

# **Erreichbare Treibhausgas- minderungen unterschiedlicher Wärmeversorgungsoptionen im Gebäudesektor bis 2030**

**Februar 2022**

## IMPRESSUM

### Herausgeber

enervis energy advisors GmbH  
Schlesische Str. 29-30  
10997 Berlin  
+49 (0)30 695 175 - 0  
[www.enervis.de](http://www.enervis.de)  
[kontakt@enervis.de](mailto:kontakt@enervis.de)

### Autoren

Constantin Greif  
Sebastian Gulbis  
Dr. Sebastian Werner Klein  
Sarah Milanzi

### Eine Studie im Auftrag des

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.  
Reinhardstr. 32  
10117 Berlin

The logo for BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft) consists of the lowercase letters 'bdew' in a bold, red, sans-serif font. The letters are closely spaced and have a slight shadow effect.

**Energie. Wasser. Leben.**

### Ansprechpartner des Auftraggebers

Friedrich Lutz Schulte  
Geschäftsbereich Energieeffizienz  
Telefon: +49 30 300 199 1376  
[Friedrich.schulte@bdew.de](mailto:Friedrich.schulte@bdew.de)

Veröffentlichung: Februar 2022

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>VI</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>IX</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis/Glossar .....</b>	<b>X</b>
<b>1 Executive Summary .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Hintergrund und Zielsetzung.....</b>	<b>6</b>
<b>3 Struktur der Studie .....</b>	<b>8</b>
<b>4 Ausgangslage, Zielvorgaben und Herausforderungen des Gebäudesektors .....</b>	<b>9</b>
<b>5 Referenzentwicklung des Gebäudesektors bis 2030 .....</b>	<b>14</b>
5.1 CO <sub>2</sub> – Bilanzierung und Abgrenzung .....	14
5.2 Grundlagen der Modellierung und Szenarioprämissen.....	16
5.3 Ergebnis des Referenzszenarios.....	18
5.4 CO <sub>2</sub> -Emissionen des Gebäudesektors.....	23
5.5 Herausforderungen im Gebäudesektor .....	24
<b>6 CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial von Versorgungsoptionen im Gebäudesektor .....</b>	<b>27</b>
6.1 Einleitung .....	27
6.2 Versorgungsoptionen und Berechnungsmethodik.....	28
6.2.1 Beschreibung der ausgewählten Versorgungsoptionen.....	30
6.2.2 Einteilung des Gebäudesektors in Cluster .....	40
6.2.3 Ermittlung des CO <sub>2</sub> -Minderungspotenzials .....	41
6.3 CO <sub>2</sub> -Minderungspotenzial der Versorgungsoptionen .....	45
6.3.1 Elektrische Wärmepumpe .....	45
6.3.2 Hybridsystem .....	48
6.3.3 Nah-/Fernwärme.....	49
6.3.4 Brennwertheizung mit erneuerbarem/dekarbonisiertem Gas .....	52

6.3.5	Sonstige CO <sub>2</sub> -Minderungspotenziale .....	54
6.3.6	Gesamtüberblick .....	56
<b>7</b>	<b>Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich der Zielsetzung für klimaneutrale Wärme des Koalitionsvertrages .....</b>	<b>59</b>
<b>8</b>	<b>Volkswirtschaftliche Bewertung .....</b>	<b>62</b>
<b>9</b>	<b>Betriebswirtschaftlicher Vergleich .....</b>	<b>64</b>
<b>10</b>	<b>Ausblick auf 2045 .....</b>	<b>67</b>
<b>11</b>	<b>Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen zur Hebung der CO<sub>2</sub>- Minderungspotenziale .....</b>	<b>68</b>
<b>12</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>73</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>i</b>
	<b>Anhänge</b>	<b>vii</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Endenergiebedarf zur Wärmebereitstellung im Gebäudesektor im Jahr 2020 nach Energieträgern .....	10
Abbildung 2: Klimaschutzziele des Gebäudesektors bis 2030.....	11
Abbildung 3: nEHS-Preisentwicklung.....	17
Abbildung 4: Nutzenergiebedarf des Gebäudesektors .....	18
Abbildung 5: Endenergiebedarf des Gebäudesektors.....	19
Abbildung 6: Zusatzkosten erneuerbarer/dekarbonisierter Gase im Vergleich zum Erdgas.....	22
Abbildung 7: kumulierter Endenergiebedarf der im Zeitraum 2022-2030 installierten Heizungssysteme .....	22
Abbildung 8: CO <sub>2</sub> -Emissionen des Gebäudesektors im Referenzszenario .....	23
Abbildung 9: Zusammensetzung der Nettostromerzeugung bis 2030.....	33
Abbildung 10: Gesamtpotenzial Endenergieverbrauch Fernwärme im Gebäudesektor .....	35
Abbildung 11: Zusammensetzung der Fernwärmeerzeugung .....	36
Abbildung 12: Potenzial erneuerbarer/dekarbonisierter Gase für den Gebäudesektor .....	38
Abbildung 13: Aufteilung des Gebäudebestandes 2020 in Cluster .....	41
Abbildung 14: Zu substituierende fossile Endenergiemengen der Gebäudecluster im Jahr 2030.....	44
Abbildung 15: Durch die Versorgungsoption "Wärmepumpe" substituierter fossiler Endenergiebedarf im Jahr 2030.....	46
Abbildung 16: Kumulierte vermiedene Emissionen gegenüber Referenzszenario durch Einsatz von Wärmepumpen .....	46
Abbildung 17: Effekt des Wärmepumpenzubaus auf Emissionen der Energiewirtschaft.....	48
Abbildung 18: Durch die Versorgungsoption "Hybridsystem" substituierter fossiler Endenergiebedarf im Jahr 2030.....	49
Abbildung 19: Kumulierte vermiedene Emissionen gegenüber dem Referenzszenario durch Einsatz von Hybridsystemen.....	49

Abbildung 20: Durch die Versorgungsoption „Nah-/Fernwärme“ substituierter fossiler Endenergiebedarf im Jahr 2030 .....	50
Abbildung 21: Kumulierte vermiedene Emissionen gegenüber dem Referenzszenario durch Einsatz von Fernwärmesystemen.....	50
Abbildung 22: Effekt des Zubaus von Fernwärme auf Emissionen der Energiewirtschaft.....	52
Abbildung 23: Durch die Versorgungsoption "Brennwertheizung mit klimaneutralem Gas" substituierter fossiler Endenergiebedarf im Jahr 2030.....	53
Abbildung 24: Kumulierte vermiedene Emissionen gegenüber dem Referenzszenario durch Einsatz von Gas-Brennwertheizungen mit erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen .....	53
Abbildung 25: Jährliches CO <sub>2</sub> -Minderungspotenzial durch die Nutzung von Lüftungsanlagen mit WRG in Wohngebäuden .....	55
Abbildung 26: Wechselbewegung der ursprünglich im Referenzszenario zugebauten Systeme auf fossiler Brennstoffbasis (links) zu den Versorgungsoptionen (rechts) .	56
Abbildung 27: Gesamtes CO <sub>2</sub> -Minderungspotenzial der Versorgungsoptionen.....	57
Abbildung 28: CO <sub>2</sub> -Minderungsbeitrag der Versorgungsoptionen .....	58
Abbildung 29: Bedarf und Potenzial erneuerbarer/dekarbonisierter Gase im Gebäudesektor .....	59
Abbildung 30: Anteil des klimaneutralen Endenergiebedarfs für Wärme im Gebäudesektor .....	61
Abbildung 31: Beitrag der Versorgungsoptionen zum Anteil klimaneutraler Wärme im Gebäudesektor .....	62
Abbildung 32: Vollkosten der Versorgungsoptionen – EFH und MFH Altbau .....	65
Abbildung 33: Vollkosten der Versorgungsoptionen – EFH Neubau Effizienzhaus .....	66
Abbildung 34: Brennstoffpreisentwicklung .....	vii
Abbildung 35: Bevölkerungsentwicklung .....	viii
Abbildung 36: Investitionskosten und Wirkungsgrade EFH im Bestand .....	ix
Abbildung 37: Investitionskosten und Wirkungsgrade EFH im Neubau.....	ix
Abbildung 38: Investitionskosten und Wirkungsgrade MFH im Bestand.....	x
Abbildung 39: Investitionskosten und Wirkungsgrade MFH im Neubau .....	x

Abbildung 40: Bereitstellungskosten für erneuerbare/dekarbonisierte Gase .....xi

Abbildung 41: Anteil des klimaneutralen Endenergiebedarfs für Wärme im Gebäudesektor im Jahr 2030 bei Einsatz der Versorgungsoptionen .....xii



## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Auswahl der Versorgungsoptionen.....	30
Tabelle 2: Zuordnung von Versorgungsoptionen zu Gebäudeclustern.....	43
Tabelle 3: Entwicklung der durchschnittlichen Sanierungsraten .....	viii
Tabelle 4: Unterstellte Nutzungsdauer der Heizungssysteme .....	x

## Abkürzungsverzeichnis/Glossar

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
BDH	Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
Biomethan	Aufbereitetes Biogas, welches die gleichen verbrennungstechnischen Eigenschaften wie Erdgas hat
BIP	Bruttoinlandsprodukt
Blauer Wasserstoff	Wasserstoff aus der Dampfreformierung von Erdgas mit integrierter CO <sub>2</sub> -Abscheidung
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CRF	Berichtsformat der UNFCCC (engl. Common Reporting Format)
Dena	Deutsche Energie-Agentur
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
EE	Erneuerbare Energien (z.B. Wind, aus Photovoltaik, Biomethan)
EED	Energieeffizienzrichtlinie der EU (engl. Energy Efficiency Directive)
EFH	Einfamilienhäuser
Endenergiebedarf	Der Endenergiebedarf beinhaltet die (End-)Energie- menge, die dem Heizungs- und Trinkwassersystem zuge- führt werden muss, um den Nutzenergiebedarf für Hei- zung und Trinkwassererwärmung zu decken.

