den sog. Referenzwirkungsgraden der ungekoppelten Erzeugung ins Verhältnis. Hierdurch erfolgt eine Aufteilung des Brennstoffs und damit auch der Emissionen auf Strom und Wärme. Weitere Informationen dazu: Broschüre des BDEW Grundlagenpapier Primärenergiefaktoren

Einheiten bewertet. Wo verfügbar, wurde auf Emissionszertifikate zurückgegriffen. Alternativ wurde für den Emissionsfaktor der Fernwärme nach CO_2 ein Benchmark von 170,28 gCO_2/kWh verwendet[11]. Bei den üblichen Energieträgern kann auf Literaturwerte[12] zurückgegriffen werden. In Abbildung 4 sind jeweils die Gesamtemissionen aufgeteilt auf die einzelnen Energieträger dargestellt. Die Besonderheiten der unterschiedlichen Berechnungsmethoden führen zu einem unerwarteten Ergebnis.

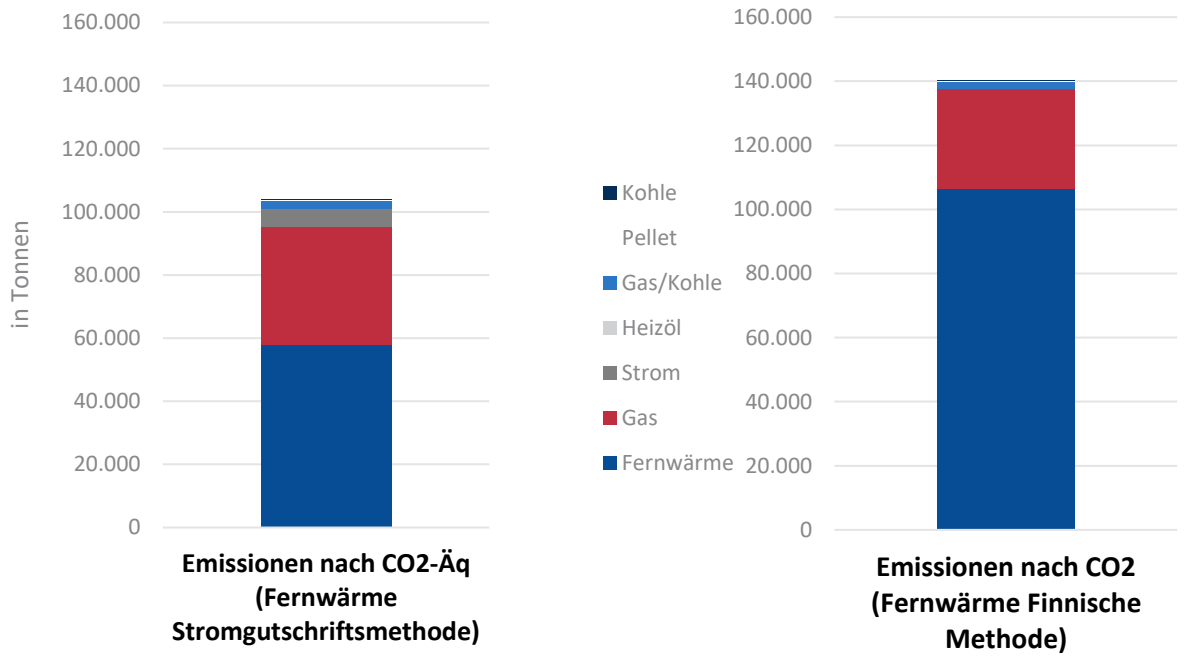


Abbildung 4: Zusammensetzung der Gesamtemissionen nach Energieträgern

Die Auswirkungen der niedrigen Emissionsfaktoren sind bei der Darstellung der $CO_{2\text{-äq}}$ gut ersichtlich, die den aktuellen Anforderungen nach Gebäudeenergiegesetz entsprechen. Obwohl Fernwärme für 75 % der Bestände die Energie bereitstellt, ist dieser Energieträger aufgrund der oben dargestellten langjährigen Berechnungsregeln des GEG nur für ca. 50 % der Emissionen verantwortlich. Der Emissionsfaktor für die Fernwärme ist durch die Anwendung der Stromgutschriftmethode sehr niedrig, ganz anders hingegen verhält es sich bei der Darstellung nach CO_2-Emissionen (siehe Abbildung 4). Hier wird durch die Anwendung der finnischen Methode (CO2KostAufG) ein hoher Emissionswert erreicht.

Es bleibt für die Betrachtung festzuhalten, dass eine striktere Trennung zwischen den beiden Einheiten zur Darstellung von Emissionen ($CO_{2\text{-äq}}$ und CO_2) notwendig ist, da die Ergebnisse sehr unterschiedlich ausfallen

[11] Vgl. Rödl & Partner 2021. Der Wert entspricht dem gesetzlich festgeschriebenen Benchmark-Emissionswert für Fernwärme in der vierten Handelsperiode des EU-Emissionshandels. Der Wert wird u.a. herangezogen, um die Zuteilung von freien Zertifikaten für Fernwärmeversorger zu berechnen.

[12] Vgl. BMWK 2023.

können. Der derzeitige regulatorische Rahmen sorgt für eine starke Verzerrung des tatsächlichen Emissionsfaktors der Fernwärme. Bei der Zielerreichung ist daher zu berücksichtigen, dass das derzeitige Ergebnis stark abhängig von den jeweils gültigen gesetzlichen Vorgaben ist und sich daher in der Zukunft durchaus anders darstellen kann. Zudem ist gut erkennbar, dass der Gesetzgeber derzeit keinen konsistenten Rahmen vorgibt.

3.4 Kritische Würdigung der Datenverfügbarkeit

Wie bei so vielen statistischen Befragungen, war auch der vorliegende Datensatz nicht ganz frei von Erhebungsfehlern. Daher wurde der Datensatz durch ce|co nach Übergabe weiter aufbereitet und plausibiliert. An notwendigen Stellen wurden abgestimmte Annahmen getroffen oder stark abweichende Daten nicht in der Gesamtbetrachtung berücksichtigt. Um die Datenqualität zu verbessern, gab es mehrere Rücksprachen mit den Mitgliedsunternehmen, um so etwaige Datenlücken weiter zu schließen. Dieses Vorgehen hat die Datenqualität nochmals deutlich steigern können. Fehlende Daten ergaben sich hauptsächlich bei Gebäuden, die unter Denkmalschutz stehen oder bei welchen eine Energieabrechnung über die Mieter selbstständig erfolgt. Der Anteil der Einträge, die nicht weiter berücksichtigt werden konnten, liegt bei unter 2 %.

4 Transformation des Gebäudebestands in die Zukunft

4.1 Annahmen zur Entwicklung des Gebäudebestands

Zur weiteren Betrachtung werden die Gebäude in Anlehnung an die IWU-Gebäudetypologie[13] unterschiedlichen Gruppen zugeordnet. Die Gruppen dienen dazu, Gebäude mit ähnlichen Eigenschaften auch im Sinne von Einsparpotentialen und Sanierungsmöglichkeiten ähnlich zu behandeln. Dabei werden die Merkmale Geschossigkeit, Anzahl Wohneinheiten und Baujahr zu Grunde gelegt. Die resultierenden Gebäudeklassen wurden in einem iterativen Prozess mit den Teilnehmenden nach und nach angepasst.
Tabelle 1 zeigt einen Ausschnitt der verschiedenen Gebäudeklassen und der jeweiligen Anzahl an zugeordneten Objekten. Insgesamt konnten die 3.800 Objekte in 58 Klassen eingeteilt werden.

Tabelle 1: Übersicht der einzelnen Gebäudeklassen

Gebäudeklasse	Anzahl
1958_1968_MFH	798
1969_1978_MFH	588
1919_1948_MFH	422
1984_1994_MFH	373
1949_1957_MFH	310
1919_1948_EFH	242
1860_1918_MFH	233
1979_1983_MFH	207
1969_1978_GG	82
1995_2001_MFH	76
2010_2023_MFH	74

Die Gebäudeklassen stellen für die nachfolgenden Kapitel die Grundlage der Parametrierungen[14] dar. Neben den Anpassungen durch energetische Sanierungen und Heizungswechsel werden weitere Aspekte berücksichtigt, die Einfluss auf den Gebäudebestand nehmen. Unter anderem wird ein Zuwachs an Wohnfläche durch Neubau unterstellt. Über eine Reduzierung des Gebäudebestands durch z. B. Verkauf oder anderem

[11] Eine Gebäudetypologie besteht aus einem Satz von Modellgebäuden, die bestimmte Größen- und Baualtersklassen des Gebäudebestands repräsentieren. Die Typologie nach IWU (Institut Wohnen und Umwelt) ist eine Kombination aus Bauart (Buchstaben) und Baujahren (Zahlen). Institut Wohnen und Umwelt (IWU): TABULA
[14] Für das Rechenmodell mussten verschiedene Parameter definiert werden. Insgesamt waren es mehr als 1.200, die neben den Portfolio-Grunddaten zur Durchführung der Simulationsrechnung benötigt wurden.

