

Bewertung des CO₂-Reduktionspotenzials ausgewählter Maßnahmen im Bereich Gebäude & Wohnen für das Land Bremen

Endbericht

Auftraggeber

Die Freie Hansestadt Bremen – Vertreten durch die Bremische Bürgerschaft

Forschungsnehmer/ Auftragnehmer

IREES Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien GmbH
Projektpartner

Autoren

Dr. Jan Steinbach, IREES
Jana Deurer, IREES

Hauptansprechpartner:

Dr. Jan Steinbach
Tel.: +49 721 9152636-45
E-Mail: j.steinbach@irees.de

Karlsruhe, 10. November 2021

IREES GmbH Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien

Durlacher Allee 77

D - 76131 Karlsruhe

Telefon: +49 721 – 915 2636 – 36

www.irees.de

info@irees.de

Geschäftsführung: Dr. Jan Steinbach

Amtsgericht Mannheim, Handelsregisternummer: HRB 111193

Grafiken und weitere Inhalte dieses Dokuments dürfen mit Namensnennung „IREES“ und Jahr der Veröffentlichung weiterverbreitet und zitiert werden.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildungsverzeichnis | vi |
| Tabellenverzeichnis..... | ix |
| 1 Einleitung..... | 1 |
| 1.1 Hintergrund..... | 1 |
| 1.2 Zielsetzung und Struktur des Berichts | 1 |
| 2 Beschreibung des methodischen Vorgehens..... | 3 |
| 2.1 Abgrenzung des Untersuchungsrahmens | 3 |
| 2.2 Ausgangsbilanz Endenergieverbrauch Gebäudebereich..... | 4 |
| 2.3 Vorgehen zur Quantifizierung der Maßnahmenwirkung..... | 5 |
| 3 Annahmen zur Entwicklung der externen Rahmenbedingungen | 8 |
| 3.1 Entwicklung der Wohnfläche | 8 |
| 3.2 Entwicklung der Außentemperaturen..... | 9 |
| 3.3 Entwicklung der Endverbraucherenergiepreise..... | 10 |
| 3.4 Biomasse- und Fernwärmepotenzial..... | 12 |
| 3.5 Emissionsfaktoren für Brennstoffe, Strom und Fernwärme | 12 |
| 4 Ergebnisse des Baseline-Szenarios | 14 |
| 4.1 Entwicklung des Endenergiebedarfs | 14 |
| 4.2 Quantifizierung der Ziellücke | 15 |
| 5 Quantifizierung der Wirkung der Maßnahmenbündel | 17 |
| 5.1 Maßnahmenbündel Variante 1 - Klimaneutralität bis 2045..... | 18 |
| 5.2 Maßnahmenbündel Variante 2 - Klimaneutralität bis 2040..... | 22 |
| 5.3 Wirkung auf die Sanierungsrate..... | 26 |
| 6 Quantifizierung der Wirkung auf Einzelmaßnahmenebene..... | 27 |
| 6.1 Förderprogramm Sanierung | 27 |
| 6.2 Suffizienz Wohnfläche | 32 |
| 6.3 Nutzungspflicht EE-Wärme..... | 39 |
| 6.4 Energieberatungszentrum..... | 43 |
| 6.5 Adressierung der Worst-Performing-Buildings | 47 |
| 6.6 Neubau Plusenergie | 51 |
| 6.7 Bündel öffentliche Gebäude | 53 |
| 6.8 Selbstverpflichtung Wohnungsgesellschaften | 58 |
| 6.9 Selbstverpflichtung Wohnungsgenossenschaften | 59 |

| | | |
|----------|---|----|
| 6.10 | Austauschprogramm weiße Ware..... | 61 |
| 6.11 | Ausbau von Mieterstromanlagen | 65 |
| 7 | Literaturverzeichnis..... | 71 |
| Anhang A | Modellbeschreibung INVERT/EE-Lab und INVERT-Agents..... | 73 |
| Anhang B | Weitere Ergebnisse Baseline Szenario..... | 78 |

Abkürzungen

| | |
|--------------------|--|
| CO ₂ | Kohlendioxid |
| CO ₂ äq | Kohlendioxid - Äquivalent |
| EFH | Einfamilienhaus |
| GMH | Großes Mehrfamilienhaus |
| KMH | Kleines Mehrfamilienhaus |
| KWh | Kilowattstunde |
| MFH | Mehrfamilienhaus |
| MMH | Mittleres Mehrfamilienhaus |
| MW | Megawatt |
| RH | Reihenhaus |
| THG | Treibhausgas |
| TWh | Terawattstunde (10 ¹² Watt) |
| VBH | Vollbenutzungsstunden |
| WPB | Worst-Performing-Buildings |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Abgrenzung des Gebäudebereichs im Klimaschutzplan 2050 und der Energieeffizienzstrategie Gebäude | 4 |
| Abbildung 2: Schematische Darstellung des methodischen Vorgehens | 5 |
| Abbildung 3: Vorgehen zur Berechnung der Nettowirkung auf Einzelmaßnahmenebene und auf Ebene des gesamten Maßnahmenbündels..... | 7 |
| Abbildung 4: Aktuelle Bevölkerungsprojektionen im Vergleich..... | 8 |
| Abbildung 5: Angenommene Entwicklung der Wohnfläche im Zeitraum 2018 bis 2050 .. | 9 |
| Abbildung 6: Endverbraucherpreise Haushalte für Brennstoffe (inkl. MwSt.) | 10 |
| Abbildung 7: Endverbraucherpreise Haushalte Strom (inkl. MwSt.) | 11 |
| Abbildung 8: Annahme zur Entwicklung der CO ₂ -Preise für Verkehr und Wärme im BEHG..... | 11 |
| Abbildung 9: Verfügbares Biomassepotenzial..... | 12 |
| Abbildung 10: Verfügbares Fernwärmepotenzial | 12 |
| Abbildung 11: Entwicklung des Endenergiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser in Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden im Baseline-Szenario | 15 |
| Abbildung 12: Treibhausgasemissionen nach Quellenbilanz im Baseline-Szenario..... | 16 |
| Abbildung 13: Übersicht über Einzelmaßnahmen und Maßnahmenbündel | 17 |
| Abbildung 14: THG-Reduktion nach Quellenbilanz bis 2030: Maßnahmenbündel Variante 1 - Klimaneutralität 2045..... | 18 |
| Abbildung 15: THG-Reduktion nach Quellenbilanz bis 2040: Maßnahmenbündel Variante 1 - Klimaneutralität 2045..... | 19 |
| Abbildung 16: THG-Reduktion nach Verursacherbilanz bis 2030: Maßnahmenbündel Variante 1 - Klimaneutralität 2045..... | 20 |
| Abbildung 17: THG-Reduktion nach Verursacherbilanz bis 2040: Maßnahmenbündel Variante 1 - Klimaneutralität 2045..... | 21 |
| Abbildung 18: Veränderung des Endenergiebedarfs nach Energieträgern im Vergleich zum Baseline-Szenario bis 2030 – Maßnahmenbündel Variante 1 | 21 |
| Abbildung 19: Wirkung der Maßnahmen im Jahr 2030 nach Quellenbilanz zur Erreichung der Klimaneutralität 2040..... | 22 |
| Abbildung 20: Wirkung der Maßnahmen im Jahr 2040 nach Quellenbilanz zur Erreichung der Klimaneutralität 2040..... | 23 |
| Abbildung 21: Wirkung der Maßnahmen im Jahr 2030 nach Verursacherbilanz zur Erreichung der Klimaneutralität 2040 | 24 |
| Abbildung 22: Wirkung der Maßnahmen im Jahr 2040 nach Verursacherbilanz zur Erreichung der Klimaneutralität 2040 | 25 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 23: Veränderung des Endenergiebedarfs nach Energieträgern im Vergleich zum Baseline-Szenario bis 2030 – Maßnahmenbündel Variante 2..... | 26 |
| Abbildung 24: Förderprogramm Sanierung - Treibhausgaseinsparung nach Quellenbilanz nach Varianten für die Jahre 2030 und 2040 | 29 |
| Abbildung 25: Förderprogramm Sanierung - Endenergiebedarf nach Energieträgern und Varianten..... | 30 |
| Abbildung 26: Förderprogramm Sanierung - Kumulierte Anzahl durchgeführter Sanierungen nach Sanierungstiefe und Varianten..... | 31 |
| Abbildung 27: Förderprogramm Sanierung – Sanierungsrate im Mittel über 10 für Wohn- und Nichtwohngebäude | 31 |
| Abbildung 28: Suffizienz Wohnfläche - Verteilung der privaten Haushalte nach beanspruchter Fläche im Land Bremen | 35 |
| Abbildung 29: Suffizienz Wohnfläche - Kumulierte Anzahl an Gebäuden und Entwicklung der spezifischen Wohnfläche im Baseline-Szenario | 36 |
| Abbildung 30: Suffizienz Wohnfläche - Entwicklung der spezifischen Wohnfläche in den Varianten 1 und 2 | 37 |
| Abbildung 31: Suffizienz Wohnfläche – Endenergieeinsparung in GWh | 37 |
| Abbildung 32: Suffizienz Wohnfläche – Treibhausgaseinsparung nach Quellenbilanz | 38 |
| Abbildung 33: Suffizienz Wohnfläche – Anzahl an Neubauten im Baseline-Szenario und in den Varianten | 38 |
| Abbildung 34: Nutzungspflicht EE-Wärme - Treibhausgaseinsparung nach Quellenbilanz..... | 41 |
| Abbildung 35: Nutzungspflicht EE-Wärme - Endenergiebedarf nach Energieträgern ... | 42 |
| Abbildung 36: Energieberatungszentrum - THG-Reduktionsminderung nach Quellenbilanz..... | 46 |
| Abbildung 37: Energieberatungszentrum - Endenergieeinsparung in GWh..... | 47 |
| Abbildung 38: Neuvermietungs-/ Verkaufsverbot WPB - THG-Reduktionsminderung nach Quellenbilanz in den Jahren 2030 und 2040 nach Varianten | 50 |
| Abbildung 39: Neuvermietungs-/ Verkaufsverbot WPB - Endenergieeinsparung in GWh | 50 |
| Abbildung 40: Neubau Plusenergie – Treibhausgaseinsparung nach Quellenprinzip... | 52 |
| Abbildung 41: Wärmeendenergieverbrauch öffentliche Gebäude im Land Bremen | 55 |
| Abbildung 42: Ergebnisse der Klimaschutzteilkonzepte mit Bezug Energieeinsparpotentiale in öffentlichen Gebäuden | 56 |
| Abbildung 43: Treibhausgaseinsparung nach Quellenbilanz..... | 57 |
| Abbildung 44: Bündel Öffentliche Gebäude - Endenergieeinsparung in GWh..... | 57 |
| Abbildung 45: Austauschprogramm - Prognostizierte Verteilung der Kühl- und Gefrierschränke bis 2045 | 63 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 46: Mieterstromanlagen - Anzahl der Wohngebäude im Land Bremen nach Anzahl der Wohnungen | 67 |
| Abbildung 47: Mieterstromanlagen – Eigentümerstruktur von Wohngebäuden im Land Bremen | 67 |
| Abbildung 48: Mieterstromanlagen - Anzahl installierter PV-Anlagen im Land Bremen nach Leistung | 69 |
| Abbildung 49: Mieterstromanlagen - Stromerzeugung nach ausgeschöpftem Potenzial | 70 |
| Abbildung 50: Struktur des Simulationsmodells Invert/EE-Lab Gebäudetypologische Abbildung von Referenzgebäuden und Wärmeversorgungstechnologien | 74 |
| Abbildung 51: Struktur der hinterlegten Gebäudetypologie in Invert/ EE-Lab Modellierung von Investoren im Gebäudebereich | 75 |
| Abbildung 52: Modellierung der Gebäudeeigentümer:innen als Investor-Agenten Modellierung von Politikinstrumenten | 76 |
| Abbildung 53: Schematische Darstellung der Modellierung von Politikinstrumenten in Invert-Agents | 76 |
| Abbildung 54: Treibhausgasemissionen nach Verursacherbilanz im Baseline-Szenario nach amtlicher Bilanzierungsmethode..... | 78 |
| Abbildung 55: Treibhausgasemissionen nach Verursacherbilanz im Baseline-Szenario nach Bilanzierungsmethode der swb AG | 78 |
| Abbildung 56: Durchgeführte Sanierungen nach Ambitionsniveau im Baseline-Szenario | 79 |
| Abbildung 57: Sanierungsrate im Mittel über 10 Jahre im Baseline-Szenario | 79 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Endenergiebedarf für den Anwendungsbereich Raumwärme und Warmwasser für 2018 in GWh..... | 5 |
| Tabelle 2: Klimafaktor zur Berücksichtigung steigender Temperaturen im Endenergiebedarf | 10 |
| Tabelle 3: Verwendete Emissionsfaktoren..... | 13 |
| Tabelle 4: Suffizienz Wohnfläche - Anzahl Haushalte, Wohnfläche pro Haushalt und pro Kopf in den Zielgruppen in Deutschland | 34 |
| Tabelle 5: Suffizienz Wohnfläche - Anzahl Haushalte, Wohnfläche pro Haushalt und pro Kopf in den Zielgruppen im Land Bremen im Ausgangszustand | 35 |
| Tabelle 6: Suffizienz Wohnfläche - Anzahl Haushalte, Wohnfläche pro Haushalt und pro Kopf der Zielgruppen in den Szenarien..... | 35 |
| Tabelle 7: Suffizienz Wohnfläche - Neugebaute Fläche im Baseline-Szenario | 37 |
| Tabelle 8: Suffizienz Wohnfläche - Graue Energie von Neubauten im Baseline-Szenario und in den Varianten | 39 |
| Tabelle 9: Austauschprogramm - Energieverbrauch für Kühl- und Gefriergeräte nach Energieeffizienzklassen | 63 |
| Tabelle 10: Austauschprogramm – Einsparung beim Umstieg auf effiziente Kühl- und Gefrierkombinationen in kWh | 64 |
| Tabelle 11: Mieterstrom - Maximalpotenzial nach BMWi-Studie..... | 66 |
| Tabelle 12: Mieterstrom – Gesamte Anzahl an Wohngebäuden und potenzielle Anzahl an Wohngebäuden für Mieterstromanlagen nach Gebäudetyp..... | 68 |
| Tabelle 13: Mieterstrom – Maximalpotenzial für EE-Strom durch Mieterstromanlagen im Land Bremen | 68 |
| Tabelle 14: Mieterstromanlagen - Bereits installierte PV-Leistung nach Gebäudetypen im Land Bremen..... | 69 |

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

In Anbetracht des voranschreitenden Klimawandels wurde in Bremen Anfang des Jahres 2020 die Enquete-Kommission „Klimaschutzstrategie für das Land Bremen“ eingesetzt, mit dem Ziel eine umfassende Klimaschutzstrategie für Bremen und Bremerhaven vorzulegen, die Klimaschutzziele für das Jahr 2030 definiert sowie Strategien und Maßnahmen für die Erreichung dieser Ziele enthält. Die darin enthaltenen Maßnahmen orientieren sich zum einen am globalen CO₂-Budget und den Prinzipien der Klimagerechtigkeit, berücksichtigen aber auch den lokalen Handlungsspielraum und die Akzeptanz der Gesellschaft. Mit den konkreten politischen Handlungs- und Umsetzungsempfehlungen soll eine schnellstmögliche Reduktion der Treibhausgasemissionen in den Sektoren erreicht werden. Die Maßnahmen adressieren sowohl die Sektoren Energie und Abfallwirtschaft, Industrie und Wirtschaft, Mobilität und Verkehr sowie Gebäude und Wohnen, als auch Wissenschaft und Bildung sowie Konsum und Ernährung und den damit verbundenen Ressourcenverbrauch.

Der Sektor „Gebäude und Wohnen“¹ umfasst die Wohngebäude der privaten Haushalte und Nichtwohngebäude im Sektor GHD und Industrie. Die Enquete-Kommission hat hierzu eine Reihe von Maßnahmen vorgeschlagen, mit denen sowohl eine Aktivitätssteigerung als auch eine schnelle Diffusion zielkonformer technischer und verhaltensbasierter Maßnahmen erreicht werden sollen. Die Maßnahmen sind dabei nach den folgenden Strategien den unterschiedlichen Segmenten des Gebäudebereichs zugeordnet:

- Erhöhung der Sanierungsrate
- Erhöhung der Sanierungstiefe
- Klimaneutraler Neubau
- Umbau der Wärme- und Kälteversorgung
- Ausbau lokaler regenerativer Stromerzeugung
- Austausch ineffizienter Stromverbraucher
- Bewusstseins- und Verhaltenssensibilisierung

1.2 Zielsetzung und Struktur des Berichts

Zielsetzung des Gutachtens ist es, die im Zwischenbericht der Enquete-Kommission vorgelegten Maßnahmen im Gebäudebereich hinsichtlich ihrer Wirkungen und der Treibhausgaseinsparpotenziale zu quantifizieren.

Für die Bewertung der Maßnahmen ist dabei zunächst eine Konkretisierung der Ausgestaltungsparameter notwendig. Dabei werden für die Maßnahmen jeweils zwei Ausgestaltungsvarianten definiert, die ein weniger ambitioniertes und ein sehr ambitioniertes Politikdesign widerspiegeln. Als Zielvorgabe für die Ausgestaltung gilt das schnellstmögliche Erreichen der Klimaneutralität unter Berücksichtigung der kumulierten Emissionen des Landes Bremen. Die durch die Maßnahmen induzierten CO₂-Einsparungen werden sowohl nach Quellen- als auch nach Verursacherprinzip bilanziert. Die Wirkungsanalyse erfolgt für den Zeitraum bis 2045. Die Ergebnisse werden für die Zieljahre 2030 und 2040 ausgegeben.

¹ Im Folgenden wird die Bezeichnung „Gebäudebereich“ verwendet.

Im Folgenden wird zunächst das methodische Vorgehen zur Quantifizierung der Einzelmaßnahmen und des Maßnahmenbündels dargestellt. Kapitel 3 gibt einen Überblick über den Gebäudebereich im Land Bremen und den relevanten Annahmen zur Entwicklung der Rahmendaten, wie Energiepreise und Entwicklung des Rechts- und Förderrahmens auf nationaler Ebene. Kapitel 4 stellt die Ergebnisse des modellierten Baseline-Szenarios bis zum Jahr 2045 dar, aus dem die durch die zusätzlichen Maßnahmen zu deckende Ziellücke abgeleitet wird.

2 Beschreibung des methodischen Vorgehens

2.1 Abgrenzung des Untersuchungsrahmens

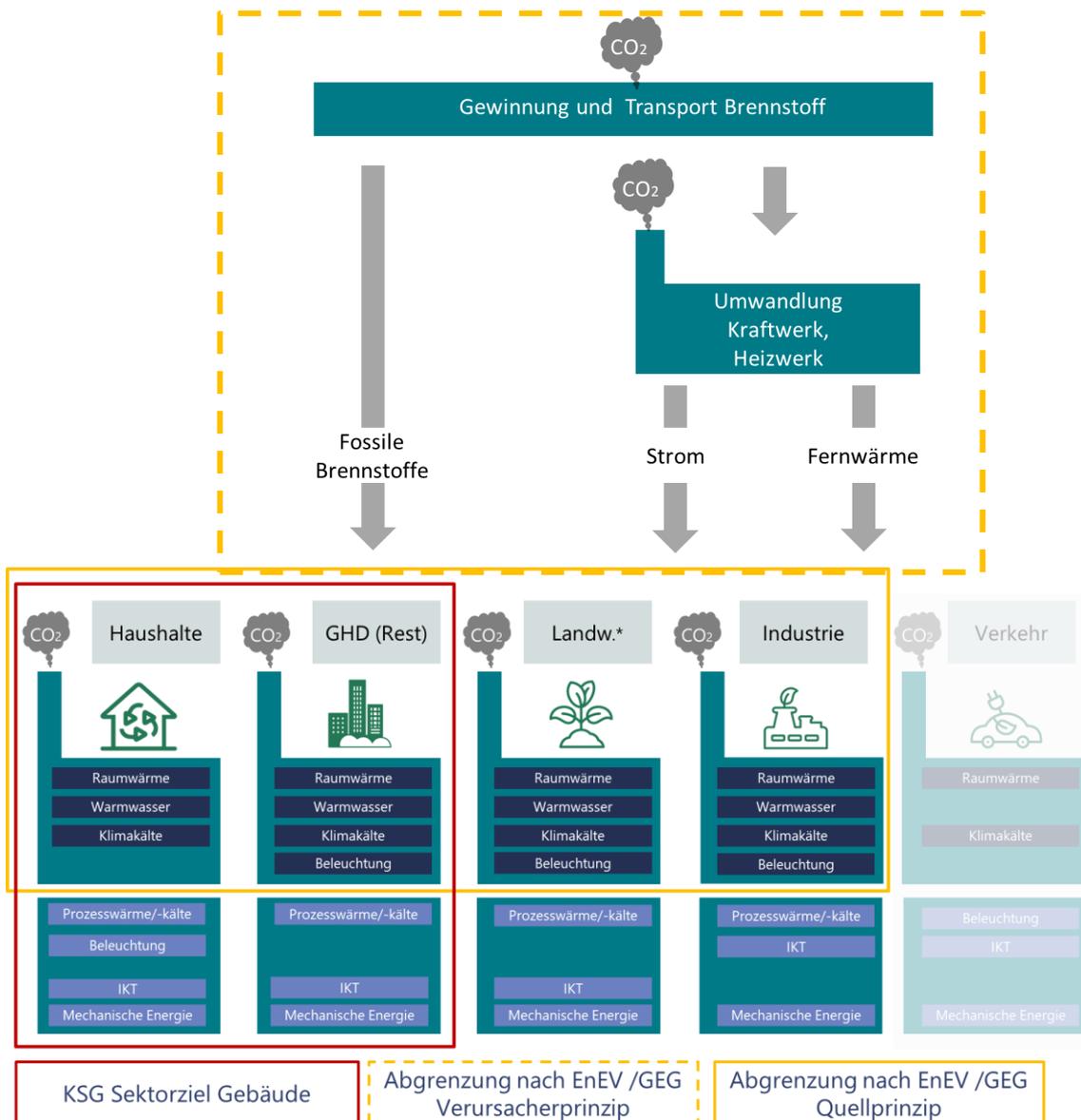
Der „Gebäudebereich“ stellt keinen Wirtschaftssektor im Sinne der allgemeinen Statistik dar und ist somit in der Energiebilanz auch nicht als Energieverbrauchssektor definiert. Durch die Relevanz des Energieverbrauchs in Gebäuden wird dieser jedoch durch sektorspezifische Ziele und Politikinstrumente adressiert und in unterschiedlichen Szenarienanalysen zur langfristigen Untersuchung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen untersucht. Die Abgrenzung des Gebäudebereichs ist in den einzelnen Studien und auch mit Bezug auf die politischen Ziele jedoch unterschiedlich.

Dem Ziel der Energiewende zur Reduktion des Primärenergiebedarfs (PE-Bedarf) von 80 % bis 2050 in Gebäuden liegt der Bilanzraum der Energieeinsparverordnung (EnEV)² zugrunde (BMU & BMWI, 2011; Löschel et al., 2014). Dieser umfasst den Energiebedarf thermisch konditionierter Gebäude (Raumwärme, Warmwasser, Lüftung und Kühlung) sowie den Strombedarf für eingebaute Beleuchtung in Nichtwohngebäuden. Dabei werden die Sektoren Haushalte (Wohngebäude), GHD und Industrie (Nichtwohngebäude) betrachtet. Die Sektorziele für den Gebäude-sektor aus dem Klimaschutzgesetz basieren hingegen nicht auf der Abgrenzung EnEV Bilanzraum, sondern auf Grundlage der sektoralen Emissionsbilanzierung, welches im Rahmen der Berichterstattung zum Kyoto-Protokoll erstellt wird³. Der „Gebäudebereich“ umfasst die direkten Emissionen der Sektoren Haushalte und GHD ohne die Bereiche Landwirtschaft, Fischerei und Forstwirtschaft. Neben der separaten Bilanzierung der Landwirtschaft werden auch noch die THG-Emissionen mobiler Quellen herausgerechnet, was die Verwendung von Kraftstoffen der Haushalte und des GHD Sektors umfasst. Zudem erfolgt die Bilanzierung entsprechend dem Quellenprinzip der THG-Emissionen, so dass die Energieverbräuche von Strom und Fernwärme in Gebäuden im Klimaschutzplan der Energiewirtschaft zugeschrieben werden.

² Die EnEV ist zusammen mit dem Energieeinsparungsgesetz (EnEG) und dem Erneuerbaren-Wärme-gesetz zusammengeführt worden, welches am 1. November 2020 in Kraft getreten ist.

³ Vgl. Harthan et al. (2017) für eine detaillierten Abgrenzung aller Sektoren im Klimaschutzplan

Abbildung 1: Abgrenzung des Gebäudebereichs im Klimaschutzplan 2050 und der Energieeffizienzstrategie Gebäude



2.2 Ausgangsbilanz Endenergieverbrauch Gebäudebereich

Entsprechend der dargestellten Abgrenzung ist für die Untersuchung der Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser im Gebäudebereich – Sektoren Private Haushalte und GHD relevant. Als Startjahr für die Modellierung wird das Jahr 2018 gewählt, da dafür die relevanten statistischen Daten vorliegen. In der Energiebilanz liegt der Endenergiebedarf für das Land Bremen allerdings nur nach Verbrauchssektoren und eingesetzten Energieträgern vor, nicht nach den Energieanwendungen. Um eine Anwendungsbilanz für das Land Bremen zu erstellen, wird daher zunächst eine Aufteilung der Energiebilanz des Länderarbeitskreises Energiebilanzen anhand der vorliegenden Anwendungsbilanzen für Deutschland vorgenommen (BMW, 2019). Hierbei wird angenommen, dass die relativen Anteile der einzelnen Energieanwendungen differenziert nach Sektoren und Energieträger für Bremen die gleiche Struktur aufweisen.

Tabelle 1 zeigt den resultierenden Endenergiebedarf für die Anwendungen Raumwärme und Warmwasser für das Jahr 2018, basierend auf der Energiebilanz für Bremen.

Für den Gebäudebereich des Landes Bremen im Sinne der hier vorgenommenen Abgrenzung ergibt sich damit ein Endenergiebedarf von rund 6.400 GWh für das Jahr 2018, der als Ausgangsbilanz in die Analyse einfließt.

Tabelle 1: Endenergiebedarf für den Anwendungsbereich Raumwärme und Warmwasser für 2018 in GWh

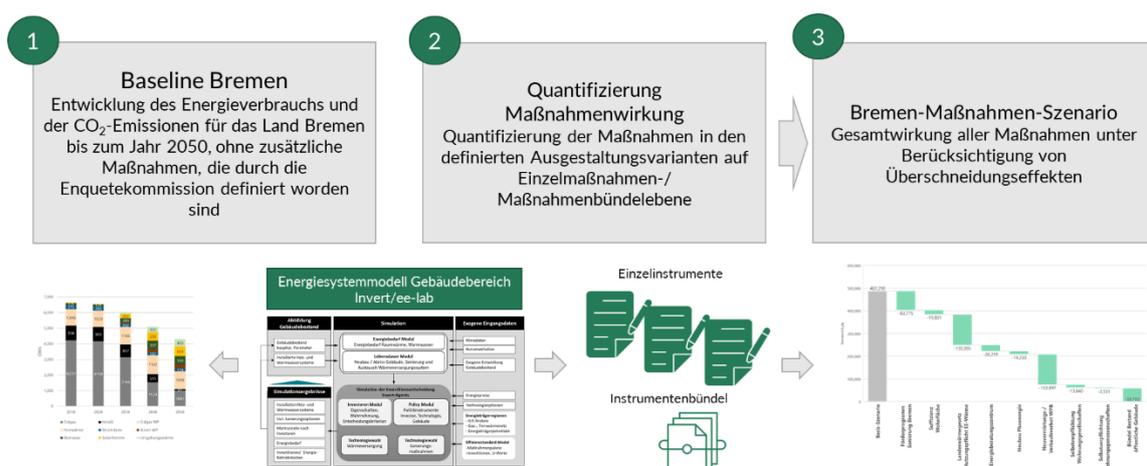
| Sektor | Heizöl | Erdgas | Solar-energie | Biomasse | Sonstige EE | Strom | Fern-wärme | Summe |
|------------------------------|------------|--------------|---------------|------------|-----------------------|------------|------------|--------------|
| GHD | 129 | 1.073 | 1 | 20 | 2 | 99 | 69 | 1.392 |
| Raumwärme | 116 | 1.005 | | 18 | | 50 | 56 | |
| Warmwasser | 13 | 68 | 1 | 2 | | 49 | 13 | |
| Haushalte⁴ | 801 | 3.080 | 14 | 159 | 21⁵ | 181 | 771 | 5.027 |
| Raumwärme | 671 | 2.430 | | 137 | | 56 | 702 | |
| Warmwasser | 120 | 637 | 14 | 22 | | 116 | 70 | |

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von BMWi Energiedaten und LAK Energiebilanzen

2.3 Vorgehen zur Quantifizierung der Maßnahmenwirkung

Abbildung 2 skizziert das Vorgehen zur Quantifizierung der Maßnahmenwirkung. Im **ersten Schritt** wird auf Basis der vorliegenden Daten zum Gebäudebestand im Land Bremen mit dem bottom-up Simulationsmodell Invert/EE-lab ein Baseline-Szenario für den Gebäudebereich bis zum Jahr 2050 unter Berücksichtigung der definierten externen Rahmenbedingungen (vgl. Kapitel 3) modelliert.

Abbildung 2: Schematische Darstellung des methodischen Vorgehens



⁴ Bei Haushalten ist der Endenergiebedarf für Klimakälte wegen des geringen Anteils (<0,5 %) in den Anwendungen Raumwärme und Warmwasser inkludiert.

⁵ Keine Angabe in BMWi Energiedaten

Dabei werden die aktuellen Politikinstrumente auf nationaler Ebene berücksichtigt und bis zum Jahr 2045 fortgeschrieben. Das Szenario dient als Baseline und gibt einen Pfad für die Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der THG-Emissionen für das Land Bremen bis zum Jahr 2050 vor, ohne die zusätzlichen Maßnahmen, die durch die Enquetekommission definiert worden sind. Aus den Ergebnissen der Szenarioberechnung kann somit die Ziellücke in Form der noch bestehenden THG-Emissionen im Gebäudebereich in Bremen für die Jahre 2030, 2040 und 2045 quantifiziert werden.

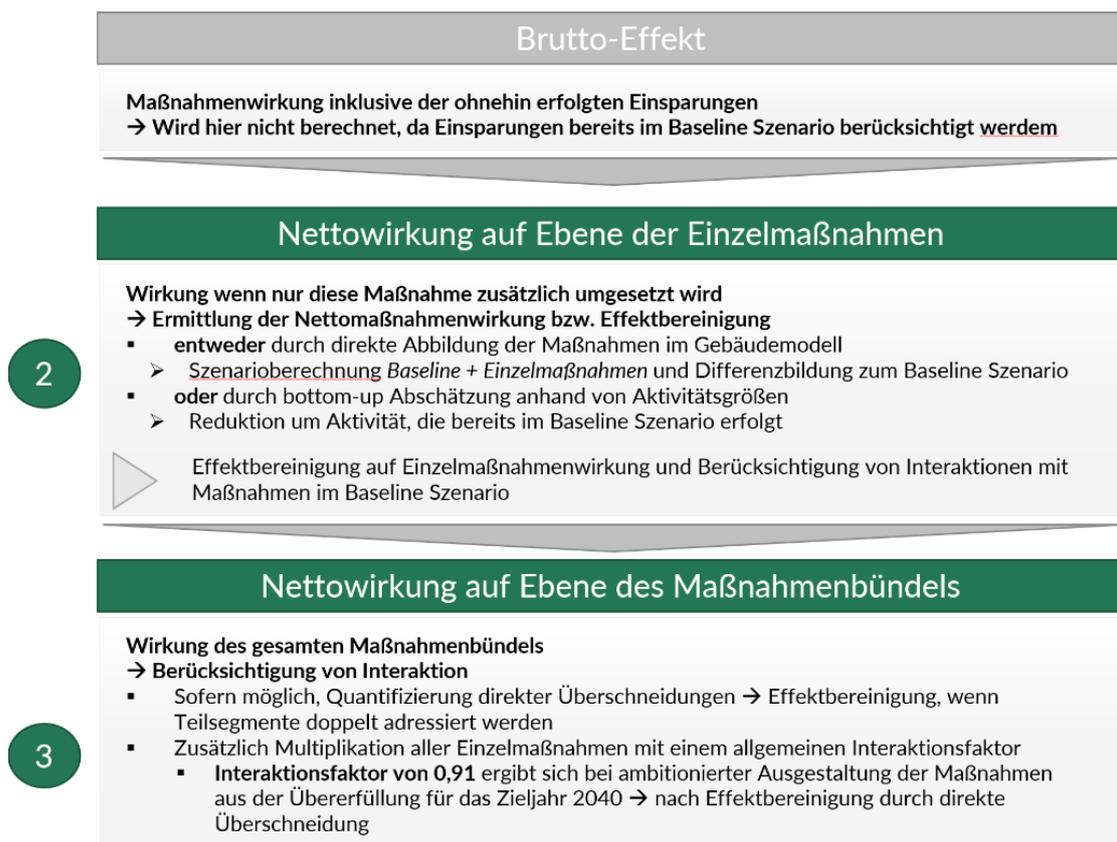
Das Modell Invert/EE-lab bildet den Gebäudebestand inklusive der installierten Wärmeversorgungssysteme für Deutschland bereits detailliert über Referenzgebäude ab. Die Veränderung des Gebäudebestandes wird anhand einer agenten-basierten Simulation der Investitionsentscheidungen der unterschiedlichen Gebäudeeigentümer:innen modelliert. Der Gebäudebestand kann anhand der spezifischen Gebäudedaten auf Landesebene angepasst werden. Die Gebäudetypologie von Bremen wird anhand statistischer Daten wie Gebäudekategorien, Baualtersklassen und eingesetzter Wärmeversorgungssysteme bestimmt. Darüber hinaus wird das Modell auf den Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser skaliert. Eine detaillierte Beschreibung des Modells Invert/EE-Lab ist im Anhang A zu finden.

Im **zweiten Schritt** wird die Wirkung der Maßnahmen quantifiziert. Hierzu wird zunächst analysiert, für welche Maßnahmen eine Einzelbewertung durchgeführt werden kann und für welche Maßnahmen nur eine Bewertung als Bündel vorgenommen wird. Für die Quantifizierung der Maßnahmen werden zwei unterschiedliche Methoden angewendet. Sofern eine Parametrisierung der jeweiligen Ausgestaltung im Modell Invert/EE-Lab möglich ist, wird für die Einzelmaßnahmen ein eigenes Szenario gerechnet. Dabei werden alle Daten konstant gehalten, bis auf die Parameter der jeweiligen Maßnahmen. Die Maßnahmenwirkung lässt sich dann aus der Differenz der beiden Szenarien ermitteln. Falls eine Bewertung mit Invert/EE-lab nicht möglich ist, wird das Reduktionspotenzial der Maßnahmen basierend auf den Wirkmechanismen und auf vorhandenen Evaluationen vergleichbarer Instrumente berechnet. Die jeweils angewendete Methode und die verwendete Datengrundlage werden im Detail in Kapitel 6. für jede Maßnahme dargestellt. Das Ergebnis dieser Bewertung stellt die Wirkung der jeweiligen Maßnahmen gegenüber der Baseline dar. Dies bedeutet, dass die Interaktion und Überschneidung mit bestehenden Instrumenten, die bereits im Baseline enthalten sind, berücksichtigt sind. Überschneidungs- und Interaktionseffekte mit den anderen für Bremen definierten zusätzlichen Maßnahmen sind dabei jedoch noch nicht korrigiert. Die Ergebnisse stellen somit die Wirkung mit Bezug auf das Reduktionspotenzial der jeweiligen Maßnahme dar, wenn diese als einzige zusätzliche Maßnahmen implementiert wird. Die Wirkung aller Maßnahmen zusammen genommen lässt sich somit nicht durch die Summe der Einzelmaßnahmenwirkungen abbilden.

Um die Gesamtwirkung aller Maßnahmen bis 2030 bzw. 2040 zu quantifizieren, erfolgt im **dritten Schritt** eine Korrektur unter Berücksichtigung von Interaktion und Überschneidung auf Ebene des Maßnahmenbündels (Bremen-Maßnahmen-Szenario). Insgesamt orientiert sich das Vorgehen bei der Effektbereinigung dabei am „Methodikleitfaden für Evaluationen von Energieeffizienzmaßnahmen“ (Fraunhofer ISI 2020). Abbildung 3 veranschaulicht das Vorgehen bei der Berechnung der Nettowirkungen auf Einzelmaßnahmenebene (Schritt 2) sowie den dritten Schritt zur Quantifizierung der Nettowirkung des gesamten Maßnahmenbündels für Bremen. Dabei werden, soweit möglich, direkte Überschneidungen zwischen Maßnahmen korrigiert, die sich z.B. dadurch ergeben, dass gleiche Teilsegmente mit gleicher Wirkungsweise adressiert wer-

den. Beispielsweise adressiert die Maßnahme einer Nutzungspflicht für EE-Wärme in einem Landeswärmegesetz alle Gebäude. Zusätzlich ist jedoch für den Bereich der öffentlichen Gebäude ebenfalls eine Nutzungspflicht vorgesehen. Die Wirkung der Nutzungspflicht für öffentliche Gebäude ist bereits in der Wirkung der Maßnahme „Landeswärmegesetz“ enthalten, so dass hier eine Korrektur vorgenommen wird. Da nicht alle Überschneidungen und Interaktionen direkt zugeordnet werden können, werden alle Maßnahmen mit einem allgemeinen Interaktionsfaktor multipliziert. In anderen Studien zur Bewertung von Gebäudeförderung werden Interaktionsfaktoren von 0,7 bis 0,8 angesetzt, die in der Regel auf Expertenschätzungen beruhen. Methodisch bilden diese jedoch dabei auch bereits korrigierte Überschneidungen ab, sowie weitere Interaktionen mit bestehenden Maßnahmen, die bereits in der Baseline berücksichtigt sind. Da dies hier bereits korrigiert ist, ist eine geringfügigere Korrektur mit einem entsprechend höheren Interaktionsfaktor zu erfahren. In dieser Untersuchung wird die Interaktion aus der Übererfüllung des Klimaneutralitätsziels im Jahr 2040 durch das Maßnahmenbündel mit sehr ambitionierter Ausgestaltung der Maßnahmen ermittelt. Daraus ergibt sich ein Interaktionsfaktor von 0,91, der für die Bewertung des Maßnahmenbündels angesetzt wird.