EPBD	EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (engl. Energy Performance of Buildings Directive)
Erneuerbare/dekarbonisierte Gase	Erneuerbare Gase, z.B. unter Nutzung von Erneuerbaren Energien synthetisch hergestellt oder Biomethan
ETS	EU-Emissionshandelssystem
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Segment Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
Grauer Wasserstoff	Wasserstoff aus der Dampfreformierung von Erdgas (ohne CO <sub>2</sub> -Abscheidung)
Grüner Wasserstoff	Wasserstoff aus mit erneuerbarem Strom betriebener Elektrolyse oder aus der Reformierung von Biogas bzw. der biochemischen Umwandlung von Biomasse
GWP 100	Treibhausgaspotenzial einer chemischen Verbindung über den Zeitraum von 100 Jahren (engl. Global Warming Potential)
KoaV	Koalitionsvertrag
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung – Kombinierte Erzeugung von Wärme und Strom
MAP	Marktanreizprogramm
MFH	Mehrfamilienhäuser
nEHS	Nationales Emissionshandelssystem nach BEHG
Nutzenergiebedarf	Der Nutzenergiebedarf der Heizung ist die Wärmemenge, die dem Gebäude zur Aufrechterhaltung der Raum-, Warmwasser- und Prozesstemperatur zugeführt werden muss.
NWS	Nationale Wasserstoff-Strategie Deutschlands

PtG	Power-to-Gas bezeichnet den Prozess der Umwandlung von Strom in einen gasförmigen Energieträger. Im Regelfall wird erneuerbarer Strom, z.B. von Windkraftanlagen, zur Wasserstoffherstellung genutzt. Wird der synthetisch erzeugte Wasserstoff (H <sub>2</sub> ) in einem weiteren Verfahrensschritt methanisiert, entsteht erneuerbares Methan.
PtX	Überbegriff für alle Umwandlungspfade von elektrischer Energie in andere gasförmige (Power-to-Gas) oder flüssige Energieträger (Power-to-Liquids), aber auch in Wärme (Power-to-Heat).
REDII	Renewable Energy Directive II, Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU
Sanierungsrate	Prozentueller Anteil der Gebäudefläche, der jährlich umfassend energetisch saniert wird (Zusammenfassung von Einzelmaßnahmen zu Vollsanierungsäquivalenten)
Synthetisches Methan	Durch die Methanisierung von Wasserstoff produzierter Energieträger.
THG	Treibhausgas
UNFCCC	Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (engl. United Nations Framework Convention on Climate Change)
WP	Wärmepumpe
WRG	Wärmerückgewinnung

## 1 Executive Summary

Mit dem 2021 novellierten Bundes-Klimaschutzgesetz wurde das langfristige Ziel eines klimaneutralen Gebäudebestandes auf das Jahr 2045 vorgezogen. Auch die maximal zulässige Emissionsmenge im Jahr 2030 wurde von ursprünglich 70 auf 67 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent verringert. Allerdings wird eine Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaziele des Gebäudesektors zum derzeitigen Stand weder durch den europäischen noch durch den nationalen Rechtsrahmen sichergestellt. Der Fokus verfügbarer Gutachten zur Transformation des Gebäudesektors lag bislang meist auf der Zielerreichung im Jahr 2050 bzw. 2045. Zudem liegen den Studien oftmals sehr ambitionierte Annahmen zur Entwicklung der Gebäudeenergieeffizienz zugrunde. Vor dem Hintergrund der wenigen verbleibenden Zeit bis zum Jahr 2030 kann nicht allein darauf vertraut werden, dass diese tatsächlich umgesetzt werden. Vielmehr braucht es kurzfristig zusätzliche Strategien, die auch bei einer moderaten Entwicklung der Sanierungsaktivitäten die Erreichung des Klimaziels ermöglichen. Diese müssen alle für die Wärmewende verfügbaren Wärmeversorgungsoptionen miteinschließen.

Ziel der Studie ist es, für eine Auswahl unterschiedlicher Heizenergieträger, -systeme und Infrastrukturen das Treibhausgasreduzierungspotenzial bis zum Jahr 2030 im deutschen Gebäudesektor zu ermitteln. Dabei wird die Heterogenität des Gebäudesektors hinsichtlich Gebäude- und Siedlungstypen und Effizienzstandards berücksichtigt. Zudem erfolgt die Analyse auf Basis einer realistischen Einschätzung zur Entwicklung der Gebäudeenergieeffizienz.

Zunächst wird innerhalb eines Referenzszenarios ermittelt, welche Reduktion bis zum Jahr 2030 unter Fortschreibung der aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen erreichbar ist. Darauf aufbauend wird untersucht, welche Emissionen zusätzlich gegenüber der Referenzentwicklung durch ausgewählte Versorgungsoptionen eingespart werden können und ob mit diesen das Sektorziel für 2030 erfüllt werden kann. Die untersuchten Versorgungsoptionen umfassen Wärmepumpentechnologien, Hybridsysteme als Kombination aus Wärmepumpe und Gaskessel, Nah- und Fernwärmeversorgung, sowie Gas-Brennwertheizungen mit der Beschickung erneuerbarer und dekarbonisierter Gase. Alle für die Berechnung des Minderungspotenzials einbezogenen Wärmeversorgungsoptionen werden hinsichtlich ihrer Anforderungen für den Einsatz in bestimmten Gebäudetypen bewertet und diesen zugeordnet. Hieraus wird das CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial bis 2030 gegenüber dem CO<sub>2</sub>-Pfad des Referenzszenarios ausgewiesen.

Als Exkurs wird zusätzlich eine Modellierung vor dem Hintergrund der Zielsetzung des Koalitionsvertrages der Ampel-Koalition zum Anteil klimaneutraler Wärme bis

2030 in Höhe von 50% durchgeführt. Im Anschluss erfolgt eine Diskussion der volkswirtschaftlichen Implikationen der Nutzung der Versorgungsoptionen und der zugehörigen Infrastrukturen. Darüber hinaus wird die betriebswirtschaftliche Perspektive der Endkunden beleuchtet, um abschließend Schlussfolgerungen zum Handlungsbedarf zur Hebung der CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale zu ziehen.

Im Folgenden sind die Kernergebnisse des Gutachtens zusammengefasst.

**Die Erreichung des Treibhausgas-Reduktionsziels des Klimaschutzgesetzes von -68 % bis zum Jahr 2030 ggü. 1990 stellt eine besondere Herausforderung für den Gebäudesektor dar.**

Lange Nutzungsdauern von Heizungssystemen und Bauteilen der Gebäudehülle tragen zu überdurchschnittlich langen Investitionszyklen im Gebäudesektor bei. Der Sektor weist zudem eine hohe Komplexität und Heterogenität hinsichtlich des Gebäudebestandes, der Versorgungsstrukturen und der Akteure auf. Zur weitreichenden Dekarbonisierung der Wärmeversorgung kann es somit keine universelle Lösung geben. Vielmehr braucht es ein Zusammenspiel aus verschiedenen Ansätzen, die den Unterschieden hinsichtlich Heizlasten, Effizienzstandards und den vielfältigen Motivationen der Akteure gerecht werden. Aus Sicht der Endkunden bestehen ökonomische Hemmnisse für den Wechsel zu klimafreundlichen Versorgungsoptionen und zur energetischen Sanierung der Gebäudehülle. Letztere ist durch lange Amortisationszeiten geprägt. Für etwa die Hälfte des Wohnungsbestandes gilt es zusätzlich, das Investor-Nutzer-Dilemma zu überwinden. Sowohl für eigengenutzte als auch vermietete Immobilien stellt der Fachkräftemangel eine weitere Hürde dar, welche einem schnellen Hochlauf der Sanierungsaktivitäten entgegensteht.

**Mit dem aktuellen energie- und klimapolitischem Rechtsrahmen wird das gesetzte Etappenziel für 2030 zur Treibhausgasreduktion im Gebäudesektor nicht erreicht.**

Mit der Modellierung eines Referenzszenarios wurde dargestellt, wie sich Energieverbräuche und Emissionen des Gebäudesektors unter Fortführung des aktuellen rechtlichen Rahmens bis zum Jahr 2030 entwickeln. Dafür wurde eine durchschnittliche Sanierungsrate von 1,4 % im Zeitraum 2020 bis 2030 angenommen. Die Ergebnisse zeigen, dass unter den aktuellen Rahmenbedingungen das CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel im Gebäudesektor im Jahr 2030 um 33 Mio. t CO<sub>2</sub> bzw. 18 Prozentpunkte überschritten wird. Für Endkunden bestehen bis 2030 nicht genügend ökonomische Anreize, ihre Wärmeversorgung ausreichend in Richtung Klimaneutralität umzustellen und damit fossile Energieträger zu verdrängen.

Es lässt sich festhalten, dass eine Erhöhung der Sanierungsrate deutlich über das Niveau des Referenzszenarios aufgrund vielfältiger Hürden bis 2030 unrealistisch erscheint. Dieser Umstand verstärkt die Notwendigkeit des Einsatzes von allen verfügbaren Wärmeversorgungsoptionen zur CO<sub>2</sub>-Minderung im Gebäudesektor.

**Die im Rahmen dieses Gutachtens betrachteten, verfügbaren Versorgungsoptionen für die Wärmewende - Wärmepumpe, Hybridheizung aus Wärmepumpe und Gaskessel, Nah- und Fernwärme sowie Gas-Brennwertheizungen mit der Beschickung erneuerbarer und dekarbonisierter Gase - haben ein erhebliches THG-Minderungspotenzial, mit welchem die Zielerreichung im Jahr 2030 möglich ist. Diese gelingt jedoch nur im Zusammenspiel aller Systeme, klimaneutralen Heizenergieträger und Infrastrukturen, um der Vielschichtigkeit des Gebäudesektors gerecht zu werden.**

Wärmepumpen sind eine effiziente Option zur CO<sub>2</sub>-Minderung in Gebäuden mit ausreichend hohem Effizienzstandard. Bei höheren Heizlasten können sie als Hybridsystem mit ergänzendem Gaskessel zum Einsatz kommen. Für beide Optionen müssen ausreichende und zunehmend klimaneutral erzeugte Mengen Strom bereitgestellt werden. Fernwärme bietet ein großes Potenzial zur CO<sub>2</sub>-Minderung, vor allem bei der Wärmeversorgung von Bestandsgebäuden in urbanen Ballungsgebieten. Durch Wärmenetze können erneuerbare Wärmequellen und Abwärme erschlossen werden und einer großen Zahl von Kunden zur Verfügung gestellt werden. Es braucht klare Anreize zur Dekarbonisierung der Fernwärme, damit diese auch für den Endkunden eine wirtschaftliche Option darstellt. Mit erneuerbaren und dekarbonisierten Gasen kann eine direkte Substitution des fossilen Energieträgers Erdgas erfolgen, ohne, dass zwingend ein Austausch des Heizungssystems notwendig wird. Es muss jedoch sichergestellt werden, dass diese in ausreichenden Mengen und zu wettbewerbsfähigen Preisen im Gebäudesektor zur Verfügung stehen. Die bestehende Gasinfrastruktur muss dafür schrittweise für die Einbindung von Wasserstoff weiterentwickelt werden.

Mit den Versorgungsoptionen Wärmepumpe, Hybridsystem als Kombination aus Wärmepumpe und Gaskessel, Fernwärme sowie Gas-Brennwertheizungen mit der Beschickung erneuerbarer und dekarbonisierter Gase können gegenüber der Entwicklung im Referenzszenario zusätzlich 35 Mio. t CO<sub>2</sub> im Jahr 2030 eingespart werden. Damit wird das Sektorziel um einen Prozentpunkt übererfüllt. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass ab 2022 im Rahmen der erwarteten Ersatz- und Neubauzyklen konsequent die betrachteten Versorgungsoptionen in den jeweils geeigneten Gebäuden eingesetzt werden.

Das Minderungspotenzial von Wärmepumpen und Fernwärme ist zudem im Zusammenhang mit dem Sektor Energiewirtschaft zu betrachten, da die Emissionen der Strom- und Wärmeerzeugung in diesem bilanziert werden. Eine sektorübergreifende Treibhausgasreduzierung durch den Zubau von Wärmepumpen und Wärmenetzanschlüssen kann somit nur durch einen ambitionierten Ausbau der erneuerbaren Strom- und Wärmeerzeugung gelingen.