Wegfall aus den Portfolien wurde diskutiert, jedoch nicht weiterverfolgt, da aufgrund der Vielzahl an teilnehmenden Unternehmen nicht unterstellt werden konnte, wo und welche Gebäude aus dem Betrachtungsrahmen fallen sollen. Darüber hinaus wurden Objekte, bei denen bereits ein Abriss geplant ist, nicht in das betrachtete Portfolio aufgenommen. Daher ist davon auszugehen, dass keines der analysierten Gebäude in den nächsten Jahren für einen Abriss in Frage kommt.

Maßnahmen der Instandhaltung oder jährlich anfallende Betriebskosten sind nicht Teil der Studie. Damit stellen die Investitionskosten den Aufwand zur Energiereduzierung des Gebäudebestandes dar. Diese Energiereduzierungen werden über den gesamten Betrachtungszeitraum von 2023-2045 dargestellt.

4.2 Annahmen zur energetischen Sanierung und zu Wärmeerzeugern

Bei der Betrachtung der energetischen Sanierung stehen zwei Fragen im Vordergrund:

1. Mit welcher Reduzierung des Wärmebedarfs ist durch eine energetische Gebäudesanierung zu rechnen?
2. Mit welchen Kosten ist diese Reduzierung verbunden?

Zur Beantwortung der ersten Frage wird der Vergleich zwischen den einzelnen Gebäuden hergestellt. Das Kapitel 4.3 widmet sich dann der zweiten Frage. Im vorherigen Kapitel wurde die Zusammenlegung ähnlicher Gebäude vorgestellt. Die dadurch entstehenden Gebäudeklassen dienen nun als Grundlage für die Betrachtung der Objekte untereinander. Alle Objekte entstammen der Datenabfrage. Innerhalb einer Klasse weisen die Objekte unterschiedliche energetische Standards auf. Das bedeutet, dass einige Gebäude bereits energetisch saniert sind, während andere Gebäude in der gleichen Klasse entweder nur teilweise oder noch gar nicht energetisch saniert wurden. Aufgrund dieser Unterschiede wird unterstellt, dass Gebäude eine höhere Energieeffizienz erreichen können, und zwar bis zu dem Punkt, an dem der Energieverbrauch des zu sanierenden Gebäudes dem Gebäude der gleichen Klasse mit dem niedrigsten spezifischen Energieverbrauch entspricht. Die maximale Einsparung wird also durch die effizientesten Gebäude innerhalb einer Gebäudeklasse vorgegeben. Es handelt sich nicht um einen festgelegten Verbrauchskennwert, sondern um einen Vergleich von Verbräuchen innerhalb der gleichen Gebäudetypologie[15]. Hierfür wird ein Orientierungswert berechnet, welcher den Verbrauch nach einer Sanierung widerspiegeln soll. Damit dieser Wert nicht nur von den Verbräuchen eines Objektes bestimmt wird, dient als Benchmark der Mittelwert über jene 15 % Gebäude mit den niedrigsten Energiekennwerten innerhalb der gleichen Gebäudeklasse. Der 15 %-Benchmark stellt im Modell den Wert für das Basisszenario dar, das mit einer 2-prozentigen Sanierungsrate zu einem durchschnittlichen 70 kWh Energiebedarf pro Quadratmeter führt. In Abbildung 5 sind neben dem 15 %-

[15] Eine Erreichung von bestimmten Verbrauchskennwerten wurde im Rahmen von Szenarien berücksichtigt.

Benchmark auch der 10 %- und 20 %-Benchmark dargestellt. In der weiteren Projektbetrachtung wurden Berechnungen im Basisszenario mit der 15 %-Benchmark sowie mit festen Zielwerten für einen zu erreichenden Endenergieverbrauch von 60 und 90 kWh pro Quadratmeter ermittelt. Die Zielwerte berücksichtigen bereits die notwendige Heizungstechnologie, um einen Endenergieverbrauch auszuweisen. Dazu wurden auch fixe Sanierungsraten von 2 % für das Basisszenario und 90 kWh Energiebedarf pro Quadratmeter sowie 3 % für 60 kWh in den Berechnungsparametern festgelegt.

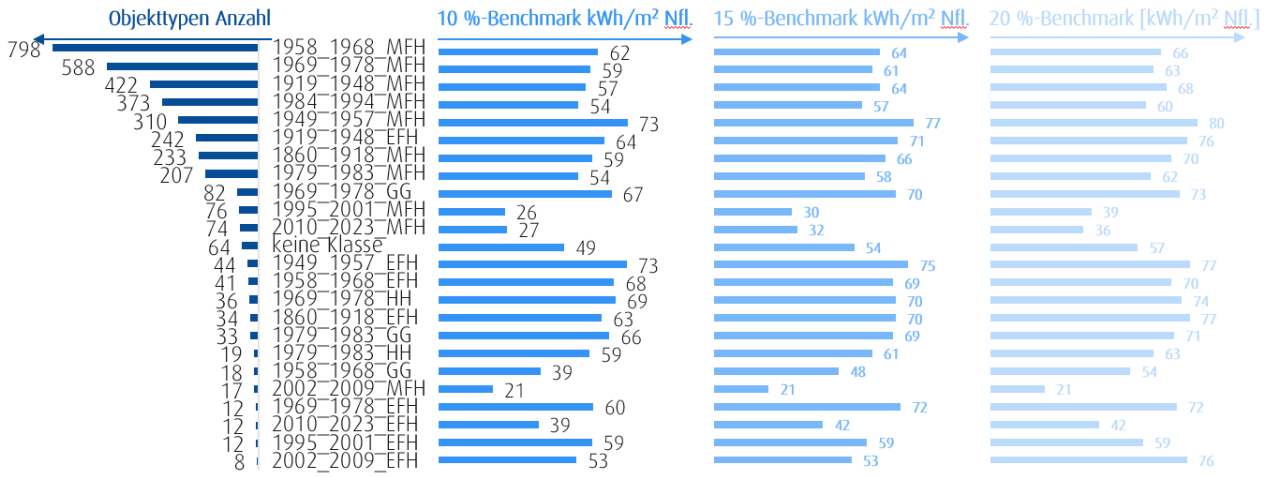


Abbildung 5: Übersicht der Clusterung und Benchmarks

Weiterhin ist auch die Wahl der Heizungsanlage im Gebäude relevant. Der maßgebliche Entscheidungsfaktor ist dabei der Wärmebedarf des Gebäudes vor der Sanierung. Dabei wird im Folgenden zwischen vier Kategorien unterschieden:

1. Gebäude mit Anschlussmöglichkeiten an ein Wärmenetz unabhängig vom Wärmebedarf
2. Gebäude mit geringem Wärmebedarf (≤ 75 kWh/m² pro Jahr Wärmebedarf)
3. Gebäude mit gutem Wärmebedarf (> 75 bis ≤ 100 kWh/m² pro Jahr Wärmebedarf) und vorhandenem Gaskessel
4. Gebäude mit höherem Wärmebedarf (> 100 kWh/m² pro Jahr Wärmebedarf) oder gutem Wärmebedarf ohne Gaskessel

Jegliche Gebäude, welche unter die erste Kategorie fallen, werden auch ans Wärmenetz angeschlossen. In Kategorie zwei wird hingegen auf Grund des geringen Wärmebedarfs ein monovalenter[16] Wärmepumpenbetrieb angenommen. Gebäude mit gutem Wärmebedarf und vorhandenem Gaskessel werden zusätzlich in

[16] Monovalenter Betrieb bedeutet: Beheizung ausschließlich mit Wärmepumpe.

Kombination mit einer Wärmepumpe beheizt. Durch die bivalente Nutzung[17] kommt es zur Reduzierung der Einsatzzeiten des Spitzenlastkessels. Schlussendlich kommt es in Kategorie vier auch zu einem bivalenten Wärmepumpenbetrieb, jedoch mit dem Unterschied, dass hier ein neuer Gasspitzenlastkessel eingebaut wird. Im Vergleich zu den Gebäuden mit einem guten Wärmebedarf kommt es hier auch zu höheren Einsatzzeiten des Spitzenlastkessels. Die einzelnen Einsatzszenarien wurden modelliert, um die Emissionen und auch die Investitionskosten der Heizungstechnologie zu berechnen. Zusätzlich zu Heizung und Gebäude wird unterstellt, dass auch die eingesetzten Energieträger eine Grünerwerdung erfahren. Insbesondere für die Fernwärme kann von einem stärkeren Einsatz von erneuerbaren Energien ausgegangen werden – auch aufgrund der Vorgaben aus dem Wärmeplanungsgesetz. Somit erfolgt eine jährliche Reduzierung der Emissionen nicht nur durch die Ergreifung von Maßnahmen, sondern auch durch eine unterstellte Grünerwerdung der eingesetzten Energieträger.