Abbildung 3: Vorgehen zur Berechnung der Nettowirkung auf Einzelmaßnahmenebene und auf Ebene des gesamten Maßnahmenbündels



3 Annahmen zur Entwicklung der externen Rahmenbedingungen

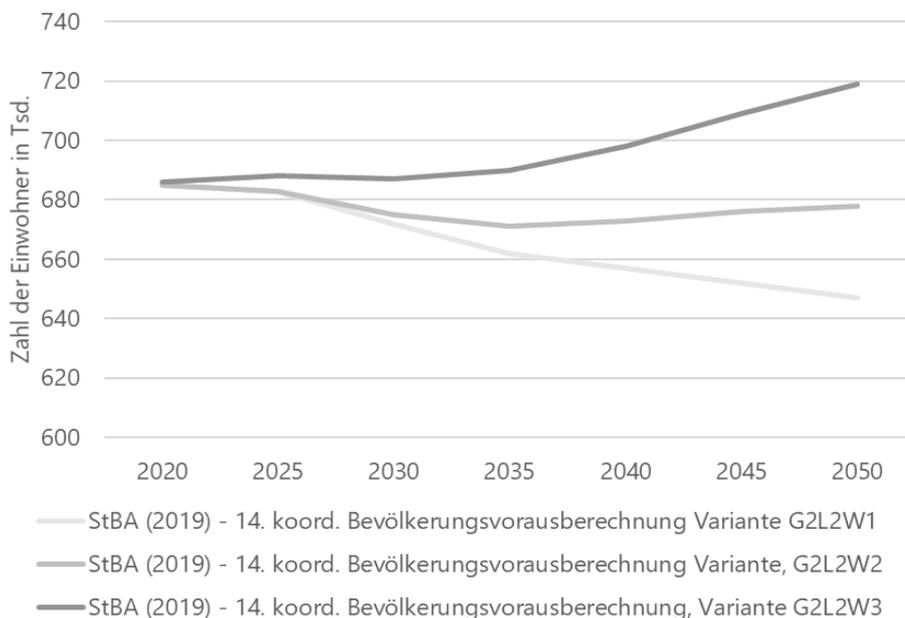
In diesem Kapitel werden die Annahmen zur Entwicklung der zentralen externen Rahmenbedingungen dargestellt, die auf die Wärmenachfrage im Gebäudebereich wirken und in der Szenarioanalyse berücksichtigt werden.

3.1 Entwicklung der Wohnfläche

Die demographische Entwicklung ist ein entscheidender Faktor bei der antizipierten Berechnung von Treibhausgasemissionen. Zum einen besteht ein direkter Zusammenhang zwischen Bevölkerung und THG-Emissionen bei der Nutzung von Brennstoffen für bspw. Transport. Zum anderen wird die Brennstoffnutzung durch die Erwerbstätigkeit der Bevölkerung beeinflusst.

Im Jahr 2019 hat das Statistische Bundesamt die 14. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung veröffentlicht. Die Varianten dieser Berechnung zeigen, wie sich die Bevölkerung bei einer moderaten Änderung der Geburtenzahl und Lebenserwartung sowie einer unterschiedlichen Zuwanderung, entwickeln würde (Statistisches Bundesamt, 2019). Abbildung 4 zeigt die Varianten der koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung für Bremen. In Variante G2L2W3 wird aufgrund des Wanderungssaldos von einer konstant steigenden Bevölkerung ausgegangen. Die Variante G2L2W2 und G2L2W1 gehen aufgrund des geringeren Wanderungssaldos dagegen zunächst von einer Reduktion der Bevölkerung aus. In Variante G2L2W2 steigt die Bevölkerung jedoch ab 2035 an, während in Variante G2L2W1 die Anzahl weiter kontinuierlich sinkt.

Abbildung 4: Aktuelle Bevölkerungsprojektionen im Vergleich



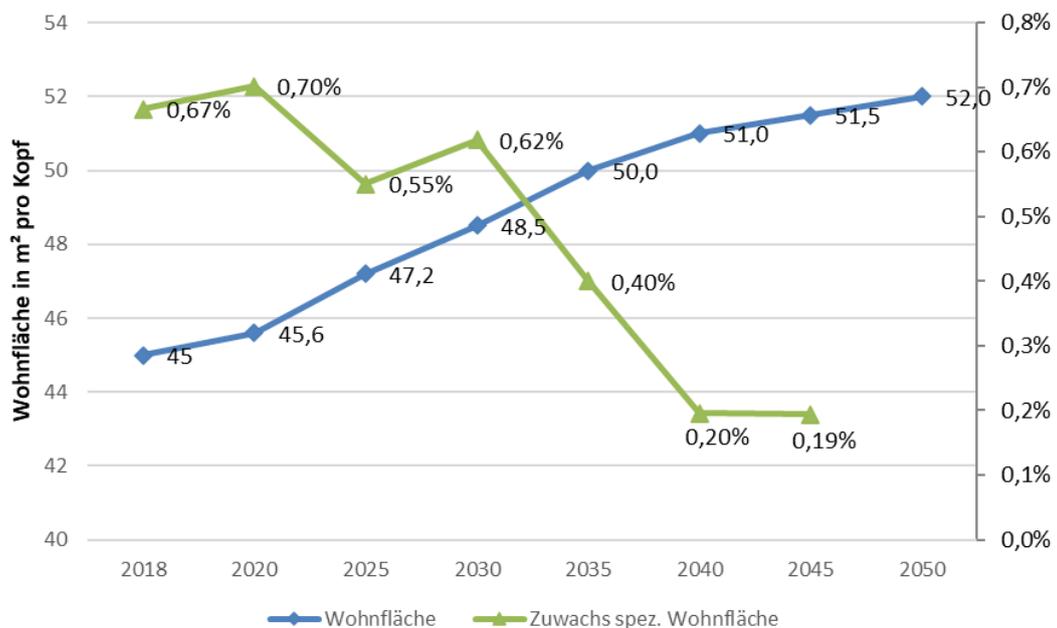
Quelle: (Statistisches Bundesamt, 2019)

Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse, wird in der Untersuchung die Bevölkerungsentwicklung aus dem Wärmetlas von Eikmeier et al., 2019 (IFAM) verwendet. Darin wird ab 2025 von einer leichten Steigerung der Bevölkerungszahl ausgegangen. Bis 2050 steigt die Bevölkerung auf etwa 705.000 Einwohner. Die gezeichnete Entwicklung liegt damit zwischen der Variante G2L2W3 und G2L2W2.

Neben der Bevölkerungsentwicklung wird die Nachfrage nach Wohnraum durch die Entwicklung der Pro-Kopf-Wohnfläche bestimmt. In den letzten Jahren ist die bundesweite Pro-Kopf-Wohnfläche von 41,4 m² auf 46,7 m² angestiegen (Destatis 2019). Im Jahr 2020 liegt die spezifische Wohnfläche in Bremen bei 47 m² und in Bremerhaven bei 49 m² (Eikmeier et al., 2019). Die spezifische Wohnfläche bzw. die Pro-Kopf-Wohnfläche ist die beanspruchte Wohnfläche pro Person (Umweltbundesamt, 2020).

Abbildung 5 zeigt die in der Szenarienanalyse angenommene Entwicklung der spezifischen Wohnfläche im Zeitraum 2018 bis 2050. Bis 2050 steigt die spezifische Wohnfläche von 42 m² pro Kopf um insgesamt 7 auf 52 m² pro Kopf. Bis zum Jahr 2030 entspricht die angesetzte Entwicklung der Wohnungsmarktprognose des Bundesinstituts für Bau-, Stadt-, und Raumforschung (Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumforschung, 2015), ab 2030 wird angenommen, dass zwar die spezifische Wohnfläche steigt, sich allerdings die Entwicklung verlangsamt. Für die Entwicklung der Gewerbeflächen wird angenommen, dass diese in gleichem Maße wie die Wohnfläche steigt.

Abbildung 5: Angenommene Entwicklung der Wohnfläche im Zeitraum 2018 bis 2050



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Daten des BBSR

3.2 Entwicklung der Außentemperaturen

Bei der Berechnung des Endenergiebedarfs im Baseline-Szenario sowie in den Maßnahmen wird der Einfluss des Klimawandels in Form von steigenden Temperaturen berücksichtigt, da dieser bis zum Jahr 2050 Einfluss auf den Wärme- und Kältebedarf hat. Auf Basis der Studie von Eikmeier et al., 2019 wird ein kontinuierlicher Rückgang des Heizwärmebedarfs um 1,5 % im Abstand von 10 Jahren angenommen. Tabelle 2 zeigt den angewandten Klimafaktor zur Berechnung des reduzierten Endenergiebedarfs.

Tabelle 2: Klimafaktor zur Berücksichtigung steigender Temperaturen im Endenergiebedarf

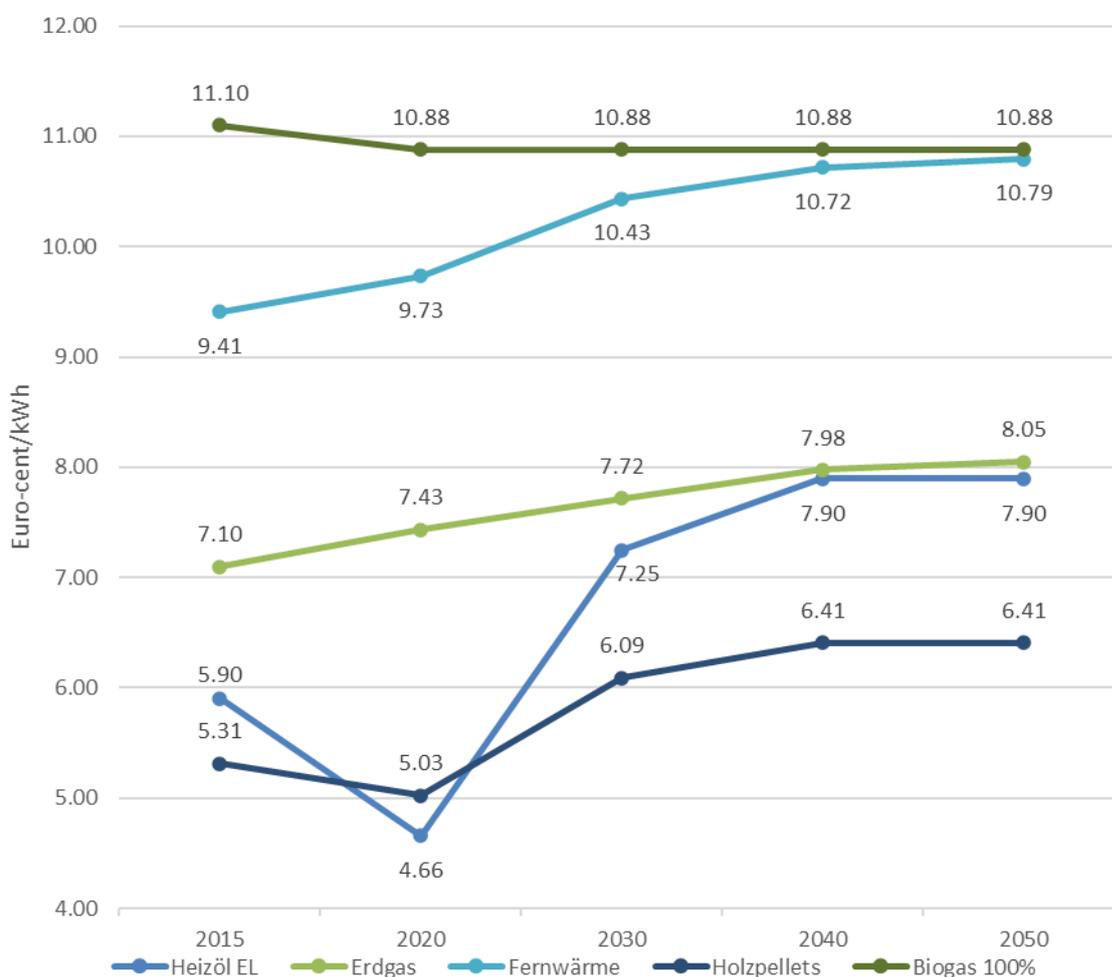
| | 2016-2020 | 2021-2030 | 2031-2040 | 2041-2050 |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Klimafaktor (2015 = 100) | 99,3 % | 97,8 % | 96,3 % | 94,8 % |

Quelle: (Eikmeier et al., 2019)

3.3 Entwicklung der Endverbraucherenergiepreise

Die Annahmen zur Entwicklung der Endverbraucherenergiepreise werden aus dem Projektionsbericht 2021 übernommen. Es werden jeweils die Verbraucherpreise für Private Haushalte (PHH) verwendet. Abbildung 6 stellt zunächst die Endverbraucherpreise für Haushalte für Brennstoffe ohne CO₂-Abgabe dar.

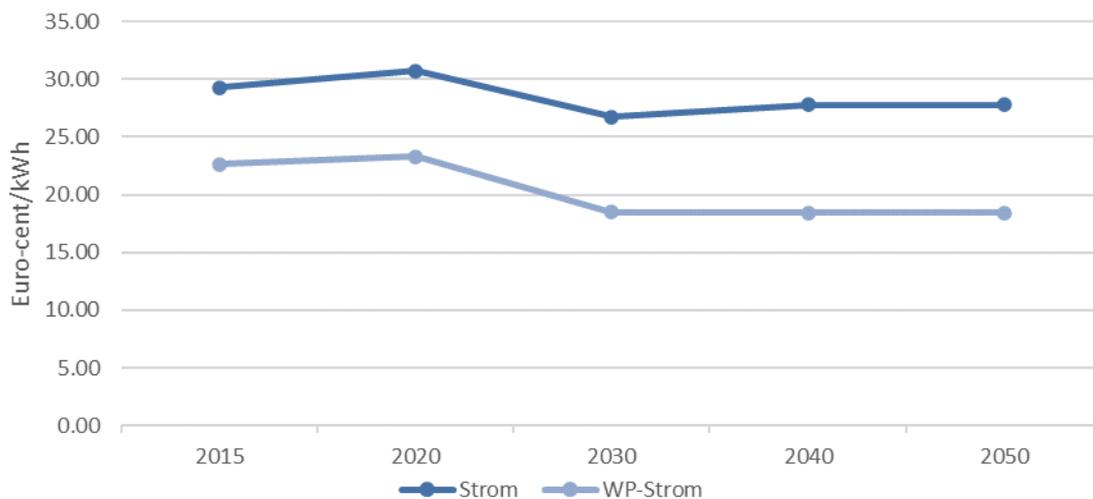
Abbildung 6: Endverbraucherpreise Haushalte für Brennstoffe (inkl. MwSt.)



Quelle: (Öko-Institut et al., 2020)

In Abbildung 7 ist die Entwicklung der Endverbraucherpreise für Strom dargestellt. Dabei wird in Haushaltsstrom und Wärmepumpentarife unterschieden.

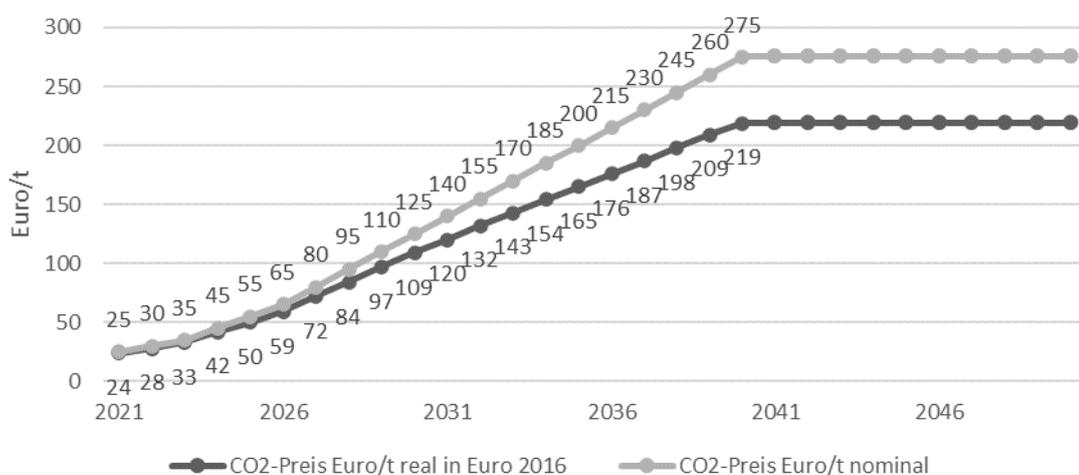
Abbildung 7: Endverbraucherpreise Haushalte Strom (inkl. MwSt.)



Quelle: (Öko-Institut et al., 2020)

Anmerkung zur Grafik: Vorläufige Endverbraucherpreise aus Politikscenarien IX

Zusätzlich werden in der Modellierung Annahmen zur Entwicklung des CO₂-Preises berücksichtigt. Das 2019 verabschiedete Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) sieht ab 2021 einen Preis von 25 Euro für eine Tonne CO₂ vor, der bis zum Jahr 2025 schrittweise auf 55 Euro ansteigt. Für das Jahr 2026 soll ein Preiskorridor von mindestens 55 Euro und höchstens 65 Euro gelten (Bundesregierung, 2020). Im Jahr 2025 soll dann überprüft werden, inwieweit Höchst- und Mindestpreise für die Zeit ab 2027 sinnvoll und erforderlich sind. Die Annahmen zur weiteren Entwicklung der CO₂ Preise bis 2040 werden ebenfalls entsprechend den Rahmendaten zum Projektionsbericht 2021 übernommen (Öko-Institut et al., 2020). Für den Zeitraum ab 2027 wird darin angenommen, dass der Preis jährlich nominal um 15 € ansteigt und im Jahr 2040 275 €/t CO₂ beträgt. Für den Zeitraum 2040 bis 2050 wird angenommen, dass der Preis konstant bleibt. Abbildung 8 stellt die Entwicklung des CO₂-Preises entsprechend den Rahmendaten aus dem Projektionsbericht 2021 dar.

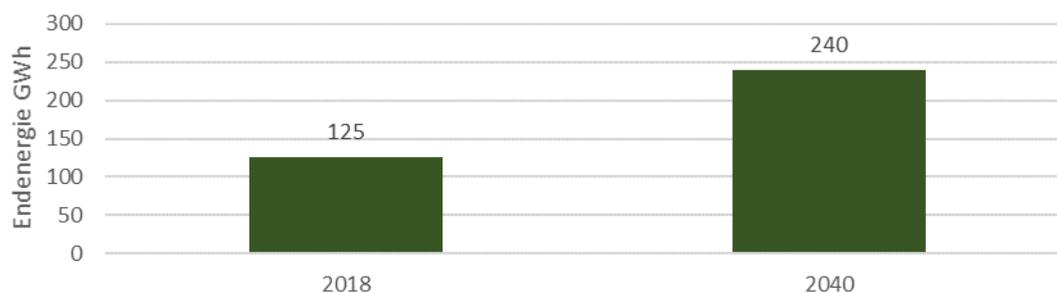
Abbildung 8: Annahme zur Entwicklung der CO₂-Preise für Verkehr und Wärme im BEHG

Quelle: (Öko-Institut et al., 2020)

3.4 Biomasse- und Fernwärmepotenzial

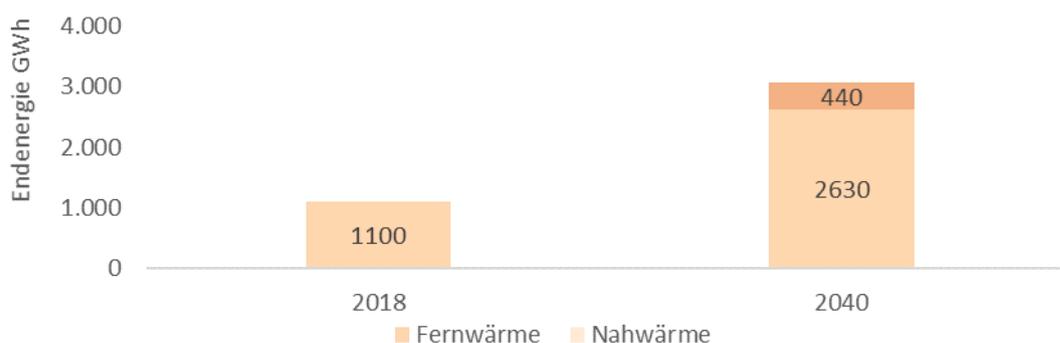
Für die Ergebnisse der Szenarioanalyse ist ebenfalls relevant, inwieweit Energieträger mit Bezug auf das Potenzial in Bremen beschränkt sind. Dies ist für diese Untersuchung insbesondere für den Ausbau der Fernwärme und auch die verfügbare Biomasse relevant. Mit Bezug auf den Biomasseeinsatz zur Wärmeversorgung in dezentralen Zentralheizungskesseln (Pelletkessel, Scheitholzessel, Hackschnitzelkessel) wird angenommen, dass knapp eine Verdoppelung des bisherigen sehr niedrigen Biomasseeinsatzes in Bremen im Szenario möglich ist (Abbildung 9).

Abbildung 9: Verfügbares Biomassepotenzial



Mit Bezug auf die Entwicklung der Fern- und Nahwärmenetzpotenziale wird im Rahmen dieses Gutachtens keine eigene Untersuchung durchgeführt. Das in der Modellierung maximal zulässige Ausbau- und Bestandspotenzial für Wärmenetzversorgung wird aus der parallelen Untersuchung des Hamburg Instituts zur Entwicklung der Wärmenetze in Bremen übernommen. Dort wird ein Wärmenetzpotenzial von 3300 GWh bis 2040 ausgewiesen, welches in Abbildung 10 dargestellt ist. Im Fernwärmepotenzial ist allerdings auch die Versorgung des Industriesektors enthalten, welches nicht Teil dieser Untersuchung ist.

Abbildung 10: Verfügbares Fernwärmepotenzial



3.5 Emissionsfaktoren für Brennstoffe, Strom und Fernwärme

Im Gutachten werden neben den Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe auch spezifische Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme sowie Emissionsfaktoren aus der Szenarienberechnung mit Invert/ee-Lab für die Berechnung der Maßnahmenwirkung eingesetzt. Die Emissionsfaktoren für die fossilen Brennstoffe Erdgas und Heizöl nach Quellenbilanz werden aus der regelmäßigen Erhebung des Umweltbundesamtes (Juhrich, 2016) entnommen. Die Emissionsfaktoren für die fossilen Brennstoffe nach Verursacherbilanz werden aus der GEMIS-Datenbank entnommen.

Daneben werden spezifische Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme eingesetzt, die sich aufgrund der Entwicklung in den Umwandlungssektoren über die Zeit ändern. Dabei werden unterschiedliche Entwicklungen für das Baseline-Szenario und das Maßnahmenzenario bzw. bei der Maßnahmenbewertung angenommen. Der Emissionsfaktor für den Strom-Mix im Baseline-Szenario basiert auf einer Erhebung des Umweltbundesamtes (Icha et al., 2021). Ausgehend vom Strom-Mix des Jahres 2019 werden anhand der prognostizierten Entwicklung im Dynamis-Projekt der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (Ffe, 2019) Emissionsfaktoren für den Strom-Mix bis 2040 berechnet. Im Maßnahmenzenario wird unterstellt, dass auch die Umwandlungssektoren bis 2040 eine Klimaneutralität erreichen. Es werden die Emissionsfaktoren des Zielszenarios aus den Energie- und Klimaschutzszenarien 2030 für das Land Bremen des Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) (Gugel et al., 2021) verwendet.

Zur Berechnung der Emissionen aus Fernwärme wird im Baseline-Szenario zum einen die amtliche Bilanzierungsmethode nach LAK und zum anderen die Bilanzierungsmethode der swb AG verwendet (s. Anhang B). Im Maßnahmenzenario wird dann die prognostizierte Entwicklung des Hamburg Instituts angewandt.

Die durchschnittlichen Emissionsfaktoren für die Maßnahmenbewertung stammen aus der Szenarienberechnung mit Invert/ee-Lab. Tabelle 3 zeigt eine Übersicht der verwendeten Emissionsfaktoren.

Tabelle 3: Verwendete Emissionsfaktoren

| g/kWh | 2018 | 2030 | 2040 |
|--|------|------|------|
| Erdgas - Quellenbilanz | | 201 | |
| Heizöl - Quellenbilanz | | 266 | |
| Erdgas - Verursacherbilanz | | 247 | |
| Heizöl - Verursacherbilanz | | 318 | |
| Strom – Baseline | 478 | 313 | 128 |
| Strom - Maßnahmenzenario | 478 | 49 | 0 |
| Fernwärme – Maßnahmenzenario | 427 | 10 | 0 |
| Fernwärme – Baseline LAK | 427 | 427 | 427 |
| Fernwärme – Baseline swb | 98 | 98 | 98 |
| Durchschnittlicher Emissionsfaktor für Maßnahmenbewertung - Quellenprinzip | 210 | 210 | 210 |
| Durchschnittlicher Emissionsfaktor für Maßnahmenbewertung - Verursacherprinzip | 257 | 257 | 257 |

Quelle: (Jurich, 2016)

4 Ergebnisse des Baseline-Szenarios

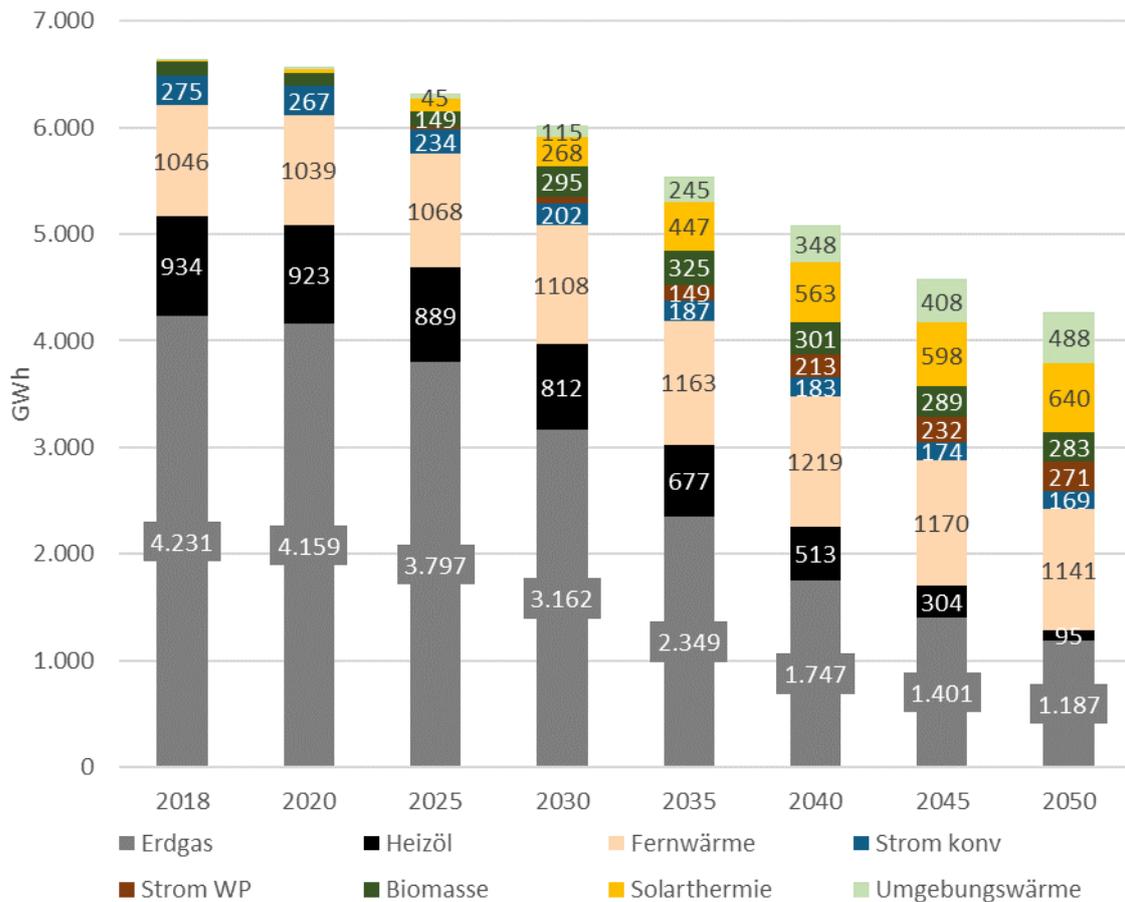
Im Folgenden werden die Ergebnisse des Baseline-Szenarios mit Bezug auf die Entwicklung des Endenergiebedarfs und der eingesetzten Energieträger für Raumwärme und Warmwasser sowie der daraus resultierenden Treibhausgasemissionen nach Quell- und Verursacherbilanz dargestellt.

4.1 Entwicklung des Endenergiebedarfs

Abbildung 11 zeigt die Entwicklung des Endenergiebedarfs nach Energieträgern im Baseline-Szenario im Zeitraum 2018 bis 2050. Der Endenergiebedarf reduziert sich im Zeitraum 2018 bis 2030 um 9 % und von 2018 bis 2050 um 36 %. Mit Bezug auf die eingesetzten Energieträger führen die simulierten Investitionsentscheidungen unter den angenommenen Rahmenbedingungen zu einer Verschiebung von Erdgas zu Wärmepumpen (Umgebungswärme und Strom WP). Der Anteil fossil betriebener Heizkessel mit Erdgas und Heizöl an der Wärmeerzeugung reduziert sich von 64 % im Jahr 2018 auf 44 % im Jahr 2040 und 30 % im Jahr 2050. Wärmepumpen erreichen 2040 einen Anteil von 11 % und 2050 einen Anteil von 18 % am Endenergiebedarf. Im Jahr 2030 tragen Wärmenetze zu 18 % und im Jahr 2050 zu 27 % zum Endenergiebedarf bei. Auch der Anteil der kombinierten Anlagen mit Solarthermie wächst deutlich und beträgt im Jahr 2040 rund 11 % und im Jahr 2050 rund 15 %. Dezentrale EE-Wärme erreicht so insgesamt bis 2030 einen Anteil von 11 % und bis 2050 einen Anteil von 33 %.

Die dargestellte Reduktion des Endenergiebedarfs resultiert aus den natürlichen Instandsetzungs- und Erneuerungszyklen in Kombination mit bestehenden Instrumenten des derzeitigen Recht- und Förderrahmens. Die im Gebäudeenergiegesetz enthaltenen Anforderungen an die Gebäudesanierung sowie an den Einsatz von erneuerbaren Energien, führen in Kombination mit der Förderung BEG zu einem Austausch fossiler Wärmeversorgungssysteme und verbessertem energetischen Zustand der Gebäude. Darüber hinaus ist die CO₂-Bepreisung im BEHG ein zentrales Element, um die Gebäudesanierung sowie den Tausch des Wärmeversorgungssystems anzureizen.

Abbildung 11: Entwicklung des Endenergiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser in Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden im Baseline-Szenario

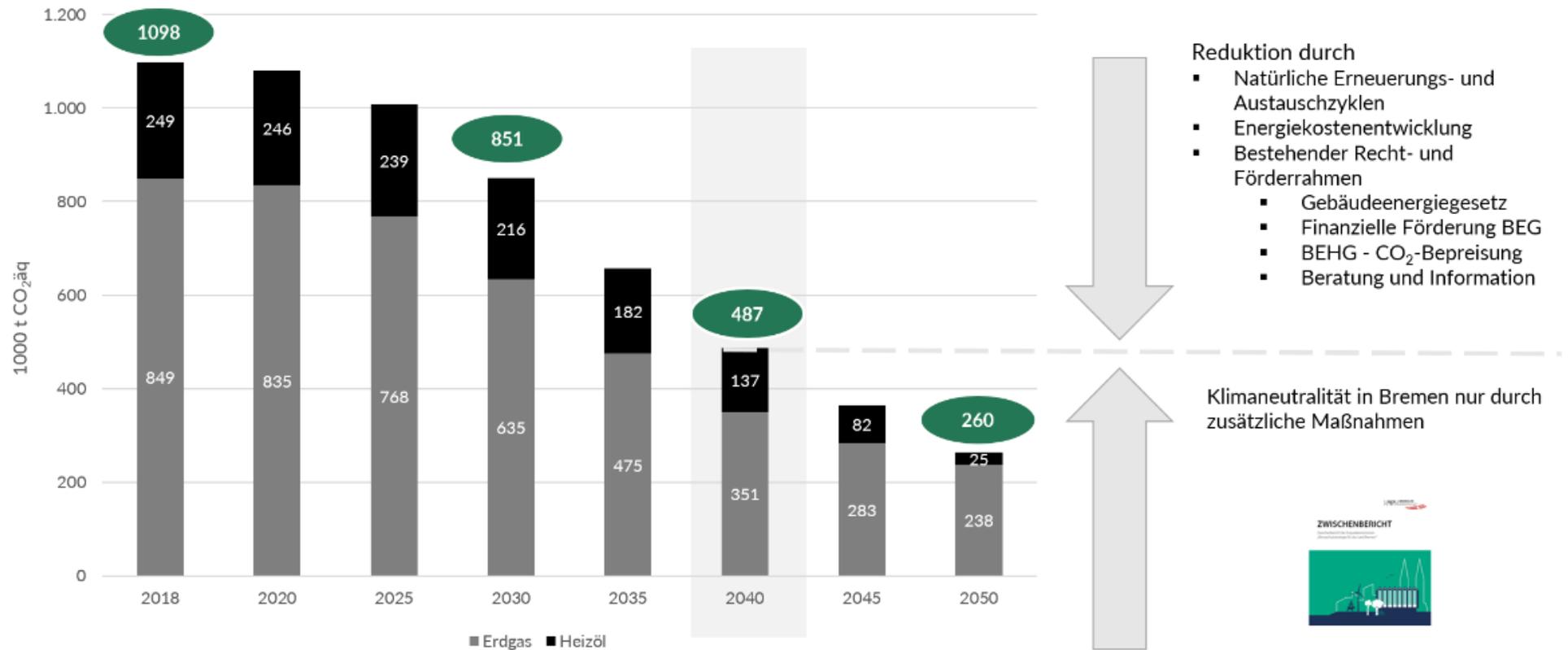


Im Baseline-Szenario werden mit bereits durchgeführten Studien vergleichbare Reduktionen des Endenergiebedarfs erzielt. Im Referenzszenario der Studie des Hamburg Instituts wird von einem Rückgang des Endenergiebedarfs von 9 % bis 2030 ausgegangen. Im Referenzszenario der Studie von ifeu wird ein Rückgang des Endenergiebedarfs von 15 % bis 2030 erreicht, jedoch ist darin auch der Strombedarf für Geräte und Prozesse enthalten. In der Studie von IFAM wird der Nutzenergiebedarf bis 2030 um 8 % und bis 2050 um 15 % reduziert. Die Ergebnisse des Baseline-Szenarios decken sich somit sehr gut mit den Ergebnissen der bereits durchgeführten Studien.

4.2 Quantifizierung der Ziellücke

Abbildung 12 zeigt die Entwicklung der THG-Emissionen im Baseline-Szenario von 2018 bis 2050 nach dem Quellprinzip. Bis zum Jahr 2040 sinken die THG-Emissionen auf rund 487.000 t CO₂äq. Zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045 oder früher müssen in Bremen demnach noch zusätzliche Maßnahmen adressiert werden müssen. Die Entwicklung der THG-Emissionen nach Verursacherbilanz sind im Anhang dargestellt.

Abbildung 12: Treibhausgasemissionen nach Quellenbilanz im Baseline-Szenario



5 Quantifizierung der Wirkung der Maßnahmenbündel

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Maßnahmenbewertung dargestellt. Zunächst wird die THG- Reduktion bis 2030 und 2040 auf Ebene des Maßnahmenbündels – bereits um Interaktion und Überschneidung korrigiert – in den beiden Varianten dargestellt. Die Darstellung der THG-Emissionseinsparung erfolgt auf Basis der Quellen- und Verursacherbilanz. In Variante 1 wird die Klimaneutralität bis 2045 erreicht, in Variante 2 bereits bis 2040. Abbildung 13 gibt einen Überblick über die definierten Maßnahmen. Die Ergebnisse auf Einzelmaßnahmenebene werden in Kapitel 6 dargestellt.

Abbildung 13: Übersicht über Einzelmaßnahmen und Maßnahmenbündel

| | |
|---|---|
| Förderprogramm zur Steigerung der Sanierungsaktivitäten und Austausch fossiler Wärmeversorgungssysteme | |
| Ausbau der erneuerbaren Wärmeversorgung durch eine Nutzungspflicht im Landeswärmegesetz | |
| Austauschprogramme für einkommensschwache Haushalte zum Ausbau des suffizienten Verhaltens privater Gebäudenutzer | |
| Effizientere Nutzung von Wohnflächen durch Tauschprogramme, Umbauten und Suffizienz | |
| Erhöhung der Sanierungsrate der Gebäude mit der geringsten Energieeffizienz – Worst Performing Buildings | |
| Anforderungen an Neubauten | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Neubauanforderungen für Private Haushalte und GHD ▪ Neubauanforderungen für öffentliche Gebäude |
| Steigerung der Aktivitätsraten und zielkonformer Maßnahmen durch Beratung, Information, Weiterbildung von Fachkräften | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Marketing/Werbung/ Motivation ▪ Energieberatungszentrum ▪ Koordination Eigentümer ähnlicher Gebäudetypen |
| Dekarbonisierung der Fernwärme | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Energieberatungszentrum ▪ Kommunale Wärmeplanung ▪ Aufstellung von Dekarbonisierungsplänen ▪ Festschreibung Emissionsfaktor von 0 g/kWh ▪ Gesellschaftsform Fernwärmeanbieter prüfen |
| Öffentliche Gebäude | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sanierungsfahrpläne für alle öffentlichen Gebäude ▪ Sanierungsprogramm für klimaneutralen öffentlichen Gebäudebestand 2035 ▪ Festlegung des bestmöglichen Mindestsanierungsniveaus (KfW 40) ▪ Konzept für klimaneutrale Wärmeversorgung 2035 ▪ Vorgabe erneuerbare Wärmeversorgung bei Ersatz des Wärmeerzeugers ▪ Potentialanalyse der Nutzung von Abwärme und erneuerbaren Energien für alle Liegenschaften der öffentlichen Hand ▪ Stärkung des städtischen Energiemanagements ▪ Schulprojekt 3/4 |
| Wohnungsgesellschaften | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Neubauanforderungen für PHH und GHG ▪ Neubauanforderungen für öffentliche Gebäude |

5.1 Maßnahmenbündel Variante 1 - Klimaneutralität bis 2045

Das Szenario Klimaneutralität 2045 beinhaltet die Varianten 1 aller untersuchten Maßnahmen. Die Darstellung basiert auf den resultierenden THG-Emissionen im Baseline-Szenario (siehe Abschnitt 4.2.). In Abbildung 14 ist die Wirkung der Maßnahmen im Jahr 2030 ausgehend vom Jahr 2018 nach Quellenbilanz dargestellt. Zu diesem Zeitpunkt wird eine Reduktion um 251.882 tCO₂äq gegenüber den THG-Emissionen im Jahr 2018 des Baseline-Szenarios erreicht.