**Die Zielsetzung des Koalitionsvertrages, bis 2030 50 % der Wärme klimaneutral zu erzeugen, ist sehr ambitioniert und verdeutlicht die Notwendigkeit der sektorenübergreifenden Dekarbonisierung.**

Unter den getroffenen Annahmen, dass bis zum Jahr 2030 68 % des Stroms und 35 % der Fernwärme klimaneutral bereitgestellt werden, wird im Referenzszenario nur ein Anteil von 29 % klimaneutral bereitgestellten Endenergiebedarfs für Wärme im Gebäudesektor erreicht. Unter Einsatz der Versorgungsoptionen kann der Anteil deutlich erhöht werden und unterschreitet mit 47 % nur knapp das Ziel. Dies unterstreicht, dass neben Sanierungs- und Austauschaktivitäten seitens der Gebäudeeigentümer die Verfügbarkeit von dekarbonisierten Energieträgern eine wesentliche Rolle für den Erfolg der Wärmewende spielt.

**Die Notwendigkeit eines technologieoffenen Ansatzes sowie dessen volkswirtschaftliche Vorteile spiegeln sich nicht in den betriebswirtschaftlichen Überlegungen der Endkunden wider.**

Die Nutzung eines breiten Technologie- und Energieträgermixes zur Dekarbonisierung des Gebäudesektors bringt volkswirtschaftliche Vorteile mit sich. Eine technologieoffene Ausgestaltung der Wärmewende erlaubt neben dem Betrieb von Wärmenetzen die Weiternutzung der bestehenden Gasinfrastruktur. Über diese kann aus erneuerbarem Strom hergestellter Wasserstoff einer Vielzahl von Endkunden zur Verfügung gestellt werden und durch die bestehenden Gasspeicher auch saisonal gespeichert werden. Somit findet eine Entlastung der Strominfrastruktur statt und der notwendige kostenintensive Ausbaubedarf wird reduziert.

Unter den derzeitigen Rahmenbedingungen können die Vorteile einer technologieoffenen Transformation des Gebäudesektors nicht ausreichend nutzbar gemacht werden. So ist ohne zusätzliche Anreize der Einsatz erneuerbarer/dekarbonisierter Gase für die Endkunden noch nicht wirtschaftlich. Der aktuelle Rahmen reizt tendenziell eine Elektrifizierung des Wärmemarktes an, die jedoch nicht für den gesamten Gebäudebestand umsetzbar ist. Wärmenetze ermöglichen insbesondere in dicht



besiedelten Gebieten die Versorgung von Endkunden mit zunehmend klimaneutraler Wärme. Für sie gilt es, die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen Optionen auch bei steigenden Anteilen erneuerbarer Wärmequellen zu erhalten.

**Die Erreichung der ambitionierten Klimaziele bis 2030 erfordert ein schnelles und zielgerichtetes Nachsteuern der Politik hinsichtlich der strategischen Ausrichtung und Umsetzung der Wärmewende im Gebäudesektor.**

Die Erreichung des Klimaziels des Gebäudesektors für das Jahr 2030 ist trotz bisher geringer Erfolge möglich. Hierfür bedarf es jedoch einer Ausweitung der Sanierungsaktivitäten und zusätzlich der Nutzung aller zur Verfügung stehenden Wärmeversorgungsoptionen und Infrastrukturen. Für eine erfolgreiche Umsetzung braucht es Fördersysteme, welche die unterschiedlichen Anforderungen der vielzähligen Adressaten des Gebäudesektors berücksichtigen.

Neben notwendigen Anreizen zur energetischen Gebäudesanierung und dem Wechsel zu klimaneutralen Versorgungsoptionen für Endkunden muss angebotsseitig die Bereitstellung klimaneutraler Energieträger gefördert werden. Dies gilt sowohl für die zunehmende Einbindung erneuerbarer Wärmequellen und Abwärme in die Fernwärme als auch für die Dekarbonisierung der Stromerzeugung und den Hochlauf der Erzeugung und des Imports von klimaneutralem Wasserstoff.

## 2 Hintergrund und Zielsetzung

Der Gebäudesektor spielt mit einem Anteil von 35 % am Endenergieverbrauch eine wesentliche Rolle bei der Umsetzung der Energiewende<sup>1</sup>. Die Bereitstellung von Wärme für die Bereiche private Haushalte und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) trugen 2020 mit ihren direkten Emissionen zu 16 % der nationalen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei<sup>2</sup>. Der Großteil des Energiebedarfs fällt dabei auf die Bereitstellung von Raumwärme. Dieser Raumwärmebedarf ist insbesondere durch die große Zahl an Gebäuden mit niedrigem Effizienzstandard geprägt. Etwa 68 % des heutigen Wohngebäudebestandes wurden noch vor Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung im Jahr 1977 errichtet und an etwa 36 % aller Wohngebäude wurden bis heute noch keinerlei energetische Sanierungsmaßnahmen vorgenommen<sup>3</sup>.

Das novellierte Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) aus dem Jahr 2021 sieht eine verbindliche Treibhausgasreduktion des Gebäudesektors von 120 Mio. t CO<sub>2</sub>äq im Jahr 2020 auf 67 Mio. t CO<sub>2</sub>äq in 2030 vor<sup>4</sup>. Dies bedeutet, dass bis zum Ende der laufenden Dekade eine ähnlich hohe prozentuale Treibhausgasreduzierung erzielt werden muss, wie im Zeitraum von 1990 bis 2019 erreicht wurde. Dieses ambitionierte Ziel soll sowohl durch die umfangreiche energetische Gebäudesanierung als auch durch den Wechsel von fossilen Energieträgern hin zu erneuerbaren Energien erreicht werden. In beiden Handlungsfeldern konnten bisher jedoch aufgrund einer Vielzahl von Herausforderungen nur begrenzt Erfolge erzielt werden. Der Koalitionsvertrag der Ampel-Koalition formuliert zudem eine weitere Zielsetzung für die Wärmewende. Bis zum Jahr 2030 sollen 50 % der Wärme klimaneutral erzeugt werden.

Die Sanierungsrate beschreibt den prozentualen Anteil der jährlich vollsanierten Gebäudefläche. Mögliche Einzelmaßnahmen werden hierbei in Vollsaniierungsäquivalente, d.h. die Sanierung der gesamten Gebäudehülle, umgerechnet. Die Bundesregierung hat im Jahr 2010 das Ziel formuliert, die energetische Sanierungsrate bis 2020 auf 2 %<sup>5</sup> zu erhöhen. Entgegen der Zielsetzung verharrt sie bisher auf niedrigem Niveau von etwa 1 %<sup>6</sup>. Ein Hemmnis stellen die hohen Investitionskosten in Verbindung mit langen Amortisationszeiten dar. Hinzu kommen fehlende Anreize

---

<sup>1</sup> dena (2021)

<sup>2</sup> Umweltbundesamt (2021a)

<sup>3</sup> co2online (2021a)

<sup>4</sup> Bundes-Klimaschutzgesetz §4 i. V. m. Anlage 2

<sup>5</sup> Bundesregierung (2010)

<sup>6</sup> DIW (2019)

zur energetischen Sanierung im Verhältnis Vermieter-Mieter. Gleichzeitig haben Mietwohnungen einen Anteil von 53 % am gesamten Wohnungsbestand<sup>7</sup>. Auch die sich bereits heute abzeichnenden Engpässe bei qualifizierten Fachkräften verstärken die Problematik.

Lange Investitionszyklen für Heizungssysteme erschweren die schnelle Umsetzung der Wärmewende. Im Gegensatz zur Dekarbonisierung der Strombereitstellung muss die Transformation des Wärmemarktes durch eine weit größere Zahl von Akteuren geleistet werden. Diese decken einen äußerst heterogenen Markt ab, sowohl hinsichtlich baulicher und infrastruktureller Gegebenheiten als auch mit Blick auf unterschiedliche Eigentümerstrukturen. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Erreichung des Etappenziels 2030 des Gebäudesektors als große Herausforderung dar.

Der Großteil der gegenwärtigen Studienlandschaft setzt beim Thema Transformation des Gebäudesektors vor allem das langfristige Ziel zur Erreichung von Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 bzw. 2050 in den Fokus. Zudem werden bei der Darstellung der künftigen Wärmeversorgung von Gebäuden in der Regel sehr ambitionierte Annahmen zum Rückgang des Heizwärmebedarfs durch die steigende Gebäudeenergieeffizienz getroffen.

Mit der vorliegenden Studie soll untersucht werden, welche Treibhausgasminderungen durch unterschiedliche Heizenergieträger, -systeme und Infrastrukturen sowie durch die Verbesserung der Gebäudeenergieeffizienz bis zum Jahr 2030 im deutschen Gebäudesektor erreicht werden können. Dabei sollen die Besonderheiten unterschiedlicher Gebäude- und Siedlungstypen Berücksichtigung finden und eine realistische Entwicklung der Gebäudeenergieeffizienz zugrunde gelegt werden. Auf Basis der Ergebnisse werden die notwendigen Schritte zur Hebung des Minderungspotenzials abgeleitet.

Hierfür wird zunächst innerhalb eines Referenzszenarios ermittelt, welche Reduktion bis zum Jahr 2030 unter aktuellen Rahmenbedingungen erreichbar ist. Darauf aufbauend wird untersucht, welche Emissionen zusätzlich gegenüber der Referenzentwicklung durch ausgewählte Versorgungsoptionen eingespart werden könnten. Dabei wird ein technologieoffener Ansatz verfolgt, bei dem die Dekarbonisierung der Energieträger im Vordergrund steht.

Die untersuchten Versorgungsoptionen umfassen Wärmepumpentechnologien, Hybridsysteme als Kombination aus Wärmepumpe und Gaskessel, Nah- und Fernwärmeversorgung, sowie Gas-Brennwertheizungen mit der Beschickung erneuerbarer und dekarbonisierter Gase. Sonstige gasbasierte Versorgungsoptionen wie KWK/

---

<sup>7</sup> Destatis (2021)

Brennstoffzellen werden in der Modellierung des Referenzszenarios abgebildet, jedoch nicht für die Berechnung des zusätzlichen Minderungspotenzials, da ihr wirtschaftlicher Einsatz von mehreren sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren abhängt, welche im gewählten methodischen Ansatz nur schwer abgebildet werden können. Es erfolgt zusätzlich zu den betrachteten Versorgungsoptionen eine qualitative Einordnung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials von Gebäudesystemtechnik und -automation.

Alle für die Berechnung des Minderungspotenzials einbezogenen Wärmeversorgungsoptionen werden hinsichtlich ihrer Anforderungen für den Einsatz in bestimmten Gebäudeclustern bewertet. Zusätzlich werden Potenziale zur Verfügbarkeit von klimaneutralen Gasen sowie dem Fernwärmeausbau zugrunde gelegt. Auf Basis von Eignungskriterien erfolgt eine Zuordnung der Versorgungsoptionen zu Gebäudeclustern. Im Ergebnis kann das CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial der Versorgungsoptionen bis 2030 gegenüber dem CO<sub>2</sub>-Pfad des Referenzszenarios ausgewiesen werden.

Als Exkurs werden die Ergebnisse vor dem Hintergrund der im Koalitionsvertrag formulierten Zielsetzung, bis zum Jahr 2030 50 % der Wärme klimaneutral zu erzeugen, bewertet.