4.3 Annahmen zur Kostenbasis der energetischen Sanierung

Die Sanierungskosten werden auf Basis der Zahlen der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e. V. (ARGE) und mithilfe von Referenzprojekten der Mitgliedsunternehmen ermittelt. Die ARGE-Studie[18] wurde im Jahr 2022 veröffentlicht. Die Datenlage der Studie stammt zu einem großen Teil von Unternehmen aus dem GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V. Um das aktuelle Kostenniveau mit zu berücksichtigen, wurden die angesetzten energiebedingten Mehrkosten bei Sanierung in der ARGE-Studie mittels Baupreisindex (BPI) auf das Jahr 2023 hochgerechnet. Diese Datenbasis dient als Ausgangspunkt der Kostenschätzung. Innerhalb von Workshops wurden diese Kosten mit den Teilnehmenden gespiegelt und um Referenz- und Erfahrungswerte sowie erhobenen Bauprojekten aus der eigenen Sanierungstätigkeiten ergänzt. Hieraus entstand eine Matrix (Abbildung 6), welche einem bestimmten energetischen Ausgangsniveau eines Gebäudes Investitionskosten zuordnet, je nachdem, welchen energetischen Zielzustand das Gebäude nach der Sanierung aufweisen soll. Je tiefer der Sanierungsgrad, desto besser die energetische Effizienz, jedoch unter Einsatz höherer Investitionen. Bei den analysierten Kosten handelt es sich zunächst um Vollkosten (VK), da neben der energetischen Sanierung weitere Arbeiten mitberücksichtigt werden (z. B. Treppenhaus, Balkon etc.). Aus der ARGE-Studie ist ersichtlich, wie hoch der Anteil der Mehrkosten (MK) durch die energetische Sanierung ist (Schritt 1). Dieser Anteil wurde genutzt, um auch die Vollkosten basierend auf den Referenzprojekten in Vollkosten und Mehrkosten zu unterteilen (Schritt 2). Diese

[17] Bivalenter Betrieb: Neben einer Wärmepumpe gibt es eine weitere Energiequelle, wie z.B. einen Gaskessel, um Spitzenlasten abzufedern, denn Wärmepumpen arbeiten bei niedrigen Außentemperaturen zunehmend ineffizient.
[18] ARGE eV 2022 Bauforschungsbericht Nr. 82: Wohnungsbau: Die Zukunft des Bestandes

Mehrkosten dienen schlussendlich als Grundlage für die Kosten der energetischen Sanierung. Für das rot eingezeichnete Beispiel in Abbildung 6 bedeutet dies, dass für die energetische Sanierung eines Gebäudes, welches ein Verbrauchswert von > 95 kWh/m² Nfl. aufweist, spezifische Investitionskosten in Höhe von 687 EUR/ m² Wfl. nötig sind, um auf einen Verbrauch von etwa 60 kWh/m² Nfl. zu gelangen. Die Vollkosten liegen bei 1.067 EUR/m² Wfl. Die spezifischen Investitionskosten nehmen aufgrund der Fortschreibung des Baupreisindex über den Betrachtungszeitraum zu. Im Modell werden zusätzlich Positionen für Unvorhergesehenes und Nebenkosten in Höhe von 18 % mitberücksichtigt.

Zielzustand WB

			Max 95		Max 70		Max 60	
			Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Ausgangszustand	WB >140	VK €	527	858	638	895	797	1.042
		MK €	172	356	282	405	405	539
	WB >95	VK €	503	760	650	895	809	1.067
		MK €	233	429	356	539	490	687
	WB ≤ 95	VK €	233	380	368	527	601	846
		MK €	147	294	282	417	490	711
	%-Kostenv.		**33%**	**41%**	**44%**	**45%**	**51%**	**52%**
Anpassung Kosten	WB >140	VK €					989	1.042
		MK €					**502***	589
	WB >95	VK €					809	1.067
		MK €					490	687
	WB ≤ 95	VK €					601	846
		MK €					490	711

1 Berechnung Anteil energiebedingter Mehrkosten
2 Gesamtkosten Referenzobjekt x Anteil Mehrkosten
→ 989*51% = 502

Abbildung 6: Exemplarische Darstellung der Sanierungskosten

5 Ergebnis

Die Modellberechnung auf der Basis der dargestellten zeigen, dass der Zielwert des spezifischen Emissionsfaktors von etwa 2 kg $CO_{2\text{-äq}}/m^2$ Wfl., kann erreicht werden. Das liegt auch an dem bereits sehr guten Ausgangsniveau des untersuchten Portfolios. Beginnend bei einem Emissionsfaktor von etwa 16 kg $CO_{2\text{-äq}}/m^2$ Wfl. wird dieser sukzessive reduziert, sodass im Jahr 2045 sogar ein Wert von unter 1 kg $CO_{2\text{-äq}}/m^2$ Wfl. erreicht werden kann. Der Verlauf ist jahresscharf in Abbildung 7 dargestellt.

Die Reduzierung erfolgt auf Basis einer angenommenen Sanierungsrate von 2 % der vorhandenen Wohnfläche sowie eines Dekarbonisierungspfades für die Fernwärme.

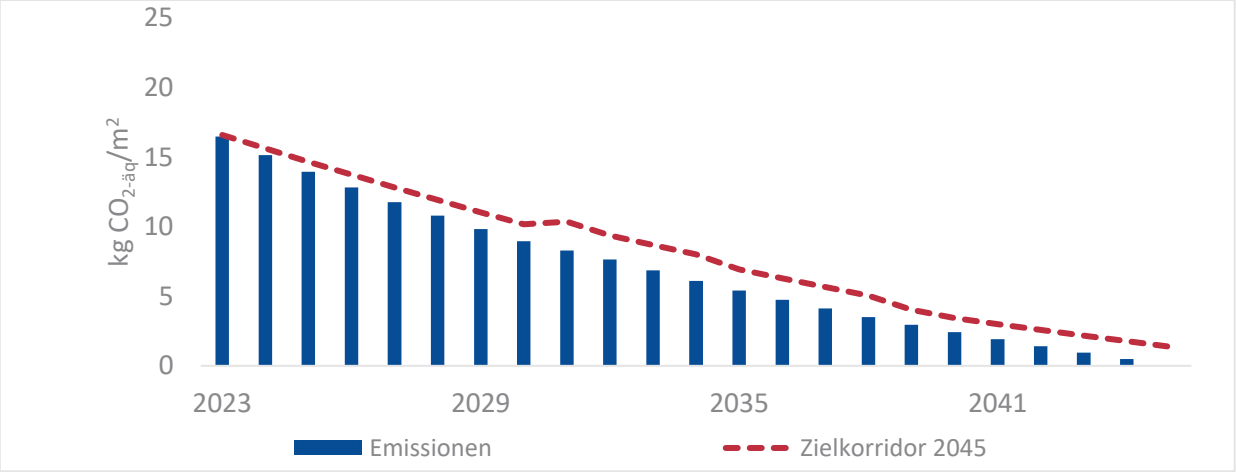


Abbildung 7: Vergleich Emissionsverlauf mit festgelegten Zielkorridoren nach $CO_{2\text{-äq}}$

In der Abbildung 8 erfolgt die Darstellung der Emissionen in der Einheit CO_2. Zudem setzt die Regulierung (z.B. CO2KostAufG) teilweise auch auf diese Einheit. Um eine Vergleichbarkeit und Konsistenz herzustellen, wird im Folgenden der Wert für CO_2-Emissionen genutzt. Hierbei verändern sich insbesondere die unterstellten Emissionsfaktoren für die Fernwärme, die zu einem höheren CO_2-Wert führen. Dieser Zusammenhang wurde ausführlich in Kapital 3.3 erläutert. Im Verlauf der Betrachtung gleichen sich die Verläufe durch die Grünerwerdung der Energieträger immer weiter an, sodass eine Unterscheidung der Emissionen im Zieljahr obsolet ist.

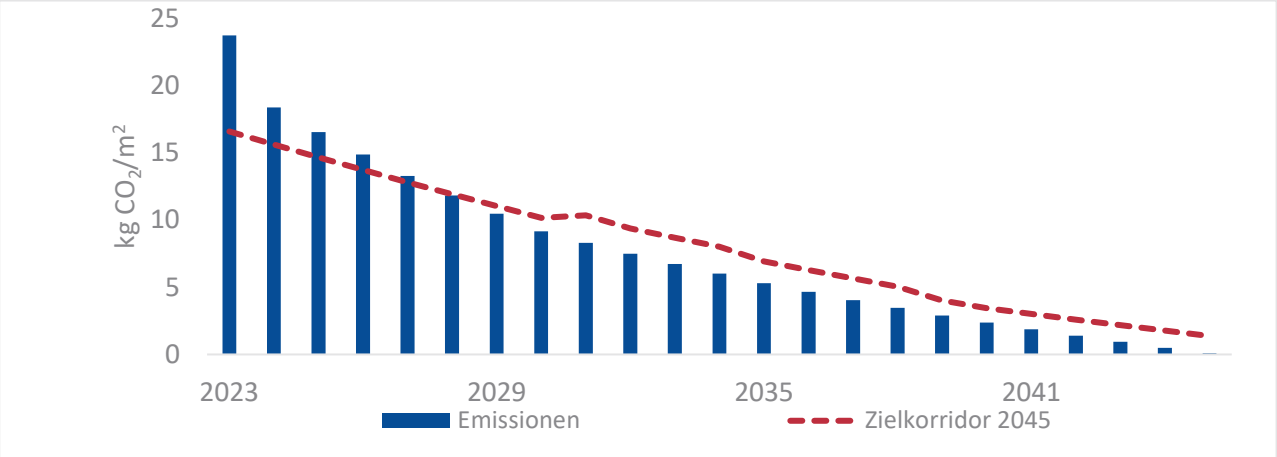


Abbildung 8: Vergleich Emissionsverlauf mit festgelegten Zielkorridoren nach CO_2

Um ein besseres Verständnis für die Auswirkungen der Emissionsreduktion zu erhalten, wird die Emissionseinsparung je Einflussfaktor ausgewertet. Bei der Analyse der jährlich eingesparten Emissionen zeigt sich, dass der größte Anteil auf die Grünerwerdung der Energieträger entfällt. Die Tabelle 2 fasst dabei die Investitionskosten und die eingesparten Emissionen je betrachteten Einflussfaktor im Betrachtungszeitraum zusammen. Hierbei ist zu erwähnen, dass die dargestellten Investitionskosten bei den energetischen Modernisierungen nur die energiebedingten Mehrkosten berücksichtigen. Bei einer Betrachtung der Vollkosten entstehen für die Sanierung der Gebäude Kosten in Höhe von 6,88 Mrd. EUR.