Abbildung 14: THG-Reduktion nach Quellenbilanz bis 2030: Maßnahmenbündel Variante 1 - Klimaneutralität 2045

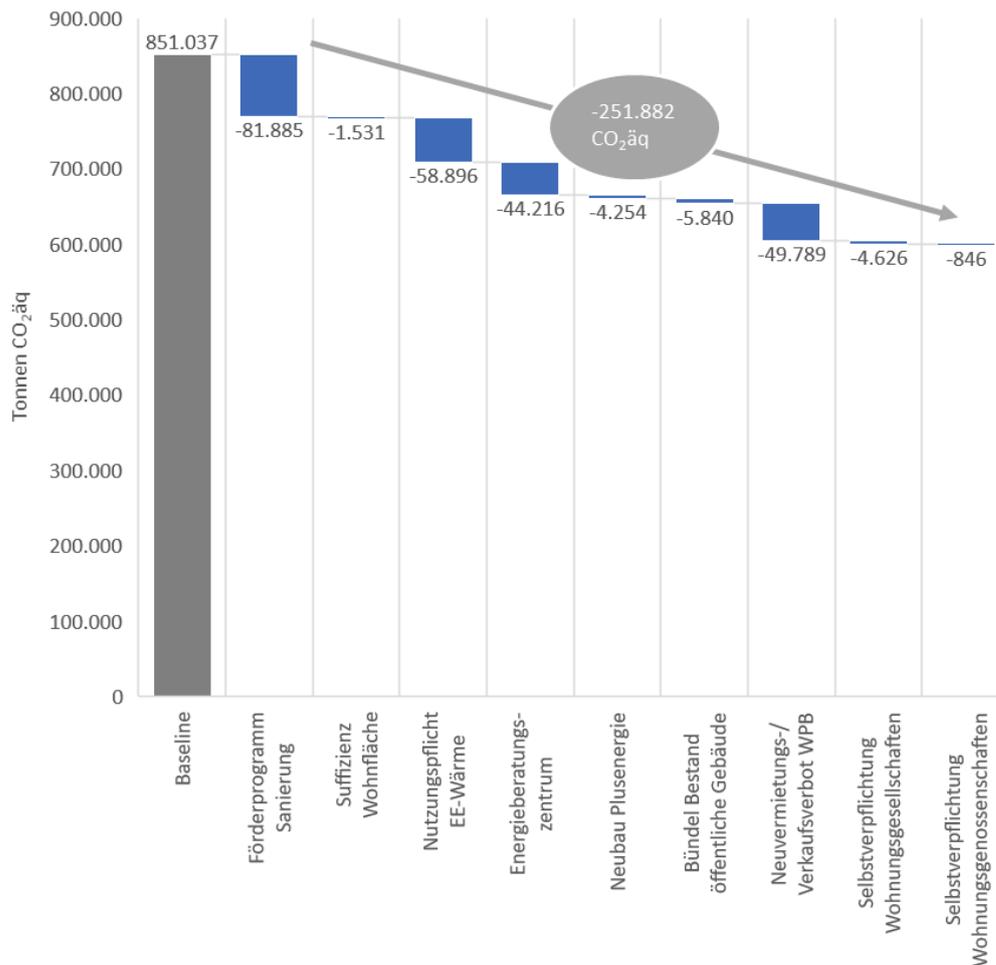
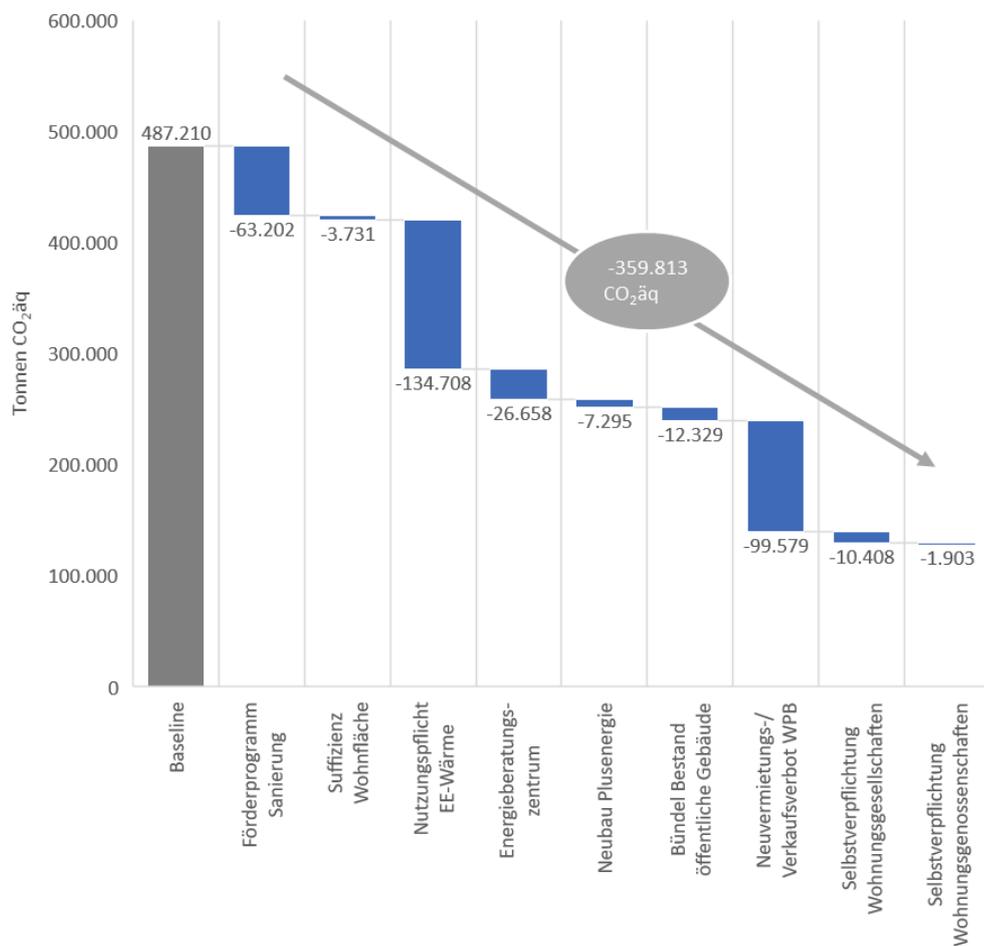


Abbildung 15 zeigt die Wirkung der Maßnahmen im Jahr 2040 ausgehend vom Jahr 2018 nach Quellenprinzip zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045. Bei Umsetzung aller Maßnahmen resultiert in dieser Variante eine Ziellücke von 127.397 t CO₂äq, die jedoch bis zum Jahr 2045 geschlossen wird. Teilweise sind die Treibhausgaseinsparungen bis 2030 höher als die Nettowirkung bis 2040, was insbesondere darauf zurückzuführen ist, dass teilweise vorgezogene Sanierungen in dem Szenario bereits bis 2030 erfolgen, die im Baseline Szenario erst später im Zeitraum 2030 bis 2040 erfolgen.

Abbildung 15: THG-Reduktion nach Quellenbilanz bis 2040: Maßnahmenbündel Variante 1 - Klimaneutralität 2045



Im Folgenden werden die Treibhausgasreduktionen nach Verursacherbilanz dargestellt. Abbildung 16 zeigt die Wirkung der Maßnahmen im Jahr 2030 ausgehend vom Jahr 2018. Durch Umsetzung der Maßnahmen wird eine Treibhausgasreduktion um 316.035 t CO₂-äq gegenüber den THG-Emissionen im Baseline-Szenario im Jahr 2018 erreicht. Daneben werden durch Dekarbonisierung der Fernwärme- und Stromversorgung 531.845 t CO₂-äq reduziert.

Abbildung 16: THG-Reduktion nach Verursacherbilanz bis 2030: Maßnahmenbündel Variante 1 - Klimaneutralität 2045

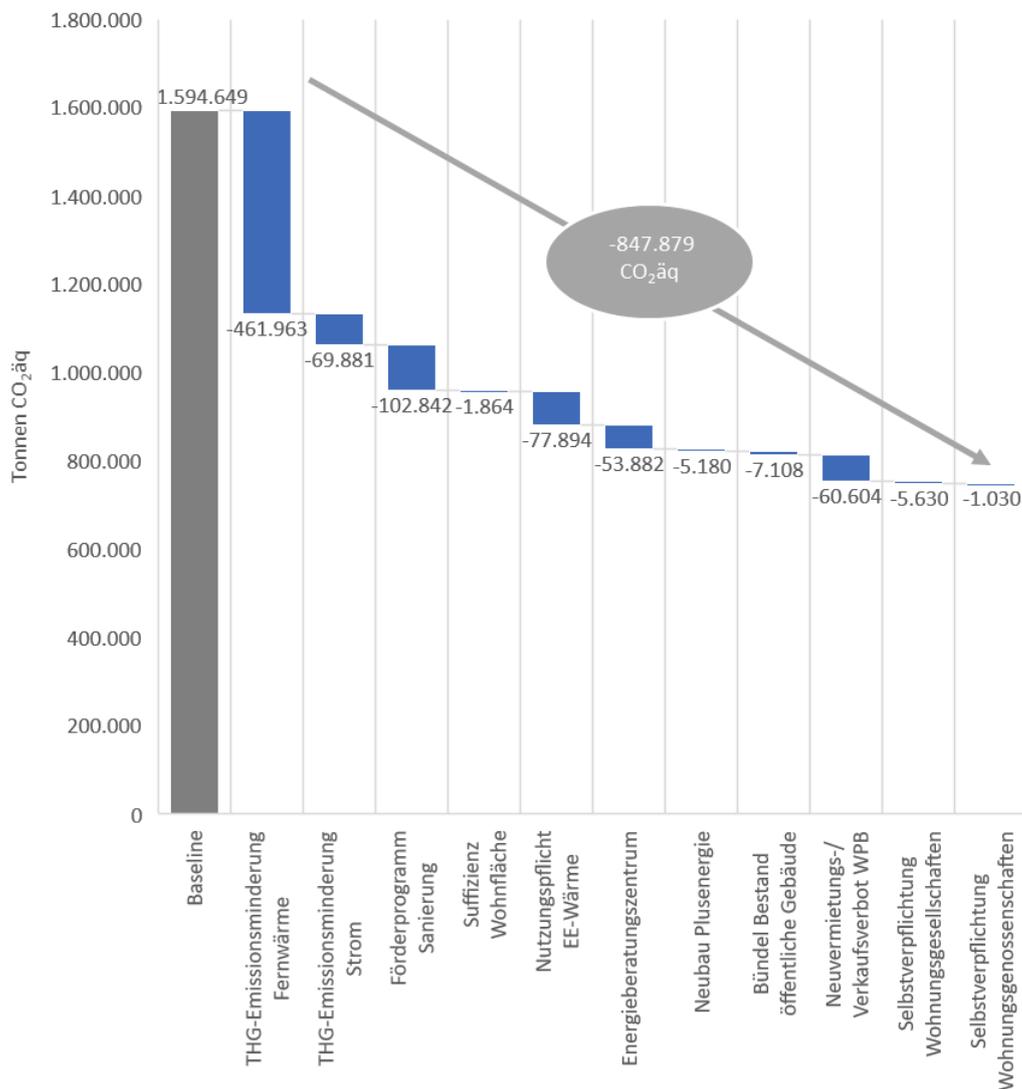
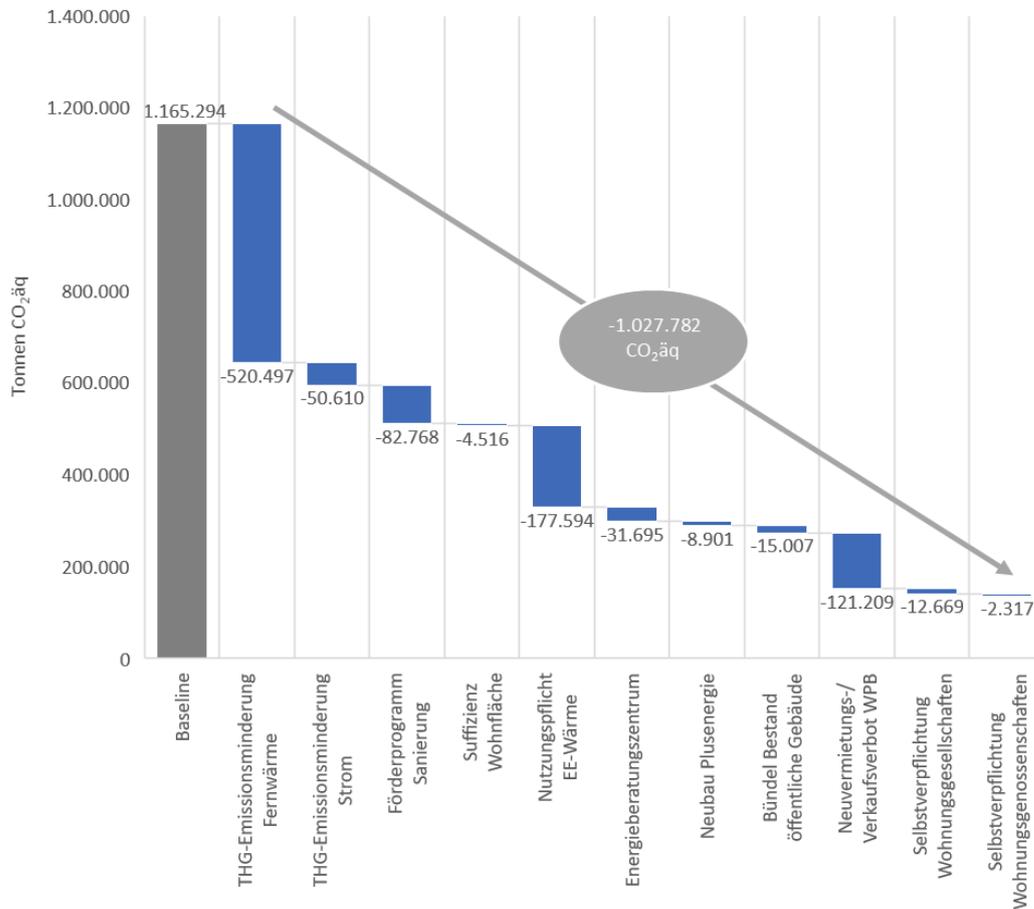


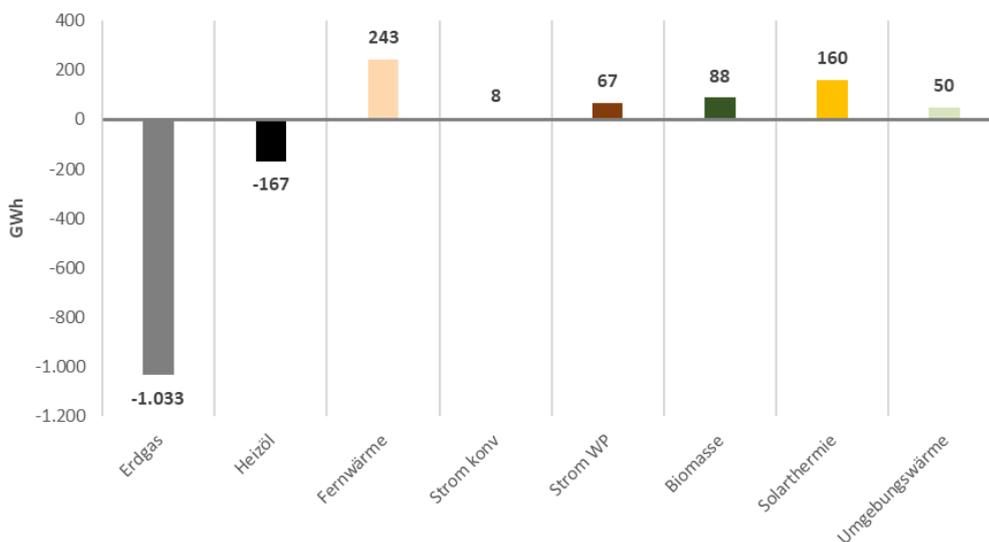
Abbildung 17 zeigt die Treibhausgasreduktion in Variante 1 bis 2040 nach Verursacherbilanz ausgehend vom Jahr 2018. Durch Umsetzung der Maßnahmen wird eine Reduktion um 456.675 t CO₂äq erreicht. Ausschlaggebend für die THG-Reduktion ist allerdings die Dekarbonisierung der Fernwärme- und Stromversorgung mit insgesamt 571.107 t CO₂äq.

Abbildung 17: THG-Reduktion nach Verursacherbilanz bis 2040: Maßnahmenbündel Variante 1 - Klimaneutralität 2045



Neben der THG-Reduktion der Maßnahmen zeigt Abbildung 18 die Veränderung des Endenergiebedarfs nach Energieträgern gegenüber dem Baseline-Szenario. Es wird deutlich, dass durch die vorgeschlagenen Maßnahmen vor allem eine Reduktion des Erdgaseinsatzes erzielt wird. Dafür steigt vor allem die Versorgung mit Fernwärme und Solarthermie an.

Abbildung 18: Veränderung des Endenergiebedarfs nach Energieträgern im Vergleich zum Baseline-Szenario bis 2030 – Maßnahmenbündel Variante 1



5.2 Maßnahmenbündel Variante 2 - Klimaneutralität bis 2040

Das Szenario Klimaneutralität 2040 beinhaltet die Varianten 2 aller untersuchten Maßnahmen. Abbildung 19 zeigt die Wirkung der Maßnahmen im Jahr 2030 nach Quellenbilanz ausgehend vom Jahr 2018. Zu diesem Zeitpunkt wird eine Reduktion der THG-Emissionen um 319.223 tCO₂äq erreicht. Damit verbleibt eine Ziellücke von rund 532.000 t CO₂äq.

Abbildung 19: Wirkung der Maßnahmen im Jahr 2030 nach Quellenbilanz zur Erreichung der Klimaneutralität 2040

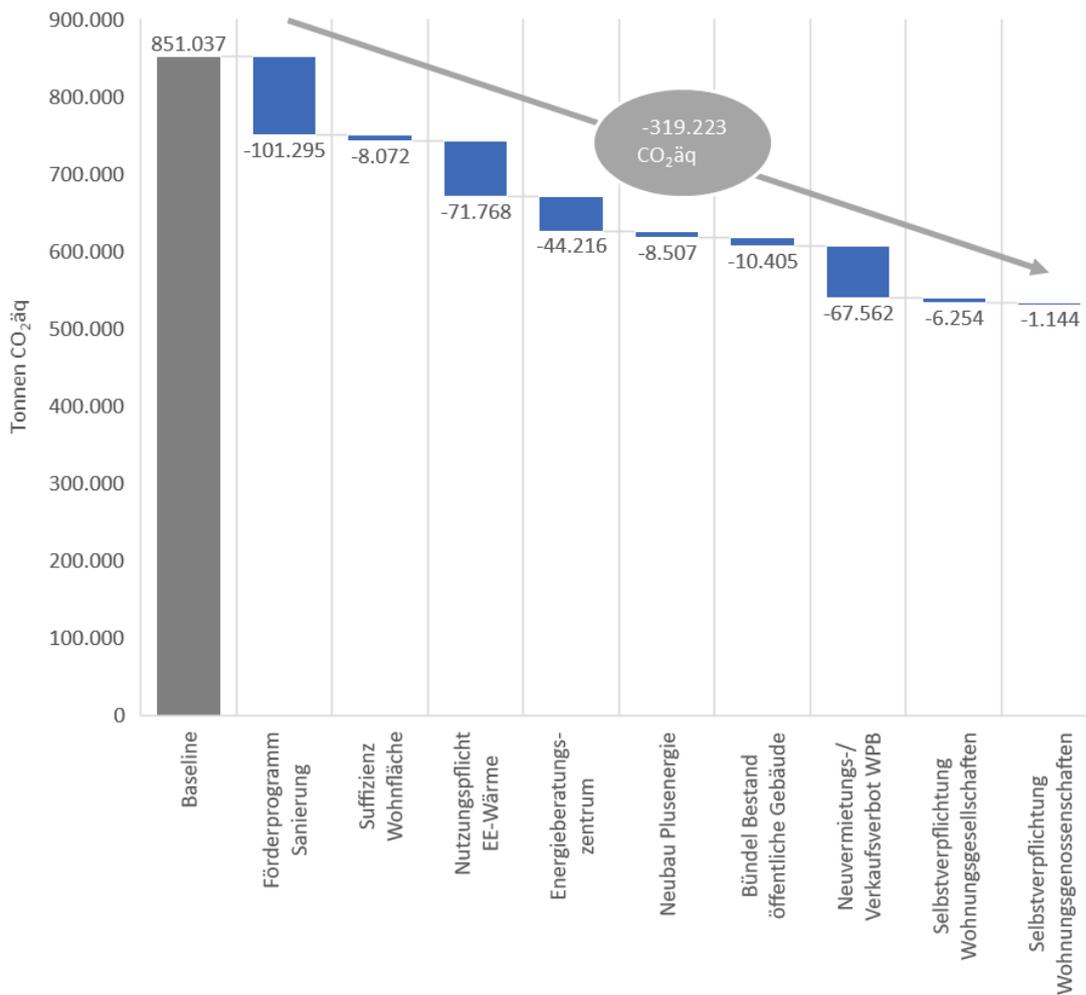


Abbildung 20 zeigt die Wirkung der Maßnahmen im Jahr 2040 nach Quellenbilanz ausgehend vom Jahr 2018 zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2040. Unter Berücksichtigung des Interaktionsfaktors wird bei Umsetzung aller Maßnahmen in diesem Szenario die Klimaneutralität des Gebäudesektors erreicht.

Abbildung 20: Wirkung der Maßnahmen im Jahr 2040 nach Quellenbilanz zur Erreichung der Klimaneutralität 2040

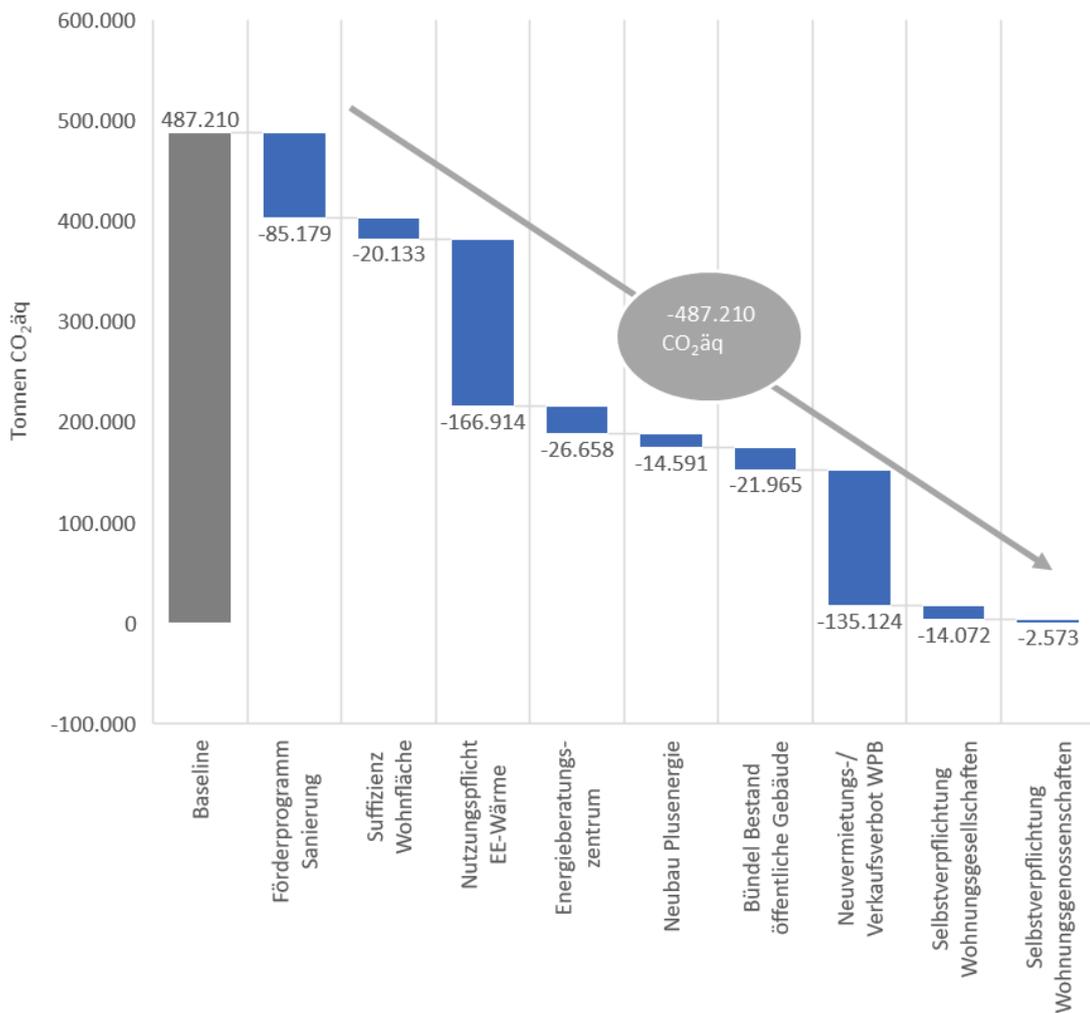


Abbildung 21 stellt die Treibhausgasreduktion bis zum Jahr 2030 nach Verursacherbilanz ausgehend vom Jahr 2018 dar. Durch die Maßnahmen wird eine Einsparung von 389.132 t CO₂äq bis 2030 erreicht. Daneben wird, wie in Variante 1, ein großer Anteil der THG-Reduktion durch die Dekarbonisierung der Fernwärme- und Stromversorgung erreicht.

Abbildung 21: Wirkung der Maßnahmen im Jahr 2030 nach Verursacherbilanz zur Erreichung der Klimaneutralität 2040

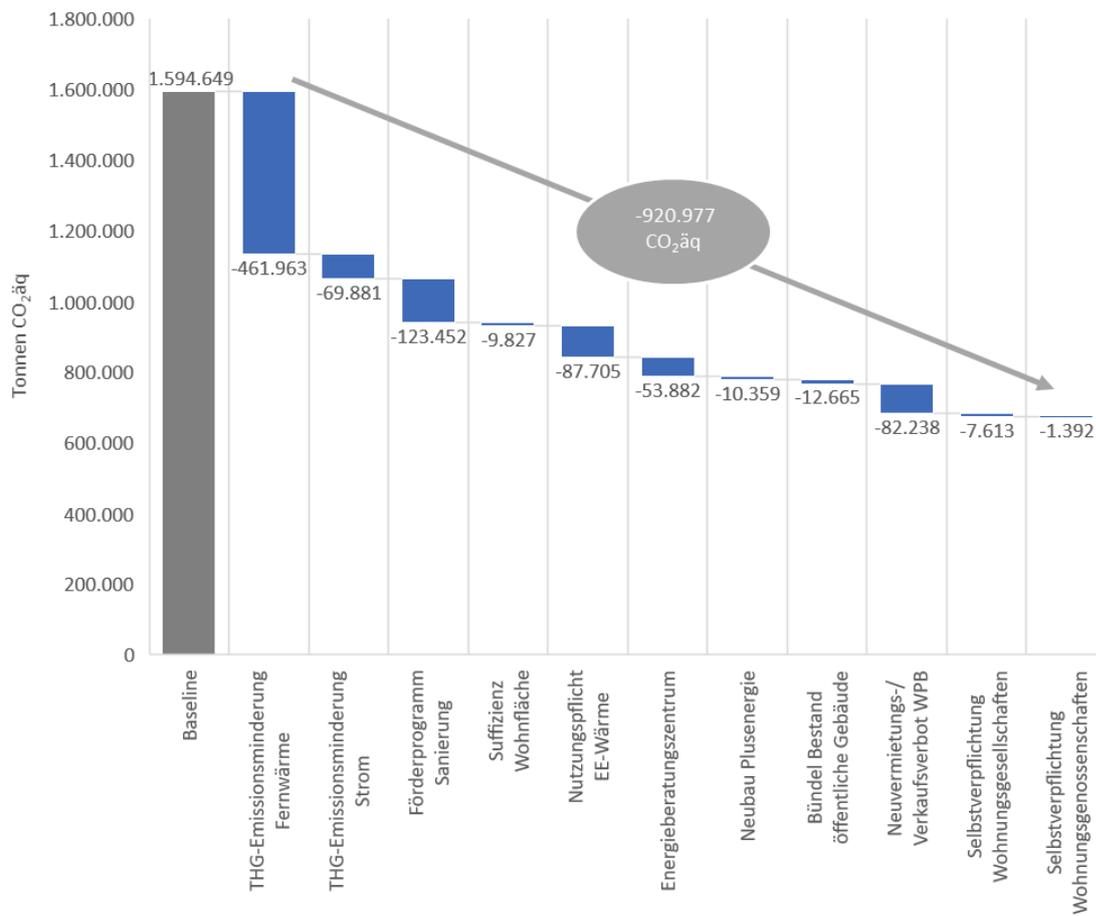


Abbildung 22 zeigt die Wirkung der Maßnahmen im Jahr 2040 nach Verursacherbilanz ausgehend vom Jahr 2018. Bis zu diesem Zeitpunkt wird durch die Maßnahmen eine THG-Einsparung von 594.187 t CO₂äq erreicht. Entscheidend ist jedoch auch die Dekarbonisierung der Fernwärme- und Stromversorgung. Diese führt zu einer THG-Reduktion von 571.107 t CO₂äq.

Abbildung 22: Wirkung der Maßnahmen im Jahr 2040 nach Verursacherbilanz zur Erreichung der Klimaneutralität 2040

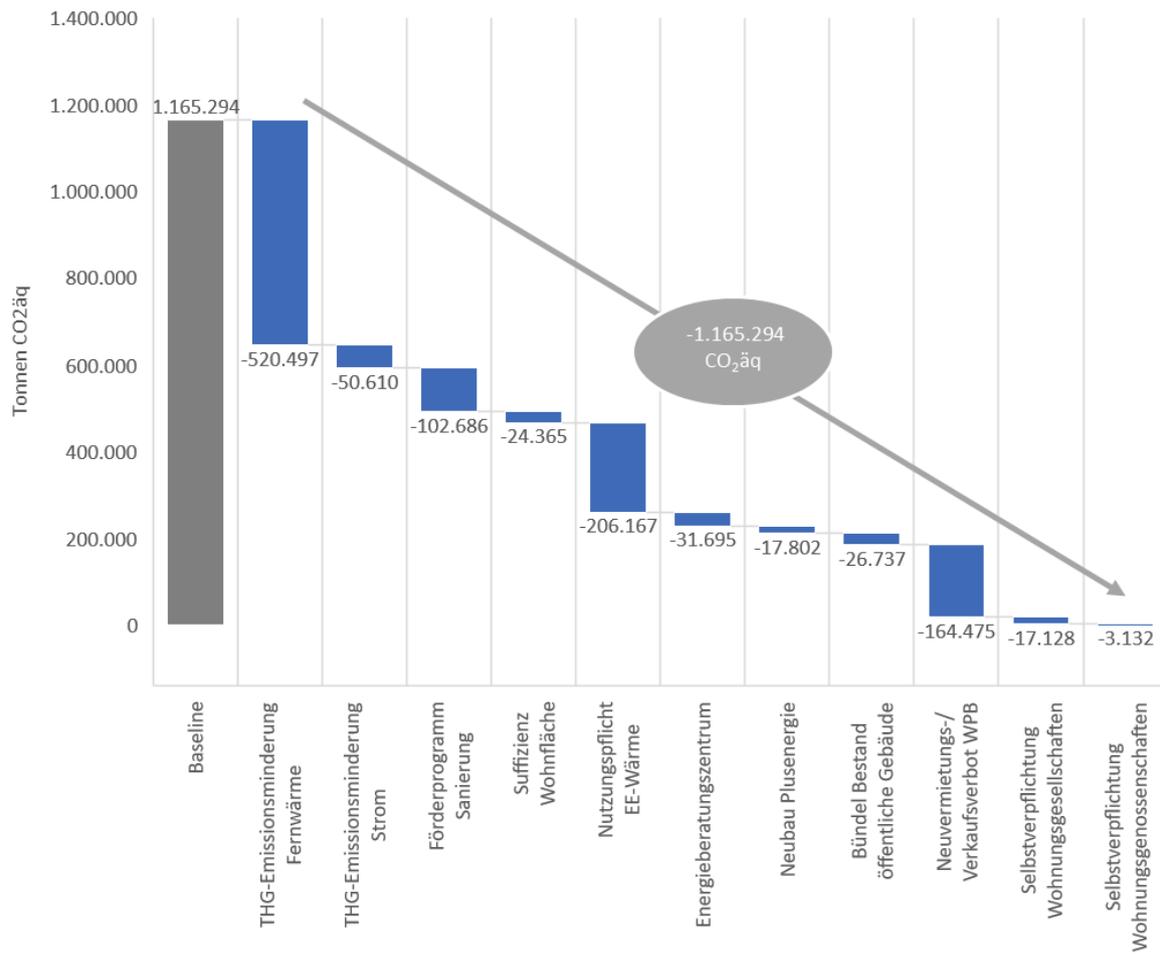
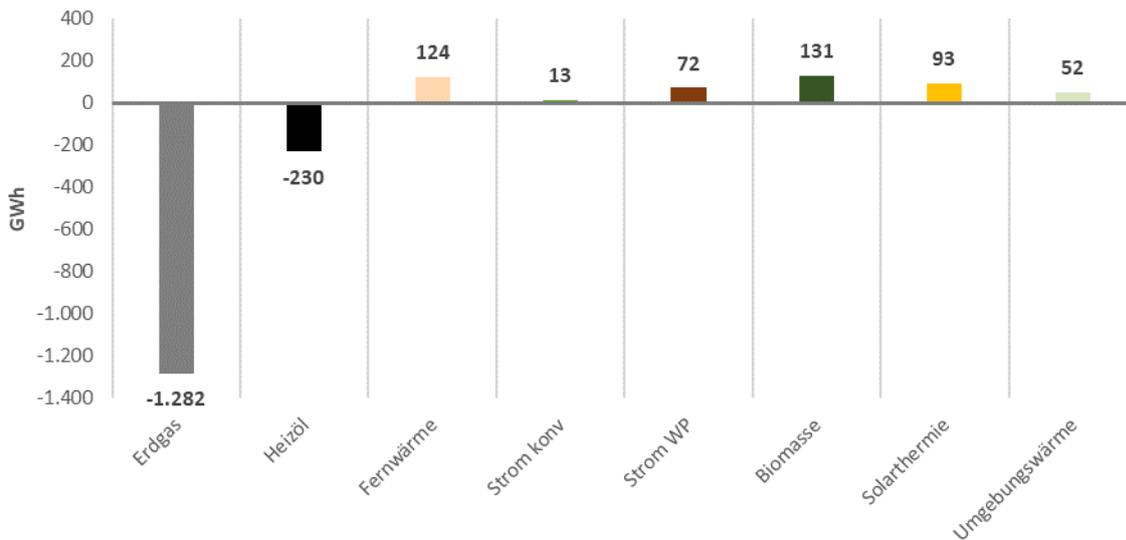


Abbildung 23 zeigt, analog zu Variante 1, die Veränderung des Endenergiebedarfs gegenüber dem Baseline-Szenario. Die Reduktion des Erdgas- und Heizöleinsatzes wird in Variante 2 noch erhöht. Allerdings wird im Vergleich zu Variante 1 weniger Solarthermie und stattdessen Biomasse als Erfüllungsoption eingesetzt. Dies ist vor allem auf die Maßnahme Nutzungspflicht EE-Wärme zurückzuführen, die in Variante 2 den Einsatz von 100 % EE voraussetzt.

Abbildung 23: Veränderung des Endenergiebedarfs nach Energieträgern im Vergleich zum Baseline-Szenario bis 2030 – Maßnahmenbündel Variante 2



5.3 Wirkung auf die Sanierungsrate

Die sich aus den Maßnahmenwirkungen ergebende zusätzliche Sanierungsrate wird mit der gleichen Methodik unter Berücksichtigung des Interaktionsfaktors berechnet. Da nicht für alle Maßnahmen eine modellbasierte Szenarienberechnung durchgeführt wird, basiert die Abschätzung der Wirkung auf die Sanierungsrate auf den zentralen Maßnahmen, die sich steigernd auf die Sanierungsaktivität auswirken. Dies sind die Adressierung der Worst-Performing-Buildings (WPB), das Energieberatungszentrum und das Förderprogramm Sanierung. Mit Bezug auf die Aktivitätssteigerung sind die Annahmen dabei in beiden Varianten der Maßnahmen identisch.

Im Baseline-Szenario beträgt die jährliche Sanierungsrate im Zeitraum 2020 bis 2030 1,35 %. Durch die Maßnahmen erhöht sich diese auf 3,2 %. Sofern die Adressierung der Worst-Performing-Buildings (WPB) nicht berücksichtigt wird, beträgt die jährliche Sanierungsrate 2,09 % im Zeitraum 2020 bis 2020.

6 Quantifizierung der Wirkung auf Einzelmaßnahmenebene

Im Folgenden wird auf die in Kapitel 5 dargestellten Einzelmaßnahmen sowie Maßnahmenbündel genauer eingegangen. Neben einer Kurzübersicht mit Beschreibung, Ausgestaltungsparametern und Wirkung der Maßnahme, gibt es eine detaillierte Beschreibung der Methodik sowie der Ergebnisse.