Anschließend werden die volkswirtschaftlichen Implikationen der Nutzung der Versorgungsoptionen und der zugehörigen Infrastrukturen aufgezeigt. Hierzu werden die Ergebnisse einer Sektorenkopplungsstudie herangezogen, in welcher zwei unterschiedliche Pfade zur Erreichung der Treibhausgasneutralität in 2045 verglichen werden: ein technologieoffener Pfad mit Weiternutzung der bestehenden Energieinfrastrukturen und ein Pfad mit starkem Fokus auf die Elektrifizierung aller Sektoren. Der volkswirtschaftlichen Betrachtung wird eine Analyse der betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen gegenübergestellt. Diese dient dazu, die Endkundenperspektive aufzuzeigen und dabei insbesondere mögliche Hemmnisse, welche der Erschließung der CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale entgegenstehen, auszuweisen. Aus den gewonnenen Erkenntnissen wird abschließend der Handlungsbedarf zur Hebung der CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale abgeleitet.

### **3 Struktur der Studie**

Als Einführung in die untersuchte Problematik wird in Kapitel 4 die Ausgangslage des Gebäudesektors mit Blick auf den historischen Energieverbrauch und die Emissionen sowie die Zielsetzung der Wärmewende und die damit verbundenen Herausforderungen vorgestellt.

In Kapitel 5 wird die Frage beantwortet, welche Emissionseinsparungen der Gebäudesektor unter Fortschreibung der aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen bis zum Jahr 2030 erreichen kann.

In Kapitel 6 folgt die Untersuchung des gegenüber dem Referenzszenario zusätzlich erreichbaren CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials des Gebäudesektors unter Einsatz für den jeweiligen Gebäudetyp geeigneter Wärmeversorgungsoptionen. Das Kapitel umfasst die methodische Vorgehensweise und die Berechnungsergebnisse.

Als Exkurs wird in Kapitel 7 zusätzlich der resultierende Anteil klimaneutraler Wärme im Gebäudesektor sowohl im Referenzszenario als auch mit den Versorgungsoptionen in den Blick genommen.

Mit den Kapiteln 8 und 9 folgt eine volks- und betriebswirtschaftliche Einordnung der Ergebnisse und Kapitel 10 gibt einen Ausblick auf den Gebäudesektor im Zieljahr 2045.

Abschließend werden die Ergebnisse in Kapitel 11 zusammengefasst und Schlussfolgerungen bzgl. des Handlungsbedarfs zur Erreichung der CO<sub>2</sub>-Minderungsziele des Gebäudesektors bis 2030 gezogen.

Kapitel 12 dient als Zusammenfassung der Kernergebnisse der Studie.

#### **4 Ausgangslage, Zielvorgaben und Herausforderungen des Gebäudesektors**

Die Bundesregierung setzt sich im Rahmen des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) das ehrgeizige Ziel der Erreichung von Netto-Treibhausgasneutralität im Jahr 2045<sup>8</sup>. Im Rahmen der daraus entstehenden Transformationsaufgabe spielt der Gebäudesektor eine zentrale Rolle. Im Jahr 2020 lag der Treibhausgasausstoß des Sektors bei 120 Mio. t CO<sub>2</sub>äq<sup>9</sup>.

Der Gebäudesektor im Sinne des KSG umfasst die Emissionen durch die Wärmeerzeugung zur Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme der privaten Haushalte sowie des Bereichs Gewerbe, Handel, Dienstleistungen<sup>10</sup>. Die Prozesswärme, z.B. zum Kochen in privaten Haushalten, macht hierbei nur einen geringen Anteil aus. In Abgrenzung zum Gebäudesektor werden unter dem Begriff „Wärmemarkt“ zusätzlich die Energie- bzw. Emissionsmengen aus der Wärmeerzeugung

---

<sup>8</sup> Bundes-Klimaschutzgesetz §3 Absatz 2

<sup>9</sup> Umweltbundesamt (2021a)

<sup>10</sup> Vernachlässigt sind hierbei militärische Einrichtungen innerhalb der Systematik des nationalen THG-Inventarberichts vgl. Umweltbundesamt (2021b); weitere Hinweise zum Bilanzrahmen innerhalb der Studie in Kapitel 5.1

der Industrie zusammengefasst, diese sind jedoch nicht Inhalt der vorliegenden Studie. Wohngebäude stellen mit etwa 19 Mio. Gebäuden gegenüber knapp 2 Mio. thermisch konditionierten Nichtwohngebäuden den weitaus größeren Anteil des beheizten Gebäudebestands dar<sup>11</sup>. Aktuell werden rund 67 % des Wärmebedarfs der Wohn- und Nichtwohngebäude durch die dezentrale Umwandlung der fossilen Energieträger Erdgas, Heizöl und, zum geringen Teil, durch Kohle abgedeckt. Der größte Anteil entfällt auf Erdgas (vgl. Abbildung 1).

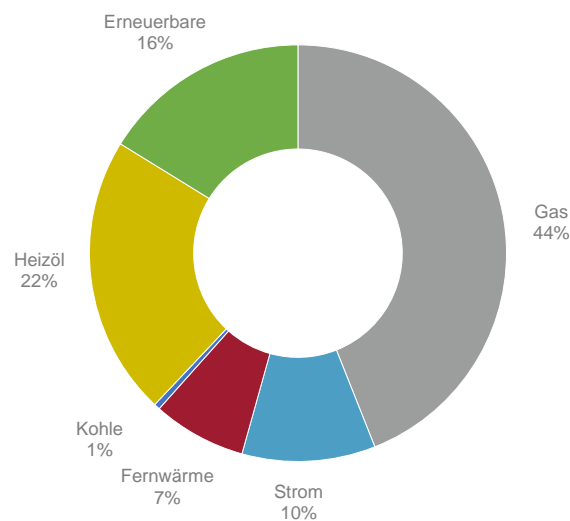


Abbildung 1: Endenergiebedarf zur Wärmebereitstellung im Gebäudesektor im Jahr 2020 nach Energieträgern<sup>12</sup>

Durch das Bundes-Klimaschutzgesetz wurden im Jahr 2019 verbindliche sektorspezifische Treibhausgasminderungsziele bis 2030 festgelegt. Im Zuge des Urteils des Bundesverfassungsgerichts vom April 2021 wurden in der novellierten Fassung des KSG verschärfte Minderungsziele für die Sektoren definiert. Diese sehen eine Absenkung der Emissionen des Gebäudesektors um 68 % gegenüber 1990 auf 67 Mio. t CO<sub>2</sub>äq im Jahr 2030 vor (vgl. Abbildung 2). Eine Anhebung der Sektorenziele hätte auch im Rahmen der laufenden Umsetzung des EU Green Deals notwendig werden können. Dieser sieht die Anhebung des EU-Klimaziels von -40 % auf -55 % zum Jahr 2030 vor<sup>13</sup>.

<sup>11</sup> dena (2021)

<sup>12</sup> AGEB (2021)

<sup>13</sup> Europäische Kommission (2021a)

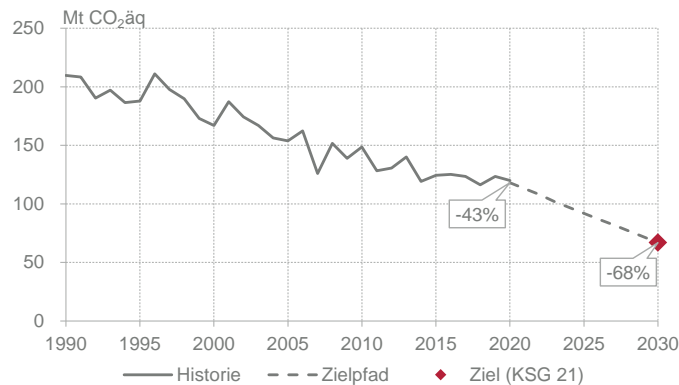


Abbildung 2: Klimaschutzziele des Gebäudesektors bis 2030<sup>14</sup>

Zum derzeitigen Stand wird die Erreichung der Klimaziele des Gebäudesektors im Jahr 2030 weder durch den europäischen noch durch nationalen Rechtsrahmen sichergestellt.

So ist im Rahmen des EU Green Deals ein umfangreiches Maßnahmenpaket für die Erreichung des erhöhten Klimaziels in Bearbeitung. Dieses umfasst unter anderem die Anpassung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II), der Energieeffizienzrichtlinie (EED) und der Gebäuderichtlinie (EPBD), welche im Paket „Fit for 55“ zusammengefasst wurden<sup>15</sup>.

Im nationalen Kontext soll die Transformation des Gebäudesektors im Wesentlichen durch zwei Pfeiler erfolgen: durch die Verbesserung der Gebäudeenergieeffizienz einerseits sowie durch die Umstellung fossiler Energieträger auf erneuerbare und treibhausgasneutrale Alternativen andererseits. Erstere erfordert eine deutliche Ausweitung der energetischen Gebäudesanierung. Innerhalb des Wohngebäudebestandes sind lediglich 14 % der Gebäude vollsaniert oder Neubauten<sup>16</sup>. Das von der Bundesregierung gesetzte Ziel der Verdopplung der Sanierungsrate auf 2 % konnte bisher nicht erreicht werden, die Sanierungsrate stagniert bei etwa 1 %<sup>17</sup>. Auf EU-

<sup>14</sup> Bundes-Klimaschutzgesetz §4 i. V. m. Anlage 2

<sup>15</sup> Europäische Kommission (2021a)

<sup>16</sup> co2online (2021b)

<sup>17</sup> DIW (2019)

Ebene wird mit der „Renovierungswelle“ mindestens die Verdopplung der Sanierungsrate bis 2030 angestrebt<sup>18</sup>, für öffentliche Gebäude liegt der Zielwert nach EED bei einer Sanierungsrate von 3 %<sup>19</sup>.

Im Bereich der Wärmebereitstellung müssen fossiles Heizöl, Kohle und Erdgas langfristig vollständig durch treibhausgasneutrale Energieträger ersetzt werden. Diese Alternativen umfassen u.a. erneuerbar erzeugten Strom, Umweltwärme, Fernwärme aus regenerativen Quellen bzw. unvermeidbarer Abwärme, erneuerbare/dekarbonisierte Gase und feste Biomasse. Daneben können Optionen wie Energiemanagementsysteme und Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung weitere Energieeinsparungen erzielen und somit zusätzlich zur Reduktion der Emissionen im Gebäudesektor beitragen. Eine ausführliche Beschreibung der Versorgungsoptionen mit CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial erfolgt in Kapitel 6.2.

Ein zentrales Instrument zur Reduktion der Treibhausgase im Gebäudesektor ist die seit 2021 geltende nationale CO<sub>2</sub>-Bepreisung. Das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) bildet die Grundlage für den nationalen Emissionshandel (nEHS), mit welchem die bis dato nicht durch den europäischen Emissionshandel (EU-ETS) abgedeckten Emissionen im Wärme- und Verkehrssektor gemindert werden sollen. Bis zum Jahr 2026 gilt ein festgelegter Preispfad, im Anschluss soll der Preis marktlich festgelegt werden. Im Rahmen des Green Deal hat die EU im Juli 2021 die Ausweitung des ETS auf die Sektoren Gebäude und Verkehr angekündigt. Der nationale Emissionshandel könnte somit künftig in einem europäischen System aufgehen.