Tabelle 2: Überblick eingesparte Emissionen und Investitionskosten

Betrachtungszeitraum 2023-2045	Energetische Modernisierung	Innovative Anlagentechnik	Grünerwerdung Energieträger
Investitionskosten	Mehrkosten: 3,8 Mrd. € Vollkosten: 6,88 Mrd. €	81 Mio. €	Höhere Wärmepreise
Eingesparte Emissionen	17.700 t CO_2	7.200 t CO_2	129.000 t CO_2

Es ist zu erkennen, dass die Einsparungen an CO_2 nicht mit den getätigten Investitionskosten für Modernisierung und Anlagentechnik korrelieren. Vielmehr stehen die durch Investitionen hervorgerufenen Emissionseinsparungen in einem Verhältnis von 1:5 zu den Einsparungen, die durch eine Grünerwerdung der Energieträger hervorgerufen werden. Bei einem Wegfall der Grünerwerdung der Energieträger kann trotz hoher Emissionen keine Zielerreichung erfolgen, wie in Abbildung 9 ersichtlich.

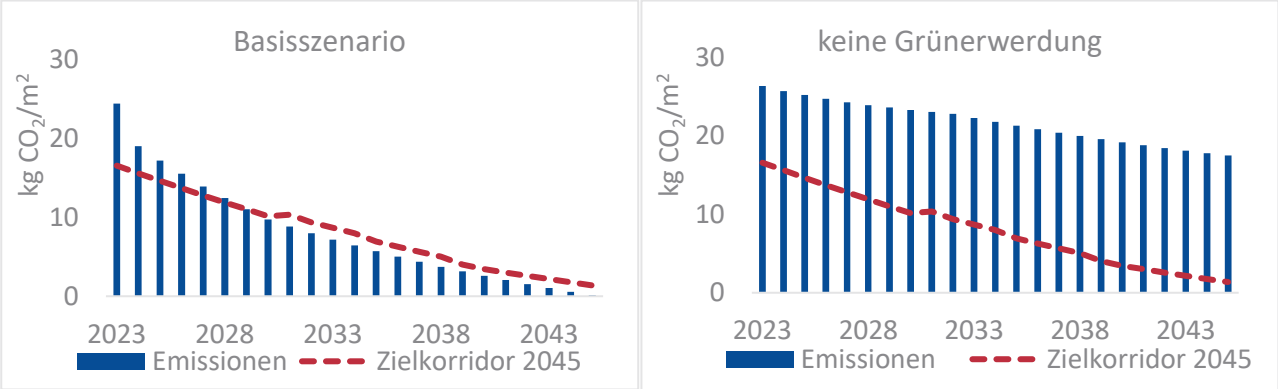


Abbildung 9: Gegenüberstellung der Zielerreichung ohne Grünerwerdung der Energieträger

Im Laufe des Betrachtungszeitraums steigen die Kosten zur Einsparung weiterer Emissionen kontinuierlich an. Hervorgerufen wird dies zum einen durch die angenommenen Preissteigerungen[19] bei der energetischen Sanierung, die anhand der Entwicklung der Baukosten der letzten 20 Jahr hergeleitet wurden. Zum anderen rechnet das Modell, dass zuerst jene Gebäude saniert werden, die ein großes Potential zu Emissionseinsparung aufweisen. Mit weiter fortschreitender Zeit wird daher die CO_2-Einsparung durch Sanierungen geringer – bei gleichzeitig steigenden Investitionskosten. Die Abbildung 10 stellt das Verhältnis zwischen den Kosten pro reduziertem kg CO_2-Emissionen im Zeitverlauf dar. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass das Potential für Emissionseinsparung durch die Grünerwerdung der Energieträger zusätzlich gesenkt wird.

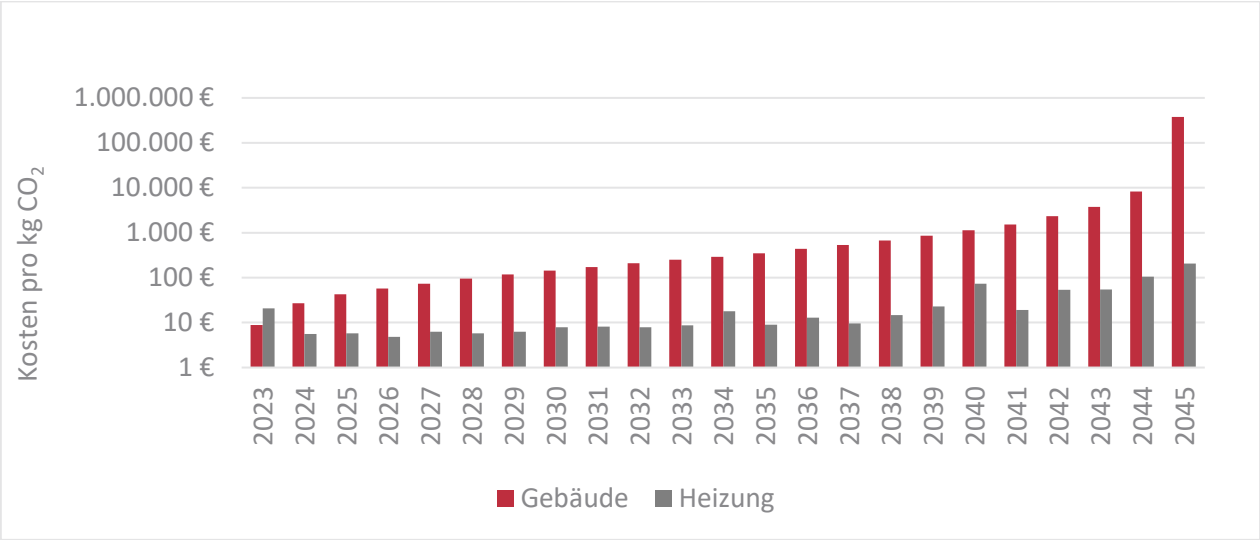


Abbildung 10: Übersicht Kosten pro reduziertem kg CO_2 im Zeitverlauf

[19] Dafür wurde die Entwicklung der Baupreise der letzten zwanzig Jahre betrachtet und entsprechend auf die Modellrechnung übertragen. Es wurde somit die historisch stabile Preisentwicklung in die Zukunft projiziert.

Mit einer Minderung des Kosten-Nutzen-Effekts bei der Emissionseinsparung geht auch eine Inflationierung der Kosten für die Sanierung einher. Somit steigen die Kosten im Zeitverlauf deutlich an. Durch eine Fokussierung der Ertüchtigung von Gebäuden mit hohem Einsparpotential zu Beginn sinkt im Zeitverlauf der Kosten-Nutzen-Effekt bei den Verbrauchseinsparungen deutlich und es ergeben sich hohe Grenzkosten für jede zusätzliche kWh Verbrauchsreduzierung. Abbildung 11 verdeutlicht diesen Effekt nochmals grafisch. Hohe Verbrauchsreduzierungen können somit kosteneffizient nur erreicht werden, wenn zu Beginn eine Priorisierung der zu sanierenden Gebäude vorgenommen wird. Analog zur Vorgehensweise ergibt sich aus dem Modell, dass zu Beginn der Sanierungsmaßnahmen der Fokus vor allem auf Gebäude mit hohen Emissionen zu legen ist. Dadurch können die größten Einsparungen effizient und wirtschaftlich realisiert werden.