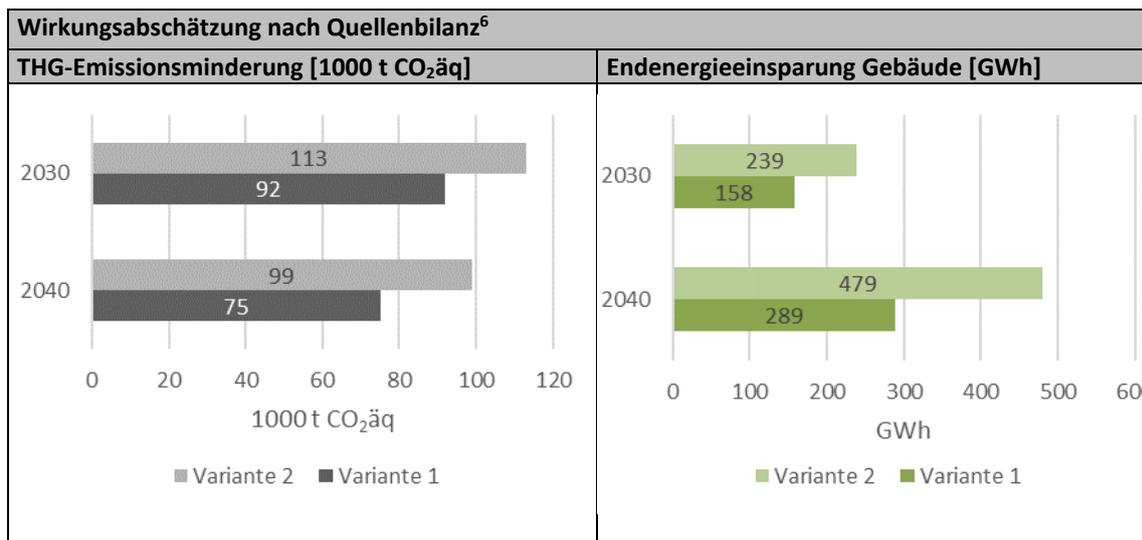
6.1 Förderprogramm Sanierung

6.1.1 Kurzübersicht

| | | |
|--|---|-----------------------------------|
| Maßnahme | Förderprogramm zur Steigerung der Sanierungsaktivitäten und Austausch fossiler Wärmeversorgungssysteme | |
| Art der Maßnahme | Finanzielle Förderung | |
| Wirkungszeitraum | | |
| Start | 2023 | |
| Ende | 2050 (Klimaneutralität bis 2040) | |
| Beschreibung | Die Maßnahme umfasst eine Weiterentwicklung der bestehenden Programme zur Förderung der energetischen Gebäudesanierung mit dem Ziel, die Sanierungsrate und Sanierungstiefe sowie den Austausch fossiler Wärmeversorgungssysteme zu steigern. Die Maßnahme startet ab dem Jahr 2023 und wird bis zum Jahr 2050 angesetzt. | |
| Ausgestaltungsparameter | Variante 1 | Variante 2 |
| Kumulierung mit BEG Förderung | ja | |
| Fördervolumen | 325 MEUR/a | |
| Geförderte Maßnahme | Umstellung Wärmeversorgung auf 100 % EE und ambitionierte Sanierungen (KfW 55 und besser) | |
| Spezifische Förderung und Anforderung | Zusätzlich 10 % auf BEG Förderung | Zusätzlich 20 % auf BEG Förderung |
| Anspruchsgruppe | Die Maßnahme richtet sich an alle Gebäudeeigentümer:innen; bevorzugt werden junge Familien. Beanspruchung des Mietwohnungsbestand unter der Voraussetzung, dass Vermieter:innen die Modernisierungumlage auf maximal 6 % begrenzen. | |
| Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen | Energieberatungszentrum, Selbstverpflichtung Wohnungswirtschaft, Landeswärmegesetz | |
| Reboundeffekte | | |

| | |
|---|---|
| Methodik zur Wirkungsabschätzung | Die Wirkungsabschätzung erfolgt mit dem Energiesystemmodell Invert/ee-Lab. Im Modell sind die Förderbudgets für Heizungstausch und Sanierungen des BEG hinterlegt. Für die Berechnung wird das bundesweite Förderbudget im Sofortprogramm Gebäude anhand der Einwohnerzahl auf das Land Bremen umgelegt. Zusätzlich wird das Budget um 325 Mio. € erhöht. Das Budget wird jeweils zur Hälfte auf die Förderung des Austauschs von Wärmeversorgungssystemen und energetische Sanierungen umgelegt. Neben den Förderbudgets sind im Modell die Fördersätze des BEG hinterlegt. Diese werden für EE-Wärmeversorgungssysteme und sehr ambitionierte Sanierungen (>BEG 55) je nach Variante um 10 bzw. 20 Prozent erhöht. Im Modell wird zusätzlich angenommen, dass die Heizungsaustauschrate sowie die Sanierungsrate steigen. |
|---|---|

| | |
|----------------|---|
| Wirkung | Die Erhöhung des Budgets und der spezifischen Förderung von BEG 55 Sanierungen führt zu einer deutlich höheren Anzahl an ambitionierten Sanierungen. Die Erhöhung der Austauschrate von Wärmeversorgungssystemen in Kombination mit erhöhter Förderung auf EE-Wärmesysteme führt zu einem schnelleren Ausbau von Fernwärme, Wärmepumpen und Solarthermie. |
|----------------|---|



6.1.2 Methodik und Datengrundlage

Für die Maßnahmen wurden zwei Varianten definiert, die in der Beschreibung und Übersicht dargestellt sind. Zu beachten ist, dass in der Berechnung angenommen wird, dass die Förderung für alle Gebäudeeigentümer:innen angehoben wird. Sollten bestimmte Anspruchsgruppen, wie zum Beispiel junge Familien bevorzugt behandelt werden, ist das möglich. Für die Zielerreichung ist jedoch die Adressierung des gesamten Gebäudebestands wichtig.

Die Berechnung der Wirkung erfolgt durch Szenarienmodellierung mit Invert/ee-Lab. Im Modell sind sowohl Förderbudgets für den Tausch des Wärmeversorgungssystems als auch für energetische Sanierungen hinterlegt. Für die Berechnung wird das bundesweite Förderbudget, nach

⁶ Es handelt sich hierbei um die Wirkungsabschätzung der Einzelmaßnahme. Die Wirkung der Maßnahme wird unter der Prämisse bilanziert, dass nur diese Maßnahme umgesetzt wird. Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen werden nicht berücksichtigt.

Anhebung durch das Sofortprogramm Gebäude, anhand der Einwohnerzahl auf das Land Bremen umgelegt. Das daraus resultierende Budget wird dann zusätzlich um 325 Mio. Euro jährlich erhöht. Das Budget wird anteilig auf Wärmeversorgungssysteme und energetische Sanierungen verteilt. Die hinterlegten BEG-Fördersätze werden um 10 bzw. 20 Prozent erhöht. Anforderung für die Inanspruchnahme der Förderung ist, dass das installierte Wärmeversorgungssystem vollständig mit erneuerbaren Energien betrieben wird. Darüber hinaus werden nur ambitionierte Sanierungen (BEG 55 und besser) gefördert.

Es wird davon ausgegangen, dass bei Gebäudeeigentümer:innen durch die Förderung die Motivation erhöht wird, das Wärmeversorgungssystem zu tauschen bzw. das Gebäude zu sanieren. Deshalb werden im Modell zusätzlich eine erhöhte Heizungsaustauschrate und Sanierungsrate angenommen. Im Modell wird von einem Wirkungszeitraum bis 2050 ausgegangen.

6.1.3 Detaillierte Ergebnisse

Die Erhöhung des Förderbudgets und der spezifischen Fördersätze in Verbindung mit der zusätzlich angenommenen Sanierungsrate führt zu einer deutlichen Reduktion der THG-Emissionen sowie des Endenergiebedarfs im Vergleich zum Baseline-Szenario. Durch die erhöhte Förderung werden, vor allem in Variante 2 die ambitionierten Sanierungen attraktiv, was zu einem deutlichen Zuwachs dieser führt.

Abbildung 24 zeigt die resultierenden Treibhausgasemissionen nach dem Quellenprinzip. In Variante 2 werden aufgrund der höheren Sanierungsrate und -tiefe geringere THG-Emissionen erzielt. Ausgehend von 2018 ergibt sich bis 2030 in Variante 1 eine Differenz von rund 92.000, bis 2040 eine Differenz von rund 75.000 t CO₂äq. zum Baseline-Szenario. In Variante 2 ergibt sich ausgehend von 2018 bis 2030 eine Differenz von rund 113.000, bis 2040 eine Differenz von rund 99.000 t CO₂äq zum Baseline-Szenario. Die Wirkung im Jahr 2030 ist aufgrund teilweise vorgezogener Sanierungsmaßnahmen höher.

Abbildung 24: Förderprogramm Sanierung - Treibhausgaseinsparung nach Quellenbilanz nach Varianten für die Jahre 2030 und 2040

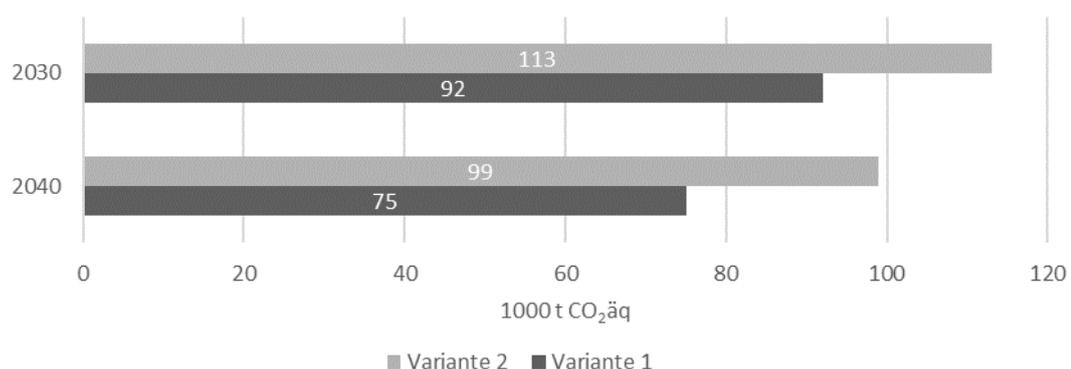
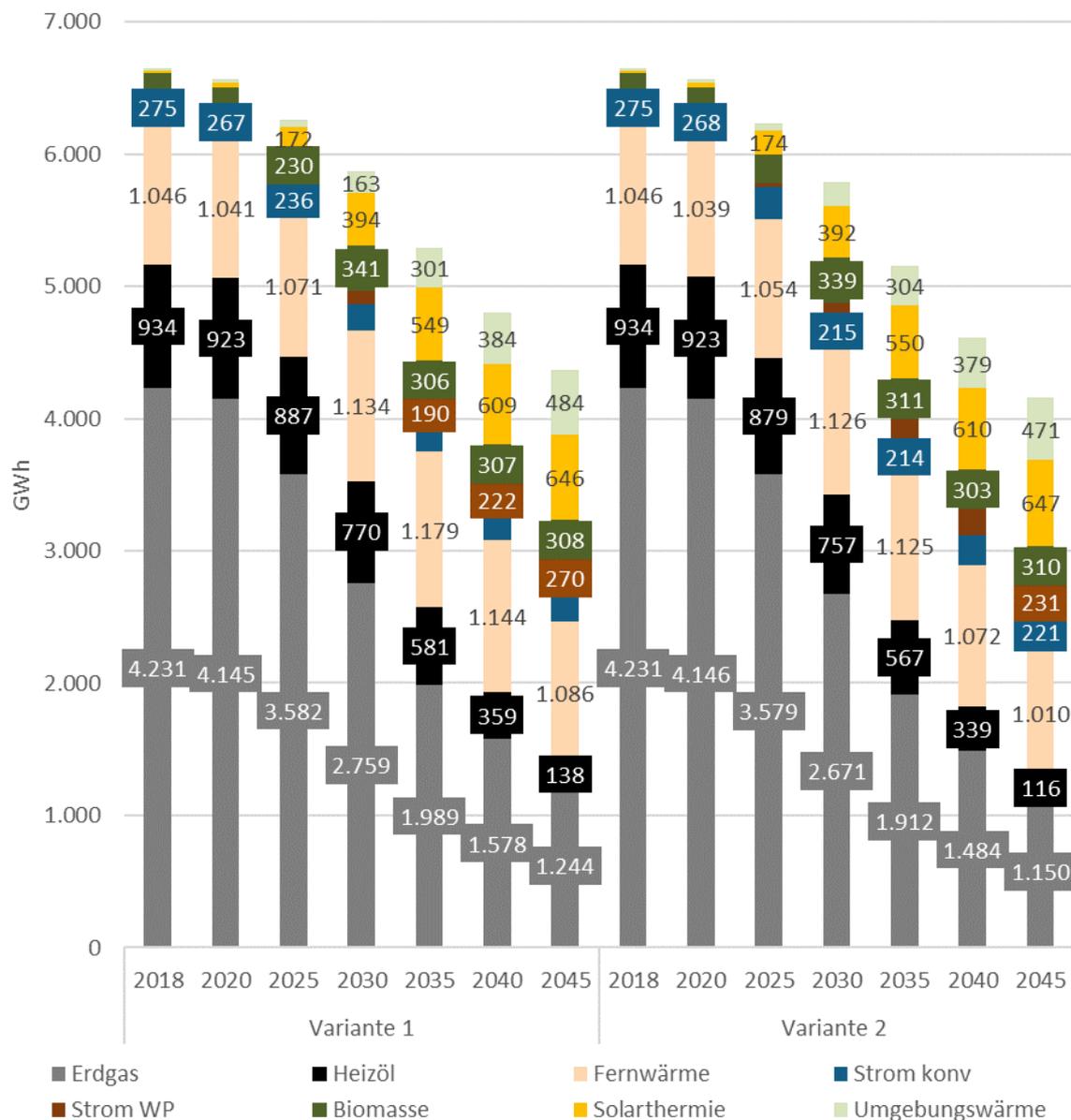


Abbildung 25 zeigt den Endenergiebedarf nach Energieträgern der Maßnahme. Durch die Erhöhung des Förderbudgets und die Anforderungen an EE-Wärmeversorgung und Sanierungstiefe kann der Endenergiebedarf im Vergleich zum Baseline-Szenario deutlich reduziert werden. Die Erhöhung der Heizungsaustauschrate in Kombination mit erhöhter Förderung auf EE-Wärmesysteme führt zu einem schnelleren Ausbau von Fernwärme, Wärmepumpen und Solarthermie.

Abbildung 25: Förderprogramm Sanierung - Endenergiebedarf nach Energieträgern und Varianten



Die Erhöhung des Budgets und der spezifischen Förderung für BEG 55 Sanierungen führt zu einer deutlich höheren Anzahl an ambitionierten Sanierungen. Abbildung 26 zeigt die kumulierte Anzahl durchgeführter Sanierungen von 2023 bis 2045 in beiden Szenarien. Im Vergleich zum Baseline-Szenario (siehe Abbildung 56) werden durch die Maßnahme sowohl die Anzahl an Sanierungen als auch die Sanierungstiefe enorm gesteigert. In Variante 1 steigt allerdings der Anteil des moderat ambitionierten Sanierungspakets, welche dem BEG 100 entspricht. In Variante 2 steigt dagegen der Anteil ambitionierter Sanierungen (> BEG55). Im Zeitraum 2023 bis 2045 beträgt dieser mehr als 50 %.

Abbildung 26: Förderprogramm Sanierung - Kumulierte Anzahl durchgeführter Sanierungen nach Sanierungstiefe und Varianten

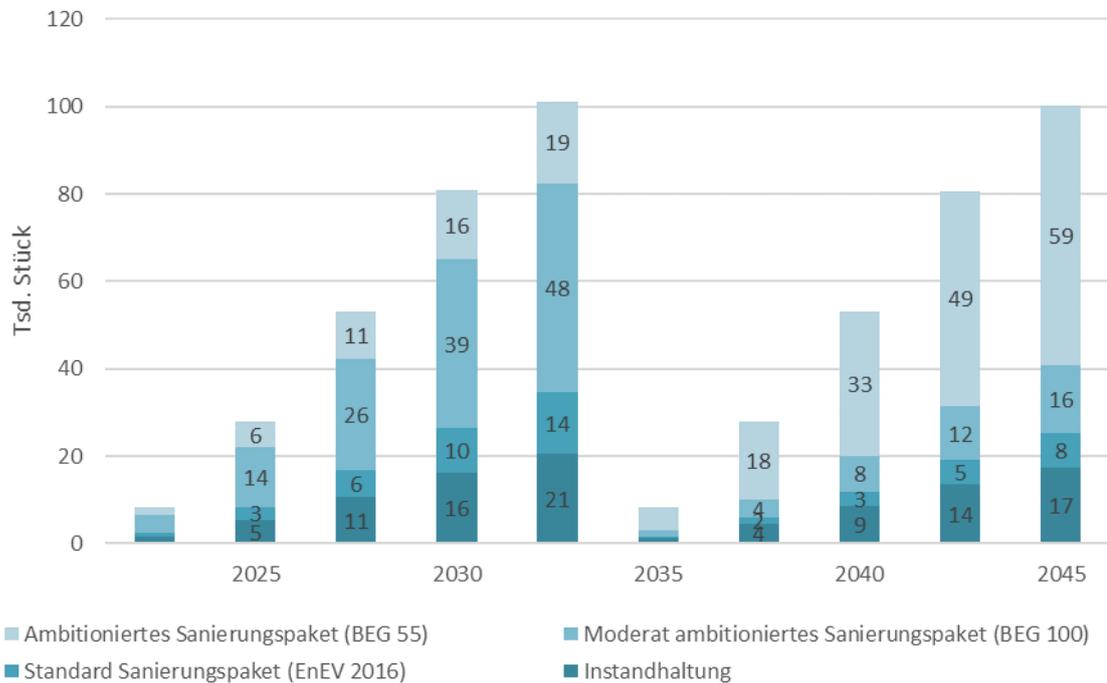
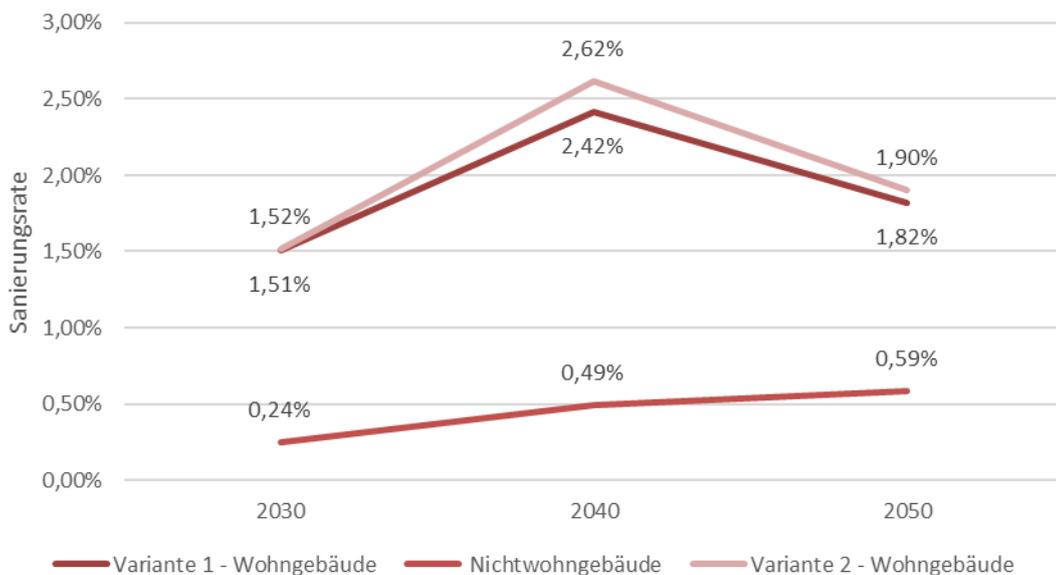


Abbildung 27 zeigt darüber hinaus noch die Sanierungsrate für die Wohngebäude in beiden Varianten sowie für die Nichtwohngebäude, die in beiden Szenarien nahezu identisch ist. In Variante 2 ist die Sanierungsrate ein wenig höher, obwohl die Anzahl an Sanierungen in Variante 1 geringfügig ist. Dies liegt daran, dass in Variante 2 weniger Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden, die nicht zur Sanierungsrate gerechnet werden.

Abbildung 27: Förderprogramm Sanierung – Sanierungsrate im Mittel über 10 für Wohn- und Nichtwohngebäude



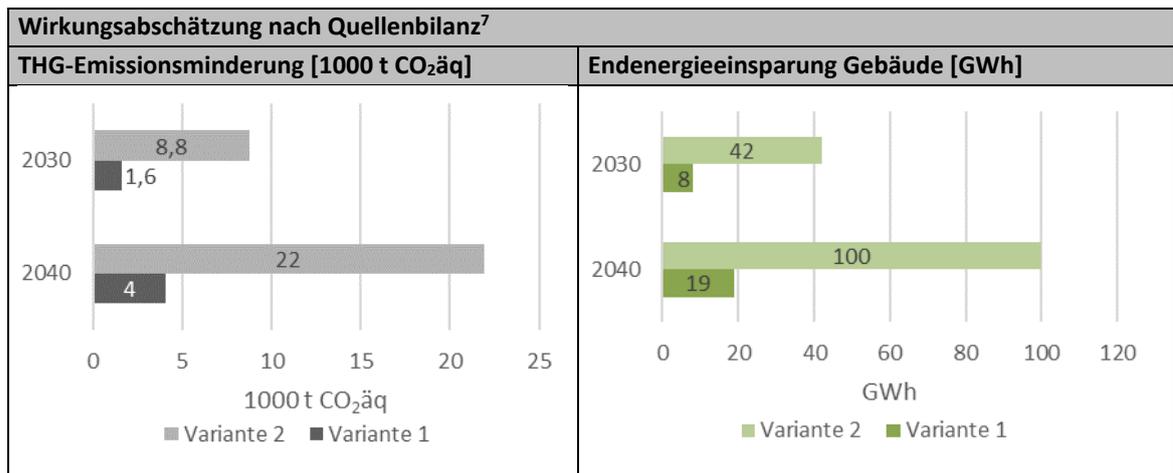
6.2 Suffizienz Wohnfläche

6.2.1 Kurzübersicht

| | | |
|--|--|---|
| Maßnahme | Effizientere Nutzung von Wohnflächen (Suffizienz Wohnfläche) | |
| Art der Maßnahme | Einzelmaßnahme | |
| Wirkungszeitraum | | |
| Start | 2022 | |
| Ende | 2040 (Klimaneutralität bis 2040) | |
| Beschreibung | Ziel dieser Maßnahme ist die bessere Nutzung und Auslastung von vorhandenem Wohnraum bzw. Bestandsbauten und dadurch eine Reduktion von Neubauten. Dabei wird nicht nur die unmittelbare Emissionsminderung durch eine geringere Anzahl an Neubauten, sondern auch die dabei entstehende graue Energie betrachtet. Durch unterschiedliche Angebote, wie Programme zum Tausch von Wohnungen, Förderprogramme zum Umbau von Einfamilienhäusern und Wohnungen soll eine bessere Auslastung der vorhandenen Flächen erreicht werden. | |
| Ausgestaltungsparameter | Variante 1 | Variante 2 |
| Spezifische Wohnfläche | geringe Reduktion der spezifischen Wohnfläche um 0,5 % jährlich in ausgewählten Zielgruppen | erhöhte Reduktion der spezifischen Wohnfläche um 3 % jährlich in ausgewählten Zielgruppen |
| Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen | Mieterstromanlagen, Neubau Plusenergiestandard | |
| Reboundeffekte | Mögliche Effekte durch Weiternutzung / Abbau von Leerständen von Gebäuden mit schlechter Effizienzklasse im Vergleich zu effizienten Neubauten zu sehen. | |
| Methodik zur Wirkungsabschätzung | Die Wirkungsabschätzung erfolgt mit dem Energiesystemmodell Invert/ee-Lab. Die Entwicklung des Gebäudebestands wird im Modell mittels einer Wachstumsrate berechnet, die der Entwicklung der spezifischen Wohnfläche entspricht. Für die Berechnung wird anhand der durchschnittlichen Fläche eines Neubaus (aus der Neubaustatistik Bremen) und der Anzahl Gebäude aus Invert/ee-Lab die jährlich hinzukommende Gebäudefläche berechnet. Das Potenzial von Suffizienzmaßnahmen wird anhand von Kenkmann et al., 2019 berechnet. In der UBA-Studie wurden die Auswirkungen eines flächensparenden Wohnens durch Suffizienzmaßnahmen untersucht. In der Studie wurden zwei Zielgruppen mit besonders hohen Pro-Kopf-Wohnflächen identifiziert. Die Studie beschreibt zwei Szenarien. In Szenario 1 wird eine Reduktion der spezifischen Wohnfläche in diesen beiden Gruppen von 0,5 % jährlich, in Szenario 2 eine Reduktion um 3 % untersucht. In der Studie wird im Zeitraum 2018 bis 2030 von einer Reduktion um insgesamt 6,5 bzw. 39 % in der Zielgruppe ausgegangen. Für die Berechnung werden die Anteile der Zielgruppen an der Bevölkerung auf die statistischen Daten von Bremen übertragen. Ebenso wird der berücksichtigte Zeitraum auf den Zeitraum 2023 bis 2040 übertragen. Die Reduktion der spezifischen Wohnfläche durch Suffizienzmaßnahmen wird dann von der berechneten Gebäudefläche abgezogen. Dadurch reduziert sich wiederum die | |

| | |
|--|---|
| | Steigerung der spezifischen Wohnfläche, die in das Modell eingeht. Zusätzlich wird die eingesparte graue Energie durch die geringe Anzahl an Neubauten mithilfe von Angaben des BBSR berechnet. |
|--|---|

| | |
|----------------|--|
| Wirkung | In beiden Varianten ist ein Rückgang der Neubauten im Vergleich zur Baseline zu beobachten. Dadurch reduziert sich wiederum der Endenergiebedarf. Durch die sehr ambitionierte Reduktion der spezifischen Wohnfläche in den Zielgruppen, reduziert sich der Endenergiebedarf bis 2040 um etwa 100 GWh im Vergleich zur Baseline. |
|----------------|--|



6.2.2 Methodik und Datengrundlage

Die Maßnahme wird in Anlehnung an Kenkmann et al., 2019 und mithilfe von Invert/ee-Lab bewertet. In der Studie des UBA wurden die Auswirkungen eines flächensparenden Wohnens durch Suffizienzmaßnahmen innerhalb von zwei Zielgruppen identifiziert, die eine sehr hohe Pro-Kopf-Wohnfläche aufweist die weit über dem Durchschnitt (vgl. Kapitel 3.1) liegen. Die Zielgruppe „Seniorenschaft mit großen Pro-Kopf-Wohnflächen“ entspricht in Deutschland etwa 30 % der Haushalte und zeichnet sich durch eine durchschnittliche Pro-Kopf-Wohnfläche von 63 m² aus. Die Zielgruppe „Bald in Rente“ definiert sich darüber, wenn eine Person im Haushalt lebt, die ca. drei Jahre jünger als das typische Renteneintrittsalter (62,7 Jahre) ist. Mit einem Anteil von 3 % an der gesamten Anzahl an Haushalten in Deutschland ist diese Gruppe wesentlich kleiner als die erste Zielgruppe. In beiden Zielgruppen werden nur diejenigen Haushalte einbezogen, die Wohnflächen von über 80 m² bei Single-Haushalten und von über 100 m² bei Paarhaushalten bewohnen.

3.1 Zur Reduktion der Wohnflächen dieser Haushalte sind politische Handlungen notwendig, die die Sensibilisierung, Motivation aber auch Unterstützung, wie den Ausbau der Barrierefreiheit oder finanzielle Anreize, zum Ziel haben (Kenkmann et al., 2019). Im Folgenden werden die beiden Zielgruppen aus Gründen der Vereinfachung zusammengefasst.

Weiterhin werden in der Studie zwei Szenarien untersucht, die eine Reduktion der Pro-Kopf-Wohnfläche zum Ziel haben. Es wird eine Reduktion der Pro-Kopf-Wohnfläche um 0,5 bzw. 3 % jährlich im Zeitraum 2018 bis 2030 untersucht. Dies führt demnach zu einer Reduktion der Pro-

⁷ Es handelt sich hierbei um die Wirkungsabschätzung der Einzelmaßnahme. Die Wirkung der Maßnahme wird unter der Prämisse bilanziert, dass nur diese Maßnahme umgesetzt wird. Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen werden nicht berücksichtigt.

Kopf-Wohnfläche um 6,5 bzw. 39 % bis 2030. Die moderate Reduktion der Wohnfläche entspricht deshalb Variante 1, die ambitionierte Reduktion der Wohnfläche entspricht Variante 2.

Mithilfe der Studie wird zunächst die beanspruchte Wohnfläche der Zielgruppen in beiden Szenarien berechnet. Im nächsten Schritt wird die Differenz aus der beanspruchten Wohnfläche in den Szenarien und dem Ausgangszustand in Invert/ee-Lab eingebracht. Dazu wird eine jährliche Reduktion der beanspruchten Wohnfläche über den Wirkungszeitraum der Maßnahme gebildet. Die Maßnahme hat einen Wirkungszeitraum von 2023 bis 2040, was insgesamt 17 Jahren entspricht.

Im Modell wird der Gebäudebestand über die Entwicklung der spezifischen Wohnfläche berechnet. Mithilfe der Neubaustatistik von Bremen wird die durchschnittliche Wohnfläche von Neubauten berechnet. Diese im Durchschnitt neu gebaute Wohnfläche wird dann mit dem Netto-Zuwachs an Gebäuden multipliziert, um die neue Wohnfläche pro Jahr im Baseline-Szenario zu berechnen.

Die jährliche Differenz aus der beanspruchten Wohnfläche sowie dem Ausgangszustand der beiden Szenarien wird anschließend jeweils von der berechneten Wohnfläche des Baseline-Szenarios subtrahiert. Der daraus resultierende Wert dient schließlich als Ausgangsbasis für die Berechnung der spezifischen Wohnfläche der beiden Varianten. Im Umkehrschluss zur Berechnung der neuen Wohnfläche kann mithilfe der durchschnittlichen Fläche von Neubauten wiederum die Anzahl an Gebäuden und somit auch die veränderte Entwicklung der spezifischen Wohnfläche berechnet werden. Diese Entwicklung wird in die Berechnung von Invert/ee-Lab eingegeben und es kann ein Endenergiebedarf berechnet werden. Abschließend kann anhand der Anzahl an Neubauten auch die benötigte graue Energie berechnet werden.

Datengrundlage

Die Studie des UBA basiert auf statistischen Daten des Zensus sowie der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS). Im Jahr 2011 wurden in Deutschland insgesamt 37,5 Millionen Haushalte registriert. Tabelle 4 zeigt die Anzahl an Haushalten, Wohnfläche pro Haushalt und die Pro-Kopf-Wohnfläche für die Zielgruppen in ganz Deutschland. In der (EVS) wurden insgesamt 5,08 Mio. Haushalte erfasst, die in die Zielgruppen fallen.

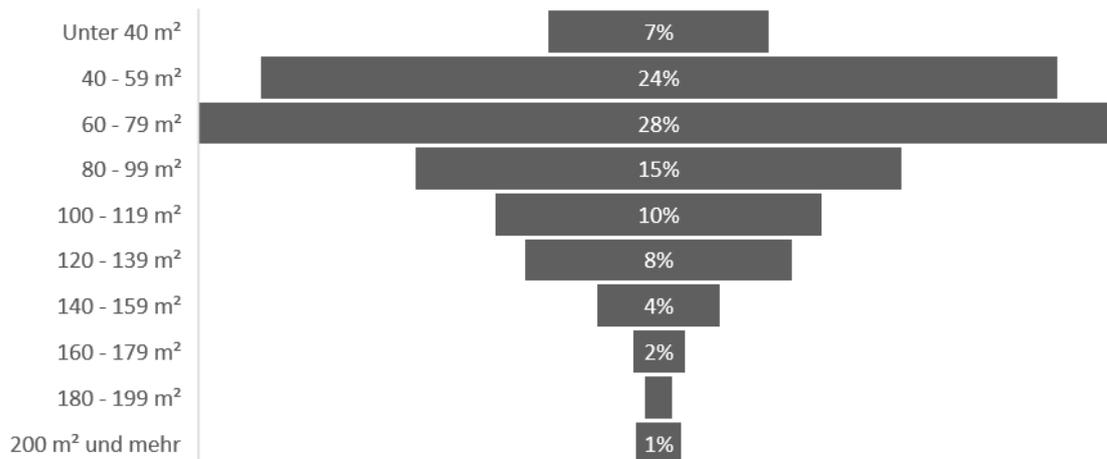
Tabelle 4: Suffizienz Wohnfläche - Anzahl Haushalte, Wohnfläche pro Haushalt und pro Kopf in den Zielgruppen in Deutschland

| | Anzahl Haushalte [Stück] | Anteil an Haushalten | Wohnfläche [m ²] | Haushaltsgröße [Anzahl Personen] | Pro Kopf Wohnfläche [m ²] |
|-------------|--------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Zielgruppen | 5.080.000 | 14% | 127,5 | 1,60 | 80 |

Quelle: (Kenkmann et al., 2019)

Im Mikrozensus wurden im Jahr 2019 in Bremen insgesamt rund 373.000 private Haushalte erfasst. Mit 52 % sind davon mehr als die Hälfte Einpersonenhaushalte. Weitere 30 % der privaten Haushalte umfassen zwei Personen (Destatis, 2019). Im Zensus 2011 wurden in Bremen 331.081 private Haushalte erfasst. Von den 331.081 Haushalten sind 45 % Einpersonenhaushalte, weitere 32 % Zweipersonenhaushalte und 12 % Dreipersonenhaushalte (Destatis, 2011). Abbildung 28 zeigt die im Zensus 2011 erfasste Verteilung der privaten Haushalte nach genutzter Fläche. Die Mehrheit der Haushalte in Bremen umfassen eine Wohnfläche von 40 bis 100 m², wobei die Mehrheit der Haushalte Einpersonenhaushalte sind.

Abbildung 28: Suffizienz Wohnfläche - Verteilung der privaten Haushalte nach beanspruchter Fläche im Land Bremen



Quelle: Zensus 2011

Mit der statistischen Datengrundlage kann jedoch keine Kombination der Haushaltsgröße und beanspruchter Fläche hergestellt werden. Deshalb wird der relative Anteil an Haushalten für Deutschland auf die Anzahl an Haushalten in Bremen übertragen, woraus sich die Verteilung in Tabelle 5 ergibt. Zusätzlich ist die beanspruchte Wohnfläche der Zielgruppen angegeben.

Tabelle 5: Suffizienz Wohnfläche - Anzahl Haushalte, Wohnfläche pro Haushalt und pro Kopf in den Zielgruppen im Land Bremen im Ausgangszustand

| | Anzahl Haushalte [Stück] | Wohnfläche [m²] | Haushaltsgröße [Anzahl Personen] | Pro Kopf Wohnfläche [m²] | Beanspruchte Wohnfläche [m²] |
|-------------|--------------------------|-----------------|----------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Zielgruppen | 44.765 | 127,5 | 1,60 | 80 | 5.370.786 |

Quelle: Zensus 2011

Berechnung der beanspruchten Wohnfläche

Im nächsten Schritt wird die beanspruchte Wohnfläche der Zielgruppen in den beiden Szenarien analog zu Kenkmann et al. berechnet. Tabelle 6 zeigt die resultierende Pro-Kopf-Wohnfläche und die daraus resultierende beanspruchte Fläche in den Zielgruppen bei Anwendung der beiden Reduktionspfade. Es wird deutlich, dass durch die ambitionierte Reduktion der spezifischen Wohnfläche um 3 % jährlich innerhalb von 13 Jahren eine Einsparung der beanspruchten Fläche von rund 40 % resultiert. Bei einer Reduktion der spezifischen Wohnfläche um 0,5 % jährlich resultiert innerhalb von 13 Jahren nur eine sehr geringe Einsparung der beanspruchten Wohnfläche.

Tabelle 6: Suffizienz Wohnfläche - Anzahl Haushalte, Wohnfläche pro Haushalt und pro Kopf der Zielgruppen in den Szenarien

| | Anzahl Haushalte [Stück] | Wohnfläche [m²] | Haushaltsgröße [Anzahl Personen] | Pro Kopf Wohnfläche [m²] | Beanspruchte Wohnfläche [m²] |
|--|--------------------------|-----------------|----------------------------------|--------------------------|------------------------------|
|--|--------------------------|-----------------|----------------------------------|--------------------------|------------------------------|

| | | | | | |
|--|--------|-------|------|------|-----------|
| Moderate Reduktion der Pro-Kopf-Wohnfläche um 6,5 % | 44.765 | 119,5 | 1,60 | 75 | 5.320.658 |
| Ambitionierte Reduktion der Pro-Kopf-Wohnfläche um 39 % | 44.765 | 77,7 | 1,55 | 50,2 | 3.455.270 |

In Variante 1 ergibt sich eine Differenz der beanspruchten Wohnfläche von 343.719 m². Für den Zeitraum 2023 bis 2040 ergibt sich damit eine jährliche Reduktion der beanspruchten Wohnfläche von 20.129 m². In Variante 2 resultiert eine Einsparung von 2.209.107 m², woraus sich im Zeitraum 2023 bis 2040 eine jährliche Reduktion von 129.947 m² ergibt.

Berechnung der durchschnittlichen Wohnfläche pro Neubau und der neugebauten Fläche pro Jahr im Baseline-Szenario

Zur Berechnung der neuen Wohnfläche im Baseline-Szenario und in den Variante 1 und 2 der Maßnahme wird die Größe eines durchschnittlichen Neubaus in Bremen benötigt.

Zwischen 2010 und 2020 wurden in Bremen jährlich durchschnittlich 521 Gebäude und 1.539 Wohnungen gebaut. Diese Gebäude und Wohnungen entsprechen im Schnitt einer Fläche von 144.027 m². Pro Gebäude entspricht dies einer Fläche von 279 m².

Abbildung 29 zeigt die kumulierte Anzahl an Gebäuden im Baseline-Szenario nach Gebäudetyp sowie die Entwicklung der spezifischen Wohnfläche von 2018 bis 2050. Bis 2050 steigt die Anzahl auf knapp 150.000 Gebäude an.