Die gesetzlichen Rahmenbedingungen für Energieeffizienz und Klimaschutz im Gebäudesektor werden seit November 2020 im Gebäudeenergiegesetz (GEG) zusammengefasst. Darin werden energetische Anforderungen an Neubauten und zum Teil Bestandsgebäude sowie an den Einsatz von erneuerbaren Energien für die Wärme- und Kälteerzeugung geregelt. Eine wichtige Neuerung betrifft die starke Einschränkung des Einbaus von Ölheizungen ab 2026.

Neben ordnungspolitischen Rahmenbedingungen wird die Erreichung der gesteckten Ziele durch finanzielle Förderprogramme begleitet. Mit der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) wird seit Juli 2021 der Großteil der bestehenden Förderinstrumente im Bereich Gebäudeenergieeffizienz zusammengefasst und Maßnahmen

---

<sup>18</sup> Europäische Kommission (2020)

<sup>19</sup> Europäische Kommission (2021b)



der Gebäudesanierung (Gebäudehülle, Heizungsanlagen und sonstige Anlagentechnik) in Form von Zuschüssen und zinsvergünstigten Krediten gefördert<sup>20</sup>. Antragszahlen im Jahr 2020 (MAP) und des ersten Halbjahres 2021 zeigen einen Trend nach oben, dessen Nachhaltigkeit sich jedoch noch zeigen muss<sup>21</sup>.

Die Umsetzung der Wärmewende soll zusätzlich mit der zukünftigen Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) vorangetrieben werden. Neben der Förderung von Erzeugungsleistung und Infrastrukturausbau soll das Programm erstmalig auch eine Betriebskostenförderung über 10 Jahre für Solarthermieanlagen und Wärmepumpen im Wärmenetz<sup>22</sup> beinhalten.

Im Jahr 2020 wurde das gesetzte Emissionsbudget des Gebäudesektors als einziges der Sektorenziele um 2 Mio. t CO<sub>2</sub>äq überschritten<sup>23</sup>. Entsprechend der Vorgabe des §8 Abs. 1 KSG wurde im Juli ein Sofortprogramm 2020 zur Nachbesserung vorgelegt. Dieses umfasste zusätzliche Fördermittel im Rahmen der BEG. Nach der Einschätzung des Expertenrats für Klimafragen, dass die Maßnahmen nicht ausreichend seien, wurden im September 2021 die Fördergelder der BEG zusätzlich um 11,5 Mrd. Euro erhöht, um die Minderungslücke aus dem Jahr 2020 zu schließen<sup>24</sup>. Zur Erreichung der Minderungsziele der folgenden Jahre wurde im Juni 2021 das Klimaschutz-Sofortprogramm 2022 beschlossen. Dieses beinhaltet unter anderem die von 2023 auf 2022 vorgezogene Überprüfung der energetischen Mindeststandards für neue Gebäude im Rahmen der Novelle des Gebäudeenergiegesetzes.

Eine besondere Herausforderung bei der Umsetzung der Wärmewende ist die Vielzahl an Akteuren, welche adressiert werden müssen und von welchen zugleich die erfolgreiche Umsetzung abhängt. Diese decken unterschiedliche Eigentümerstrukturen und somit auch unterschiedliche Interessenlagen ab. So zeigt sich das Investor-Nutzer-Dilemma als Hemmnis bei der Sanierung von Gebäudehülle oder Heizungsanlagen in vermieteten Gebäuden.

Insgesamt stellen jedoch auch bei Eigennutzung betriebswirtschaftliche Aspekte eine Herausforderung dar, da energetische Sanierungen mit hohen Kosten und ver-

---

<sup>20</sup> Bündelung der bisherigen Programme, z.B. CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm und Marktanreizprogramm zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (MAP) BMWi (2021a)

<sup>21</sup> BMWi (2021b)

<sup>22</sup> BMWi (2021c)

<sup>23</sup> Umweltbundesamt (2021a)

<sup>24</sup> Bundesregierung (2021)

gleichsweise langen Amortisationszeiten verbunden sind und sich zum Teil nicht innerhalb der Nutzungsdauer amortisieren. Eine weitere Hürde in der Sanierungspraxis sind der Fachkräfte- und mittlerweile auch Materialmangel, durch welchen ein schneller Hochlauf der Sanierungsaktivitäten behindert wird. Nach Einschätzungen des Öko-Instituts fehlen bis 2030 jährlich rund 100.000 Fachkräfte aus den Bereichen Fensterbau, Maler- und Stukkateurarbeiten und Heizungsinstallation<sup>25</sup>.

Die Heterogenität des Gebäudesektors zeigt sich nicht nur mit Blick auf die Akteure, sondern auch in Bezug auf das Alter, die Größe und den Typ der Gebäude. Auch für technisch einwandfreie, aber in der Gebäudehülle noch nicht optimierte Gebäude müssen geeignete Versorgungsoptionen zu Verfügung stehen, mit welchen die CO<sub>2</sub>-Reduktionsziele des Gebäudesektors bis 2030 erreicht werden können.

## **5 Referenzentwicklung des Gebäudesektors bis 2030**

Mit Hilfe der Modellierung eines Referenzszenarios wird ermittelt, wie sich der Gebäudesektor unter Beachtung der zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen bis 2030 entwickelt und ob mit diesen das CO<sub>2</sub>-Minderungsziel des KSG im Jahr 2030 erreicht werden kann. Die Annahmen, die dem Szenario zugrunde liegen, bilden den bekannten Rechtsrahmen sowie Einschätzungen zu erwarteten, künftigen Entwicklungen ab.

Einleitend wird in Kapitel 5.1 der Bilanzierungsrahmen für den Gebäudesektor nach KSG und die zugehörigen Emissionen, welche Untersuchungsgegenstand der Studie sind, beschrieben. Die Grundlagen der Wärmemarktmodellierung sowie die wichtigsten Szenarioprämissen werden in Kapitel 5.2 vorgestellt. In Kapitel 5.3 wird auf die Entwicklung der Energiebedarfe im Gebäudesektor eingegangen und in Kapitel 5.4 die resultierende Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen vorgestellt. In Kapitel 5.5 werden die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst und Rückschlüsse mit Blick auf die Herausforderungen der Wärmewende gezogen.

### **5.1 CO<sub>2</sub> – Bilanzierung und Abgrenzung**

Das Bundes-Klimaschutzgesetz legt Emissionsgrenzwerte für sechs Sektoren fest, welche auf Basis des Berichtsformats der Klimarahmenkonvention der Vereinten

---

<sup>25</sup> Bei einer durchschnittlichen Sanierungsrate von 1,3% für die Gebäudehülle und 4,8% für die Anlagentechnik im Zeitraum 2021-2030 Öko-Institut e.V. (2018)

Nationen (UNFCCC), dem sog. Common Reporting Format (CRF), abgegrenzt werden<sup>26</sup>. Der Gebäudesektor umfasst dabei die Gruppen CRF 1.A.4.a: Handel und Behörden, 1.A.4.b Haushalte und 1.A.5 sonstige Tätigkeiten (insbes. Militärische Einrichtungen). Für die Untersuchung innerhalb dieser Studie werden lediglich die Bereiche Haushalte sowie Handel und Behörden betrachtet.

Die Ziele des KSG für den Gebäudesektor beziehen sich grundsätzlich neben Kohlenstoffdioxid auch auf die Treibhausgase Methan und Distickstoffmonoxid (Lachgas) und werden in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten ausgedrückt<sup>27</sup>. In den Berechnungen dieser Studie sind lediglich CO<sub>2</sub>-Emissionen berücksichtigt. Mit einem Anteil von 99 % an den gesamten CO<sub>2</sub>-Äquivalenten im Jahr 2020 bezogen auf das Treibhausgaspotenzial über 100 Jahre (GWP 100) hat dieses Treibhausgas die weitaus größte Bedeutung im Gebäudesektor<sup>28</sup>.

Das KSG bezieht sich hinsichtlich der Treibhausgasemissionen auf die Berichterstattung des Umweltbundesamtes. Diese folgt gleichermaßen der Systematik zur Klimaberichterstattung der UNFCCC und basiert auf dem Quellprinzip<sup>29</sup>. Nach diesem Prinzip werden Emissionen dem Sektor zugeordnet, in welchem sie entstehen, d.h. physisch in die Atmosphäre gelangen. Somit werden Emissionen aus der Erzeugung von Strom, welcher in Wärmepumpen eingesetzt wird, oder Emissionen der Fernwärmeerzeugung nicht im Sektor Gebäude, sondern im Sektor Energiewirtschaft bilanziert. Zugleich gehen nur die direkten Emissionen exklusive Emissionen aus Vorketten in die Bilanz ein. Die direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Verbrennung von biogenen Brennstoffen wie fester Biomasse und Biomethan gelten als klimaneutral, da gerade so viel CO<sub>2</sub> freigesetzt wird, wie vorher durch die Pflanzen gebunden wurde<sup>30</sup>. Die Verbrennung von Wasserstoff führt nicht zu direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen und geht entsprechend mit einem Emissionsfaktor von null ein.

Um einen Bezug zu den gesetzten THG-Reduktionszielen des KSG herstellen zu können, werden innerhalb der Studie Emissionen grundsätzlich auch nach dem Quellprinzip bilanziert. Dies birgt jedoch die Problematik einer unvollständigen Darstellung von CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzialen, da die mit der Strom- und Fernwärmeerzeugung verbundenen Emissionen aus dem Gebäudesektor in die Energiewirtschaft

---

<sup>26</sup> Bundes-Klimaschutzgesetz Anlage 1

<sup>27</sup> Expertenrat für Klimafragen (2021)

<sup>28</sup> Methan: 0,6 %, Lachgas 0,3 % im Jahr 2020, Umweltbundesamt (2021a)

<sup>29</sup> Expertenrat für Klimafragen (2021)

<sup>30</sup> Umweltbundesamt (2021b)

verlagert werden. Zudem wird hierbei der Effekt der schrittweisen Dekarbonisierung der Strom- und Fernwärmeerzeugung nicht ersichtlich. Dieser Problematik wird durch eine sektorübergreifende Betrachtung der Emissionsminderungen sowie eine Betrachtung zur Energiebereitstellung von Strom und Fernwärme in Kapitel 6.3 begegnet.

Zusätzlich bezieht sich die Modellierung des Wärmemarktes auf ein Normalwetterjahr. Effekte der Covid-19-Pandemie sind nicht abgebildet. Insgesamt können sich aus den aufgezählten Gründen somit leichte Abweichungen zwischen der veröffentlichten Vorjahresschätzung der deutschen Treibhausgasemissionen und den Modellierungsergebnissen des enervis-Wärmemarktmodells ergeben. Als Zielwert des Gebäudesektors für 2030 wurde in dieser Studie deshalb die prozentuale Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um -68 % ggü. 1990 angesetzt statt des absoluten Zielwertes von 67 Mio. t CO<sub>2</sub>äq.