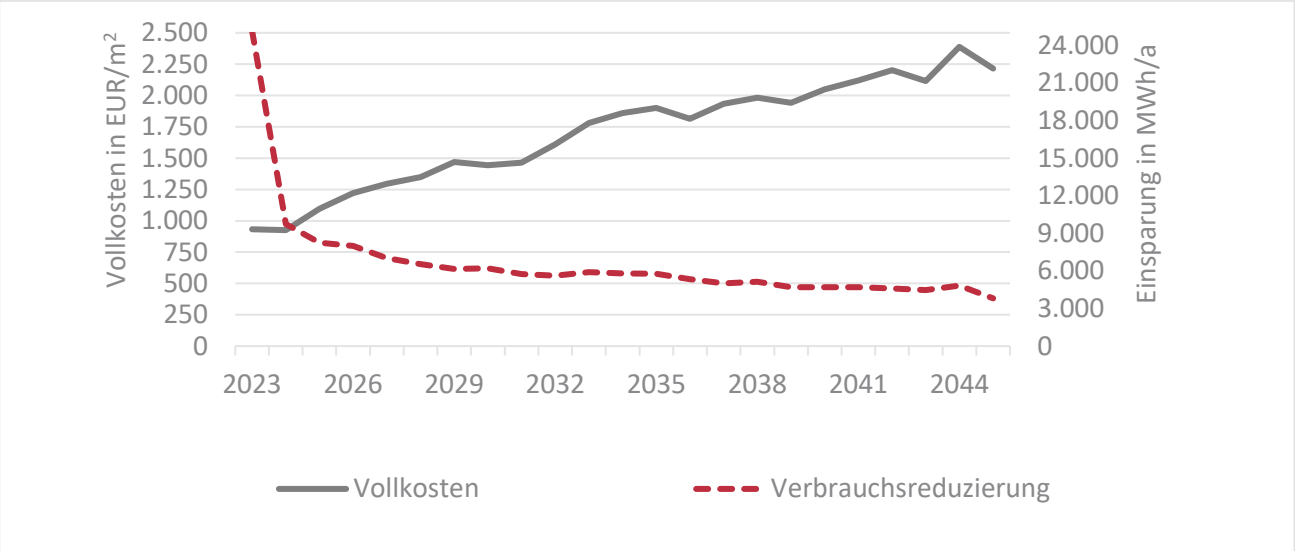


Abbildung 11: Spezifische Vollkosten und Verbrauchseinsparungen im Zeitverlauf

Diese hohen Einsparungen können jedoch im weiteren Zeitverlauf auf Grund der erschöpften Sanierungspotenziale nicht aufrechterhalten werden.

Abbildung 12 verdeutlicht, dass die Quelle der Verbrauchseinsparung sich im Zeitverlauf ändert und das Sanieren der Gebäude an Bedeutung verliert.

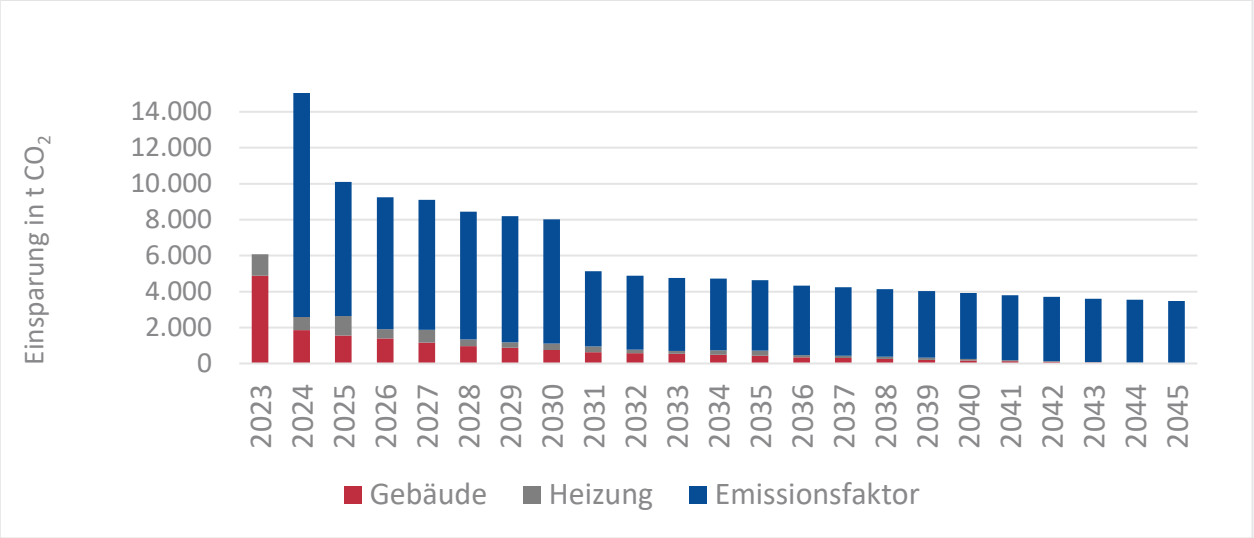


Abbildung 12: Zusammensetzung der eingesparten CO_2-Emissionen im Zeitverlauf

Aus den Berechnungsergebnissen lässt sich ableiten, dass die Emissionsreduzierung und damit die Erreichung der Klimaneutralität aktuell hauptsächlich durch die Grünerwerdung der Energieträger ermöglicht wird und nicht infolge massiver Investitionen in die energetische Sanierung der Gebäudehülle. Allerdings dürfen hierbei die Wirkzusammenhänge zwischen Energieträger und Effizienzhausstandard nicht außer Acht gelassen werden. Eine optimale Versorgung von Gebäuden mit grüner Fernwärme bedarf eines Effizienzhausstandards, der zum Beispiel ein niedriges Temperaturniveau für die Fernwärme zulässt. Ein niedriges Temperaturniveau ist wiederrum für den Fernwärmeversorger notwendig, um grüne Wärmequellen in seine Wärmeerzeugung zu integrieren. Fraglich ist jedoch, welcher tatsächliche energetische Standard hierfür notwendig ist, da gegebenenfalls auch eine Sanierung auf ein geringeres Effizienzhausniveau ausreichend sein kann, um die Einbindung von erneuerbarer Energie zu verwirklichen. Abbildung 13 stellt einen Szenarienvergleich dar, welche Endwerte je nach Sanierungsrate und energetischem Standard im Portfolio im Jahr 2045 erreicht werden.

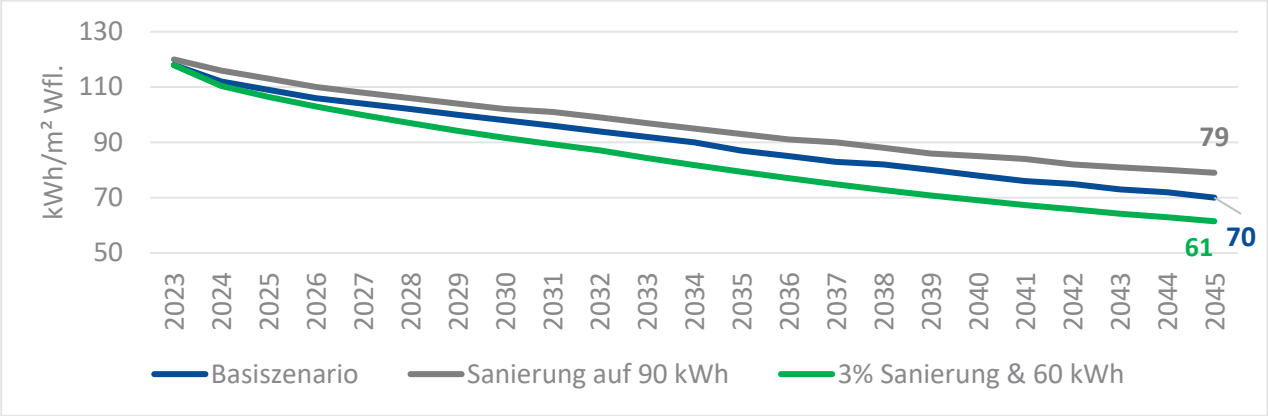


Abbildung 13: Vergleich des durchschnittlichen Verbrauchs bei unterschiedlichen Sanierungszielen

Es zeigt sich, dass trotz einer starken Spreizung des Zielwerts, ein ähnliches energetisches Niveau im Endzustand erreicht wird (jeweils als mittlerer Wert über den gesamten betrachteten Bestand). Allerdings ist ein höherer Sanierungsstandard mit deutlich höheren Investitionskosten verbunden – das Verhältnis ist exponentiell steigend. Durch die Anhebung des Sanierungsstandards steigen die spezifischen energetischen Kosten der Sanierung somit überproportional. In der Folgewirkung sind deutlich höhere Mieten für die Refinanzierung der überproportional steigenden Sanierungskosten erforderlich, ohne dass Energieeinsparungen und CO_2-Effizienz[20] dies annährend monetär kompensieren könnten[21]. Reduzierungen bei der Sanierungstiefe führen folglich zu einer starken Entlastung bei den Investitionsvolumina in den Gebäudebestand und folglich auch bei den Mieten. Abbildung 14 stellt das Ergebnis dieser Betrachtung dar. Bei den ersten zwei Szenarien wird jeweils eine Sanierungsquote von 2 % unterstellt bei einer Änderung der Sanierungstiefe. Das dritte Szenario erfordert eine Erhöhung des Sanierungsquote von 2 % auf 3 % in der Umsetzung bis 2045. Eine Erhöhung der Sanierungsquote und des Energiestandards sorgt dafür, dass deutlich mehr Gebäude im Modell saniert werden müssen, folglich steigen dadurch die Kosten stark an.

[20] Siehe Tabelle Entwicklung CO_2-Preis im Anhang E, Seite 33.

[21] In den Auswirkungsanalysen zu Mieten und Heizkosten konnte dies deutlich berechnet werden. Tabellen sind für die entsprechenden Sanierungs- und Schlüsseljahre der Wärmewende gem. Wärmeplanungsgesetz und GEG ausgewiesen. Die langjährigen durchschnittlichen Heizkosten der BBU-Mieten liegen bei rd. 1,-- EUR/m² und Monat (vgl. Anhang D, Seite 32). Nur die kalten Betriebskosten sind in den letzten Jahren deutlich gestiegen.