Abbildung 29: Suffizienz Wohnfläche - Kumulierte Anzahl an Gebäuden und Entwicklung der spezifischen Wohnfläche im Baseline-Szenario



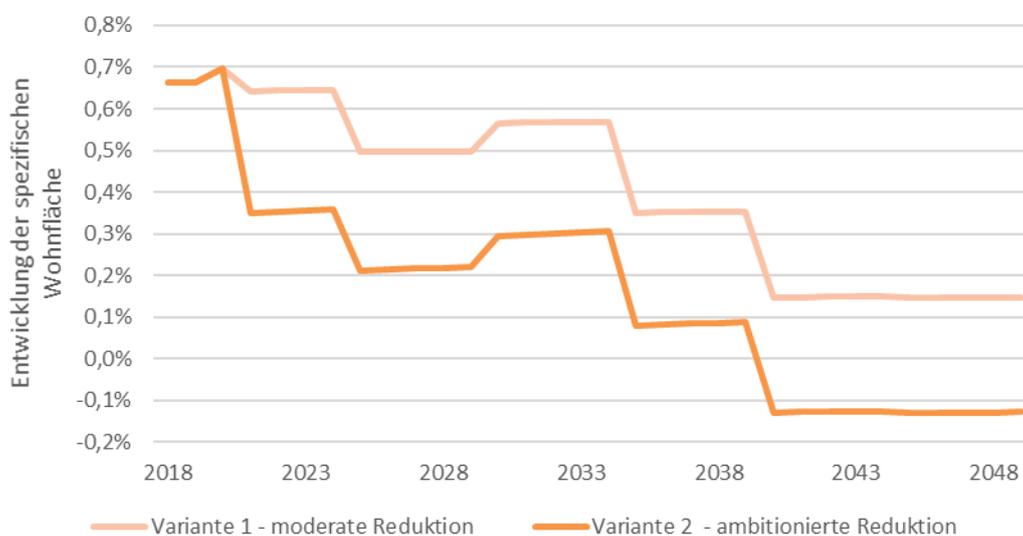
Die Differenz der jährlichen Anzahl an Gebäuden ergibt den Netto-Zuwachs an Gebäuden. Anhand dessen und der durchschnittlichen Fläche eines Neubaus in Bremen wird nun die neue Wohnfläche pro Jahr im Baseline-Szenario berechnet. Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Werte, welche als Ausgangsbasis für die Berechnung der neuen Wohnfläche in den Varianten 1 und 2 dienen.

Tabelle 7: Suffizienz Wohnfläche - Neugebaute Fläche im Baseline-Szenario

| | 2019 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Neugebaute pro Jahr im Baseline-Szenario | 241.069 | 242.676 | 264.446 | 213.679 | 247.291 | 163.494 | 81.098 | 81.095 |

Nach Abzug der jährlichen Reduktion der beanspruchten Wohnfläche in den beiden Varianten sowie der Berechnung des Netto-Zuwachses an Gebäuden und der Anzahl an Gebäuden ergibt sich für beiden Szenarien eine Entwicklung der spezifischen Wohnfläche, die in Abbildung 30 dargestellt ist. Diese wird eingesetzt, um in Invert/ee-Lab den Endenergiebedarf bei verringerter Neubautätigkeit zu berechnen.

Abbildung 30: Suffizienz Wohnfläche - Entwicklung der spezifischen Wohnfläche in den Varianten 1 und 2



6.2.3 Detaillierte Ergebnisse

Die Wirkung der Maßnahme in Form der THG-Einsparung kann durch die Endenergieeinsparung im Vergleich zum Baseline-Szenario berechnet werden. Abbildung 31 zeigt die Endenergieeinsparung in beiden Varianten in den Jahren 2030 und 2040.

Abbildung 31: Suffizienz Wohnfläche – Endenergieeinsparung in GWh

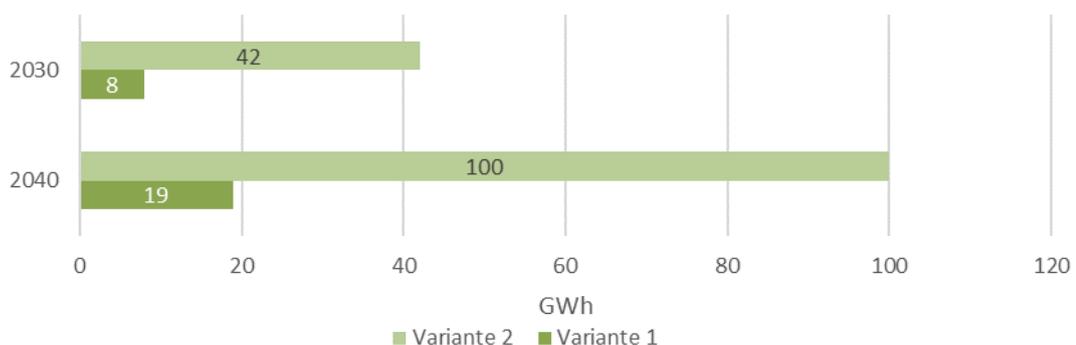
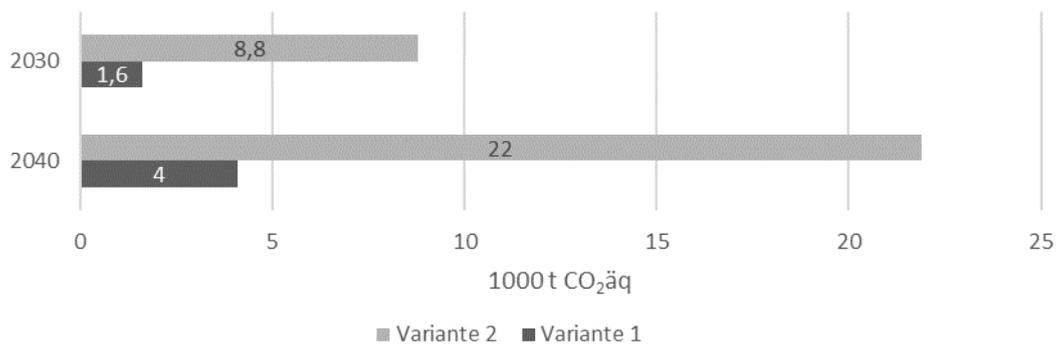


Abbildung 32 zeigt schließlich die resultierende THG-Einsparung nach Quellenbilanz in beiden Varianten für die Jahre 2030 und 2040.

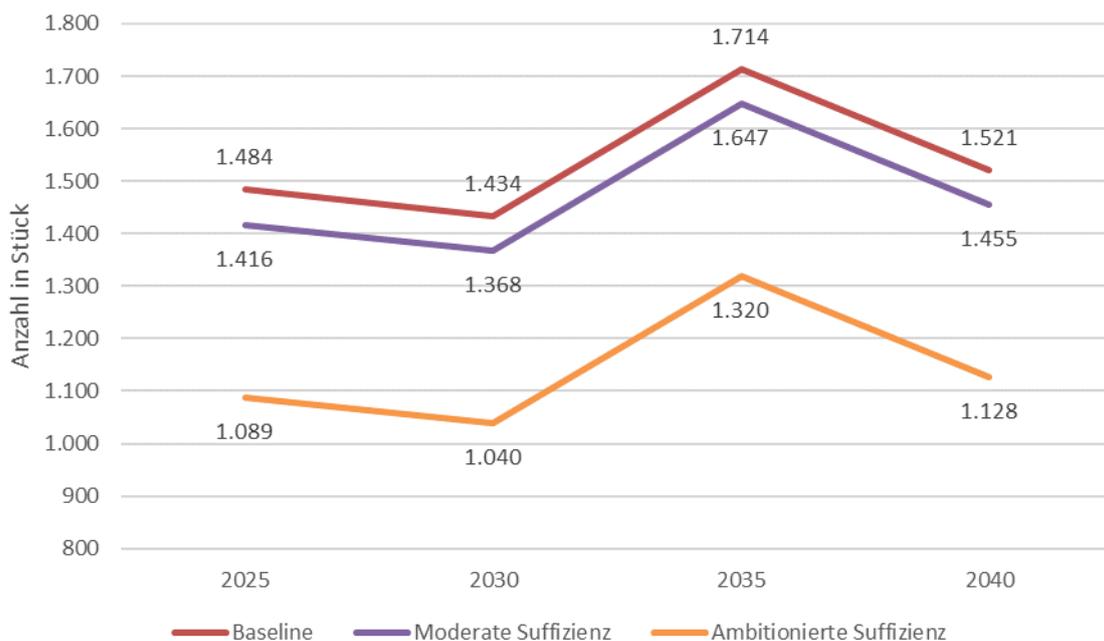
Abbildung 32: Suffizienz Wohnfläche – Treibhausgaseinsparung nach Quellenbilanz



Neben der unmittelbaren THG-Reduktion durch eine effizientere Nutzung der vorhandenen Wohnflächen ergeben sich durch geringere Neubautätigkeit auch Emissionseinsparungen in der Herstellungsphase von Gebäuden, die sogenannte graue Energie.

Abbildung 33 zeigt die Anzahl an Neubauten im Baseline-Szenario und in den Varianten 1 und 2. Es wird deutlich, dass vor allem in der Variante 2 bzw. im Szenario „Ambitionierte Suffizienz“ deutlich weniger Gebäude neu gebaut werden als im Baseline-Szenario.

Abbildung 33: Suffizienz Wohnfläche – Anzahl an Neubauten im Baseline-Szenario und in den Varianten



Laut einer Studie des BBSR liegt die graue Energie von typischen Neubauten zwischen 10 und 16 kg CO₂äq/m² (Mahler et al., 2019). Bei einer typischen Fläche von Neubauten in Bremen von 279 m² (siehe oben), ergeben sich bei 10 kg etwa 2,8 t CO₂äq pro Neubau und bei 16 kg etwa 4,5 t CO₂äq. Die graue Energie im Baseline-Szenario sowie in den Varianten ist in

Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Suffizienz Wohnfläche - Graue Energie von Neubauten im Baseline-Szenario und in den Varianten

| | Baseline-Szenario | Ambitioniertes Szenario | Sehr ambitioniertes Szenario |
|--|-------------------|-------------------------|------------------------------|
| Kumulierte Anzahl Neubauten [in Stück] | 26.709 | 25.519 | 19.617 |
| Höhe der grauen Emissionen bis 2050 bei 10 kg CO ₂ äq pro m ² [in t] | 74.518 | 71.197 | 54.732 |
| Höhe der grauen Emissionen bis 2050 bei 16 kg CO ₂ äq pro m ² [in t] | 119.123 | 113.814 | 87.493 |

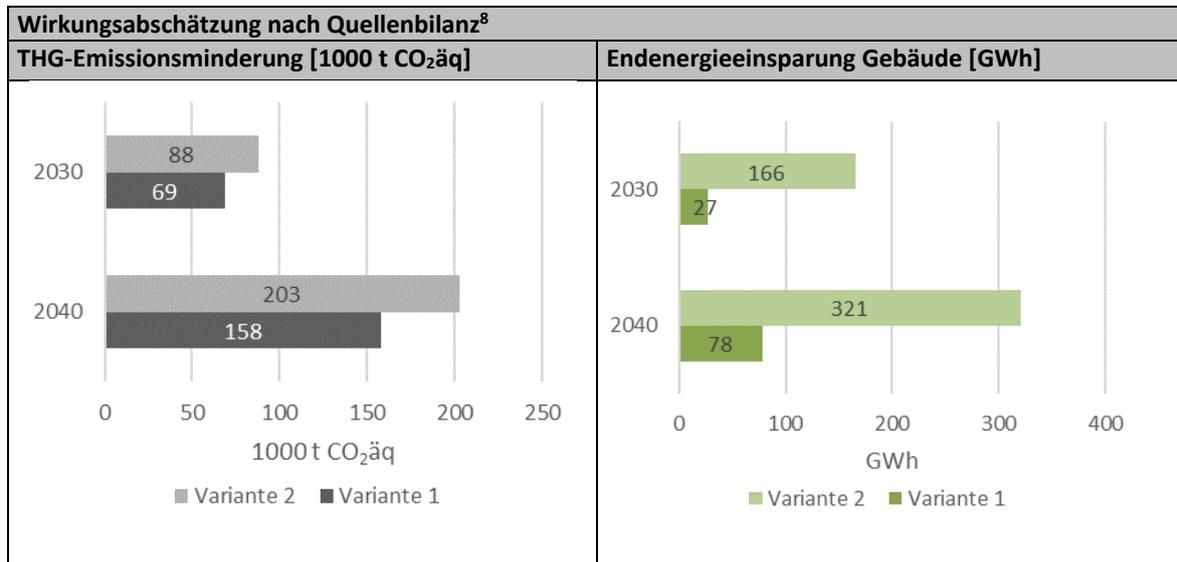
Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von (Mahler et al., 2019)

6.3 Nutzungspflicht EE-Wärme

6.3.1 Kurzübersicht

| | | |
|--|--|-------------------|
| Maßnahme | Ausbau der erneuerbaren Wärmeversorgungssysteme durch Festlegung einer Nutzungspflicht im Landeswärmegesetz (Nutzungspflicht EE-Wärme) | |
| Art der Maßnahme | Ordnungsrecht | |
| Wirkungszeitraum | | |
| Start | 2023 | |
| Ende | 2045 (Klimaneutralität bis 2040) | |
| Beschreibung | Landeswärmegesetz, das die Klimaneutralität zum Ziel hat und u.a. eine Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien bei der Wärmeversorgung vorsieht. Vorgeschrieben sind 100 % Erneuerbare (inkl. Wärmepumpen, Fernwärme). Es liegt eine Ausnahme vor, wenn das Gebiet laut Wärmeplanung in Nah-/Fernwärme-Ausbaugbiet liegt, aber noch nicht erschlossen ist. Dann werden Ersatzmaßnahmen vorgenommen. Auslösetatbestand ist der Heizkesseltausch. Erfüllungsoptionen sind Wärmepumpen, Biomassekessel, Solarthermie und Fernwärmeanschluss. Biomethan zur Nutzung im Gaskessel ist ausgeschlossen. | |
| Ausgestaltungsparameter | Variante 1 | Variante 2 |
| Heizungstauschrate/ Attentismus | Geringe Rate | Derzeitige Rate |
| Mindestanteil EE/ Fernwärme | 25 % EE | 100 % EE |
| Compliance-Rate/ Vollzug | 60% | 80% |
| Erfüllungsoptionen | Biogas keine Erfüllungsoption, nur in Ausnahmen | |
| Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen | Energieberatungszentrum, Selbstverpflichtung Wohnungswirtschaft, Förderprogramm Sanierung Bremen | |

| | |
|---|---|
| Reboundeffekte | |
| Methodik zur Wirkungsabschätzung | Die Wirkung der Maßnahme wird über eine Szenarioanalyse mit Invert/ee-Lab modelliert. Die Austauschrate wird über die Lebensdauern von Wärmeversorgungssystemen abgebildet. In Variante 1 wird von einem Attentismus bei den Gebäudeeigentümer:innen ausgegangen, welche zu einer geringeren Austauschrate des Wärmeversorgungssystems führt. In Variante 2 wird die derzeitige Austauschrate der Wärmeversorgungssysteme und damit die Standard-Lebensdauer unterstellt. |
| Wirkung | Durch die Nutzungspflicht wird ein Rückgang der fossilen Energien um 68 % bzw. 75 % erreicht. Die Wirkung der Verpflichtung hängt maßgeblich von der Ausgestaltung – vom Mindestanteil EE und den zulässigen Erfüllungsoptionen – ab. Daneben ist auch die Begleitung durch Information und Beratung und die Vorbereitung der Fachkräfte relevant, um die Aktivität beim Heizungsaustausch nicht negativ zu beeinflussen. |



6.3.2 Methodik und Datengrundlage

Die Wirkung der Maßnahme wird über eine Szenarioanalyse mit Invert/ee-Lab modelliert. Die Austauschrate wird über die Lebensdauer von Wärmeversorgungssystemen abgebildet. In Variante 1 wird von einem Attentismus bei den Gebäudeeigentümer:innen ausgegangen, welche zu einer geringeren Austauschrate der Wärmeversorgungssysteme führt. Diese geringere Austauschrate wird durch längere Lebensdauern der Wärmeversorgungssysteme abgebildet. In Variante 2 wird die derzeitige Austauschrate der Wärmeversorgungssysteme und damit die Standard-Lebensdauer unterstellt.

In Bezug auf den Anteil EE-Wärme bzw. Fernwärme wird 25 % in Variante 1 vorausgesetzt, in Variante 2 dürfen nur noch 100 % EE installiert werden. Optionen zur Erfüllung der Pflicht sind

⁸ Es handelt sich hierbei um die Wirkungsabschätzung der Einzelmaßnahme. Die Wirkung der Maßnahme wird unter der Prämisse bilanziert, dass nur diese Maßnahme umgesetzt wird. Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen werden nicht berücksichtigt.

Wärmepumpen, Biomassekessel, Solarthermie sowie der Anschluss an das Fernwärmenetz. Dabei werden jedoch die begrenzten Potenziale für Biomasse und Fernwärme berücksichtigt (siehe Abschnitt 3.4). Die Nutzung von Biomethan im Gaskessel ist ausgeschlossen. Diese Anforderungen können im Modell einfach abgebildet werden – kommt es zu einem Auslösetatbestand für einen Austausch des Wärmeversorgungssystems, sind die Auswahloptionen für die Gebäudeeigentümer:innen begrenzt. Wie im GEG sind auch im Modell Bußgelder bei Nichterfüllung der Anforderungen hinterlegt. Die Gebäudeeigentümer:innen können zwischen der Erfüllung der Anforderungen oder Bezahlung des Bußgeldes entscheiden.

6.3.3 Detaillierte Ergebnisse

Die Nutzungspflicht von erneuerbaren Wärmeversorgungssystemen führt zu einer deutlichen Reduktion der THG-Emissionen sowie des Endenergiebedarfs im Vergleich zum Baseline-Szenario. Die folgenden Auswertungen machen deutlich, dass die Maßnahme einen großen Hebel auf dem Weg zur Klimaneutralität darstellt.

Abbildung 34 zeigt die resultierenden Treibhausgasemissionen nach dem Quellenprinzip. Ab 2025 ist in beiden Varianten eine deutliche Reduktion der Emissionen zu beobachten. In Variante 2 werden aufgrund der Vorgabe 100 % EE höhere THG-Emissionsminderungen erzielt. Bis 2030 ergibt sich in Variante 1 eine Differenz von rund 69.000, bis 2040 eine Differenz von rund 158.000 t CO₂äq zum Baseline-Szenario. In Variante 2 ergibt sich bis 2030 eine Differenz von rund 88.000, bis 2040 eine Differenz von rund 203.000 t CO₂äq zum Baseline-Szenario.

Abbildung 34: Nutzungspflicht EE-Wärme - Treibhausgaseinsparung nach Quellenbilanz

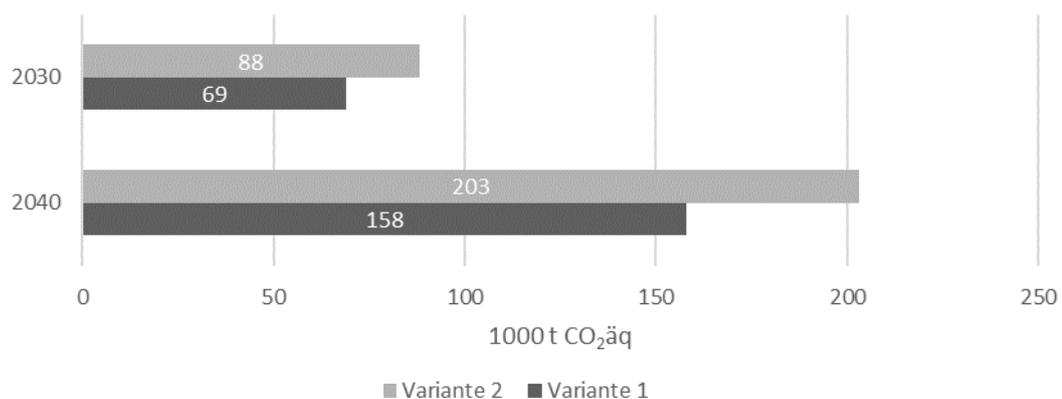
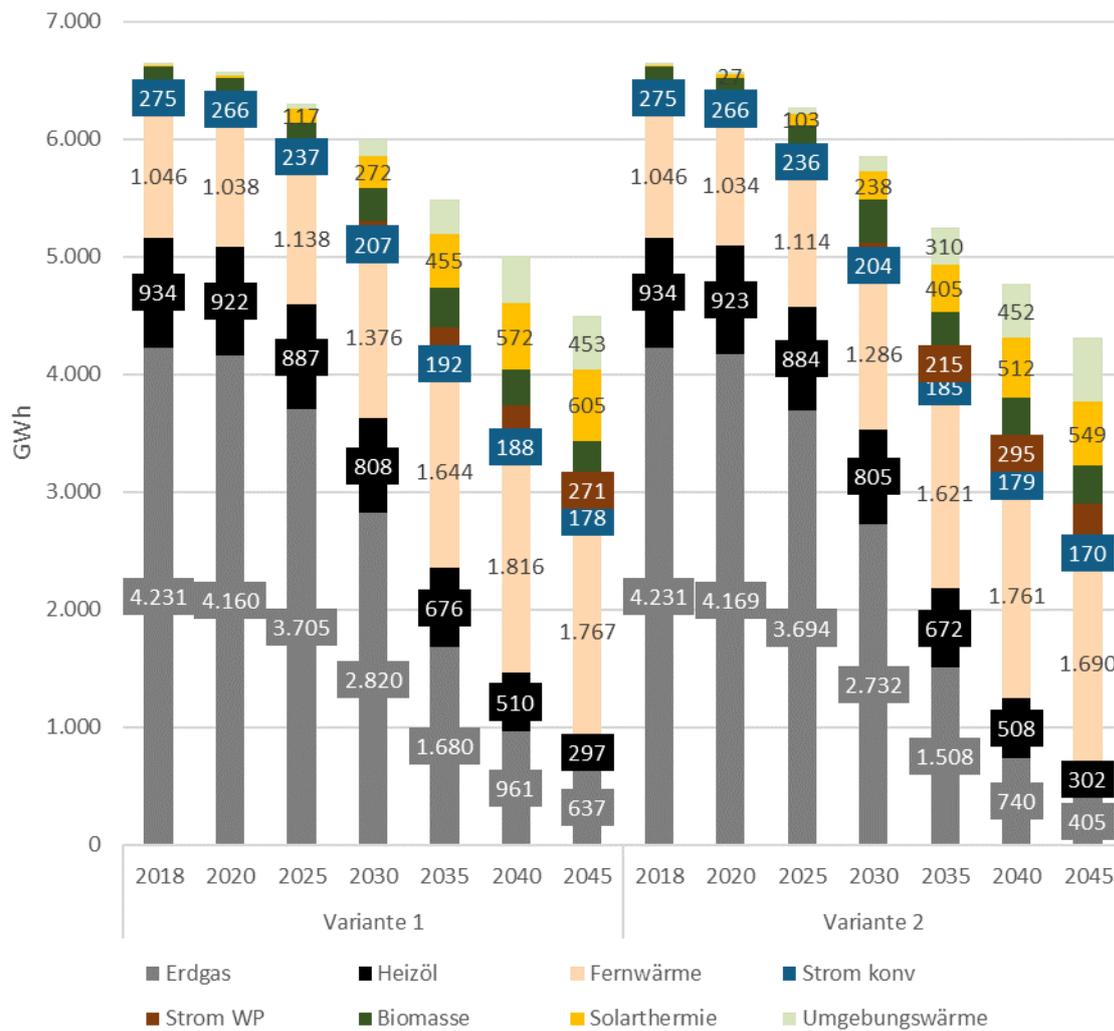


Abbildung 35 zeigt den Endenergiebedarf nach Energieträgern der Maßnahme. Im Vergleich zum Baseline-Szenario wird ein deutlicher Rückgang der fossilen Brennstoffe erreicht. Stattdessen wird die zentrale Versorgung durch Fernwärme sowie die dezentrale Versorgung durch Wärmepumpen ausgebaut.

Abbildung 35: Nutzungspflicht EE-Wärme - Endenergiebedarf nach Energieträgern



Bis 2040 wird in Variante 1 ein Rückgang fossiler Energien um 71 %, in Variante 2 um 75 % erreicht. Bis 2045 wird sogar in Variante 1 ein Rückgang um 81 %, in Variante 2 um 86 % erreicht. Es wird deutlich, dass die Wirkung der Verpflichtung maßgeblich von der Ausgestaltung – (Mindestanteil EE und zulässige Erfüllungsoptionen) abhängt. So führt Variante 1 zu einem höheren Ausbau der Fernwärme als Variante 2. Dagegen wird in Variante 2 die Versorgung durch Erdgas deutlich stärker reduziert und die dezentrale Energieversorgung gesteigert. Neben den Anforderungen an EE-Wärmeversorgungssysteme ist auch die Begleitung durch Information und Beratung und die Vorbereitung der Fachkräfte relevant, um die Aktivität beim Tausch des Wärmeversorgungssystems nicht negativ zu beeinflussen.

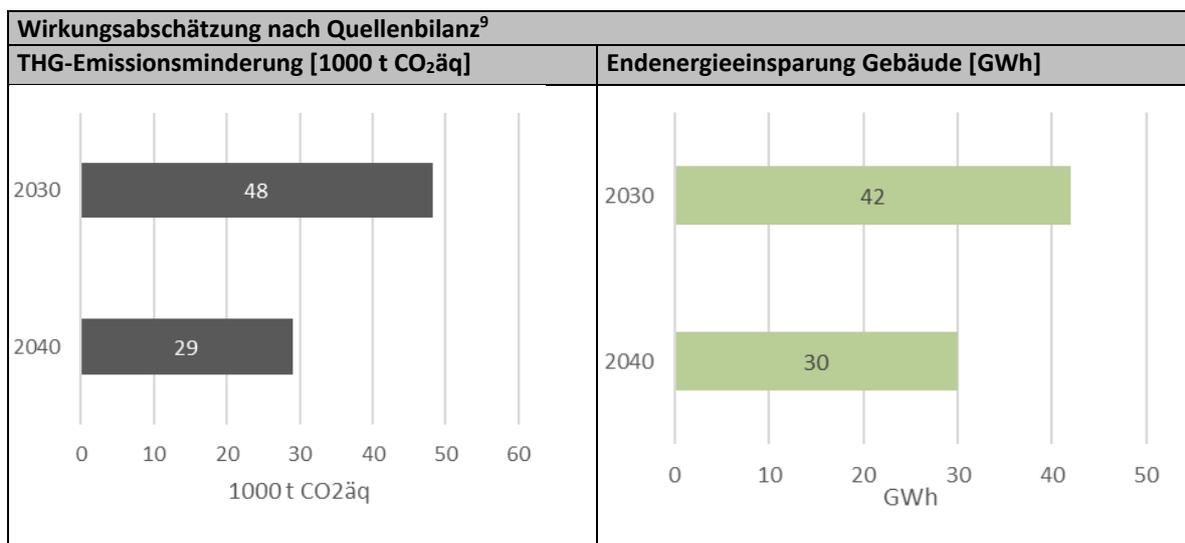
6.4 Energieberatungszentrum

6.4.1 Kurzübersicht

| | | |
|--|---|----------------------------|
| Maßnahme | Steigerung der Aktivitätsraten und zielkonformen Maßnahmen durch Beratung, Information sowie Weiterbildung von Fachkräften (Energieberatungszentrum) | |
| Art der Maßnahme | Information | |
| Wirkungszeitraum | | |
| Start | 2023 | |
| Ende | 2045 (Klimaneutralität bis 2040) | |
| Beschreibung | <p>Mit dem Energieberatungszentrum sollen Anlaufstellen in beiden Städten geschaffen und das Vor-Ort-Energieberatungsangebot durch Weiterberatungsangebote und Netzwerke signifikant gesteigert werden. Das Energieberatungszentrum fördert dabei die durchgehende Beratung von der anfänglichen Energieberatung / Energie-Checks, Vor-Ort Energieberatung über die Umsetzungsbegleitung bis zur Prüfung der umgesetzten Maßnahme. Die Beratungszentren sollen dabei auch Gebäudeeigentümer:innen und Handwerker:innen zusammenbringen. Für Handwerker:innen sollen kostenlose Weiterbildungsangebote geschaffen werden für zielkonforme Technologien. Außerdem sollen Netzwerke zwischen Fachkräften geschaffen werden, um nicht nur das Verständnis, sondern auch die Umsetzung von gewerkeübergreifenden Maßnahmen zu steigern. Externe Energieberater:innen könnten dadurch unterstützt werden, dass notwendige Softwarelizenzen für Energiebedarfsberechnungen/ Energieausweiserstellung bereitgestellt werden bzw. die von den Berater:innen erhobenen Daten zentral im Energieberatungszentrum eingegeben in den Softwareprogrammen eingegeben werden.</p> | |
| Ausgestaltungsparameter | Variante 1 | Variante 2 |
| Zusätzliche Beratungen pro Jahr | Für diese Maßnahme wird nur eine Variante quantifiziert | |
| Annahme zu Konversionsrate (Sanierungen werden durchgeführt) | gleich in beiden Varianten | gleich in beiden Varianten |
| Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen | Förderprogramm Sanierung, Landeswärmegesetz | |
| Reboundeffekte | <p>Direkte Reboundeffekte können nicht zugeschrieben werden. Einerseits könnten Fachkräfte aus dem Umland stärker in Bremen aktiv werden und somit Kapazitäten aus anderen Regionen abziehen. Andererseits sind eher positive Spill-over Effekte zu erwarten, wenn Weiterbildung für Fachkräfte aus der Region genutzt wird, und insgesamt das Angebot an Beratungen und ausgebildeten Fachkräften für die ganze Region verbessert wird.</p> | |

| | |
|---|--|
| Methodik zur Wirkungsabschätzung | Die Wirkungsabschätzung der Maßnahmen erfolgt in zwei Schritten. Zunächst wird ausgehend von dem derzeitigen Beratungsangebot und durchgeführten Energieberatungen in Bremen analysiert, inwieweit dieses bis 2030 und 2040 gesteigert werden kann und welche Umsetzungsaktivitäten in Form der Steigerung der Sanierungsrate daraus resultieren könnten. Als Datengrundlage werden hierbei die Evaluationsberichte der Bafa-Energieberatung verwendet. Im zweiten Schritt wird die Wirkung der zusätzlichen Sanierungsrate mit dem Modell Invert/EE-Lab berechnet. Dazu wird das Baseline Szenario mit erhöhter Sanierungsrate gerechnet. |
|---|--|

| | |
|----------------|--|
| Wirkung | |
|----------------|--|



6.4.2 Methodik und Datengrundlage

Die Maßnahme Energieberatungszentrum bündelt eine Reihe von Maßnahmenvorschlägen, die im Zwischenbericht der Enquete-Kommission genannt sind und ergänzt diese um weitere Vorschläge. Mit der Maßnahme sollen Voraussetzung geschaffen werden, dass Energieeffizienzinvestitionen im Gebäudebereich mit höherer Dynamik umgesetzt werden, indem

- der Investitionsentscheidungsprozess bei den Gebäudeeigentümer:innen initiiert wird → Werbung, Marketing,
- Investitionsentscheidungen für zielkonforme Technologien und Maßnahmen vorbereitet und getroffen werden können → Steigerung der Erst- und Vorort-Beratungen,
- Projekte schneller und öfter in die Umsetzung geführt werden → Umsetzungsbegleitung, Weiterbildung von Fachkräften, Netzwerkbildung zwischen Akteuren unterstützen und forcieren

⁹ Es handelt sich hierbei um die Wirkungsabschätzung der Einzelmaßnahme. Die Wirkung der Maßnahme wird unter der Prämisse bilanziert, dass nur diese Maßnahme umgesetzt wird. Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen werden nicht berücksichtigt.

Ausgangslage und Ansätze für das Energieberatungszentrum

Die finanzielle Förderung für Energieberatungen ist bereits durch die „Bundesförderung Energieberatung für Wohngebäude“ sehr gut abdeckt. Die seit Anfang 2020 geltende Förderrichtlinie stellt die Fortsetzung der Bafa-Förderung für Vor-Ort Energieberatung und individuelle Sanierungsfahrpläne unter verbesserten Bedingungen dar (BAnz AT, 2020). Im Zuge der Verabschiedung des Klimaschutzprogramms 2030 und der Zusammenführung der Förderinstrumente im Gebäudebereich zur Bundesförderung effiziente Gebäude ist die Förderhöhe von 60 % auf 80 % des Beratungshonorars erhöht worden.

Die Evaluationen der geförderten Energieberatungsprogramme zeigen, dass mit der Bafa-Energieberatung für Wohngebäude als umfassende Vor-Ort Beratung signifikant höhere durchschnittliche Einsparungen erreicht werden als beispielsweise durch die „Energie-Checks“ der Verbraucherzentralen, die jedoch als niederschwelliges Angebot als Erstberatung Gebäudeeigentümer:innen zu einer umfangreichen Beratung mit individuellen Sanierungsfahrplan hinführen können (Duscha et al., 2014; PWC, 2019).

Für die Quantifizierung der Maßnahmenwirkung stellen somit die durchgeführten Beratungen und die daraus erfolgte Umsetzung in Effizienzinvestitionen die zentralen Parameter dar, die zusammengenommen in einer Erhöhung der Sanierungsrate resultieren. Ein zusätzlicher Förderzuschuss für Energieberatungen im Land Bremen wäre unter den im Rahmen des BEG bereits bestehenden sehr guten Förderbedingungen nicht die zentrale Stellschraube, um die Anzahl der Beratungen und Sanierungen zu erhöhen. Vielmehr soll das Energieberatungszentrum mit den oben dargestellten Maßnahmen nicht nur die Gebäudeeigentümer:innen adressieren, sondern auch dafür sorgen, dass ausreichend Beratungen durchgeführt werden können und eine Umsetzung erfolgen kann.

Aus den Befragungen im Rahmen der Evaluation geht hervor, dass ein Großteil der Berater:innen nur wenige Energieberatungen durchführen oder inaktiv sind. Zwei Drittel der inaktiven Berater:innen geben dabei als Grund den intensiven Aufwand an, der insbesondere bei der Erstellung des Berichts im Softwareprogramm anfällt. Ein Drittel gab als Grund für die Inaktivität die mangelnde Flexibilität bei der Beratung sowie das Risiko für nicht ausgezahlte Fördergelder an (PWC, 2019). Hier zeigen sich zwei gute Ansatzpunkte, wie das Energieberatungszentrum Energieberater:innen unterstützen kann, indem zentral Beratungsberichte über die entsprechende Software erstellt und Förderanträge gestellt werden.

Aus der Evaluation der „Bafa Energieberatung für Wohngebäude“ (Bafa-Energieberatung) geht hervor, dass in Bremen rund 100 Vor-Ort Energieberatungen pro Jahr durchgeführt werden. Nach eigener Auswertung der Energieeffizienz-Expert:innenliste gibt es derzeit 66 zertifizierte Berater:innen in Bremen¹⁰, die Energieberatungen im Rahmen des Förderprogramms Energieberatung für Wohngebäude durchführen können. In Deutschland führt jeder Berater/ jede Beraterin im Schnitt nur rund 4,3 Beratungen pro Jahr durch.

¹⁰ Alle zertifizierten Berater:in sind in der dena Expert:innen Datenbank registriert: <https://www.energie-effizienz-experten.de/fuer-private-bauherren>. Für die Auswertung ist ein jeweils ein Radius von 20 km um Bremen und Bremerhaven angesetzt worden.

Quantifizierung der Wirkung

Um die Wirkung der Maßnahme zu quantifizieren, wird ausgehend von den derzeit im Land Bremen aktiven Energieberater:innen und den durchgeführten Beratungen eine Abschätzung durchgeführt, wie sich die Beratungsaktivitäten und damit induzierten zusätzlichen Sanierungsmaßnahmen entwickeln könnten. Als Indikator für den Erfolg der Maßnahme werden die durchgeführten umfangreichen Vor-Ort-Energieberatungen sowie die Steigerung der Umsetzungsrate herangezogen. Es wird angenommen, dass die Anzahl der aktiven Berater:innen um das Andert-halb-fache gesteigert werden kann und sich durch entsprechende Unterstützungsmaßnahmen die Anzahl der durchgeführten Energieberatungen pro Berater:in verdoppeln. Aus der Evaluation der Bafa-Energieberatung geht hervor, dass 80 % der Maßnahmen in Energieberatungen umgesetzt werden. Es wird angenommen, dass durch das Energieberatungszentrum und entsprechende Adressierung im Bereich der Umsetzungsbegleitung und der Vermittlung von geeigneten Fachkräften die Umsetzungsquote auf 95 % gesteigert werden kann. Damit würde sich die energetische Sanierungsrate in Bremen um 0,6 % erhöhen. Für die Bewertung wird angenommen, dass die Steigerung der Beratung und der Umsetzungsquote bis 2025 erreicht werden kann.

Die zusätzliche Sanierungsrate wird im Modell Invert/EE-Lab hinterlegt, um zu modellieren, welche Energie- und THG-Einsparungen sich daraus über den Simulationszeitraum bis 2045 ergeben.

6.4.3 Ergebnisse

Abbildung 36 zeigt die Ergebnisse der Abschätzung für die Einzelmaßnahmenwirkung mit Bezug auf die THG-Reduktionseinsparungen bis 2030 und 2040. Die Wirkungsabschätzung ergibt, dass durch die Maßnahme im Zeitraum 2022 bis 2030 eine Wirkung von 48 000 t CO₂äq als zusätzliche Wirkung induziert werden kann. Bis 2040 ist die Nettowirkung mit 29 000 t CO₂äq geringer, was insbesondere darauf zurückzuführen ist, dass teilweise vorgezogene Sanierungen in dem Szenario bereits bis 2030 erfolgen, die im Baseline Szenario später im Zeitraum 2030 bis 2040 erfolgen.

Abbildung 36: Energieberatungszentrum - THG-Reduktionsminderung nach Quellenbilanz

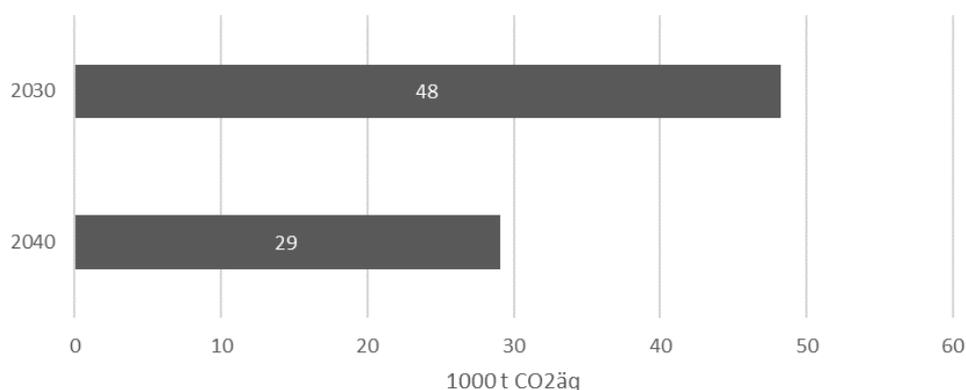
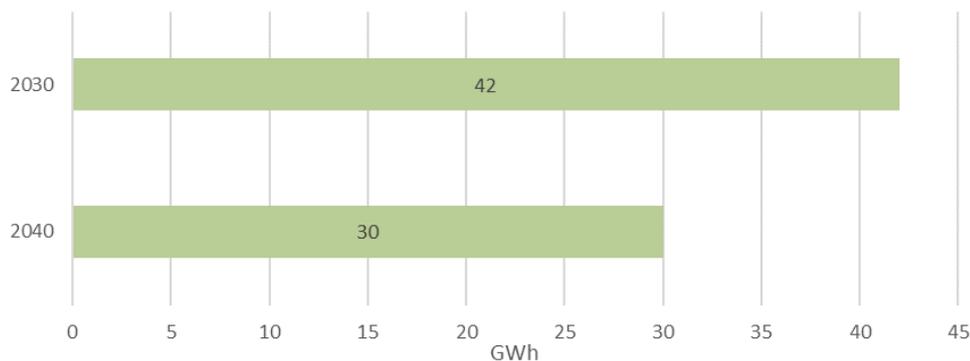


Abbildung 37 zeigt die Wirkung mit Bezug auf die Endenergieeinsparung. Bis zum Jahr 2030 reduziert sich der Endenergieverbrauch gegenüber dem Baseline-Szenario um 42 GWh. Bis 2040 zeigt sich der bereits oben beschriebene Effekt der vorgezogenen Sanierungen, sodass die Nettowirkung 30 GWh entspricht.