## 5.2 Grundlagen der Modellierung und Szenarioprämissen

Basis der Referenzentwicklung bildet die Modellierung des Nutzenergiebedarfs von Haushalten und GHD mit dem enervis-Wärmemarktmodell. Der Nutzenergiebedarf umfasst die notwendige technologie- und energieträgerunabhängige Wärmeenergie, um den Bedarf an Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme zu decken. Unter Berücksichtigung der Entwicklung des Gebäudebestandes (Neubau, Abriss und Sanierung), der Effizienzgewinne von GHD sowie der Bevölkerungsentwicklung wird der Nutzenergiebedarf bis zum Jahr 2030 modelliert.

Für das Szenario wird eine Entwicklung der Gebäudeenergieeffizienz mit einer durchschnittlichen Sanierungsrate von 1,4 %/a<sup>31</sup> für den Zeitraum 2020 bis 2030 unterstellt. Dies stellt vor dem Hintergrund der mit der energetischen Sanierung verbundenen Hemmnisse eine realistische Annahme dar und erfordert dennoch bereits große Anstrengungen. Die erstmalige Sanierung eines Gebäudes erfolgt modellseitig frühestens etwa 30 Jahre nach dessen Errichtung. Es werden Gebäude mit niedrigerem Sanierungsstand prioritär saniert.

Im Haushaltssegment sind die Entwicklung der beheizten Wohnflächen sowie die Entwicklung der Gebäudeenergieeffizienz die zentralen Einflussfaktoren auf den Nutzenergiebedarf. Hinsichtlich der Wohnflächenentwicklung wird ein Rückgang

---

<sup>31</sup> Es wird angenommen, dass die Sanierungsrate von derzeit etwa 1 %/a bis zum Jahr 2030 schrittweise ansteigt und die ältesten Gebäude zuerst saniert werden. Für den Zeitraum von 2021 bis 2045 ergibt sich eine durchschnittliche Sanierungsrate i. H. v. 1,6 %/a.

der Bevölkerung von 83 Mio. im Jahr 2020 auf 78 Mio. im Jahr 2045 (vgl. Anhang A.1) angenommen und auf das Zieljahr 2030 interpoliert. Ein zu erwartender Anstieg der mittleren Pro-Kopf-Wohnfläche wirkt dieser Entwicklung leicht entgegen.

Für das Segment GHD wird eine Entwicklung des Raumwärmebedarfs entsprechend der Entwicklung für Mehrfamilienhäusern im Haushaltsbereich angenommen. Folglich ergibt sich eine technologieunabhängige Effizienzsteigerung von durchschnittlich etwa 1 %/a.

Die Entwicklung der zum Einsatz kommenden Heizungstechnologien zur Wärmeerzeugung wird darauf aufbauend bestimmt. Der Endenergiebedarf ist unmittelbar abhängig von der eingesetzten Heizungstechnologie (d. h. zum Einsatz kommende Energieträger und Wirkungsgrade der Technologien). Der Ersatz bzw. Neubau eines Heizungssystems findet jeweils nach Erreichen der mittleren Nutzungsdauer des „alten“ Heizungssystems mit entsprechenden Toleranzbändern<sup>32</sup> bzw. bei einem Gebäudeneubau statt. Die Zubauentscheidung, d. h. die Auswahl des neu zu installierenden Heizungssystems, basiert auf einem Vollkostenvergleich aus Sicht des Endkunden. Die Annahmen zu Investitions- und Brennstoffkosten sowie Wirkungsgraden und Nutzungsdauern der Systeme sind im Anhang dargestellt. Auch die CO<sub>2</sub>-Bepreisung spielt bei der Zubauentscheidung eine Rolle (vgl. Abbildung 3). Für den nationalen CO<sub>2</sub>-Preis werden bis 2022 die Vorgaben des BEHG zugrunde gelegt. Danach wird davon abweichend von einem ambitionierteren Anstieg des Preises ausgegangen mit 55 statt 35 €/t im Jahr 2023<sup>33</sup>. Bis 2030 steigt der Preis auf 125 €/t.

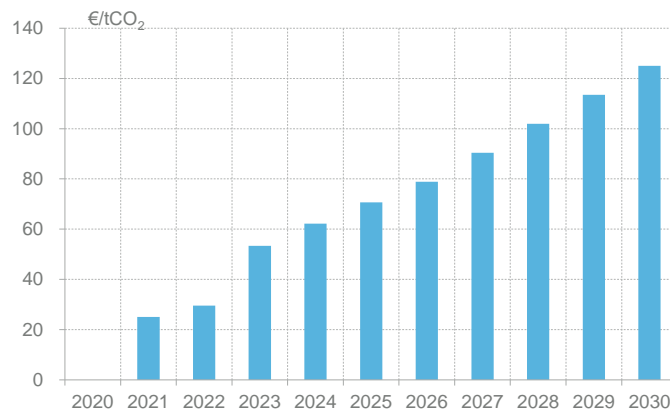


Abbildung 3: nEHS-Preisentwicklung

<sup>32</sup> Die angenommenen Nutzungsdauern sind in Tabelle 4 dargestellt und basieren im Wesentlichen auf der VDI-Richtlinie 2067. In der Realität ist teilweise ein längerer Nutzungszeitraum von Heizsystemen zu beobachten.

<sup>33</sup> In Anlehnung an die politische Debatte im Rahmen des Bundestagswahlkampfes 2021

Das enervis-Wärmemarktmodell ermöglicht somit eine modellbasierte Einschätzung zur Entwicklung des Gebäudesektors bis zum Jahr 2030 auf Basis unterschiedlicher Einflussfaktoren (wirtschaftlich, politisch, regulatorisch, etc.). Unter Berücksichtigung der verbauten Heizsysteme und Effizienzen wird der Bedarf der verschiedenen Energieträger modelliert sowie deren CO<sub>2</sub>-Emissionen abgeleitet. Hierbei wird der in Abschnitt 5.1 beschriebene CO<sub>2</sub>-Bilanzrahmen zugrunde gelegt.

### 5.3 Ergebnis des Referenzszenarios

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Modellierung des Referenzszenarios dargestellt. Grafische Darstellungen beziehen sich in der Regel auf die Stützjahre 2020, 2025 und 2030. Hiervon wird teilweise abgewichen, z. B. um die Effekte des seit 2021 geltenden Rechtsrahmens abzubilden (insbesondere nEHS-Preis) oder um künftige Entwicklungen darzustellen.

#### Entwicklung des Nutzenergiebedarfs

Abbildung 4 zeigt die Entwicklung des Nutzenergiebedarfs für den Gebäudesektor, bestehend aus Haushalten und GHD, bis zum Jahr 2030. Gegenüber dem Ausgangsjahr 2020 zeigt sich bis 2030 ein Rückgang i. H. v. 11 %. Dieser beruht zum einen auf der Erhöhung der Sanierungsaktivitäten und der resultierenden Verbesserung der Gebäudeenergieeffizienz. Hierbei wird von einem schrittweisen Hochlauf der energetischen Gebäudesanierung in der laufenden Dekade ausgegangen, sodass die durchschnittliche Sanierungsrate für den Zeitraum 2020-2030 mit 1,4 %/a noch leicht unter dem Wert für den Zeitraum 2031-2045 liegt (1,7 %/a vgl. Tabelle 3). Zum anderen verringert sich der Nutzenergiebedarf durch den leichten Bevölkerungsrückgang bis zum Jahr 2030.

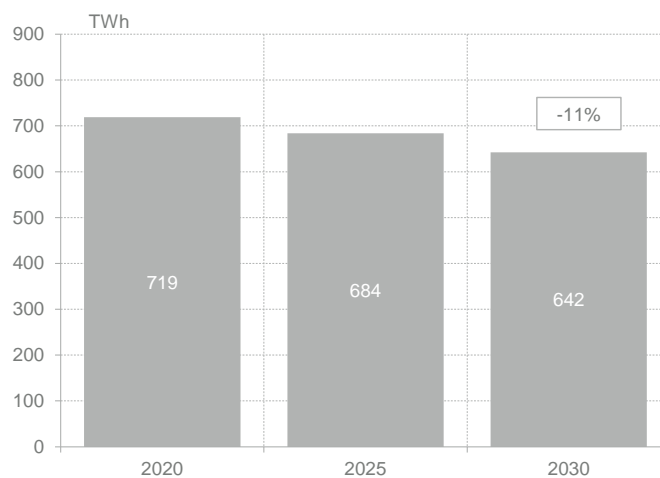


Abbildung 4: Nutzenergiebedarf des Gebäudesektors

## Entwicklung des Endenergiebedarfs

Abbildung 5 zeigt die Entwicklung des Endenergiebedarfs für die Wärmebereitstellung im Gebäudesektor. Dieser sinkt bis 2030 um 11 %. Für die Entwicklung des Endenergiebedarfs spielt sowohl der Rückgang des Nutzenergiebedarfs eine Rolle als auch der Wechsel der eingesetzten Heizungssysteme und der damit verbundenen Effizienz der Technologien. Nachfolgend wird im Detail auf die eingesetzten Energieträger eingegangen.

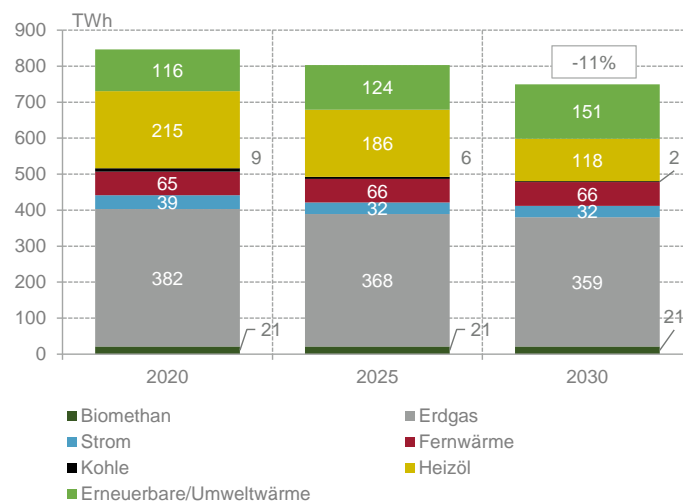


Abbildung 5: Endenergiebedarf des Gebäudesektors

## Fernwärme

Der Ausbau der Fernwärme wird aus Komplexitätsgründen modellexogen vorgegeben. Basis für den Fernwärmeausbau bildet das Strategiepapier „Zukunft Wärmernetzsysteme“ des BDEW<sup>34</sup>. Für den Gebäudesektor ergibt sich im Jahr 2030 ein Endenergiebedarf i. H. v. 66 TWh. Damit erhöht sich der Endenergiebedarf gegenüber dem Ausgangsjahr 2020 mit 65 TWh nur marginal. Hierbei wirkt der Ausbau bzw. die Verdichtung der Fernwärme dem Effekt des rückläufigen Nutzenergiebedarfs entgegen.