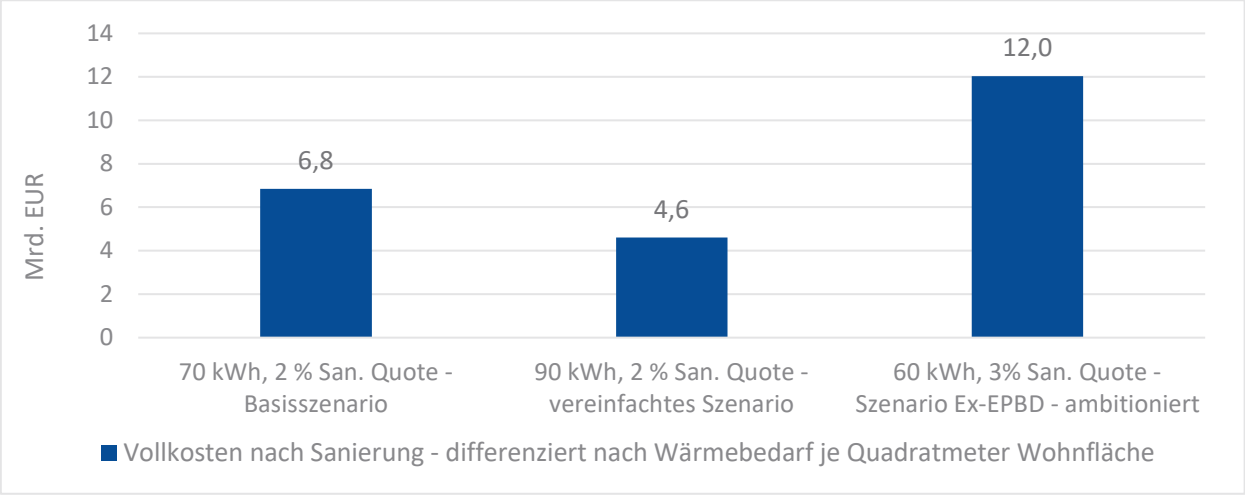


Abbildung 14: Gegenüberstellung Investitionskosten je Sanierungstiefe

Eine getrennte Sichtweise von Gebäudeeffizienz und Energieversorgung kann unter Umständen zu Fehlanreizen bei den Investitionen führen. Systemisch betrachtet, kann sich ein zu niedriger Energieverbrauch auch hemmend auf die Nutzung von Fernwärme auswirken, da hohen Investitionssummen in die Grünerwerdung der Fernwärme sehr niedrige Absatzmengen gegenüberstehen. Dies führt zwangsläufig zu stark steigenden Grundpreisen, was eine eigentlich angedachte Kostenreduzierung durch verringerten Verbrauch wieder konterkariert. Ein geringer Wärmeverbrauch führt damit nicht zwangsläufig zu Kosteneinsparungen in den Energiekosten. Somit reduzieren auch höhere energetische Standards nicht zwangsläufig die Gesamtkosten der Mietenden und führen nicht zu richtigen Anreizen.

An dieser Stelle kann daher durch eine optimierte Abstimmung zwischen Sanierungstiefe und Grünerwerdung der Energieträger ein Kostenoptimum angestrebt werden, welches bei geringeren Investitionsaufwendungen die gleiche Zielerreichung einer Klimaneutralität bereithält. Dieses Vorgehen bezeichnen wir als Gesamteffizienz-Pragmatismus.
Dem steht aktuell das Regulierungsdogma „Energieeffizienz an erster Stelle“ gegenüber, das leider in der letzten Fassung der EBPD im Gebäudebereich enger gefasst wird als in der EU-Basisüberlegung[22] und das bisher sogar noch strikter im Gebäudeenergiegesetz umgesetzt wird. Dieses so in Deutschland umgesetzte

[22] Richtlinie (EU) 2023/1791 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. September 2023 zur Energieeffizienz und zur Änderung der Verordnung (EU) 2023/955 (Neufassung).

Dogma entspricht nicht der differenzierten analytischen EU-Definition[23] und ist vor allem ökonomisch und sozial blind. Es wird verkannt, dass hohe Grenzkosten einer faktisch erzwungenen energetischen Sanierung einem nur noch geringen Grenznutzen bei der Einsparung von Wärmebedarf und damit mittelbar von CO_2 entgegenstehen. Zudem erfolgt die Regulierung bisher grundsätzlich auf der Ebene des Einzelobjektes. Die Betrachtung von Portfolien hätte an sich einen Effizienzeffekt – analog dem Ansatz des Flottenverbrauches bei Vorgaben für Pkw.

So führt der in dieser Studie gewählte Portfolioansatz – der im GEG so nicht berücksichtigt werden könnte – dazu, dass nicht alle Objekte, sondern im Basisszenario und im Szenario mit dem Zielwert von 90 kWh Endenergieverbrauch nur rd. 63 % der Gebäude saniert werden müssen; dennoch werden die Ziele erreicht. Bei dem Zielwert 90 KWh ist die Sanierungstiefe gegenüber dem Basisszenario vermindert, so dass 32 % geringere Kosten entstehen. Sollte der Gesetzgeber einen Zielwert von 60 kWh Endenergieverbrauch avisieren, erhöhen sich die Kosten überproportional, da mehr Gebäude umfangreicher saniert werden müssen. Sollte ein Portfolioansatz nicht möglich sein, wären die Kosten noch höher, denn dann wären alle Gebäude unabhängig vom Portfolioeffekt zu sanieren. Im Bereich des Endenergieverbrauchs sind – trotz dieser massiven Kostenunterschiede – nur geringe Wirkunterschiede in Bezug auf den Endenergieverbrauch zu erwarten. Die Schwankung des Endenergieverbrauchs zum Basisszenario beträgt rund 15 %. Die Kosten verhalten sich nicht linear und die Schwankung zum Basisszenario ist deutlich größer und liegt bei + 5,2 Mrd. Euro bzw. -2,2 Mrd. Euro. Diese Wertdifferenz untermauert deutlich die dargestellte Kritik und den notwendigen Handlungsbedarf in der Regulierung.

[23] Zitat aus Artikel 3 (L 231 / 32) der o.g. Richtlinie: „…(5) Bei der Anwendung des Grundsatzes „Energieeffizienz an erster Stelle“ müssen die Mitgliedstaaten a) die Anwendung von Methoden für **Kosten-Nutzen-Analysen**, die eine angemessene Bewertung der weiter reichenden Vorteile von Energieeffizienzlösungen ermöglichen, fördern und gegebenenfalls, sofern Kosten-Nutzen-Analysen erforderlich sind, die Anwendung solcher Methoden sicherstellen und sie öffentlich zugänglich machen und dabei den gesamten Lebenszyklus und die langfristige Perspektive, die System- und Kosteneffizienz, die Versorgungssicherheit und die Quantifizierung aus gesellschaftlicher, gesundheitlicher und wirtschaftlicher Sicht und aus Sicht der Klimaneutralität sowie die Grundsätze der Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft beim Übergang zur Klimaneutralität berücksichtigen;…“

6 Auswirkung auf die Miete und damit verbundene Schlussfolgerungen

Aus der Erkenntnis der Sanierungskosten wurde in einem Folgeschritt die Auswirkung auf die Mieten kalkuliert. Dazu wurden Wirtschaftlichkeitsberechnungen vorgenommen. Hieraus lassen direkt die Folgen der Umsetzung eines solchen Sanierungspfades auf die Miete abzuschätzen.

In den ersten Sanierungsjahren liegen die kalkulierten Kosten bei durchschnittlich 1.050,-- EUR/m^2 (siehe Abbildung 11, Seite 20). Diese steigen in den Folgejahren deutlich an. In der Spitze werden über 2.300,-- EUR/m^2 Sanierungskosten projiziert. Diese Kosten erfordern eine Refinanzierung durch Mieten. Da diese Kalkulation eine Unternehmensbetrachtung erfordert, – die hier jedoch aufgrund der gemischten Bestände explizit nicht erfolgen sollte – wurde ein verdichteter Ansatz auf Objektebene gewählt.

Dabei wurde definiert, dass die zum Zeitpunkt der Studie aktuelle Durchschnittsmiete im Bestand der BBU-Mitgliedsunternehmen (z.B. in Potsdam von 6,12 EUR/m^2) die Kapital- und Bewirtschaftungskosten sowie die Liquiditätsbedarfe abdeckt. Würde ein Objekt dann mit 1.050,-- EUR/m^2 Kosten saniert, wären das vereinfacht nur Grenzkosten, die noch durch einen Eigenkapitaleinsatz und die Deckung der Annuität refinanziert werden müssten. Dies stellt genau genommen die niedrigste Form der Refinanzierung dar, die zugleich nur die Liquidität des Unternehmens erhält. Folglich darf das Niveau nicht unterschritten werden, wenn rechnerisch in nur 22 Jahren über 60 % des Bestandes saniert werden müssen.