Abbildung 37: Energieberatungszentrum - Endenergieeinsparung in GWh



6.5 Adressierung der Worst-Performing-Buildings

6.5.1 Kurzübersicht

| | |
|-------------------------|---|
| Maßnahme | Erhöhung der Sanierungsrate der Gebäude mit der geringsten Energieeffizienz – Worst Performing Buildings (Neuvermietungs- und Verkaufsverbot WPB) |
| Art der Maßnahme | Ordnungsrecht |
| Wirkungszeitraum | |
| Start | 2023 |
| Ende | 2045 (Klimaneutralität bis 2040) |
| Beschreibung | <p>Mit der Maßnahme sollen die Gebäude mit der geringsten Energieeffizienzklasse – „Worst Performing Buildings“ - adressiert werden. Im Zwischenbericht der Enquete-Kommission wird dies über den Vorschlag einer ordnungsrechtlichen Verpflichtung zur Sanierung im Falle eines Verkaufs von Gebäuden oder bei Neuvermietungen umgesetzt. Nachdem eine weitere rechtliche Prüfung durch die Enquete-Kommission durchgeführt wurde, ist jedoch fraglich, inwieweit diese ordnungsrechtliche Vorgabe auf Landesebene gesetzlich festgeschrieben werden darf. Die Quantifizierung der Maßnahme ist jedoch erfolgt, bevor die rechtliche Einschätzung vorlag. Entsprechend wird unterstellt, dass zusätzliche Sanierungen im Fall eines Verkaufs oder Neuvermietung induziert werden. Um eine vergleichbare Wirkung mit alternativen Maßnahmen zu erzielen, müssten die Maßnahmen ebenfalls bei den Worst Performing Buildings ansetzen und ähnliche Wirkung erzielen wie bei einer Sanierungsverpflichtung bei Verkäufen und Neuvermietungen. Ohne dass eine genaue Prüfung im Rahmen dieses Gutachten vorgenommen werden konnte, wäre es denkbar, dass die Maßnahme durch ein Bündel verschiedener informatorischer und finanzieller Maßnahmen ersetzt werden könnte. So könnten zunächst die Besitzer:innen möglicher WPB mit dem Angebot angeschrieben werden, einen kostenlosen individuellen Sanierungsfahrplan zu erhalten. Im Weiteren könnten zusätzliche Förderungen zeitlich begrenzt zur Verfügung gestellt werden, wenn Maßnahmen innerhalb eines bestimmten Zeitraums umgesetzt werden. Der Ansatz eines Bonus-Malus Modells wäre in diesem Zusammenhang rechtlich zu prüfen, bei dem Gebäude einerseits gefördert werden und andererseits Abgaben anfallen, wenn bestimmte Effizienzklassen nach einem gewissen Zeitpunkt nicht erreicht werden. Ein weiterer Bestandteil der alternativen Maßnahmen könnte ein Contracting Angebot</p> |

sein, das speziell für den Mietwohngebäudebestand der WPB in Bremen mit entsprechenden Marktakteuren konzipiert werden könnte.

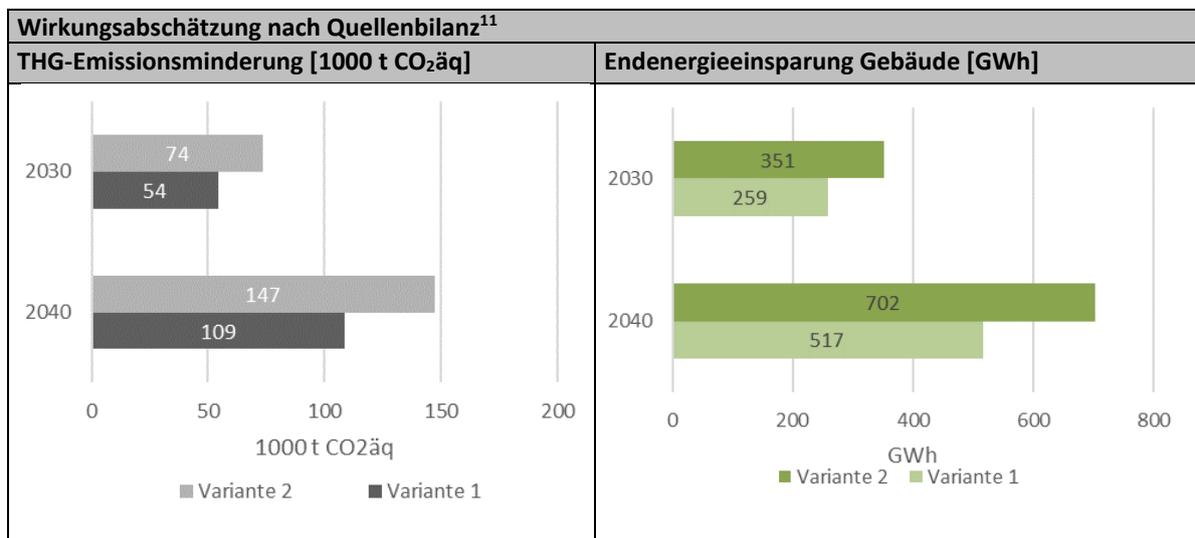
| Ausgestaltungsparameter | Variante 1 | Variante 2 |
|--|--|--|
| Definition Worst-Performing-Buildings (Effizienzklasse) für Verbot | Effizienzklasse G,H – Wärmebedarf > 200 kWh/m ² | Effizienzklasse F,G,H > 160 kWh/m ² |

Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen
Fördermaßnahmen, Energieberatungszentrum

Reboundeffekte
Möglicherweise ergeben sich Reboundeffekte durch Leerstände von kleinen Wohnungen im Bereich der Mehrfamilienhäuser in zentraler Lage.

Methodik zur Wirkungsabschätzung
Im ersten Schritt wird das Segment der WPB aus den Modellierungsdaten von Invert/EE-Lab ermittelt. Im Modell ist der Gebäudebestand in Bremen über Referenzgebäude hinterlegt. Mit dem Modell wird ebenfalls berechnet, welche Energieeinsparung sich bei der Sanierung auf unterschiedliche energetische Standards ergibt.
Die Aktivitätsrate - Anzahl der Gebäude, die aufgrund der Maßnahme saniert werden - wird auf Basis der jährlichen Neuverkäufe von Eigentumswohnungen und Gebäuden sowie Neuvermietungen in Bremen ermittelt. Bei Neuvermietung wird aufgrund von Mehrfachvermietungen und mehreren Wohnungen innerhalb eines Gebäudes ein Drittel der tatsächlichen Fluktuationsquote im Mietwohngebäudebestand in Bremen angesetzt.

Wirkung
Förderprogramm Sanierung



¹¹ Es handelt sich hierbei um die Wirkungsabschätzung der Einzelmaßnahme. Die Wirkung der Maßnahme wird unter der Prämisse bilanziert, dass nur diese Maßnahme umgesetzt wird. Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen werden nicht berücksichtigt.

6.5.2 Methodik und Datengrundlage

Für die Wirkungsabschätzung werden zunächst die relevanten Gebäude und deren Einsparpotential durch Sanierungsmaßnahmen quantifiziert. Grundlage hierfür ist die für die Modellierung aufgestellte Gebäudetypologie über Referenzgebäude für den Gebäudebestand in Bremen. Im Modell werden Gebäude über bauphysikalische Parameter abgebildet. Die Unterscheidung erfolgt anhand des Gebäudetyps – Einfamilienhaus, kleines Mehrfamilienhaus, etc., des Baualters und der bereits erfolgten Sanierungsmaßnahmen bis heute. Für die Aufstellung der Referenzgebäude im Modell Invert/EE-lab, werden sofern vorliegend, spezifische Daten für das Land Bremen verwendet (StLaA Bremen, 2021; Statische Ämter des Bundes und der Länder, 2019). Dies umfasst statistische Daten zur Anzahl und Fläche der Wohngebäude nach Gebäudetyp und Baualter sowie verwendete Energieträger. Zur bauphysikalischen Beschreibung dieser Gebäude über U-Werte und Abmessung der Bauteile sowie zur Abschätzung des Sanierungszustands in den jeweiligen Gebäudeklassen, werden empirische Untersuchungen des gesamtdeutschen Gebäudebestandes verwendet (Cischinsky & Diefenbach, 2018; Diefenbach et al., 2010).

Basierend auf den modellierten Nutzwärmeverbräuchen des Bremer Gebäudebestands wird das Segment der „Worst Performing Buildings“ ermittelt. Hierbei wird für die Abschätzung der Wirkung folgende Unterscheidung in den Varianten vorgenommen:

- Variante 1 – Wärmebedarf > 200 kWh/m²a
- Variante 2 – Wärmebedarf > 160 kWh/m²a

Für die Gebäude in dem Segment werden die jeweiligen Einsparungen bei energetischer Sanierung auf verschiedene Standards berechnet, womit die Bandbreite des Gesamtpotenzials bei vollständiger Sanierung der WPB quantifiziert wird.

Im zweiten Schritt wird abgeschätzt, wie viele Gebäude durch die Maßnahme pro Jahr zusätzlich saniert werden. Entsprechend der ursprünglichen Definition der Maßnahme wird als Ansatzpunkt bzw. Anlass der Verkauf und die Neuvermietung von Gebäuden gewählt. Im Monitoring „Wohnen und Bauen für Bremen“ werden die Verkäufe von bebauten Grundstücken sowie Weiterverkäufe von Eigentumswohnungen mit insgesamt rund 4.000 Gebäuden für das Jahr 2019 angegeben (Sünnemann et al., 2019). Bei Vermietung wird eine Fluktuationsquote von 10 % angegeben. Um die Anzahl der durch die Maßnahme adressierten Gebäude abzuschätzen, wird bei Neuvermietung jedoch nur ein Drittel der Fluktuationsquote angesetzt, um die mehrfache Neuvermietung der gleichen Wohnungen und Neuvermietung innerhalb der gleichen Gebäude zu korrigieren. Aus der Summe aus Neuvermietungen und Neuverkäufen ergibt sich die Anzahl der durch die Maßnahme jährlich adressierten Gebäude, die noch um die ohnehin sanierten Gebäude in dem Segment korrigiert werden.

Für die resultierenden Sanierungstiefen wird in der Wirkungsabschätzung die Verteilung angenommen, die sich aus dem Szenario für die Bewertung des Förderprogramms Sanierung (siehe Kapitel 6.1) ergibt. In Kombination mit der Maßnahme Förderprogramm Sanierung ergibt sich somit ein verstärkender Effekt. Die Adressierung der WPB zielt auf die Steigerung der Sanierungsrate ab, während die Förderung auf die Sanierungstiefe abzielt.

6.5.3 Ergebnisse

Der im ersten Schritt ermittelte Nutzwärmebedarf im Segment der WPB für Bremen beträgt rund 2.240 GWh/a. Es wird berechnet, dass 2,7 % dieser Gebäude pro Jahr von der Maßnahme

betroffen sind. Für die Wirkungsabschätzung wird angenommen, dass 1 % auch ohne die Maßnahme eine Sanierung durchführen

Abbildung 38 zeigt die Ergebnisse der Abschätzung für die Einzelmaßnahmenwirkung mit Bezug auf die THG-Reduktionseinsparungen bis 2030 und 2040. Die Wirkungsabschätzung ergibt, dass durch die Maßnahme im Zeitraum 2022 bis 2030 54.000 t CO₂äq in Variante 1 und 74.000 t CO₂äq in Variante 2 als zusätzliche Wirkung induziert werden können. Bis 2040 beträgt die Nettowirkung 109.000 t CO₂äq in Variante 1 und 147.000 t CO₂äq in Variante 2. Die Ergebnisse verdeutlichen die Relevanz der Maßnahme für das gesamte Maßnahmenbündel und die Notwendigkeit für alternative Instrumente, falls diese Maßnahme rechtlich nicht umsetzbar ist.

Abbildung 38: Neuvermietungs-/ Verkaufsverbot WPB - THG-Reduktionsminderung nach Quellenbilanz in den Jahren 2030 und 2040 nach Varianten

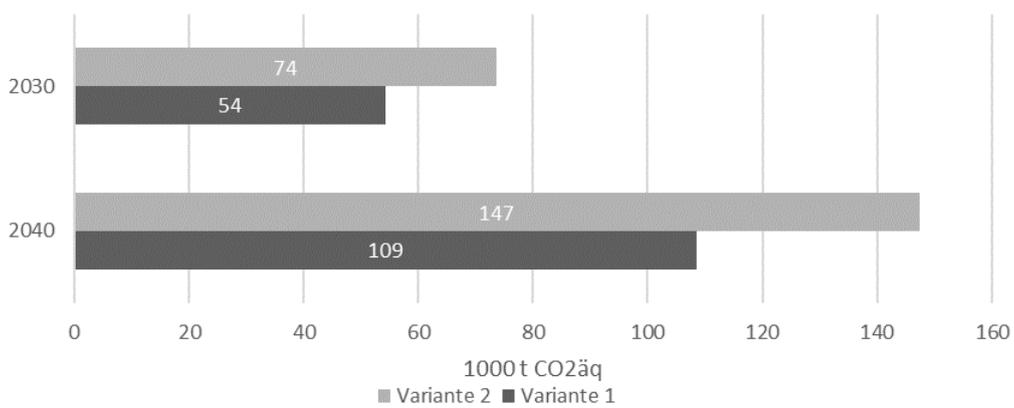
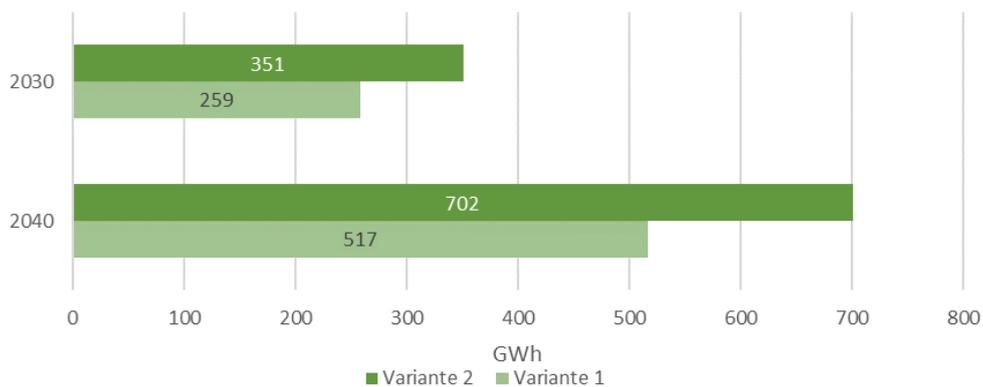


Abbildung 39 zeigt die Wirkung mit Bezug auf die Endenergieeinsparung. Bis zum Jahr 2030 reduziert sich der Endenergieverbrauch gegenüber dem Baseline-Szenario um 259 GWh (Variante 1) bzw. 351 GWh (Variante 2). Bis 2040 erhöht sich die induzierte Wirkung auf 517 GWh in Variante 1 und 702 GWh in Variante 2.

Abbildung 39: Neuvermietungs-/ Verkaufsverbot WPB - Endenergieeinsparung in GWh

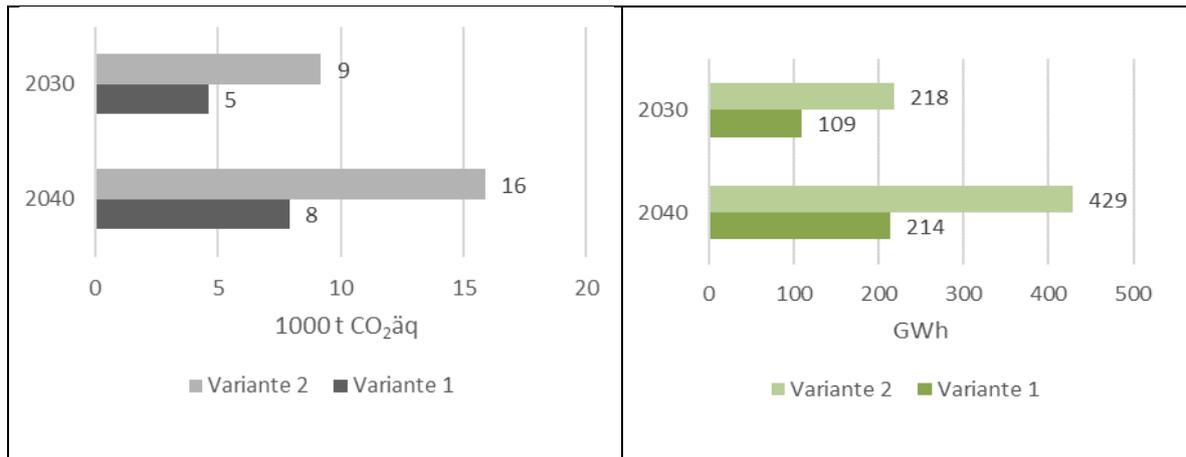


6.6 Neubau Plusenergie

6.6.1 Kurzübersicht

| | | |
|--|---|-----------------------|
| Maßnahme | Neubauten maximal klimafreundlich gestalten (Neubau Plusenergie) | |
| Art der Maßnahme | Ordnungsrecht | |
| Wirkungszeitraum | | |
| Start | 2023 | |
| Ende | 2045 (Klimaneutralität bis 2040) | |
| Beschreibung | Etablierung des Plusenergiestandards im Neubau. Dafür sollen Möglichkeiten der Festlegung über städtebauliche Verträge usw. ausgeschöpft werden. | |
| Ausgestaltungsparameter | Variante 1 | Variante 2 |
| Betroffenen Neubauten / Neubaufäche pro Jahr | 50 % aller Neubauten | 100 % aller Neubauten |
| Anforderungsniveau | Plusenergiestandard | Plusenergiestandard |
| Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen | Öffentliche Gebäude | |
| Reboundeffekte | keine | |
| Methodik zur Wirkungsab- schätzung | Die Wirkungsabschätzung erfolgt mit dem Energiesystemmodell Invert/ee-Lab. Im Modell wird der Endenergiebedarf nach Energieträgern von Neubauten separat ausgewiesen. Für die Wirkungsabschätzung wird der Energiebedarf von Neubauten vom Baseline-Szenario abgezogen. So kann der Anteil an den Emissionen, die den Neubauten zugeschrieben werden, berechnet werden. | |
| Wirkung | Die Etablierung eines Plusenergiestandards im Neubau senkt den gesamten Endenergiebedarf, hat jedoch vor allem Einfluss auf EE-Wärmeversorgungssysteme. | |
| Wirkungsabschätzung nach Quellenbilanz¹² | | |
| THG-Emissionsminderung [1000 t CO₂äq] | Endenergieeinsparung Gebäude [GWh] | |

¹² Es handelt sich hierbei um die Wirkungsabschätzung der Einzelmaßnahme. Die Wirkung der Maßnahme wird unter der Prämisse bilanziert, dass nur diese Maßnahme umgesetzt wird. Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen werden nicht berücksichtigt.



6.6.2 Methodik und Datengrundlage

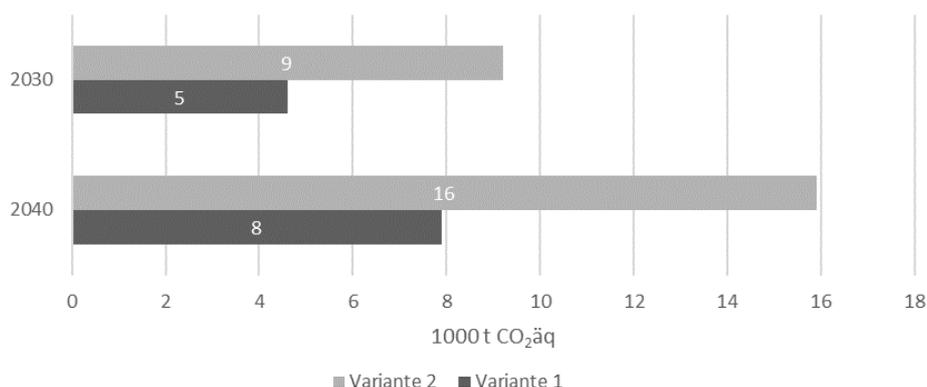
Die Wirkung der Maßnahme wird mithilfe des Modells Invert/ee-Lab bewertet. Im Modell wird der Energiebedarf für Neubauten separat ausgewiesen. Die THG-Einsparung und die Endenergieeinsparung kann berechnet werden, indem der Endenergiebedarf der Neubauten vom gesamten Endenergiebedarf des Baseline-Szenarios abgezogen wird. In diesem Gutachten entspricht Plusenergiestandard dem Effizienzhaus Plus. Nach der Definition ist das Effizienzhaus Plus Niveau erreicht, wenn ein negativer Primärenergiebedarf und Endenergiebedarf vorliegen. Das bedeutet, dass die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser vollständig durch erneuerbare Energien gedeckt wird. Zusätzlich wird überschüssiger Strom aus Solar- oder Windkraftanlagen an das öffentliche Netz abgegeben (BMI, 2018). An dieser Stelle wird nur die Endenergie für Raumwärme und Warmwasser betrachtet. Der zusätzliche Solarstrom durch die Plusenergiehäuser wird in der Maßnahme Mieterstromanlagen (siehe Abschnitt 6.11) betrachtet.

In der Maßnahme werden zwei Varianten betrachtet. In Variante 1 wird die Endenergieeinsparung berechnet bei der Annahme, dass 50 % aller Neubauten nach Plusenergiestandard gebaut werden. In Variante 2 erfolgt die Berechnung bei Annahme, dass alle Neubauten nach Plusenergiestandard gebaut werden.

6.6.3 Detaillierte Ergebnisse

Abbildung 40 zeigt die Treibhausgaseinsparung nach Quellenprinzip. In Variante 2 können bis 2040 insgesamt rund 16.000 t CO₂äq reduziert werden.

Abbildung 40: Neubau Plusenergie – Treibhausgaseinsparung nach Quellenprinzip



6.7 Bündel öffentliche Gebäude

6.7.1 Kurzübersicht

| | |
|-----------------|--|
| Maßnahme | Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen und Umstellung auf zielkonforme Wärmeversorgung im Bestand der öffentlichen Gebäude (Bündel öffentliche Gebäude) |
|-----------------|--|

| | |
|-------------------------|-------------------------------|
| Art der Maßnahme | Ordnungsrecht und Information |
|-------------------------|-------------------------------|

| | |
|-------------------------|----------------------------------|
| Wirkungszeitraum | |
| Start | 2023 |
| Ende | 2045 (Klimaneutralität bis 2040) |

| | |
|---------------------|---|
| Beschreibung | <p>Für die Bewertung werden mehrere der vorgeschlagenen Instrumente in dem Maßnahmenbündel öffentliche Gebäude zusammengefasst, die sich aus ordnungsrechtlichen Vorgaben und informativischen und planerischen Instrumenten zusammensetzen. Das Bündel umfasst die folgenden Maßnahmen aus dem Zwischenbericht der Enquete-Kommission:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sanierungsfahrpläne für alle öffentliche Gebäude ▪ Sanierungsprogramm für klimaneutralen öffentlichen Gebäudebestand ▪ Konzept für klimaneutrale Wärmeversorgung in öffentlichen Gebäuden ▪ Festlegung eines bestmöglichen Sanierungsniveaus ▪ Potentialanalyse der Nutzung von Abwärme und erneuerbaren Energien in öffentlichen Gebäuden ▪ Stärkung des städtischen Energiemanagements ▪ Nutzungspflicht EE-Wärme bei Wärmesystemtausch |
|---------------------|---|

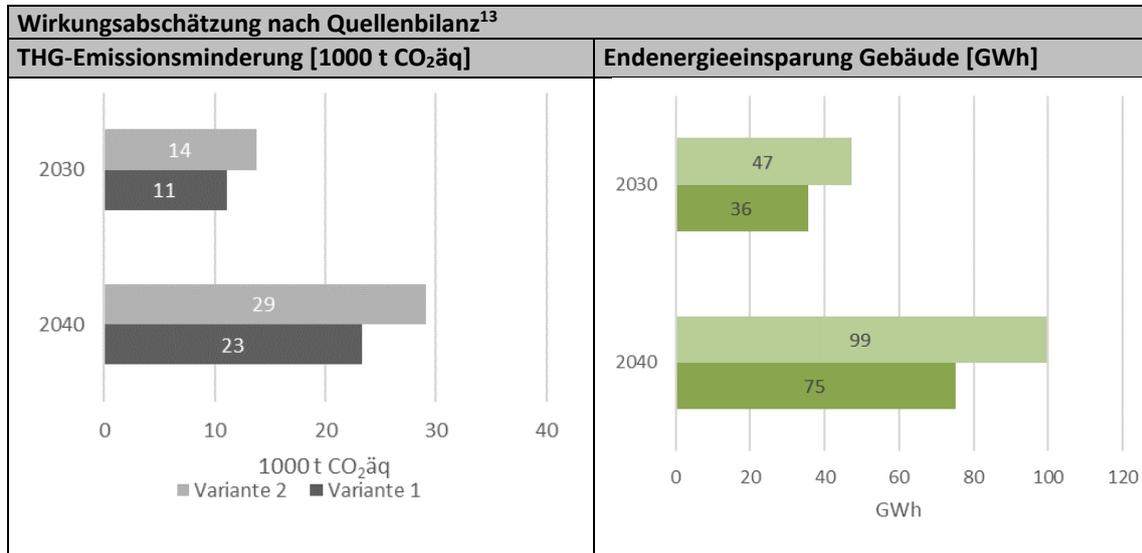
| Ausgestaltungsparameter | Variante 1 | Variante 2 |
|---|---|---|
| Dynamik Energieeffizienzmaßnahmen bis 2040 | Reduktion Wärmeenergieverbrauch um 40 % | Reduktion Wärmeenergieverbrauch um 55 % |
| Vollständige Umstellung der Wärmeversorgung auf EE-Wärme oder Fernwärme | bis 2045 | bis 2040 |

| | |
|--|---|
| Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen | Landeswärmegesetz, Förderprogramm Gebäude |
|--|---|

| | |
|-----------------------|--|
| Reboundeffekte | |
|-----------------------|--|

| | |
|---|--|
| Methodik zur Wirkungsabschätzung | Die Wirkungsabschätzung erfolgt mittels bottom-up Berechnung aus den vorhandenen Bestandsdaten zu öffentlichen Gebäuden im Land Bremen. Auf Grundlage der Energieverbräuche der öffentlichen Gebäude erfolgt die Berechnung der erforderlichen THG-Emissionsreduktion. Für die Wirkungsabschätzung wird differenziert, welche Reduktion durch Effizienzmaßnahmen erreicht wird und welche Umstellung auf EE-Wärme erforderlich ist, um den Restwärmebedarf vollständig zu dekarbonisieren. Die THG-Einsparungen durch Dekarbonisierung der bestehenden Fernwärme werden nicht als Wirkung der Maßnahme bilanziert. |
|---|--|

| | |
|----------------|---|
| Wirkung | Es wird angenommen, dass die Maßnahmen so ausgestaltet sind, dass eine Wirkung entsprechend den beiden Varianten erzielt wird. Entscheidend dabei ist die Kombination aus den ordnungsrechtlichen Vorgaben – nur noch zielkonforme Wärmeversorgung und entsprechender Mindestsanierungstiefe – und den informatorischen und planerischen Instrumenten wie den Sanierungsfahrplänen, die die Voraussetzung liefern, um die erforderliche Dynamik im öffentlichen Gebäudebestand bis 2040 zu erreichen. |
|----------------|---|



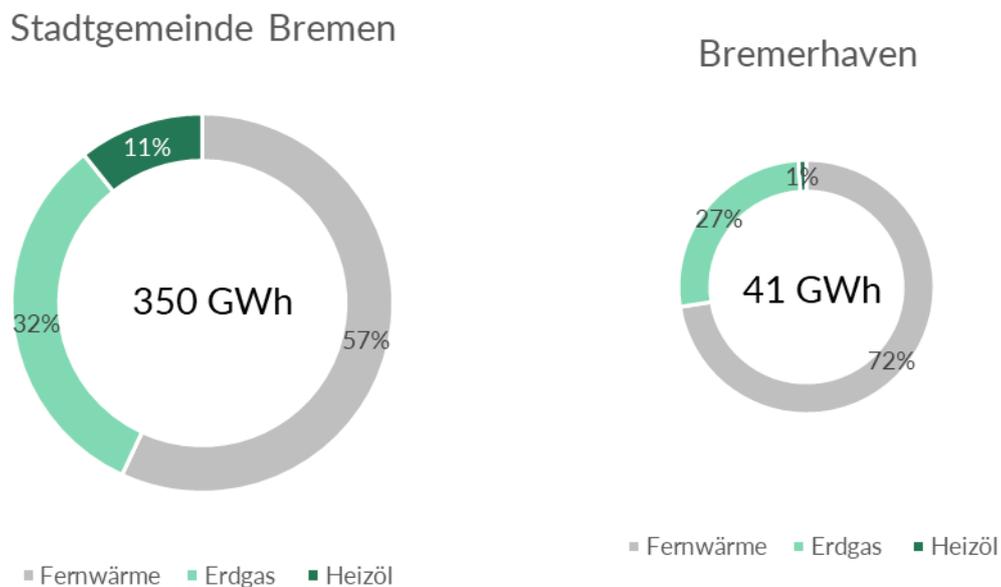
6.7.2 Methodik und Datengrundlage

Als zentrale Datengrundlage werden die Energieberichte der Stadtgemeinden Bremen und Bremerhaven sowie die zur Verfügung gestellte Auskunft des Senators für Finanzen zum Energieverbrauch der öffentlichen Gebäude im Land Bremen verwendet. Die Daten zum Energieverbrauch der öffentlichen Gebäude sind dabei für die Jahre 2017 bzw. 2018 erhoben worden. Der Endenergieverbrauch für Wärme der öffentlichen Gebäude der Stadtgemeinde Bremen wird mit rund 350 GWh für das Jahr 2017 angegeben. Für Bremerhaven wird dieser mit 41 GWh angegeben. Eine Aufschlüsselung nach eingesetzten Energieträgern wird im Energiebericht für Bremerhaven dargestellt. Für die Stadtgemeinde Bremen sind hingegen nur die Energiekosten nach Energieträgern dargestellt. Für die Wirkungsanalyse sind jedoch in der Wärmeerzeugung verwendete Energieträger und insbesondere die Aufteilung zwischen fossilen Brennstoffen und Fernwärme relevant. Daher werden für die Stadtgemeinde Bremen die Anteile aus den Energiekosten abgeleitet. Da die Bezugspreise nicht bekannt sind, werden durchschnittliche Preise angenommen¹⁴. Abbildung 41 zeigt die daraus resultierende Endenergiebilanz für die Wärmeversorgung in öffentlichen Gebäuden im Land Bremen, die als Ausgangsbasis für die Analyse verwendet wird.

¹³ Es handelt sich hierbei um die Wirkungsabschätzung der Einzelmaßnahme. Die Wirkung der Maßnahme wird unter der Prämisse bilanziert, dass nur diese Maßnahme umgesetzt wird. Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen werden nicht berücksichtigt.

¹⁴ Für Fernwärme wird ein Bezugspreis von 76 EURO/ MWh angenommen, welcher aus der AGFW-Preisübersicht für Bremen im Abnahmefall 160 kW hervorgeht. Für Heizöl und Gas wird einen Bezugspreis von 50 EURO / MWh angenommen.

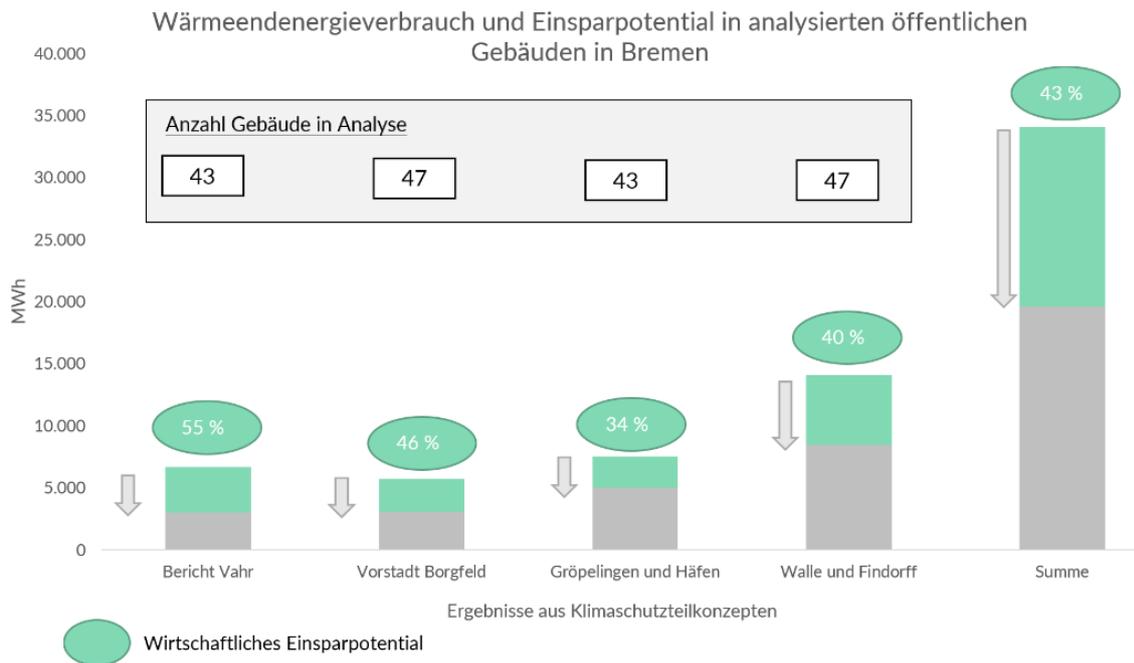
Abbildung 41: Wärmeendenergieverbrauch öffentliche Gebäude im Land Bremen



Ein großer Anteil der öffentlichen Gebäude ist bereits mit Fernwärme versorgt. Eine Reduktion des Energieverbrauchs in fernwärmeversorgten Gebäuden oder eine Umstellung auf eine andere Wärmeversorgung reduziert die THG-Emissionen zumindest in der Quellenbilanzierung nicht. Mit Bezug auf die Verursacherbilanzierung zeigt sich jedoch auch die Relevanz der Maßnahmen im Bereich Fernwärme, ohne die eine Klimaneutralität auch im Gebäudebereich nicht erreicht werden kann. In der Wirkungsabschätzung der Maßnahme wird jedoch davon ausgegangen, dass Energieeffizienzmaßnahmen in allen Gebäuden durchgeführt werden, unabhängig davon, ob diese mit fossilen Brennstoffen oder Fernwärme versorgt werden.

Mit Bezug auf die realisierbaren Einsparungen bis 2040 durch Effizienzmaßnahmen werden 40 % für Variante 1 angenommen. Dies entspricht ungefähr dem durchschnittlichen Einsparpotential, welches aus den Energiegutachten zu öffentlichen Gebäuden im Rahmen der Klimaschutzteilkonzepte verschiedener Stadtteile in Bremen hervorgeht (Abbildung 42). Für Variante 2 wird angenommen, dass nicht nur das wirtschaftliche Einsparpotential erschlossen wird und bis 2040 eine Einsparung von 55 % des Wärmeendenergieverbrauchs durch Effizienzmaßnahmen an der Gebäudehülle erzielt wird.

Abbildung 42: Ergebnisse der Klimaschutzteilkonzepte mit Bezug Energieeinsparpotentiale in öffentlichen Gebäuden



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Senatorin für Finanzen (2019)

Mit Bezug auf die Umstellung auf eine zielkonforme Wärmeversorgung wird angenommen, dass durch die definierten Maßnahmen eine vollständige Umstellung der mit Erdgas und Heizöl versorgten Gebäude auf EE-Wärme oder Fernwärme bis 2045 (Variante 1) bzw. 2040 (Variante 2) erreicht werden kann. Unter der Prämisse, dass die Dekarbonisierung der Fernwärmeversorgung im gleichen Zeitraum erreicht werden kann, wird davon ausgegangen, dass im Rahmen einer integrierten Planung keine Umstellung der Wärmeversorgung in den heute bereits an die Fernwärme angeschlossenen Gebäude erfolgt.

Um die Nettowirkung der Einzelmaßnahme zu quantifizieren, werden die ohnehin erfolgten Reduktionen aus dem Baseline-Szenario abgezogen. Die hier dargestellte Wirkung ist jedoch noch nicht um Überschneidungen mit den anderen Maßnahmen aus dem Bremen-Maßnahmenbündel korrigiert. Die quantifizierte Wirkung schätzt damit die THG-Reduktion ab, die sich ergeben würden, wenn nur das Maßnahmenbündel öffentliche Gebäude umgesetzt würde.

In der Darstellung der Wirkung im Bremen-Maßnahmenbündel (vgl. Kapitel 5) ist neben dem allgemeinen Interaktionsfaktor auch die direkte Überschneidung mit der Maßnahmen Landeswärmegesetz berücksichtigt.

6.7.3 Ergebnisse

Abbildung 43 zeigt die Ergebnisse der Abschätzung für die Einzelmaßnahmenwirkung mit Bezug auf die THG-Reduktionseinsparungen ausgehend von 2018 bis 2030 und 2040. Aufgrund der hohen Überschneidung mit dem Landeswärmegesetz ist die Nettowirkung im gesamten Maßnahmenbündel weitaus geringer (vgl. Kapitel 5). Die Nettowirkung auf Einzelmaßnahmenebene verdeutlicht aber die Relevanz der öffentlichen Gebäude. Die Wirkungsabschätzung ergibt, dass durch die Maßnahme im Zeitraum 2022 bis 2030 eine Wirkung von 11 000 t CO₂äq (Variante 1) bzw. 14 000 t CO₂äq (Variante 2) als zusätzliche Wirkung induziert werden kann.