## Kohle und Öl

Kohle verschwindet bis 2030 fast vollständig aus dem Energieträgermix des Gebäudesektors. Der Heizölbedarf geht durch die Außerbetriebnahme alter Kessel sowie

<sup>34</sup> BDEW (2017); Das Zielbild von 125 TWh im Jahr 2050 umfasst den gesamten Wärmemarkt inklusive der Industrie. In der vorliegenden Studie steht der Gebäudesektor (Haushalte und GHD) im Fokus; es erfolgte eine lineare Interpolation zwischen den Stützjahren

die gesetzlichen Einschränkungen für den Einbau neuer Kessel ab 2026 stark zurück. Es verbleibt im Jahr 2030 dennoch weiterhin ein Sockel i. H. v. knapp 120 TWh, da der Gebäudesektor aufgrund langer Nutzungsdauern sehr träge reagiert.

### Erneuerbare/Umweltwärme

„Erneuerbare/Umweltwärme“ umfasst feste Biomasse, Solarthermie sowie die durch Wärmepumpen nutzbar gemachte Umweltwärme. Der Anteil am Energieträgermix steigt von 14 % im Jahr 2020 auf 20 % im Jahr 2030. Der Anstieg ist maßgeblich durch den verstärkten Ausbau der Strom-Wärmepumpen und die Nutzung der damit verbundenen Umweltwärme begründet.

### Strom

Insgesamt steigt im Referenzszenario die Anzahl der Strom-Wärmepumpen von etwa 1 Mio. Stück im Jahr 2020 auf 2,7 Mio. im Jahr 2030. Dies wird durch die Sanierungsaktivitäten und den damit einhergehenden Anstieg der Gebäudeenergieeffizienz ermöglicht. Modellseitig wird der weniger effiziente Betrieb von Wärmepumpen bei hohen Heizlasten in den Vollkosten abgebildet und somit in der Endkundenentscheidung berücksichtigt. Der Strombedarf für Wärmepumpen steigt bis 2030 auf 22 TWh und macht damit etwa zwei Drittel des gesamten Strombedarfs im Gebäudesektor aus. Mit dieser Strommenge werden insgesamt 47 TWh Umweltwärme nutzbar gemacht. Dies entspricht einer durchschnittlichen Jahresarbeitszahl der installierten Strom-Wärmepumpen von etwa 3,2. Der verbleibende Strombedarf entfällt dabei auf Elektroheizer und Nachtspeicherheizungen. In Summe ergibt sich für das Jahr 2030 ein Elektrifizierungsgrad<sup>35</sup> der Wärmeversorgung des Gebäudesektors von 11 % (ggü. 6 % in 2020).

### Gase

Der Gasbedarf bleibt in der Referenzentwicklung annähernd konstant. Im Jahr 2020 wurde knapp die Hälfte der Endenergie im Gebäudesektor durch Gas bereitgestellt. Bis 2030 zeigt sich kein bedeutsamer Anstieg gasbasierter Systeme. Neben fossilem Erdgas sind in der Bedarfsmodellierung auch Biomethan sowie grüner und blauer Wasserstoff berücksichtigt. Der dezentrale Einsatz von Biomethan stagniert im betrachteten Zeitraum bei rund 21 TWh. Wasserstoff spielt im Gebäudesektor im Referenzszenario noch keine Rolle. Der ausbleibende zusätzliche Ausbau von erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen gegenüber dem Status Quo im Jahr 2020 liegt im

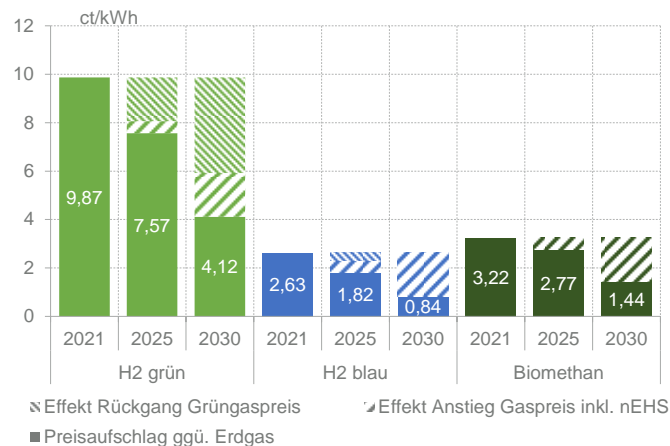
---

<sup>35</sup> Entspricht dem prozentualen Anteil der Summe aus Strom und Umweltwärme am gesamten Endenergiebedarf des Gebäudesektors



fehlenden wirtschaftlichen Anreiz, welcher nicht durch Förderungen geschlossen wird.

Abbildung 6 zeigt die für die Modellierung relevante betriebswirtschaftliche Situation des Einsatzes von erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen beim Endkunden. Dargestellt sind dabei die Aufschläge, welche sich für einen Einsatz gegenüber Erdgas inkl. nEHS-Preis ergeben<sup>36</sup>. Als Startjahr ist das Jahr 2021 gewählt, um den Effekt der nationalen CO<sub>2</sub>-Bepreisung einzubeziehen. Die gestrichelten Balken in den Jahren 2025 und 2030 zeigen jeweils, zu welchem Anteil der sinkende Bereitstellungspreis des grünen/dekarbonisierten Gases einerseits bzw. der steigende Erdgaspreis inkl. nEHS-Preis andererseits zum Abschmelzen des Preisaufschlags beiträgt. Es zeigt sich, dass bei aktuellen Rahmenbedingungen auch bis zum Jahr 2030 der Einsatz von erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen für Preisaufschläge beim Endkunden sorgt. Dies gilt insbesondere für die in der Markthochlaufphase kostenintensive Bereitstellung von grünem Wasserstoff. Der angenommene nEHS-Preis reicht auch im Jahr 2030 nicht aus, um den Preisnachteil für erneuerbare/dekarbonisierte Gase ggü. fossilem Erdgas im Gebäudesektor zu kompensieren. Für grünen Wasserstoff ergibt sich für die Modellierung ein Aufpreis i. H. v. 4 ct/kWh ggü. Erdgas inkl. nEHS-Preis, für blauen Wasserstoff und Biomethan sind es noch etwa 1 ct/kWh. Es wird deutlich, dass ohne Förderung oder starker Restriktion fossiler Energieträger über einen hohen nEHS-Preis kein finanzieller Anreiz für einen Energieträgerwechsel besteht.



<sup>36</sup> Basierend auf Bezugskosten für Erdgas, grünen/blauen Wasserstoff, Biomethan (vgl. Anhang). Energiesteuer und Netzentgelte fallen hier für alle Energieträger gleichermaßen an. Die Preisauflschläge ergeben sich durch Unterschiede in den Bezugskosten (inkl. nEHS-Preis).

Abbildung 6: Zusatzkosten erneuerbarer/dekarbonisierter Gase im Vergleich zum Erdgas

Neben der direkten Substitution von Erdgas durch klimaneutrales Gas, wird der Wechsel zu klimaneutralen Energieträgern zum großen Teil durch die Ersatz- und Neubauzyklen für Heizungssysteme im Gebäudesektor begrenzt. Im Zeitraum 2022-2030 werden im Referenzszenario 9,7 Mio. neue Heizungssysteme installiert. Abbildung 7 zeigt den kumulierten Endenergieverbrauch dieser Systeme (Neubau, Ersatz und Austausch). In den Heizungssystemen werden zum Teil Energieträger ohne direkte Emissionen im Gebäudesektor<sup>37</sup> wie Fernwärme, Strom oder Holz genutzt. Der größere Teil des Endenergiebedarfs wird jedoch weiterhin durch Heizöl und Erdgas abgedeckt.

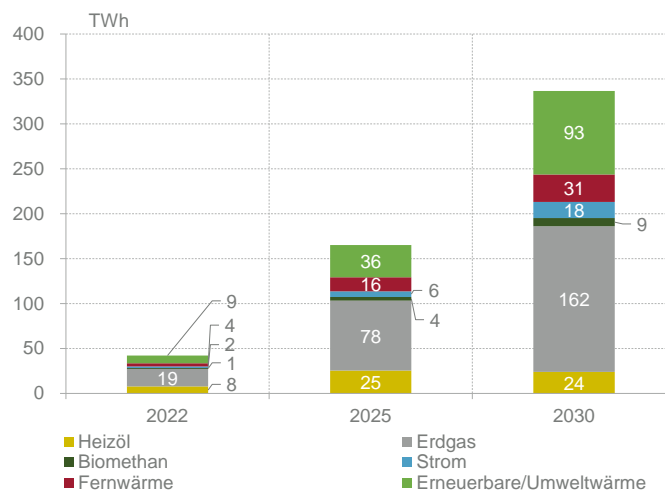


Abbildung 7: kumulierter Endenergiebedarf der im Zeitraum 2022-2030 installierten Heizungssysteme<sup>38</sup>

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass fossile Energieträger insbesondere durch die zunehmende Installation von strombasierten Heizsystemen verdrängt werden. Die zu erwartenden, erreichbaren Sanierungserfolge begrenzen dabei den flächendeckenden, effizienten Einsatz von Strom-Wärmepumpen im Gebäudebestand. Die Dekarbonisierung der Gasversorgung mittels erneuerbaren/dekarbonisierter Gasen kommt im Referenzszenario aus wirtschaftlichen Gründen nur be-

<sup>37</sup> entsprechend der Ausführungen in Abschnitt 5.1

<sup>38</sup> Die Kumulierung der Endenergiebedarfe der in den vorliegenden Jahren installierten Systeme mit dem jeweils aktuellen Jahr resultiert in einem steigenden Endenergiebedarf. Der Endenergiebedarf aller Systeme im Gebäudesektor (alt und neu) sinkt jedoch aufgrund von Effizienzgewinnen im Zeitraum von 2022-2030.

dingt zum Einsatz. Für die Fernwärme kommt es trotz des sinkenden Nutzenergiebedarfs zu einem leichten Anstieg des Endenergiebedarfs. Der überwiegende Teil der im Zeitraum 2022-2030 installierten Heizungssysteme nutzt im Referenzszenario die fossilen Energieträger Heizöl und Erdgas.

#### 5.4 CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudesektors

Das für den Gebäudesektor im Jahr 2030 geltende CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel entstammt dem novelliertem Klimaschutzgesetz. Für den Gebäudesektor ist bis 2030 eine Reduktion um 68 % ggü. 1990 vorgesehen (vgl. Kapitel 4). Die aus der Modellierung des Referenzszenarios resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudesektor bis 2030 sind in Abbildung 8 dargestellt<sup>39</sup>. Es zeigt sich, dass die Emissionen nur um 50 % gegenüber 1990 reduziert werden. Somit wird das Ziel für 2030 um 18 Prozentpunkte verfehlt.