In der Kalkulation wurde mit den folgenden Parametern gearbeitet:
Die 1.050,-- EUR wurde zu 850,-- EUR über Fremdkapital und zu 200,-- EUR über thesauriertes Eigenkapital dargestellt. Das Fremdkapital wird mit einem Zinssatz von 4,0 % verzinst und mit 2,5 % getilgt. Dies stellt somit die erforderliche Liquidität für die Maßnahme dar. Zudem muss das eingesetzte Eigenkapital verzinst werden, damit benötigtes Eigenkapital für die weiteren Sanierungsmaßnahmen gebildet werden kann. Hier wird ein Wert von ebenfalls 4 % angesetzt. Daraus ergibt sich ein Refinanzierungsbedarf von 5,27 EUR/m^2.
Wie oben am Beispiel Potsdam dargestellt, beträgt die Bestandsmiete, die die vorhandenen Strukturkosten abdeckt und somit zwingend ebenfalls vereinnahmt werden muss 6,12 EUR/m^2. Daraus folgt, dass bei dieser Sanierungsmaßnahme eine zu Kosten- und Liquiditätsdeckung notwendige Miete von 11,39 EUR/m^2 entsteht. Sollte diese Maßnahme Investitionen von 2.300 EUR/m^2 erfordern, dann läge der zur Refinanzierung nötige Betrag bei 17,62 EUR/m^2. Diese Werte sind wirtschaftlich und sozial nicht realisierbar. Die Mieterschaft könnte aufgrund der Einkommenslage einen so starken Sprung nicht verkraften.

Auf der Unternehmensseite führen diese Werte – grob betrachtet – zu einer Verdopplung der Bilanzsumme, was sich hauptsächlich aus einer massiven Ausweitung der Verschuldung und des Anlagevermögens ergibt. Gleichzeitig wird das Eigenkapital aufgezehrt. Die damit verbundene Kapitallast wäre nur bei der dargestellten Mietenentwicklung tragbar, die aber unrealistisch und nicht sozial vertretbar ist. Eine Förderung, die diese Lücke verlässlich und ausreichend schließt, ist derzeit nicht zu erkennen.

Weitet man die Betrachtung aus, so ergeben sich weitere Umsetzungshürden im Bereich der rechtlichen Umlegbarkeit der Kosten, der damit verbunden Schwierigkeiten der Refinanzierung über Banken, der Erreichung von Kredit- und Beleihungsobergrenzen sowie der praktischen Umsetzung mit Handwerker- und Planungskapazitäten.

Im Fazit ist daher festzuhalten, dass mit dem Basisszenario des betrachteten Portfolios eine wirtschaftliche, mietrechtliche und mithin soziale Umsetzung nur möglich wäre, wenn Förderprogramme deutlich auskömmlicher ausgestaltet würden als bisher. Andernfalls ist eine Umsetzung unmöglich. Mit Blick auf die angespannte Haushaltslage im Bund und im Land ist dies unrealistisch. Daher muss in der Regulierung und Umsetzung ein anderer Weg gefunden werden.

7 Projekt-Meinung zur aktuellen Regulierung

Der Gesetzgeber verhindert effektive und sozialverträgliche Lösungen zur CO_2-Reduzierung durch das wiederholte Festhalten an einem zu eng betrachteten „Energieeffizienz Zuerst“-Regulierungsdogma. Dieses Dogma verkennt die Grenzkosten einer überhöhten Energieeffizienzvorgabe für Gebäude, die diese Studie deutlich aufzeigt. Das Dogma mündet derzeit folgerichtig in einem Tunneldenken der Regulierung mit dem „Silo“ Gebäudesektor auf der einen und dem „Silo“ Energiesektor auf der anderen Seite. Dies muss überwunden und durch einen ganzheitlichen systemischen Ansatz ersetzt werden. Das würde ermöglichen, dass die Sanierungstiefe abgestimmt wird auf einen effizienten Einsatz von Heizungstechnologie, damit eine Investitions- und Kostenbalance in beiden Bereichen erzielt und in Folge Mieten und Wärmepreise betriebswirtschaftlich realisierbar und sozial verträglich sind. Das nennen wir Gesamteffizienz-Pragmatismus.

Mit diesem Ansatz können wir das Kosten-Nutzen-Verhältnis deutlich für alle Beteiligten verbessern. Der aktuelle Maximalansatz in dem Regulierungsdogma „Energieeffizienz Zuerst“ führt im Gebäudesektor und in der Energieversorgung zu massiven Investitionen, die am Ende durch die Nutzer über hohe Mieten und Preise für Energie bezahlt werden müssen, obwohl das gar nicht in dem Maße erforderlich wäre. Der Grund ist banal, die Menge CO_2 ergibt sich aus der Multiplikation von Energiebedarf mit dem CO_2-Gehalt der eingesetzten Energie. Die Mathematik sagt klar, wenn ein Faktor „0“ ist das Produkt oder Ergebnis auch “0“. Eine Doppel-Null – auf welche die Regulierung derzeit abzielt – muss nicht erreicht werden und die Investitionen und deren Refinanzierung über Mieten und Energiepreis sind nicht erforderlich.

Als Steuerungsgröße für dieses Vorgehen steht am Ende der CO_2-Verbrauch nach Abschluss der Investition in die Gebäude und die Energieerzeugung. Förderungen werden dann auf den spezifischen Investitionsbedarf und Mitteleinsatz der Unternehmen (Wohnungswirtschaft und Energieversorgung) sowie die geplanten Refinanzierungsmöglichkeiten abgestimmt. Wohn- und Klimageld bilden als ergänzende Maßnahme eine sozialpolitische Flankierung. Nur so kann die Wärmewende den Anforderungen an Klimaanpassung, wirtschaftliche Tragfähigkeit und soziale Balance gerecht werden und zudem wirtschaftlich leistbar und effizient erfolgen.

8 Anhang

Anhang A – Abbildung 15 Datenbedarfsliste zur Bereitstellung der notwendigen Informationen

Zuordnung	**Unternehmen**	Unternehmensname
	U_ID	BBU-interne Unternehmens_ID
Angaben zum Gebäude	**Adresse/Gebäude ID**	Erfassung der Gebäudedaten, wenn möglich adressscharf auf Ebene der Einzelgebäude bzw. Hausnummern. Sofern die Daten nur auf Ebene der Wirtschaftseinheiten (Übergebäuden) vorliegen, nach WIE erfassen
	Baujahr [Jahr]	Angabe des Baujahrs des Gebäudes / der WIE
	Anzahl Wohneinheiten [Anzahl]	Angabe der Wohneinheiten des Gebäudes oder der WIE
	Wohnfläche [m²]	Angabe der Wohnfläche in m² des Gebäudes bzw. der WIE
	Gewerbefläche [m²]	Angabe der Gewerbefläche in m² (sofern vorhanden)
	Geschossigkeit [Anzahl]	Angabe der Anzahl der Geschosse des Gebäudes bzw. der WIE
	Sanierungszustand	Angaben zum Sanierungszustand des Gebäudes oder der WIE
	Sanierung möglich [ja/nein]	Angabe, ob eine Sanierung grundsätzlich möglich ist. Eine Sanierung ist nicht möglich, wenn ein Abriss geplant ist oder das Gebäude unter Denkmalschutz steht
	letzte Sanierung [Jahr]	Angabe des Jahres, in dem **die letzte komplexe Sanierung** vorgenommen wurde
Energieausweis	**Verbrauch/Bedarf gem. Energieausweis [kWh/m²]**	Angabe des Verbrauches/ Bedarfes des Gebäudes bzw. der WIE gem. Energieausweis (muss sich auf die Einheit beziehen, die in Spalte E definiert wurde)
	Angabe Verbrauchsausweis oder Bedarfsausweis	
	Hauptenergieträger gem. Energieausweis	Angabe des Hauptenergieträgers gem. Energieausweis
Verbrauchs-messung 2021	**tatsächlich abgerechneter Verbrauch in 2021 [kWh]**	Falls vorhanden: Angabe des letzten verfügbaren Verbrauches des Gebäudes bzw. der WIE (muss sich auf die Einheit beziehen, die in Spalte E definiert wurde) Bitte einmal das Jahr angeben, für welches die Verbräuche erfasst wurden.

Heizungsangaben	**Heizungs-ID / Heizungszugehörigkeit [laufende Nummer]**	Vergabe einer Heizungs-ID mit dem Ziel, jedem Gebäude eineindeutig eine Heizung zuzuordnen. Sofern eine Heizung (Heizhaus) mehrere Gebäude versorgt, wird diesen Gebäuden jeweils die gleiche Heizungs-ID mit identischen Anlageninformationen zugeordnet. Werden mehrere (unterschiedliche) Gebäude z. B. mit Gasetagenheizungen versorgt, muss je Gebäude bzw. je WIE eine Heizungs-ID angelegt werden. Über diese Zuordnung ist es später möglich, die Heizungssanierung mit dem Gebäude zu verknüpfen, in denen sie wirken.
	Heizungstechnologie	Angabe von Details zur Bestandsanlage
	Einsatz von EE	Angabe ergänzender Energieträger z. B. Kombination PV mit WP, Solarthermie, Beimischung oder Spitzenlast
	Falls vorhanden: Baujahr der Heizungsanlage [Jahr]	Erläuterung Wohnungswirtschaft: Angegebene Jahreszahl zum Objekt aus dem Energieausweis mit Bezug zur Herrichtung bzw. Erneuerung des Hausanschlusses
	Angabe Warmwasser [zentral/dezentral]	
	Energieträger Warmwasser	Sofern die Warmwasserbereitung dezentral erfolgt, Angabe des Energieträgers
	Emissionsfaktor Energieträger [g CO_2/kWh]	Angabe der CO_2-Emissionen der eingesetzten Fernwärme (Angabe des Netzbetreibers, Zertifikat)
	Verfügbarkeit Fernwärme [ja/nein]	Wie wird die zukünftige Verfügbarkeit von Fern- oder Nahwärme eingeschätzt (Ausbau Fernwärmesysteme, lokale Wärmequellen für Nahwärmenetze)?
Ergänzung Angaben Gebäude	**Bautyp**	Erfassung des Bautypen zur besseren Definition des ursprünglichen energetischen Zustands (Sollten bei Ihnen weitere Bautypen vorkommen, bitte ergänzen)
	Bautyp_angepasst	Cluster Bautyp
	Aufgänge [Anzahl]	Anzahl der Aufgänge bzw. Anzahl der Adressen, die in der Wirtschaftseinheit enthalten sind