Abbildung 43: Treibhausgaseinsparung nach Quellenbilanz

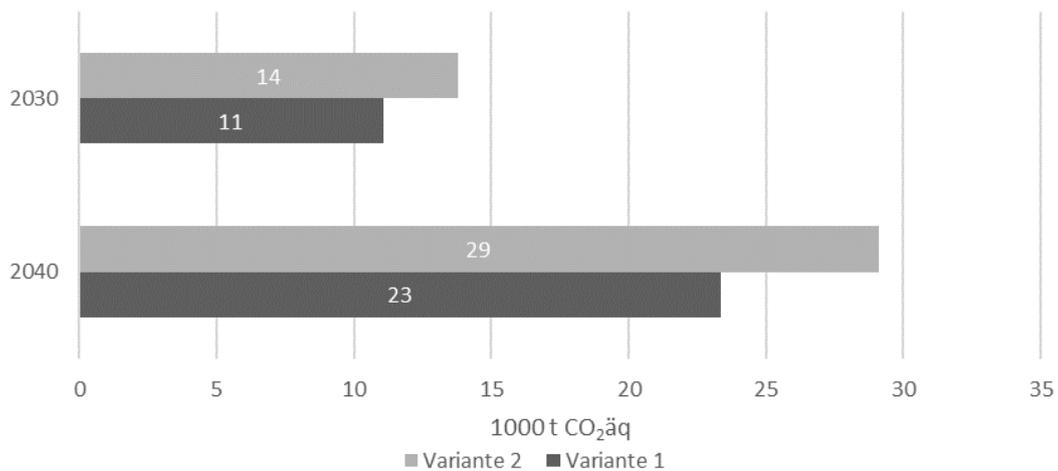
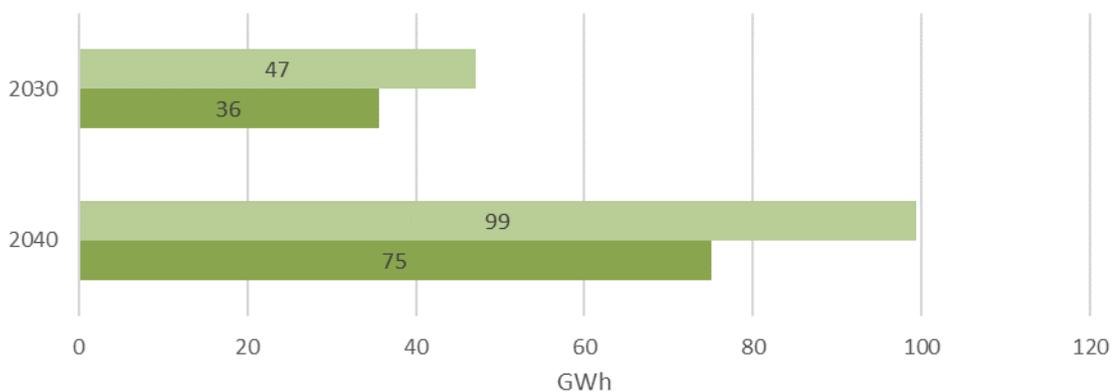


Abbildung 44 zeigt die Wirkung mit Bezug auf die Endenergieeinsparung. Im Gegensatz zu der Quellenbilanzierung bei der THG-Reduktion, sind hierbei jedoch auch die Energieverbrauchsreduktionen der fernwärmeversorgten Gebäude enthalten. Bis zum Jahr 2040 reduziert sich der Endenergieverbrauch in den öffentlichen Gebäuden in Variante 1 um 157 GWh, wobei nach 81 GWh bereits im Baseline-Szenario realisiert werden und daher nicht der Nettowirkung der Maßnahme zugeschrieben werden. Die Nettowirkung von 75 (76?) GWh wird in der Wirkungsabschätzung entsprechend dem derzeitigen Energieträgermix der öffentlichen Gebäude (vgl. 6.7.2) auf Erdgas, Heizöl und Fernwärme verteilt, so dass 31 GWh auf die Einsparung fossiler Brennstoffe entfällt. In Variante 2 beträgt die Nettowirkung 99 TWh im Zeitraum 2022 bis 2040, wobei 55 GWh auf fossile Brennstoffe entfallen.

Abbildung 44: Bündel Öffentliche Gebäude - Endenergieeinsparung in GWh

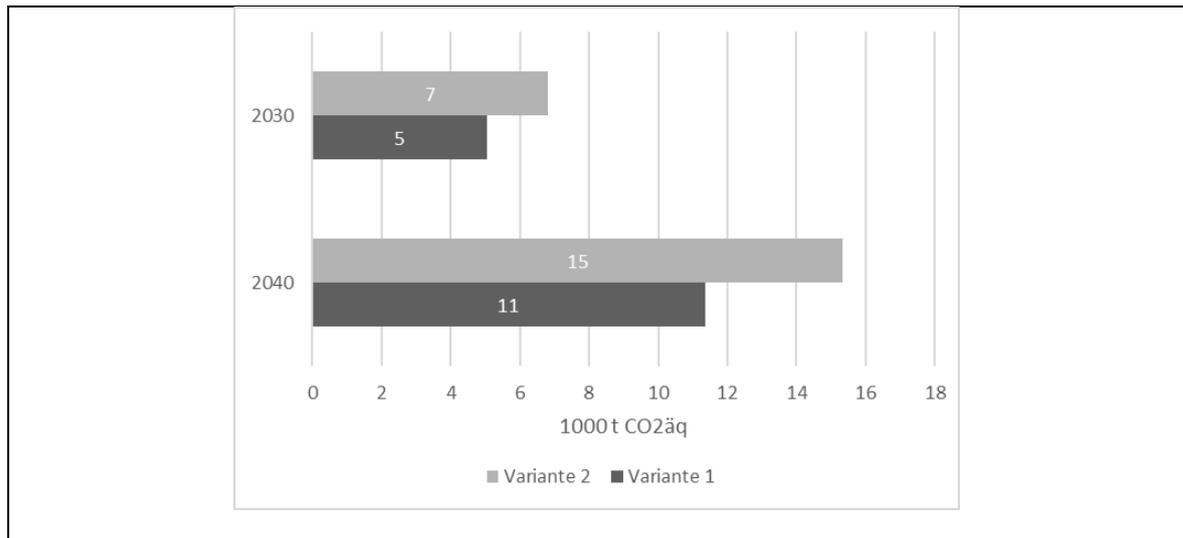


6.8 Selbstverpflichtung Wohnungsgesellschaften

6.8.1 Kurzübersicht

| | | |
|--|---|-------------------|
| Maßnahme | Selbstverpflichtung Wohnungsgesellschaften | |
| Art der Maßnahme | Freiwillige Standards / Ordnungsrecht | |
| Wirkungszeitraum | | |
| Start | 2023 | |
| Ende | 2045 (Klimaneutralität bis 2040) | |
| Beschreibung | Mit öffentlichen Wohnungsgesellschaften und Wohnungsbaugenossenschaften werden erhöhte Standards vereinbart, die im Falle der Sanierung erreicht werden müssen. Die Ausgestaltung der Maßnahme ist für Wohnungsgesellschaften und Wohnungsbaugenossenschaften identisch. Hier wird die Wirkung für die Wohnungsgesellschaften dargestellt. | |
| Ausgestaltungsparameter | Variante 1 | Variante 2 |
| Sanierungsstandard | EH 55 | EH 40 |
| Neubaustandard | EH 40 | EH 40 |
| Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen | Förderprogramm Sanierung, Landeswärmegesetz | |
| Reboundeffekte | | |
| Methodik zur Wirkungsabschätzung | Die Wirkungsabschätzung erfolgt mittels bottom-up Abschätzung auf Grundlage der vorliegenden Daten zum spezifischen Wärmeverbrauch und dem energetischen Zustand des Gebäudebestandes der Wohnungsbaugesellschaften und Wohnungsbaugenossenschaften. Es werden die zusätzlichen Einsparungen bei Sanierung auf den EH 55 bzw. EH 40 ermittelt. Als Sanierungsrate wird 1 % angenommen. Bei der Wirkung im Maßnahmen-Bündel wird die Interaktion zwischen dem Förderprogramm Sanierung und dem Landeswärmegesetz berücksichtigt. Datengrundlage für den Energieverbrauch und der spezifischen THG-Emissionen der Gebäude im jeweiligen Besitz der Wohnungsgesellschaften und Wohnungsgenossenschaften stellen die Angaben aus dem Bericht der agWohnen dar (AgWohnen & Fraunhofer IFAM, 2021). Für den Bereich der Wohnungsgesellschaften ergibt sich aus der Abschätzung vor Interaktion mit den anderen Instrumenten eine zusätzliche Wirkung von 5.000 t CO ₂ äq bis 2030 in Variante 1 bzw. 7.000 t CO ₂ äq in Variante 2. Bis 2040 steigt die Einzelwirkung auf 11.000 t CO ₂ äq (Variante 1) bzw. 15.000 t CO ₂ äq (Variante 2). | |
| Wirkungsabschätzung nach Quellenbilanz¹⁵ | | |
| THG-Emissionsminderung [1000 t CO ₂ äq] | | |

¹⁵ Es handelt sich hierbei um die Wirkungsabschätzung der Einzelmaßnahme. Die Wirkung der Maßnahme wird unter der Prämisse bilanziert, dass nur diese Maßnahme umgesetzt wird. Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen werden nicht berücksichtigt.



6.9 Selbstverpflichtung Wohnungsgenossenschaften

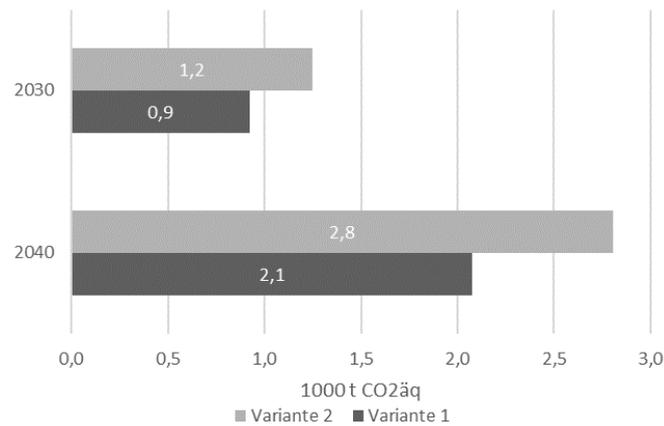
6.9.1 Kurzübersicht

| | | |
|--|--|-------------------|
| Maßnahme | Selbstverpflichtung Wohnungsgenossenschaften | |
| Art der Maßnahme | Freiwillige Standards / Ordnungsrecht | |
| Wirkungszeitraum | | |
| Start | 2023 | |
| Ende | 2045 (Klimaneutralität bis 2040) | |
| Beschreibung | Mit öffentlichen Wohnungsgesellschaften und Wohnungsbaugenossenschaften werden erhöhte Standards vereinbart, die im Falle der Sanierung erreicht werden müssen. Die Ausgestaltung der Maßnahme ist für Wohnungsgesellschaften und Wohnungsbaugenossenschaften identisch. Hier wird die Wirkung für die Wohnungsgenossenschaften dargestellt. | |
| Ausgestaltungsparameter | Variante 1 | Variante 2 |
| Sanierungsstandard | EH 55 | EH 40 |
| Neubaustandard | EH 40 | EH 40 |
| Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen | Förderprogramm Sanierung, Landeswärmegesetz | |
| Reboundeffekte | | |
| Methodik zur Wirkungsabschätzung | Die Wirkungsabschätzung erfolgt mittels bottom-up Abschätzung auf Grundlage der vorliegenden Daten zum spezifischen Wärmeverbrauch und dem energetischen Zustand des Gebäudebestandes der Wohnungsbaugesellschaften und Wohnungsbaugenossenschaften. Es werden die zusätzlichen Einsparungen bei Sanierung auf den EH 55 bzw. EH 40 ermittelt. Als Sanierungsrate wird 1 % angenommen. Bei der Wirkung im Maßnahmen-Bündel wird die Interaktion zwischen dem Förderprogramm Sanierung und dem Landeswärmegesetz berücksichtigt. Datengrundlage für den Energieverbrauch und der spezifischen THG-Emissionen der Gebäude im jeweiligen Besitz der Wohnungsgesellschaften und Wohnungsgenossenschaften | |

stellen die Angaben aus dem Bericht der agWohnen dar (AgWohnen & Fraunhofer IFAM, 2021). Für den Bereich der Wohnungsgenossenschaften ergibt sich aus der Abschätzung vor Interaktion mit den anderen Instrumenten eine zusätzliche Wirkung von 900 t CO₂äq bis 2030 in Variante 1 bzw. 1.200 t CO₂äq in Variante 2. Bis 2040 steigt die Einzelwirkung auf 2.100 t CO₂äq (Variante 1) bzw. 2.800 t CO₂äq (Variante 2).

Wirkungsabschätzung nach Quellenbilanz¹⁶

THG-Emissionsminderung [1000 t CO₂äq]



¹⁶ Es handelt sich hierbei um die Wirkungsabschätzung der Einzelmaßnahme. Die Wirkung der Maßnahme wird unter der Prämisse bilanziert, dass nur diese Maßnahme umgesetzt wird. Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen werden nicht berücksichtigt.

6.10 Austauschprogramm weiße Ware

Es ist zu beachten, dass die Maßnahme nicht in den Gesamtergebnissen (siehe Kapitel 5) enthalten ist, da die Maßnahme nicht im Anwendungsbereich Raumwärme und Warmwasser liegt, sondern reduzierend auf den Haushaltsstrom wirkt.

6.10.1 Kurzübersicht

| | | |
|--|---|-------------------|
| Maßnahme | Austauschprogramm für weiße Ware für einkommensschwache Haushalte (Austauschprogramm weiße Ware) | |
| Art der Maßnahme | Einzelmaßnahme | |
| Bündel | Bündel Suffizienz | |
| Wirkungszeitraum | | |
| Start | 2023 | |
| Ende | 2045 (Klimaneutralität bis 2040) | |
| Beschreibung | Mit dem Unterstützungsprogramm soll der Austausch von Haushaltsgeräten in einkommensschwachen Haushalten zusätzlich zum bundesweiten Förderprogramm gefördert werden, um den Umstieg zu erleichtern. Im Austauschprogramm wird der Kauf von energieeffizienten Durchlauferhitzern und (Tief)-Kühlgeräten gefördert. Jährlich sollen bis zu 500 Geräte getauscht werden. Voraussetzung ist die Teilnahme an einem Stromspar-Check, Kauf eines Gerätes der Effizienzklasse C und D (neue Klassifizierung) sowie die fachgerechte Entsorgung des Altgerätes. | |
| Ausgestaltungsparameter | Variante 1 | Variante 2 |
| Anzahl Geräte pro Jahr | 500 | |
| Fördersumme Kühl- und Gefriergerätekombination | bis zu 200 €, Eigenanteil von 25 € | |
| Fördersumme Austausch von Durchlauferhitzer | 200 € | |
| Zielgruppe | Transferleistungsempfänger:innen (Leistungsberechtigte Haushalte aus dem SGB II), Wohngeldempfänger:innen, Menschen in Grundsicherung im Alter oder Erwerbsminderung und/oder Hilfe zum Lebensunterhalt und Menschen mit einem Einkommen unterhalb der Pfändungsfreigrenze. | |
| Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen | keine | |
| Reboundeffekte | Keine | |

| | |
|---|--|
| Methodik zur Wirkungsabschätzung | Dem Gebäudebereich wird nur der Strombedarf für Geräte zur Warmwassererzeugung zugerechnet, der Stromverbrauch von Haushaltsgeräten wird der Energiewirtschaft zugerechnet. Die Wirkungsabschätzung erfolgt anhand der Anzahl an Förderfällen. Der Berechnung wird die Prognose an Haushaltsgeräten nach Politikscenarien X zugrunde gelegt. Für Kühl- und Gefriergeräte wird angenommen, dass durch die Förderung ein A+++ Gerät (altes Bewertungsschema) anstelle eines A+ oder A++ Gerät gekauft wird. Ab 2030 wird dann der Kauf von A++++ Geräten (neue Klasse im alten Bewertungsschema) gefördert. Einsparung ist jeweils die Differenz aus bester und schlechterer Klasse. Für einen hydraulischen Durchlauferhitzer wird ein Verbrauch pro Haushalt von 1000 kWh angenommen. Durch Tausch des hydraulischen Durchlauferhitzers gegen einen vollelektronischen Durchlauferhitzer ergibt sich eine Reduktion von 300 kWh. |
| Wirkung | Durch die Austauschprogramme von weißer Ware und Durchlauferhitzern in einkommensschwachen Haushalten können pro Jahr 87 MWh an elektrischer Energie reduziert werden. Obwohl diese Maßnahme gesamtwirtschaftlich nur einen geringen Einfluss auf die Reduktion der THG-Emissionen hat, kann der Energieverbrauch in den Haushalten und damit auch die Energiekosten reduziert werden. |

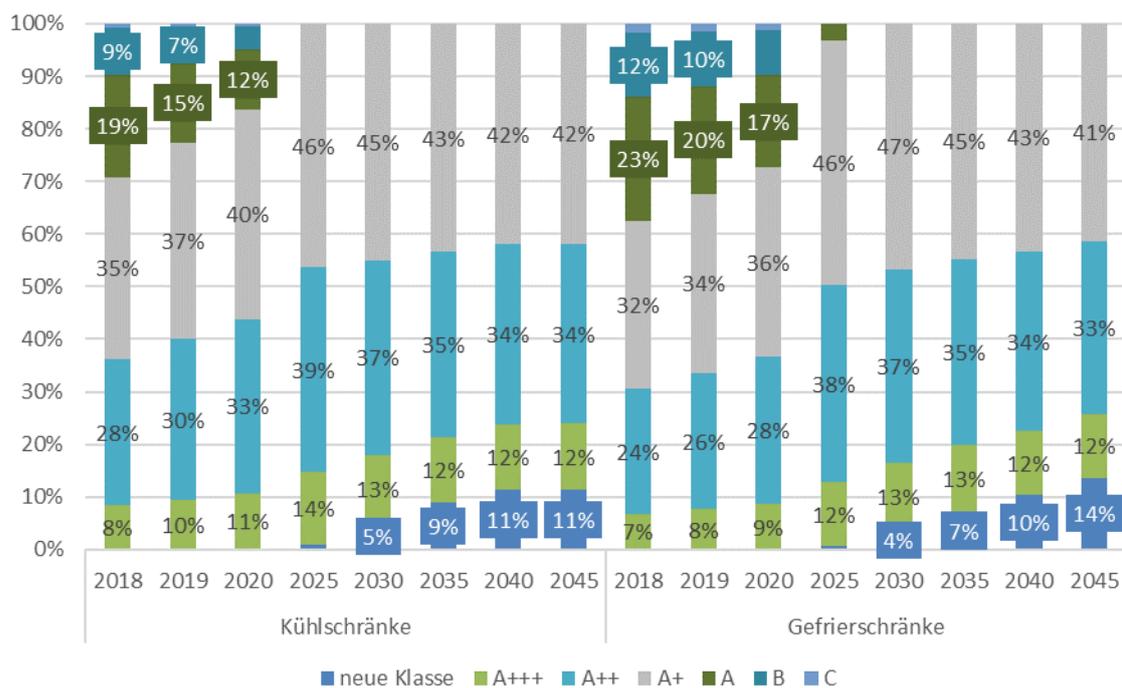
6.10.2 Methodik und Datengrundlage

Die Bewertung der Wirkung erfolgt auf Basis der Marktanteile von Kühl- und Gefrierschränken bis 2045. Es wird angenommen, dass durch das Förderprogramm ein effizienteres Gerät gekauft wird. Die Einsparung an elektrischer Energie ergibt sich deshalb durch die Differenz von weniger effizienten zu sehr effizienten Geräten.

Grundlage - Prognose der Marktanteile bis 2045

Der Berechnung der Energieeinsparung beim Umstieg auf effiziente Kühl- und Gefrierkombinationen liegt die Entwicklung der Marktanteile von Haushaltsgeräten, insbesondere Kühl- und Gefrierschränke zugrunde. Abbildung 45 zeigt die prognostizierte Entwicklung bis 2045. Die Daten basieren auf dem Jahr 2016 und dem alten Bewertungsschema von Haushaltsgeräten. Bei den Kühlschränken sind Geräte mit der Effizienzklasse C, Bund A laut Prognose ab 2024 aus dem Markt verschwunden und werden durch Geräte der Effizienzklassen A+, A++ und A+++ ersetzt. Ab 2025 ist die Markteinführung einer neuen Energieeffizienzklasse geplant, die vor allem zur Verdrängung von A++-Geräten führt. Bei Gefrierschränken setzt die Entwicklung etwas verspätet ein. Während die Geräte der Klassen C und B ebenfalls bis 2024 vollständig von Geräten der Effizienzklassen A+, A++ und A+++ verdrängt werden, können sich Geräte der Klasse A noch bis 2026 halten. Dafür findet ein früherer Umstieg auf A++ Geräte statt, die Marktanteile von A+-Geräten ist nicht so hoch wie bei Kühlschränken. Die Markteinführung der neuen Energieeffizienzklasse setzt dagegen später ein. Für die Berechnung wird die Verteilung für Kühlschränke verwendet.

Abbildung 45: Austauschprogramm - Prognostizierte Verteilung der Kühl- und Gefrierschränke bis 2045



Quelle: Politikszenerien X

Der Energieverbrauch nach Energieeffizienzklassen wird ebenfalls aus Daten der Politikszenerien entnommen. Ausgangsbasis ist der Energieverbrauch für einen Kühlschrank der Effizienzklasse D mit 422 kWh pro Jahr. Dieser Energieverbrauch wird um 30 % erhöht, um den Energieverbrauch einer Kühl- und Gefrierkombination abzubilden. Der Energieverbrauch der restlichen Energieeffizienzklassen wird anhand der typischen Skalierung berechnet, die in Tabelle 9 dargestellt ist.

Tabelle 9: Austauschprogramm - Energieverbrauch für Kühl- und Gefriergeräte nach Energieeffizienzklassen

| Energieeffizienzkategorie | Skalierungsfaktor | Energieverbrauch |
|---------------------------|-------------------|------------------|
| Neue Klasse (ab 2025) | 0,15 | 82 |
| A+++ | 0,22 | 121 |
| A++ | 0,33 | 159 |
| A+ | 0,44 | 225 |
| A | 0,55 | 296 |
| B | 0,75 | 406 |
| C | 0,90 | 488 |
| D | 1 | 547 |

Quelle: Politikszenerien X

Für die Berechnung der Einsparung wird nun angenommen, dass durch das Förderprogramm ein Gerät mit der Effizienzklasse A+++ anstatt Geräte der Klassen A+ und A++ gekauft werden. Die

Einsparung ist deshalb die Differenz aus dem Energieverbrauch von A+ und A++ Geräten zu A+++ Geräten. Es wird angenommen, dass ursprünglich jeweils 50 % der Haushalte ein A+ und ein A++ Gerät kaufen wollten. Ab 2030 wird dann angenommen, dass anstatt A+++ Geräten nur noch die „neue Klasse“ gefördert wird.

Die Einsparung durch den Austausch von Durchlauferhitzern wird berechnet, indem ein typischer Energieverbrauch für den Betrieb von Durchlauferhitzern in Haushalten durch den Umstieg auf einen effizienten Durchlauferhitzer reduziert wird. Strombetriebene Durchlauferhitzer gibt es in zwei Varianten: elektronische und hydraulische Durchlauferhitzer. Der elektronische Durchlauferhitzer ist deutlich energieeffizienter als der hydraulische Durchlauferhitzer, durchschnittlich kann bis zu 30 % Energie reduziert werden (Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e.V., 2018). Im Schnitt bedarf ein 2-Personen-Haushalt 1000 kWh Strom pro Jahr für die Warmwasserbereitung mit einem hydraulischen Durchlauferhitzer (ENTEKA, o. J.). Durch den Umstieg auf einen elektronischen Durchlauferhitzer kann der Stromverbrauch auf 700 kWh reduziert werden.

6.10.3 Ergebnis

Die Einsparung des Umstiegs auf effiziente Kühl- und Gefrierkombinationen bei 250 Förderfällen ist in Tabelle 10 dargestellt. Im Zeitraum 2023 bis 2045 ergibt sich eine Einsparung von 287 MWh.

Tabelle 10: Austauschprogramm – Einsparung beim Umstieg auf effiziente Kühl- und Gefrierkombinationen in kWh

| Angaben kWh | Spezifische Einsparung | 2023 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|------------------------------------|------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Differenz von A+++ zu A+ | 104 | 13.029 | 13.029 | 13.029 | | | |
| Differenz von A+++ zu A++ | 38 | 4.800 | 4.800 | 4.800 | | | |
| Differenz von A+++ zu neuer Klasse | 38 | | | | 9.600 | 9.600 | 9.600 |

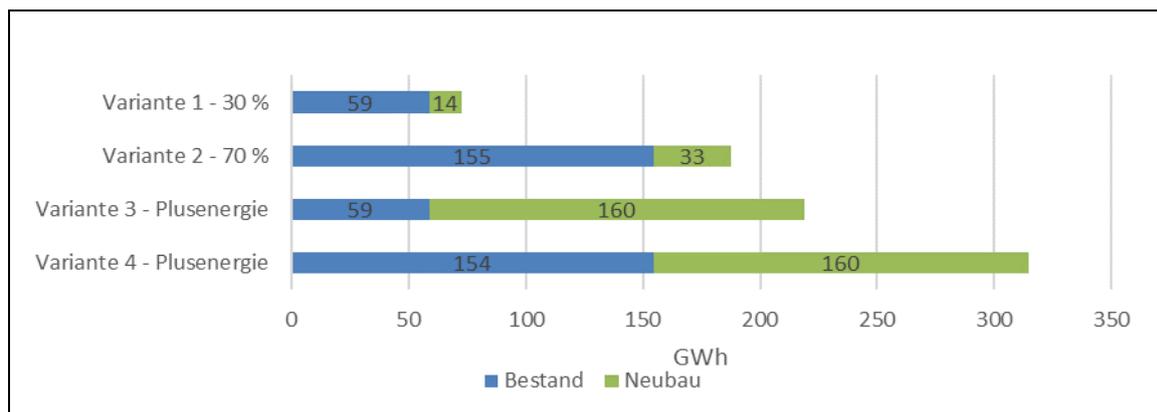
Durch den Umstieg auf elektronische Durchlauferhitzer durch 250 Förderfälle können pro Jahr 75 MWh elektrische Energie eingespart werden. Im Zeitraum 2023 bis 2045 ergibt das 1.725 MWh. In Summe können durch die Förderung von 500 Haushalten pro Jahr insgesamt 2 GWh elektrische Energie reduziert werden.

6.11 Ausbau von Mieterstromanlagen

Es ist zu berücksichtigen, dass die Maßnahme Mieterstromanlagen nicht in die Gesamtbewertung in Kapitel 6 einfließt, da sie außerhalb des Bilanzraums des Gebäudesektors liegt.

6.11.1 Kurzübersicht

| | | |
|--|--|----------------------------|
| Maßnahme | Ausbau von Mieterstromanlagen | |
| Art der Maßnahme | Finanzielle Förderung | |
| Bündel | Einzelmaßnahme | |
| Wirkungszeitraum | | |
| Start | 2023 | |
| Ende | 2045 (Klimaneutralität bis 2040) | |
| Beschreibung | Zur Unterstützung des Ausbaus von erneuerbaren Energien sollen verfügbare Dachflächen für Photovoltaik genutzt werden. Dafür soll die Anzahl an Mieterstromanlagen deutlich ausgebaut werden. | |
| Ausgestaltungsparameter | Variante 1 | Variante 2 |
| Zusätzlich erschlossene PV-Fläche bis 2045 | 30 % Potenzialausschöpfung | 70 % Potenzialausschöpfung |
| Überschneidungseffekte zu anderen Maßnahmen | Keine | |
| Reboundeffekte | Mieterstromanlagen könnten zu einem steigenden Stromverbrauch in Haushalten führen, aufgrund der Definition als Öko-Strom. | |
| Methodik zur Wirkungsabschätzung | Das technisch-wirtschaftliche Potenzial von Mieterstromprojekten erfolgt anhand relevanter Gebäude und Dachflächen im vermieteten Gebäudebestand sowie Neubau. Das Potenzial wird mithilfe der Studien von Krampe et al. 2017 (BMW-Studie) und Aretz & Knoefel 2017 (IÖW-Studie) bestimmt. Nach Aussage der BMW-Studie sind Gebäude mit 3 bis 13 und mehr Wohnungen relevant für Mieterstromprojekte. Für die Anzahl an Neubauten wird auf das Baseline-Szenario zurückgegriffen. In der BMW-Studie wird ein Potenzial für Mieterstromanlagen von 3 – 32 % in den relevanten Gebäuden ausgewiesen. Die IÖW-Studie geht von erhöhten Potenzialen aufgrund besserer Förderbedingungen aus. Je nach Größe des Gebäudes werden Größenklassen von 20 bis 60 kWp installiert. Die Vollbenutzungstunden werden über den Solarkataster berechnet. Bereits installierte Anlagen (nach Marktstammdaten) werden berücksichtigt. | |
| Wirkung | Durch den Ausbau von Mieterstromanlagen kann die Erzeugung von EE-Strom erwartungsgemäß deutlich gesteigert werden. | |
| Wirkungsabschätzung | | |
| Zusätzlicher EE-Strom | | |



6.11.2 Methodik und Datengrundlage

Das Potenzial von Mieterstromanlagen in Bremen wird auf Basis von vorhandenen Studien und Erhebungen ermittelt. Auf Basis dieses Maximalpotenzials wird der zusätzliche EE-Strom von Bestandsgebäuden und Neubauten bei einer Ausschöpfung von 30 bzw. 70 % berechnet.

Vorliegende Untersuchungen

Die Wirkung der Maßnahme wird mithilfe der Untersuchungen von Krampe et al., 2017 und Aretz & Knoefel, 2017 quantifiziert. In der vom BMWi beauftragten Studie zu den Potenzialen von Mieterstrom von Krampe et al. wurden relevante Gebäude für Mieterstrommodelle identifiziert. Anschließend wurde für diese, anhand verschiedener Parameter wie Sanierungszyklus des Daches, organisatorischer Aufwand für die Abstimmung, Altersstruktur der Mieter sowie Verschattung, ein Maximalpotenzial für Mieterstromanlagen bestimmt.

Die Studie basiert auf Daten des Zensus 2011. Laut der Studie eignen sich vor allem Gebäude mit einer Anzahl von drei bis sechs Wohnungen für Mieterstrommodelle. Ein- und Zweifamilienhäuser haben dagegen sehr hohe Fixkosten und die Eigennutzung des erzeugten Stroms wird bevorzugt. Als Maximalpotenzial ergeben sich die relativen Anteile in Tabelle 11.

Tabelle 11: Mieterstrom - Maximalpotenzial nach BMWi-Studie

| Gebäudetyp | Maximalpotenzial Gebäude insgesamt [Stück] | Wohngebäude in Deutschland [Stück] | Anteil |
|-----------------------|--|------------------------------------|--------|
| 3 - 6 Wohnungen | 71.666 | 2.104.264 | 3% |
| 7 - 12 Wohnungen | 228.168 | 852.872 | 27% |
| 13 und mehr Wohnungen | 67.761 | 206.649 | 33% |

Aufbauend auf der BMWi-Studie wird in der Arbeit von Aretz et al. das darin ausgewiesene Potenzial erhöht. Zentrale Ansatzpunkte der Studie des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) ist die Erleichterung des organisatorischen Aufwands für Gebäudeeigentümer:innen durch Förderprogramme sowie die höhere Bewertung des Potenzials von Gebäuden in der Hand von Eigentümergemeinschaften. In der Studie werden ausschließlich Gebäude mit drei bis 12 Wohnungen untersucht. Für Gebäude mit drei bis sechs Wohnungen ergibt sich in der IÖW-Studie ein Faktor von 8, für Gebäude mit sieben bis zwölf Wohnungen ein Faktor von 1,3.

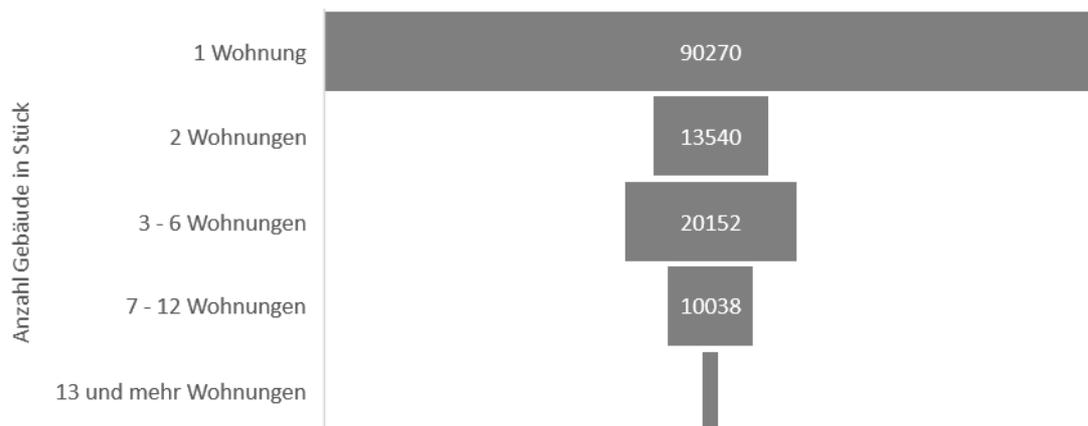
Das Potenzial für Mieterstromanlagen beträgt demnach für Gebäude mit drei bis sechs Wohnungen 24 %, für Gebäude mit sieben bis 12 Wohnungen 34 % und für Wohnungen mit 13 und mehr Wohnungen bleibt das Potenzial von 33 % bestehen.

Die Studien untersuchen vorrangig Bestandsgebäude. In diesem Gutachten werden die Annahmen jedoch auch auf Neubauten übertragen.

Datengrundlage in Bremen

Die Analysen der beiden Studien werden im Folgenden auf die Gebäudedaten von Bremen übertragen. Dafür werden ebenfalls die Daten des Zensus 2011 verwendet. Wie Abbildung 46 zeigt, ist der größte Anteil der Wohngebäude in Bremen Einfamilienhäuser (1 Wohnung). Insgesamt 24 % der Gebäude verfügen über drei bis 13 und mehr Wohnungen. Dies sind insgesamt ca. 32.000 Stück.

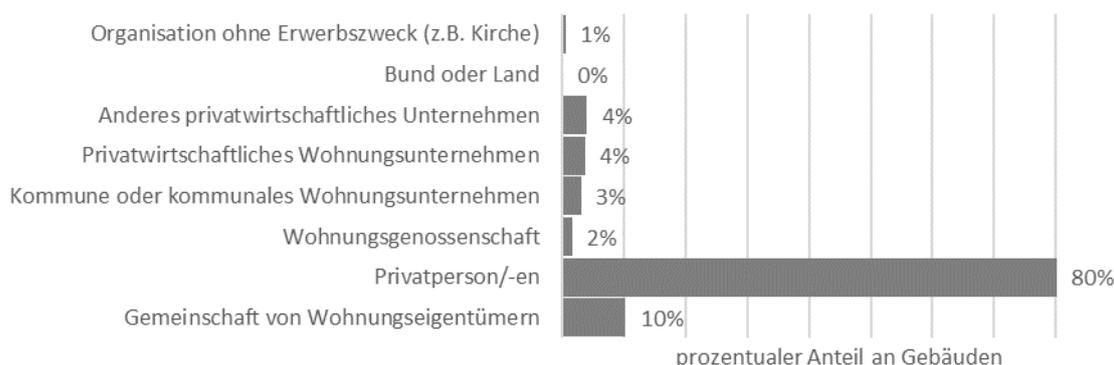
Abbildung 46: Mieterstromanlagen - Anzahl der Wohngebäude im Land Bremen nach Anzahl der Wohnungen



Quelle: Zensus 2011

Abbildung 47 zeigt daneben die Eigentümerstruktur. 80 % der Wohngebäude sind im Besitz von Privatpersonen. Weitere 10 % sind gemeinschaftlich im Besitz von Wohnungseigentümer:innen.

Abbildung 47: Mieterstromanlagen – Eigentümerstruktur von Wohngebäuden im Land Bremen



Quelle: Zensus 2011

Die Anzahl an Neubauten wird dem durch Invert/ee-Lab berechneten Baseline-Szenario entnommen. Die Anzahl an Neubauten zwischen 2023 bis 2040 beträgt rund 26.700. Für die Einteilung in Gebäudetypen werden die statistische Verteilung des Zensus verwendet. Demnach sind rund 15 % der Neubauten Mehrfamilienhäuser (MFH) mit drei bis sechs Wohnungen, rund 7 % Mehrfamilienhäuser (MFH) mit sieben bis zwölf Wohnungen und rund 1 % MFH mit mehr als 13 Wohnungen.