Anhang B – Abbildung 16 Teilnehmende Unternehmen und Projektteam

Wohnungsunternehmen
CAWG eG
Eisenhüttenstädter Gebäudewirtschaft GmbH
Eisenhüttenstädter Wohnungsbaugenossenschaft eG
Gebäudewirtschaft Cottbus GmbH
Genossenschaftliche Wohngemeinschaft Lübben eG
Kommunale Wohnungsgesellschaft mbH Senftenberg
Neuruppiner Wohnungsbaugesellschaft mbH
ProPotsdam GmbH
Strausberger Wohnungsbaugesellschaft mbH
Teltower Wohnungsbaugenossenschaft eG
WHG Wohnungsbau- u. Hausverwaltungs-GmbH
WIS Wohnungsbaugesellschaft im Spreewald m.b.H.
Wohnungsbaugenossenschaft 1903 Potsdam eG
Wohnungsbaugenossenschaft Brandenburg eG
Wohnungsbaugenossenschaft Frankfurt (Oder) eG
Wohnungsbaugenossenschaft Schwedt eG
Wohnungswirtschaft Frankfurt (Oder) GmbH

Projektteammitglieder des BBU Verband Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen e.V.

Matthias Brauner, Dr. Jörg Lippert, Kathrin Mölneck, Thomas Krug

Projektteammitglieder con|energy

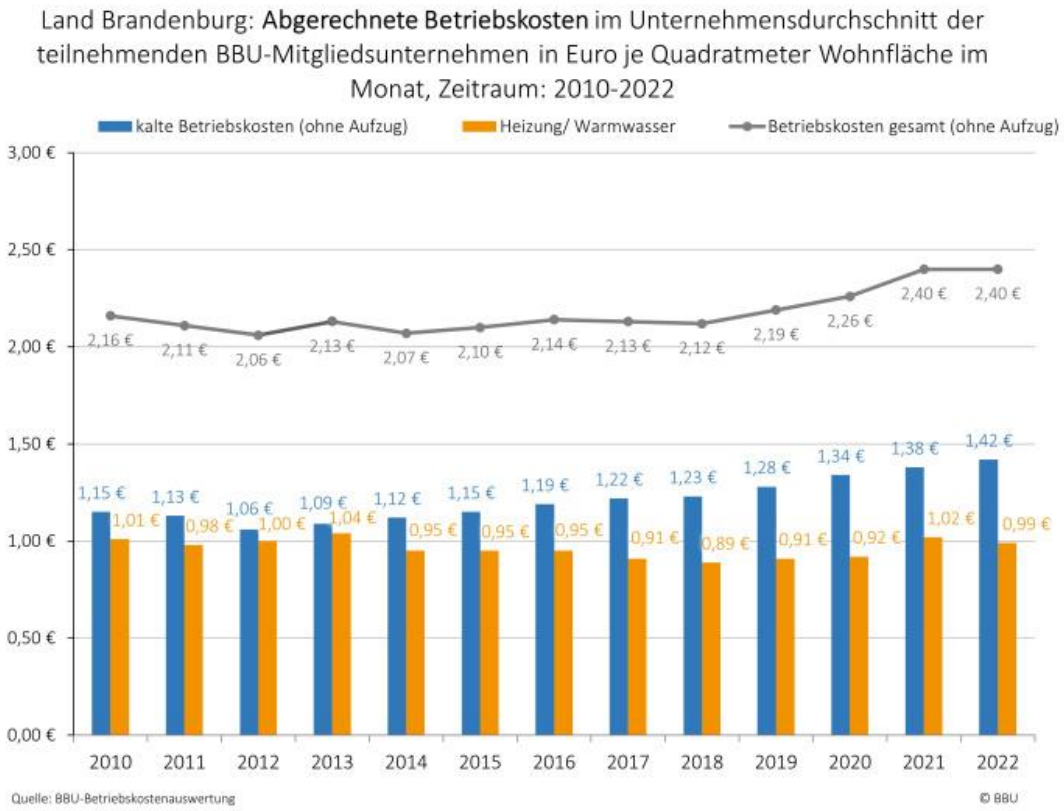
Johannes Predel, Lara Renner, Jonathan Schymczyk

Anhang C – Abbildung 17 Im Projekt betrachtete Brandenburger Fernwärme-Standorte

Standorte mit Fernwärme
Fernwärme Brandenburg a. d. H.
Fernwärme Cottbus
Fernwärme Eberswalde
Fernwärme Eisenhüttenstadt
Fernwärme Lübben
Fernwärme Lübbenau
Fernwärme Neuruppin
Fernwärme Potsdam
Fernwärme Senftenberg
Fernwärme Straußberg
Fernwärme Teltow

An diesen Standorten wurden entweder bekannte Transformationspfade übernommen oder es wurde mit Annahmen zur linearen Reduktion bis 2045 gearbeitet.

Anhang **D** – Abbildung 18 **Abgerechnete Betriebskosten BBU-Mitgliedsunternehmen 2010 - 2022**



Anhang E – Abbildung 19 Auswirkung Dekarbonisierung auf CO_2 Kosten je Wohnung

Jahr	kg CO2 / QM und Jahr	Wohnfläche MusterwohnungFläche in QM	kalkulatorischer CO2-Preis je Tonne in Euro	Kalkulatorischer CO2-Preis je KG	Betrag in Euro pro Jahr und Wohnung
2026	15,56	60	100	0,1	93,36 €
2030	9,73	60	120	0,12	70,06 €
2035	5,71	60	150	0,15	51,39 €
2040	2,59	60	180	0,18	27,97 €
2045	0,12	60	200	0,2	1,44 €

Quelle CO_2-Preis Schätzung BMWK-Broschüre **www.energiewechsel.de**; **Informationen vor dem Einbau einer neuen Heizung**; mittleres Preisszenario, Seite 4

Basisszenario (Sanierung auf einen Wärmebedarf von 70 kW/h pro QM und Jahr)
Darstellung der Auswirkungen von Sanierungen und Energiekosten auf Kalt- und Warmmieten bei künftiger Wärmeversorgung mit Geothermie

Jahr der Sanierung des Objektes	Wohnfläche MusterwohnungFläche in QM	Betrag in Euro pro Jahr und Wohnung	Mietpreis nach Modernisierung statische Ausgangmiete zzgl. Refinanzierung Modernisiserungskosten - Basisszenario	Wärmebedarf Basisszenario 70 kW/h pro QM und Jahr - mit prognostizierten Geothermiepreisen VKU Studie Persepktive Fernwärme 2020, aktualisiert 2024	Heizkosten inkl. CO2-Preis pro Jahr	Heizkosten pro QM	Kaltmiete + Heizkosten bei 70 kW/h
2026	60	93,36 €	12,22	0,188	882,96 €	1,23 €	13,45 €
2030	60	70,06 €	13,32	0,163	754,66 €	1,05 €	14,37 €
2035	60	51,39 €	15,62	0,17	765,39 €	1,06 €	16,68 €
2040	60	27,97 €	16,37	0,174	758,77 €	1,05 €	17,42 €
2044/45	60	1,44 €	17,62	0,167	702,84 €	0,98 €	18,60 €

Ist-Zustand 115 kW/h pro QM und Jahr wird beibehalten
Darstellung von Kalt- und Warmmieten ohne Weitergehende Sanierung (Beibehaltung des aktuellen Sanierungsgrades) bei künftiger Wärmeversorgung mit Geothermie

Jahr	Wohnfläche MusterwohnungFläche in QM	Heizkosten auf aktuellen durchschnittlichen energetischen Standard 115 kW/h pro QM und Jahr inkl. CO2-Preis	Kalmiete statische Ausgangsmiete 2023 - wie in der Mietkalkulation Basisszenario verwendet	Kaltmiete + Heizkosten und CO2 - Kosten bei 115 kW/h Ist-Zustand
2026	60	1.435,20 €	6,12 €	8,11 €
2030	60	1.290,30 €	6,12 €	7,91 €
2035	60	1.380,00 €	6,12 €	8,04 €
2040	60	1.449,00 €	6,12 €	8,13 €
2044/45	60	1.428,30 €	6,12 €	8,10 €

Quelle: Geschätzte Geothermie-Wärmepreise sind dem VKU-Gutachten „Perspektive der Fernwärme“ in der 2024 aktualisierten Fassung Link: Perspektive der Fernwärme Seite 8