Potenzial für Mieterstromanlagen in Bestandsgebäuden und Neubauten in Bremen

Auf Basis der identifizierten Potenziale für Mieterstromanlagen in Wohngebäuden und der Anzahl an (neugebauten) Wohngebäuden im Land Bremen wird schließlich die Anzahl potenzieller Gebäude für Mieterstromanlagen im Gebäudebestand und in Neubauten berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Mieterstrom – Gesamte Anzahl an Wohngebäuden und potenzielle Anzahl an Wohngebäuden für Mieterstromanlagen nach Gebäudetyp

| | Gebäudetyp | Anzahl an Wohngebäuden | Potenzielle Anzahl Wohngebäude für Mieterstromanlagen |
|---------|-----------------------|------------------------|---|
| Bestand | 3 - 6 Wohnungen | 20.156 | 4.819 |
| | 7 - 12 Wohnungen | 10.043 | 3.420 |
| | 13 und mehr Wohnungen | 1.927 | 622 |
| Neubau | 3 - 6 Wohnungen | 3960 | 947 |
| | 7 - 12 Wohnungen | 1972 | 672 |
| | 13 und mehr Wohnungen | 378 | 121 |

Maximalpotenzial für EE-Strom durch Mieterstromanlagen

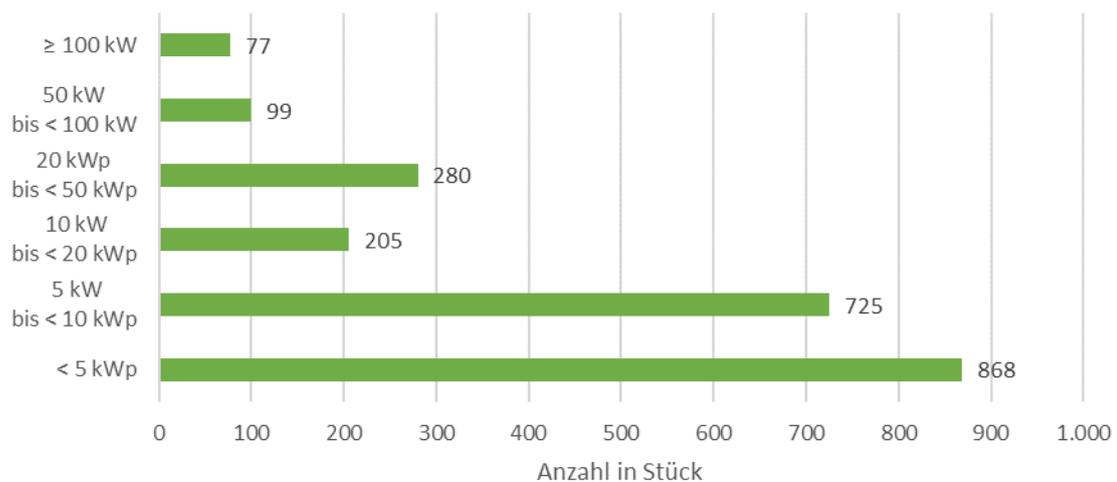
Auf Basis der potenziellen Gebäude sowie der installierten Leistung kann im nächsten Schritt das Maximalpotenzial für EE-Strom berechnet werden. Analog zu den Annahmen von Krampe et al. werden in MFH mit drei bis sechs Wohnungen PV-Anlagen mit 20 kW, in MFH mit sieben bis zwölf Wohnungen PV-Anlagen mit 40 kW und in MFH ab 13 Wohnungen PV-Anlagen mit einer Größe von 60 kW installiert. Die Vollbenutzungsstunden für installierte PV-Anlagen werden mithilfe des Solarkatasters von Bremen berechnet.

Tabelle 13: Mieterstrom – Maximalpotenzial für EE-Strom durch Mieterstromanlagen im Land Bremen

| | Gebäudetyp | Potenzielle Anzahl an Gebäuden | Installierte Leistung in kW | Vollbenutzungsstunden [vbh] | Stromerzeugung in GWh |
|---------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Bestand | 3 - 6 Wohnungen | 4.819 | 20 | 885 | 85 |
| | 7 - 12 Wohnungen | 3.420 | 40 | 895 | 122 |
| | 13 und mehr Wohnungen | 622 | 60 | 856 | 32 |
| Neubau | 3 - 6 Wohnungen | 947 | 20 | 885 | 17 |
| | 7 - 12 Wohnungen | 672 | 40 | 895 | 24 |
| | 13 und mehr Wohnungen | 121 | 60 | 856 | 6 |

In der Berechnung des Maximalpotenzials muss die bereits installierte PV-Leistung berücksichtigt werden. Abbildung 48 zeigt die Anzahl der derzeit installierten PV-Anlagen nach Leistung. Relevant für die Berechnung sind Anlagen mit einer Leistung von 10 kW bis <100 kW.

Abbildung 48: Mieterstromanlagen - Anzahl installierter PV-Anlagen im Land Bremen nach Leistung



Quelle: Marktstammdaten

Da in den Marktstammdaten neben Wohngebäuden auch Gewerbebauten und öffentliche Gebäude enthalten sind, wird angenommen, dass 70 % der installierten Anlagen auf Wohngebäuden installiert wurden.

Tabelle 14: Mieterstromanlagen - Bereits installierte PV-Leistung nach Gebäudetypen im Land Bremen

| Gebäudetyp | kW | vbh | GWh |
|-----------------------|----|-----|-----|
| 3 - 6 Wohnungen | 20 | 885 | 3 |
| 7 - 12 Wohnungen | 40 | 895 | 7 |
| 13 und mehr Wohnungen | 60 | 856 | 4 |

Quelle: Marktstammdatenregister 2020

Berücksichtigung des Plusenergiestandards von Neubauten

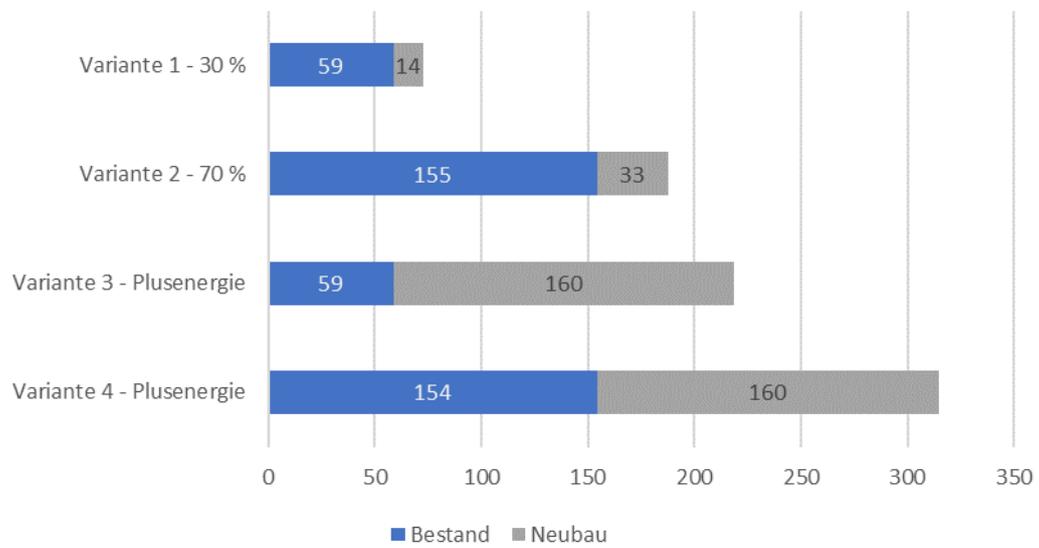
Die Maßnahme Neubau Plusenergie (siehe Abschnitt 7.7) hat Einfluss auf die Anzahl an Mieterstromanlagen, da die Installation einer PV- oder Windkraftanlage verpflichtend ist. Es werden deshalb noch die Varianten 3 und 4 berechnet. Variante 3 geht davon aus, dass alle Neubauten mit Plusenergiestandard gebaut werden, und berücksichtigt eine Ausschöpfung des Maximalpotenzials in Bestandsbauten von 30 % (Variante 1 Mieterstromanlagen). Variante 4 setzt sich dementsprechend aus Variante 1 der Maßnahme Mieterstromanlagen und Variante 2 der Maßnahme Neubau Plusenergie zusammen.

Für die Neubauten wird in den Varianten 3 und 4 deshalb angenommen, dass die gesamte Anzahl an Gebäuden in Tabelle 12 für Mieterstromanlagen genutzt werden können.

6.11.3 Ergebnisse

Nach Abzug der bereits installierten PV-Leistung ergibt sich bei einer Ausschöpfung von 30 % des verfügbaren Potenzials eine zusätzliche EE-Stromerzeugung von 73 GWh. Bei einer Ausschöpfung von 70 % des Potenzials können insgesamt 188 GWh zusätzlich produziert werden.

Abbildung 49: Mieterstromanlagen - Stromerzeugung nach ausgeschöpftem Potenzial



7 Literaturverzeichnis

- AgWohnen, & Fraunhofer IFAM. (2021). *Wohnen und Klimaschutz*. https://bremisch-wohnen.de/wp-content/uploads/2021/04/21_02_Wohnen_Klimaschutz_final.pdf
- Aretz, A., & Knoefel, J. (2017). *Mieterstrom-Hindernisse und Potenziale*. www.ioew.de
- BAnz AT. (2020). *Richtlinie über die Förderung der Energieberatung für Wohngebäude (Vor-Ort-Beratung, individueller Sanierungsfahrplan) Vom 28. Januar 2020*.
- BMI. (2018). *Wege zum Effizienzhaus Plus Grundlagen und Beispiele für energieerzeugende Gebäude*.
- BMU, & BMWi. (2011). *Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung*. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi); Bundestministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).
- BMWi. (2019). *Energiedaten: Gesamtausgabe*.
- Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumforschung. (2015). *Wohnungsmarktprognose 2030*.
- Bundesregierung. (2020). *CO2-Bepreisung*.
- Cischinsky, H., & Diefenbach, N. (2018). *Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 - Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand (1. Auflage)*. Institut Wohnen und Umwelt (IWU).
- Destatis. (2011). *Zensusdatenbank: Ergebnisse des Zensus 2011*.
- Destatis. (2019). *Wohnen in Deutschland - Zusatzprogramm des Mikrozensus 2018*.
- Diefenbach, N., Cischinsky, H., Rodenfels, M., & Clausnitzer, K.-D. (2010). *Datenbasis Gebäudebestand - Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand (Nummer 0049)*. Institut Wohnen und Umwelt (IWU).
- Duscha, M., Mellwig, D., Peter, J., Rechsteiner, E., Erren, O., & Jörg, K. (2014). *Energieberatung im Projekt „Klimaschutz und Energiewende konkret“ der Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen (Projekt KEK)*.
- Eikmeier, B., Janßen, K., Wassermann, T., & Meyer, B. (2019). Erstellung eines Wärmeatlas für Bremen und Bremerhaven. *Heft, 87*.
- ENTEGA. (o. J.). *Stromverbrauch mit Durchlauferhitzer*.
- Ffe. (2019). *Dynamis-Hauptbericht Dynamische und intersektorale Maßnahmenbewertung zur kosteneffizienten Dekarbonisierung des Energiesystems*.
- Fraunhofer ISI, IfE TU München, GfK Retail and Technology GmbH, IREES GmbH, & BASE-ING. GmbH. (2013). *Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2007 bis 2010*.
- Gugel, B., Dünnebeil, F., Lempik, J., & Räder, D. (2021). *Ergänzende Untersuchung Energie- und Klimaschutzszenarien 2030 für das Land Bremen*. 49(0).
- Harthan, R. O., Emele, L., Hermann, H., & Matthes, F. (2017). *Sektorale Abgrenzung der deutschen Treibhausgasemissionen mit einem Schwerpunkt auf die verbrennungsbedingten*.
- Icha, P., Lauf, D. T., & Kuhs, G. (2021). *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2020 | Enhanced Reader*.
- Juhrich, K. (2016). CO2-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe. In *Climate Change 27/2016* (S. 1–48). Umweltbundesamt. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2003.09.014>

- Jurich, K. (2016). *CO₂-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe*.
- Kenkmann, T., Cludius, D. J., Fuscher, D. C., Fries, T., Keimeyer, F., Schumacher, D. K., Brischke, D. L.-A., & Leuser, L. (2019). *Flächensparend Wohnen Energieeinsparung durch Suffizienzpolitiken im Hand-lungsfeld „Wohnfläche*.
- Krampe, L., Wunsch, M., & Schalle, D. H. (2017). *Mieterstrom*. <http://www.bhw-energie.de/>
- Löschel, A., Erdmann, G., Staiß, F., & Ziesing, H. (2014). *Stellungnahme zum zweiten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2012*.
- Mahler, B., Idler, S., Nusser, T., & Gantner, J. (2019). *Energieaufwand für Gebäudekonzepte im gesamten Lebenszyklus Abschlussbericht*.
- Öko-Institut et al. (2020). *Rahmendatenbericht für Politikszenerarien IX (unveröffentlicht)*.
- PWC. (2019). *Evaluation der Energieberatung für Wohngebäude*.
- StaLaA Bremen. (2021). *31231-00-02: Wohngebäude- und Wohnungsbestand*. [https://www.statistik-bremen.de/bremendat/abfrage.cfm?tabelle=31231-00-02&netscape=ja&titelname=Bremen Infosystem](https://www.statistik-bremen.de/bremendat/abfrage.cfm?tabelle=31231-00-02&netscape=ja&titelname=Bremen+Infosystem)
- Statische Ämter des Bundes und der Länder. (2019). *Wohnen in Deutschland - Zusatzprogramm des Mikrozensus 2018*.
- Statistisches Bundesamt. (2019). *Bevölkerung Deutschlands bis 2060. Statistisches Bundesamt, 49(November), 51*.
- Steinbach, J. (2015). *Modellbasierte Untersuchung von Politikinstrumenten zur Förderung erneuerbarer Energien und Energieeffizienz im Gebäudebereich* (Fraunhofer ISI (Hrsg.)). Fraunhofer Verlag. <https://www.verlag.fraunhofer.de/bookshop/buch/Modellbasierte-Untersuchung-von-Politikinstrumenten-zur-Förderung-erneuerbarer-Energien-und-Energieeffizienz-im-Gebäudebereich/245046>
- Sünnemann, A., Löwer, M., Schroeder, A., Ammon, C., & Gerken, A. (2019). *Wohnen und Bauen Monitoring 2019*. <https://www.bauumwelt.bremen.de/stadtentwicklung/stadtentwicklung/wohnen-und-bauen-in-bremen-monitoring-2019-und-wohnbauflaechen-bis-2020-59240>
- Umweltbundesamt. (2020). *Wohnfläche*.
- Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e.V. (2018). *Warmwasser Komfortables Sparen-So geht's!*

Anhang A Modellbeschreibung INVERT/EE-Lab und INVERT-Agents

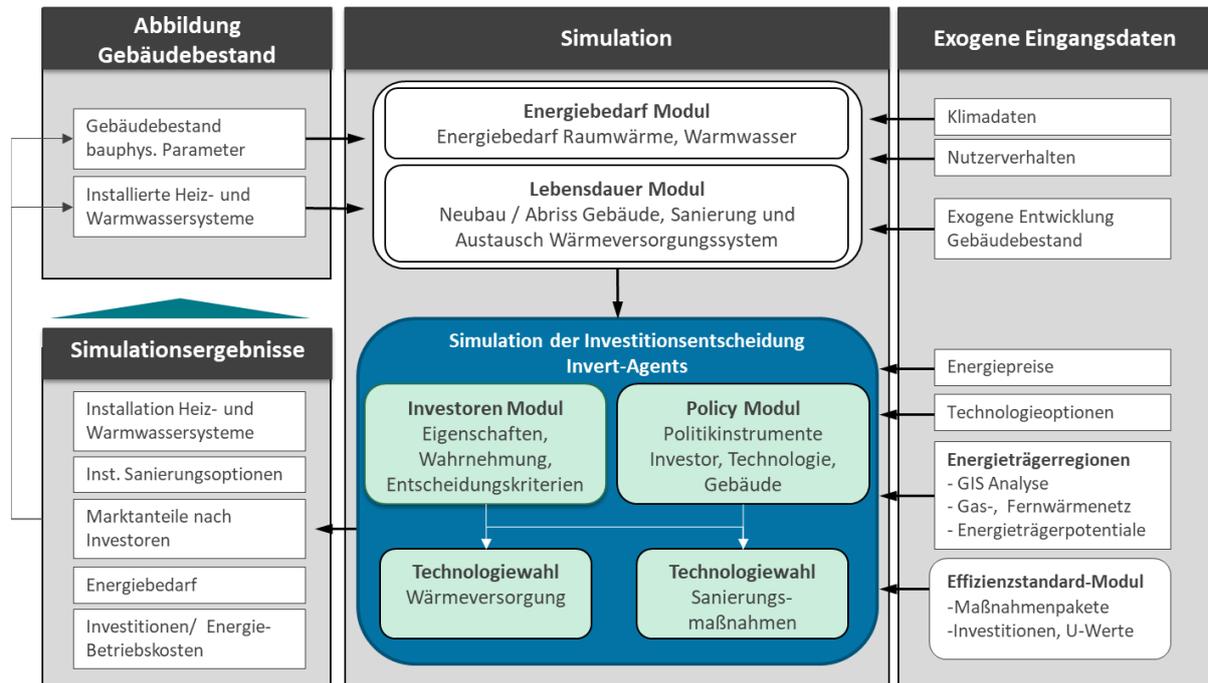
Methodisch stellt Invert/EE-Lab ein dem Bottom-up-Ansatz folgendes, techno-ökonomisches Simulationsmodell dar, mit dem Optionen des Energiebedarfs und dessen Deckung für Wärme (Raumwärme und Warmwasser) sowie Klimatisierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden ermittelt und die Auswirkungen verschiedener Förderinstrumente in Jahresschritten abgebildet werden können (Abbildung 86). Grundlage des Modells ist eine detaillierte Darstellung des Gebäudebestands nach Gebäudetypen, Baualtersklassen und Sanierungszuständen mit relevanten bauphysikalischen und ökonomischen Parametern einschließlich der Technologien zur Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser und Klimatisierung. Darauf aufbauend wird der Heiz- und Kühlenergiebedarf unter Einbeziehung von Nutzerverhalten und Klimadaten ermittelt. Die Investitionsentscheidung in Technologien und Effizienzmaßnahmen wird unter Berücksichtigung von investorenspezifischen Entscheidungskalkülen und Hemmnissen sowie Energieträgerpotenzialen im Modul INVERT-Agents ermittelt (Steinbach, 2015).

Mit Invert/ee-Lab ist es möglich, die Auswirkung unterschiedlicher Politikinstrumente und Ausgestaltungsvarianten auf den Ausbau der Erneuerbaren Energien im Gebäudebereich in Szenarien zu analysieren. Im Rahmen des laufenden Forschungsprojektes *Diffusion EE* wird das Modell um den Bereich der Intermediäre als zentrale Change Agents erweitert, um den Einfluss auf die Investitionsentscheidung im Gebäudebereich abzubilden.

Für eine realitätsnahe Simulation des Einsatzes erneuerbarer Energien im Gebäudebereich werden u.a. folgende relevante Zusammenhänge im Modell abgebildet:

- Berücksichtigung von investorenspezifischen Hemmnissen und Kalkülen bei der Investitionsentscheidung in Wärmeversorgungssysteme und Effizienzmaßnahmen.
- Das Temperaturniveau des Wärmeverteilungssystems wird in der Simulation berücksichtigt, hier besonders die Interaktion zwischen diesem und den Wirkungsgraden bzw. Arbeitszahlen der Bereitstellungstechnologien. Dies ist in besonderem Maße für eine realitätsnahe Simulation des Einsatzes von Wärmepumpen in älteren Gebäuden von Bedeutung.
- Die Modellierung der Energiebereitstellung aus solarthermischen Anlagen erfolgt auf monatlicher Basis unter Berücksichtigung der entsprechenden solaren Einstrahlung. Zudem wird entsprechend der Geometrie der Referenzgebäude, die den solarthermischen Anlagen zur Verfügung stehende Dachfläche im Modell berücksichtigt.
- Politikinstrumente zur Förderung von EE-Wärme und Effizienzmaßnahmen wie Investitionszuschüsse (Marktanreizprogramm), Nutzungspflichten (EEWärmeG) oder haushaltsunabhängige Umlagesysteme werden technologie- und gebäudespezifisch (Neubau, Bestand, öffentliche Gebäude) definiert.
- Darüber hinaus erfolgt eine Berücksichtigung der Limitierung erneuerbarer Energieträger über definierte Kostenpotenziale inklusive deren Entwicklung über den Simulationszeitraum.

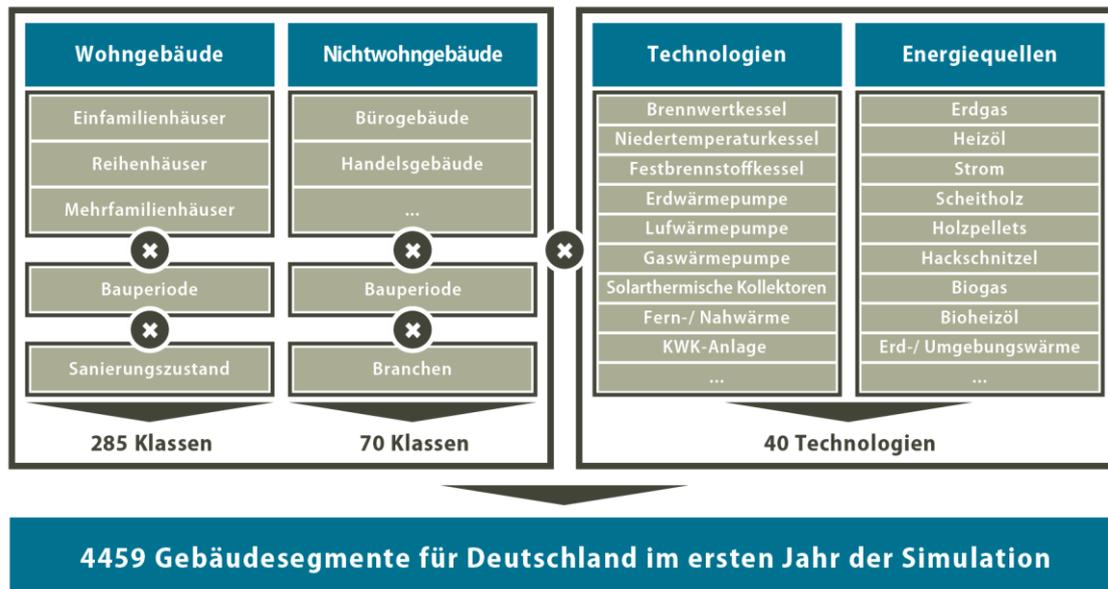
Abbildung 50: Struktur des Simulationsmodells Invert/EE-Lab Gebäudetypologische Abbildung von Referenzgebäuden und Wärmeversorgungs-technologien



Quelle: (Steinbach, 2015)

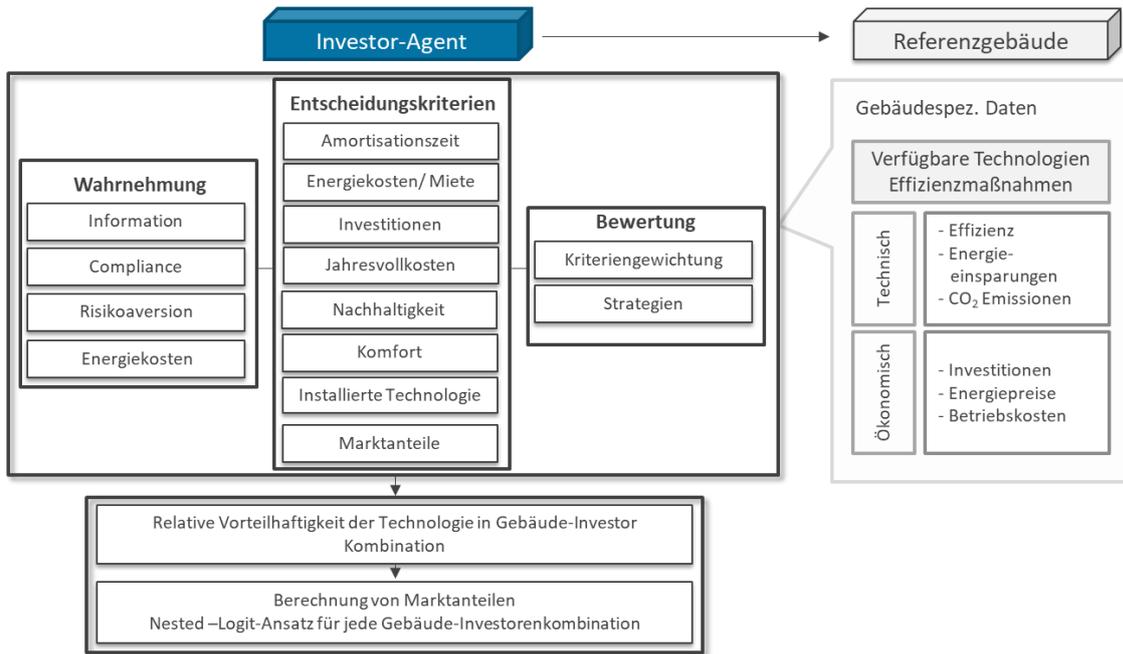
Derzeit werden 40 verschiedene Technologien zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser unterschieden, welche über detaillierte technische und ökonomische Daten abgebildet werden. Die Referenzgebäudetypologie mit den entsprechenden Zuordnungen von Gebäuden und Technologien wird auf Basis der Erhebungen „Datenbasis Wohngebäude“ (Diefenbach et al. 2010) und deren Aktualisierung aus dem Jahr 2018 (Cischinsky und Diefenbach 2018). Die Gebäudetypologie von Nichtwohngebäuden basiert ursprünglich auf der Studie „Energieverbrauch im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ (Fraunhofer ISI et al., 2013). Der aus der Modellrechnung resultierende Energiebedarf ist auf die temperaturbereinigten Werte der Anwendungsbilanzen sowie der EE-Wärmebereitstellung nach AGEE-Stat kalibriert.

Abbildung 51: Struktur der hinterlegten Gebäudetypologie in Invert/ EE-Lab Modellierung von Investoren im Gebäudebereich



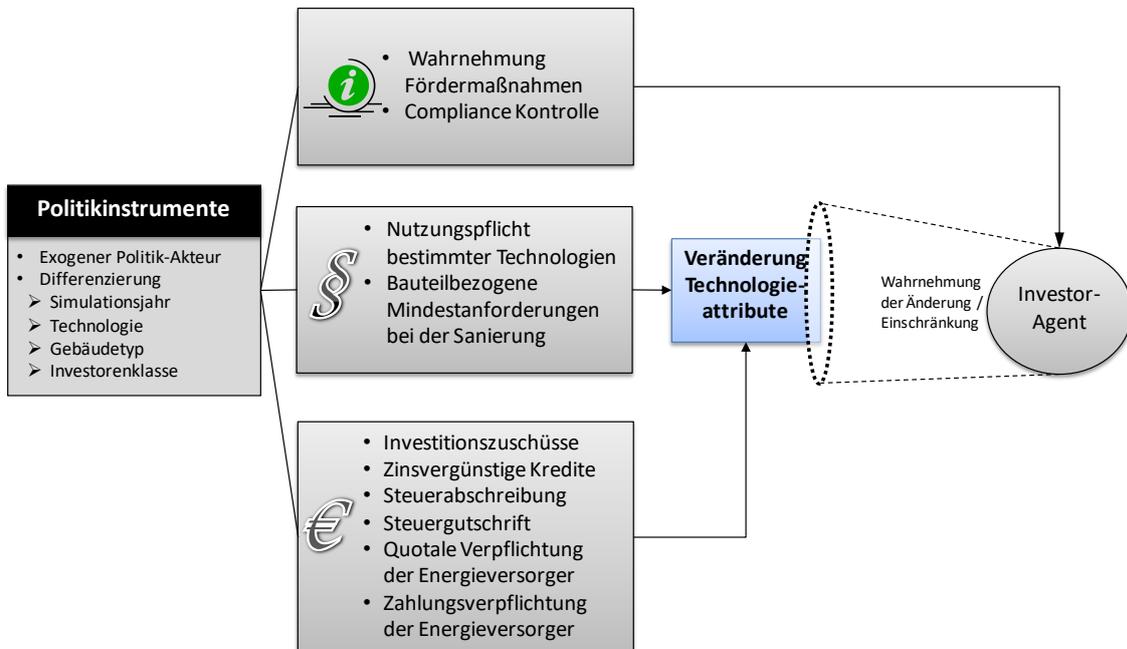
Im Modell können einzelne Investorentypen implementiert werden, welche den Referenzgebäudesegmenten anteilig als Besitzer:in zugeordnet werden. Diese Anteile sind zeitabhängig und können somit exogen über den Simulationszeitraum verändert werden. Das Modell erlaubt die Definition beliebig vieler Investorenagenten, welche jeweils Instanzen einer von fünf möglichen Agentenklassen darstellen – *Selbstnutzende Eigentümer:innen*, *Private Vermieter:innen*, *Gemeinschaften von Eigentümer:innen*, *Wohnungsbaugesellschaften*, *gewerbliche Gebäudebesitzer:innen*. Als Grundlage der Investitionsentscheidung werden verschiedene ökonomische und nichtökonomische Entscheidungskriterien definiert, die für jede Kombination von Investoren, Referenzgebäudesegmenten und Technologieoptionen individuell ermittelt werden. Die Eigenschaften einer Investoreninstanz werden als Eingangsdaten definiert, womit einerseits die Relevanz unterschiedlicher Entscheidungskriterien über Gewichte bestimmt werden, andererseits auch die Ausprägung der Kriterien beeinflusst werden. Somit wird sowohl die Art der Investitionsentscheidung – Berücksichtigung unterschiedlicher Kriterien– als auch die Wahrnehmung der Technologieoptionen und der damit verbundenen Parameterausprägungen unterschieden. Für jede zur Verfügung stehende Technologieoption werden in jedem Referenzgebäudesegment aus Sicht jeder Investoreninstanz Nutzwerte berechnet, auf deren Basis die Marktanteile mit einem *Nested-Logit-Modell* ermittelt werden.

Abbildung 52: Modellierung der Gebäudeeigentümer:innen als Investor-Agenten Modellierung von Politikinstrumenten



Um die Wirkung der Politikinstrumente auf die Investitionsaktivität in Energieeffizienzmaßnahmen und Wärmeversorgungssysteme zu untersuchen, werden diese explizit im Modell abgebildet. Dies geschieht als integrale Modellierung von Politikinstrumenten und Investoren, die eine aktorspezifische Untersuchung der Wirkungen der Instrumente ermöglichen sollen (Abbildung 89).

Abbildung 53: Schematische Darstellung der Modellierung von Politikinstrumenten in Invert-Agents



Quelle: (Steinbach, 2015)

Die Politikinstrumente und deren Ausgestaltung werden zunächst aus Sicht eines Politik-Akteurs für jedes Simulationsjahr exogen definiert. Dabei werden Förder- und Anforderungsbedingungen nach den adressierten Technologien und Maßnahmen sowie den Adressaten – Investorenklassen und Gebäudetypen differenziert. Ordnungsrechtliche und finanzielle Fördermaßnahmen verändern die Attribute der Technologiealternativen oder schränken die Wahlmöglichkeiten durch Nutzungspflichten oder Mindestanforderungen ein. In Abhängigkeit der definierten Investor-Agenten werden diese Veränderungen oder Einschränkungen bei der Investitionsentscheidung berücksichtigt. Ein Investitionszuschuss beispielsweise verändert die relative Vorteilhaftigkeit einer Technologie hinsichtlich des Attributes Investitionen, wobei dies nicht zwangsläufig der wahrgenommenen Attributausprägung eines Investor-Agenten entspricht. Informativische Maßnahmen wiederum wirken indirekt auf die Attribute der Wahlmöglichkeiten, indem die investorenspezifische Wahrnehmung verändert wird.

Anhang B Weitere Ergebnisse Baseline Szenario

THG-Verursacherbilanz

Abbildung 54 zeigt die Entwicklung der THG-Emissionen von 2018 bis 2050 nach dem Verursacherprinzip. Darin wird für die Berechnung der Emissionen aus Fernwärme der Emissionsfaktor „Bilanzierung nach LAK“ in Abschnitt 3.5 verwendet.

Abbildung 54: Treibhausgasemissionen nach Verursacherbilanz im Baseline-Szenario nach amtlicher Bilanzierungsmethode

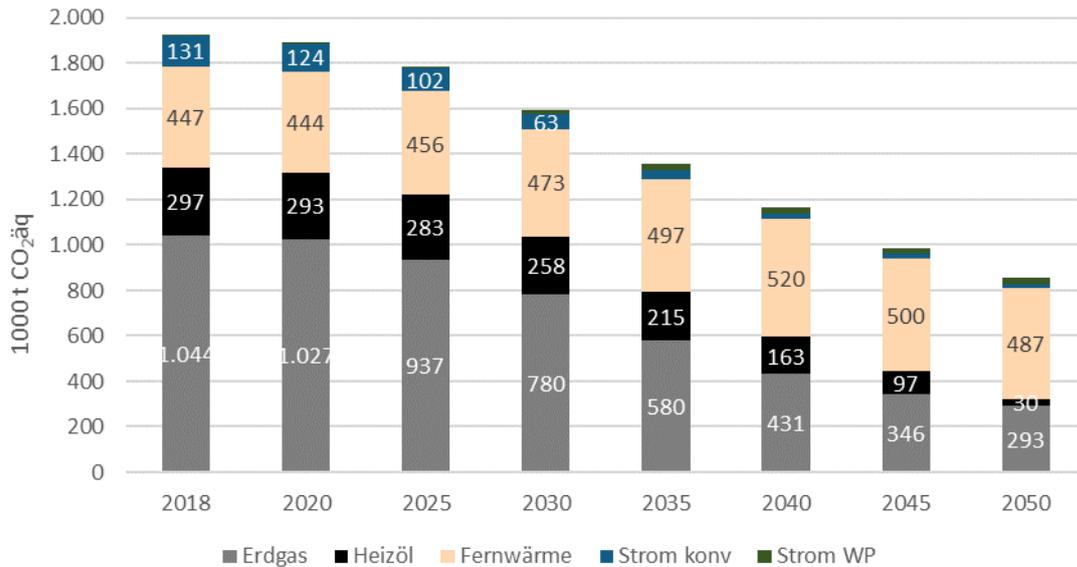
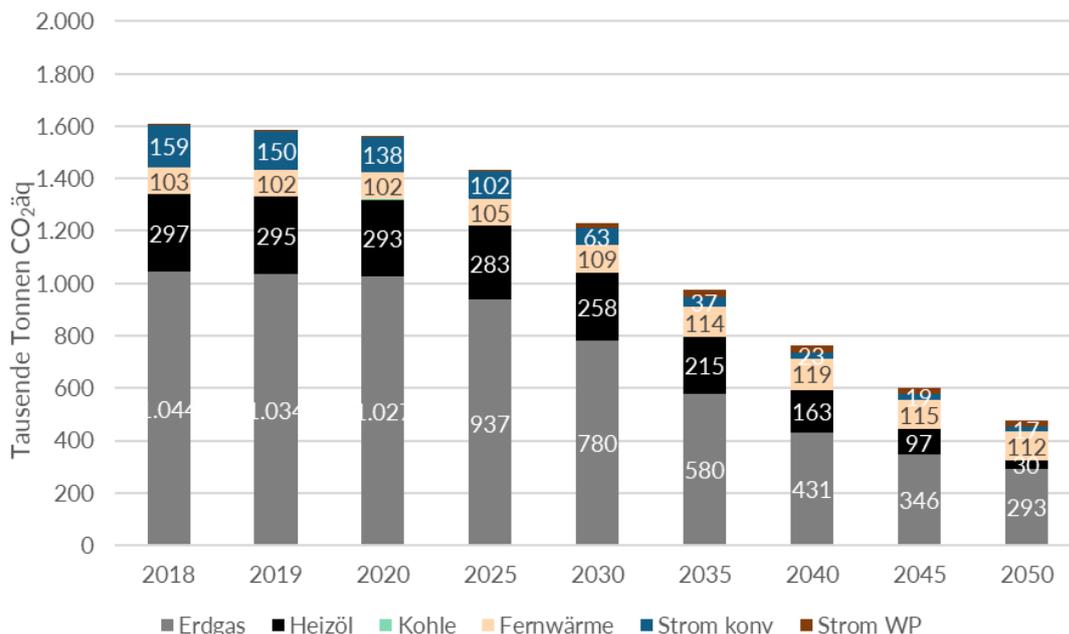


Abbildung 55 zeigt die Entwicklung der THG-Emissionen von 2018 bis 2050 nach dem Verursacherprinzip. Darin wird für die Berechnung der Emissionen aus Fernwärme der Emissionsfaktor „Bilanzierung swb AG“ in Abschnitt 3.5 verwendet.

Abbildung 55: Treibhausgasemissionen nach Verursacherbilanz im Baseline-Szenario nach Bilanzierungsmethode der swb AG



Sanierungsrate und Sanierungstiefe

Abbildung 56 zeigt die durchgeführten Sanierungen nach Ambitionsniveau ab dem Jahr 2023. Es wird deutlich, dass neben Instandsetzungsmaßnahmen hauptsächlich Standardsanierungen und moderat ambitionierte Sanierungen (BEG 100) durchgeführt werden. Der Anteil ambitionierter Sanierungen (> BEG 55) ist sehr gering.

Abbildung 56: Durchgeführte Sanierungen nach Ambitionsniveau im Baseline-Szenario

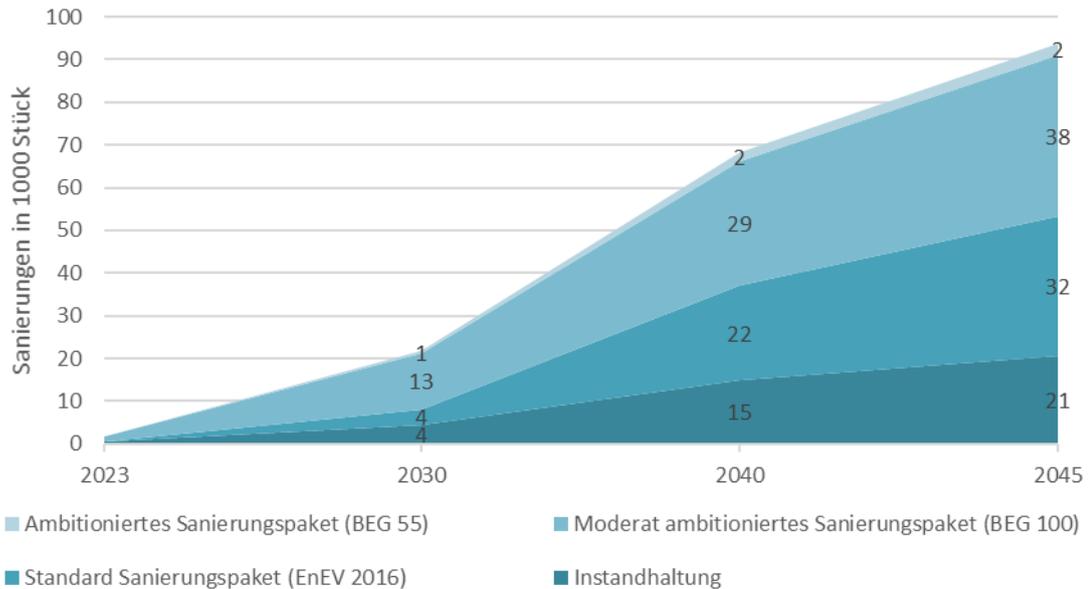


Abbildung 57 zeigt die Sanierungsrate im Baseline-Szenario. Bei Wohngebäuden steigt die Sanierungsrate bis 2040 kontinuierlich auf über 2,2 % und fällt anschließend ab. Bei Nichtwohngebäuden steigt die Sanierungsrate kontinuierlich bis 2050, jedoch deutlich langsamer als bei Wohngebäuden.

Abbildung 57: Sanierungsrate im Mittel über 10 Jahre im Baseline-Szenario