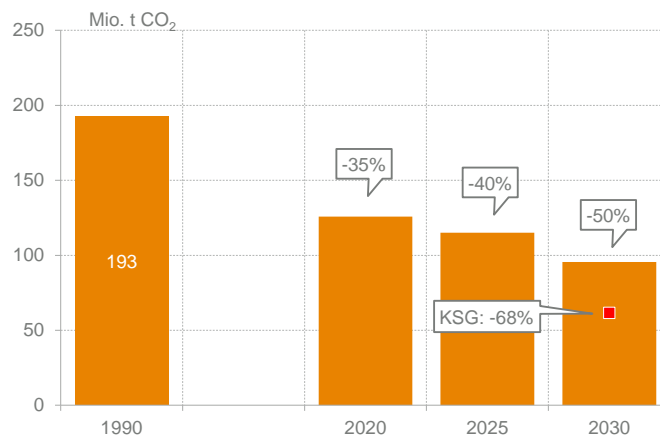


Abbildung 8: CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudesektors im Referenzszenario

Die erreichte CO<sub>2</sub>-Reduktion ist zum einen mit dem Wechsel der Energieträger verbunden. Dieser erfolgt mit dem Austausch bzw. Neubau von Heizungstechnologien und durch die direkte Substitution von Erdgas durch Biomethan. Zum anderen ist die CO<sub>2</sub>-Reduktion auf den sinkenden Nutzenergiebedarf als Konsequenz der Effizienzgewinne durch die energetische Gebäudesanierung und des Bevölkerungsrückgangs zurückzuführen.

<sup>39</sup> Zielsetzung des KSG sowie die dargestellten Emissionen folgen dem Quellprinzip (vgl. Kapitel 5.1). Eine zusätzliche Betrachtung der Emissionen des Sektors Energiewirtschaft erfolgt in Abgrenzung hierzu in Kapitel 6.3

Der Effekt beider Treiber ist im Referenzszenario nicht ausreichend hoch, um das Etappenziel für 2030 zu erreichen. Eine weitere Steigerung der Sanierungsrate im verbleibenden Zeitraum bis 2030 erscheint aufgrund der in Kapitel 4 genannten Hürden als unwahrscheinlich. Die Auswertung des Energiemix der bis 2030 installierten Heizungssysteme (Abbildung 7) zeigt gleichzeitig ein großes zusätzliches Potenzial zur Substitution fossiler Heizenergieträger.

## **5.5 Herausforderungen im Gebäudesektor**

Die Ergebnisse der Referenzentwicklung aus den vergangenen Kapiteln zeigen, dass der bestehende Rechtsrahmen und die bislang umgesetzten Klimaschutzmaßnahmen nicht ausreichen, um das Reduktionsziel des Gebäudesektors im Jahr 2030 zu erreichen. Die notwendige Entwicklung der Wärmeversorgung im Gebäudesektor deckt sich nicht mit der betriebswirtschaftlichen Realität beim Endkunden. Die wesentlichen Treiber der Zielverfehlung sind vielseitig. Dabei ist es wichtig, die Herausforderungen im heterogenen Gebäudesektor auf den unterschiedlichen Ebenen zu betrachten.

### Erneuerbare Energien und klimaneutrale Energieträger

Zur Realisierung der notwendigen CO<sub>2</sub>-Einsparung bis 2030 muss der Einsatz erneuerbarer Energien und klimaneutraler Energieträger im Gebäudesektor deutlich erhöht werden. Eine Herausforderung stellt dabei die Trägheit des Gebäudesektors in Bezug auf die langen Nutzungsdauern von Heizsystemen dar. Es ist somit geboten, die Investitionen und Maßnahmen bei den anstehenden Ersatz- und Neubauzyklen bestmöglich auf die Zielerreichung im Jahr 2030 auszurichten.

In Mietshäusern liegt die Wahl des Heizsystems meist auf der Seite des Vermieters, während die Heizkosten inklusive CO<sub>2</sub>-Bepreisung direkt an die Mieter weitergeleitet werden. Folglich trifft die Lenkungswirkung aus Preissignalen bisher nicht direkt den Investitionsentscheider. So bleiben häufig Investitionen aus, die für die Zielerreichung im Gebäudesektor notwendig wären.

Für die Wahl des Heizungssystems bzw. des Energieträgers besteht eine starke Abhängigkeit von baulichen, energetischen und infrastrukturellen Voraussetzungen. Diese können sich je Gebäudetyp und Region deutlich unterscheiden. Um den heterogenen Ansprüchen gerecht zu werden, bedarf es aller zur Verfügung stehenden CO<sub>2</sub>-mindernden Wärmeversorgungsoptionen.

Einschränkungen hinsichtlich der energetischen Voraussetzungen betreffen vor allem elektrische Wärmepumpen (Wärmequellenerschließung, erforderliche Temperaturniveaus). Der effizienteste Einsatz von Wärmepumpen erfolgt im Neubau oder

in umfassend sanierten Gebäuden mit niedrigerem Wärmebedarf. Dagegen können die vergleichsweise hohen Wärmebedarfe im Mehrgeschosswohnungsbau bis dato nicht allein von Strom-Wärmepumpen aufgefangen werden. Eine Hürde ist zudem, dass Sanierungsmaßnahmen meist nicht zeitgleich mit der Neuinstallation eines Heizungssystems vorgenommen werden. Der Austausch der Heizung erfolgt nach Ende der Nutzungsdauer bzw. einem Defekt. Folglich wird ein Energieträgerwechsel von Heizöl oder Erdgas zu Strom erschwert, wenn Sanierungsmaßnahmen für den effizienten Betrieb einer Strom-Wärmepumpe favorisiert werden.

Die Einbindung von erneuerbaren Energien in die Wärmeversorgung des Gebäudesektors erfolgt entweder dezentral durch den Endkunden z.B. durch die Nutzung von fester Biomasse oder weitgehend zentral über die infrastrukturebundenen Energieträger Strom, Gas und Fernwärme. Für die Dekarbonisierung des Strombezugs trägt das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) Sorge. Eine sektorübergreifende CO<sub>2</sub>-Reduktion bei erhöhter Stromnachfrage des Gebäudesektors ist nur durch einen schnellen Ausbau der erneuerbaren Erzeugungskapazitäten möglich. Auch die Fernwärmeerzeugung muss schrittweise den Wandel von der aktuell überwiegend gas- und kohlebasierten Erzeugung zu erneuerbaren Wärmequellen und Abwärme durchlaufen. Die Gasinfrastruktur hat die Besonderheit, dass über sie derzeit 44% des Endenergiebedarfs des Gebäudesektors gedeckt wird. Die Dekarbonisierung bzw. klimaneutrale Bereitstellung des transportierten Gases birgt somit ein hohes CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial, welches ohne umfangreichen Austausch von Heizungssystemen gehoben werden könnte.

Im Gegensatz zur dezentralen Einbindung von Erneuerbaren durch Solarthermie oder Biomasse bietet die Nutzung der bestehenden Infrastrukturen und die Verteilung von klimaneutralen Energieträgern den Vorteil, dass die Aufgabe der Dekarbonisierung nur durch wenige Akteure geleistet werden muss. Durch den kaufmännisch-bilanziellen Handel ist es grundsätzlich möglich, dass Kunden Lieferverträge für klimaneutralen Strom, Gas und Fernwärme abschließen. Allerdings ist der Anreiz dazu dadurch limitiert, dass die klimaneutralen Energiemengen nicht oder nur unzureichend für die Erfüllung der energetischen Anforderungen von Neubauten angerechnet werden können.

Für die Transformation des Gebäudesektors stellt sich die Frage, welchen Anteil an der Wärmeversorgung der Gebäude die existierenden Infrastrukturen mittel- bis langfristig einnehmen werden. Eine starke Verschiebung der Versorgungsaufgabe auf die Strominfrastruktur birgt neue Herausforderungen wie hohe und saisonal auftretende Spitzenlasten, für welche das bestehende Stromnetz nicht ausgelegt ist. Der kostenintensive Ausbau der Strominfrastruktur kann jedoch durch die Weiternutzung der anderen Infrastrukturen abgedeckt werden. So bieten sowohl das

Gasnetz als auch die Wärmenetze Speicherkapazitäten, durch welche eine sichere Versorgung der Endkunden ermöglicht wird. Die Frage der künftigen Rolle der Infrastrukturen muss zudem auch aus volkswirtschaftlicher Perspektive betrachtet werden<sup>40</sup>.

### Gebäudeenergieeffizienz

Unabhängig von der Wahl der Energieträger und Heizungstechnologien gilt es, den Nutzenergiebedarf der Gebäude durch die energetische Sanierung der Gebäudehülle zu senken. Insbesondere im Altbau ergibt sich hierdurch ein großes CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial.

Diesem stehen jedoch wirtschaftliche Hemmnisse in Form von hohen Investitionskosten und langen Amortisationszeiten gegenüber. Insbesondere für ältere Eigentümer von eigengenutzten Immobilien sind lange Amortisationszeiten nur schlecht mit dem eigenen Planungshorizont vereinbar.

Für die energetische Gebäudesanierung bestehen jedoch auch nicht-ökonomische Hemmnisse. So können sich Einschränkungen durch Denkmalschutz oder andere baurechtliche Hürden ergeben. Lange Nutzungsdauern von Bauteilen der Gebäudehülle stellen eine Herausforderung für die kurzfristige Erreichung großer Effizienzfortschritte dar. Gleichzeitig sorgen Ressourcenengpässe in der Fachkräfteverfügbarkeit für ein Abbremsen des Sanierungshochlaufs. Die zuletzt gestiegenen Antragszahlen für die Förderung der energetischen Gebäudesanierung innerhalb der BEG geht mit einer Erhöhung des Bedarfs an Fachkräften einher.

Das Verhältnis von Vermietern zu Mietern ist ein Beispiel für die unterschiedlichen Motivationen und Interessenlagen im Gebäudesektor. Im Fall von nur begrenzt umlagefähigen Sanierungskosten bestehen für Vermieter keine finanziellen Anreize für Investitionen in die Gebäudehülle. Andererseits kann es zu zusätzlichen finanziellen Belastungen für Mieter kommen, wenn die Erhöhung der Kaltmiete die eingesparten Energiekosten übersteigt.

Es lässt sich festhalten, dass eine Erhöhung der Sanierungsrate deutlich über das Niveau des Referenzszenarios aufgrund vielfältiger Hürden bis 2030 unrealistisch erscheint. Zugleich zeigen die Ergebnisse des Referenzszenarios, dass bei Fortführung des bestehenden rechtlichen Rahmens trotz der Verfügbarkeit einer Vielzahl von Wärmeversorgungsoptionen keine ausreichende Anreizwirkung zur Substitution fossiler Energieträger besteht.

---

<sup>40</sup> Eine volkswirtschaftliche Betrachtung zweier Szenarien – Technologieoffener Ansatz ggü. Fokus Elektrifizierung – ist Gegenstand der BDEW Studie „Zukunftsperspektive Gasverteilernetze“. Die Ergebnisse werden in Kapitel 7 diskutiert

## **6 CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial von Versorgungsoptionen im Gebäudesektor**

### **6.1 Einleitung**

Die Ergebnisse der Modellierung des Referenzszenarios zeigen eine Verfehlung des CO<sub>2</sub>-Reduktionsziels im Jahr 2030 um 18 Prozentpunkte bzw. 33 Mio. t CO<sub>2</sub>. Unter aktuellen Rahmenbedingungen findet – unter Annahme einer realistischen Entwicklung der Sanierungsrate – keine ausreichend starke Reduktion des Einsatzes fossiler Heizenergieträger statt.

Ziel des Kapitels ist es, für eine Auswahl von breit im Markt vertretenen Versorgungsoptionen zu untersuchen, welches zusätzliche CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial durch diese bis zum Jahr 2030 gegenüber dem Referenzszenario gehoben werden kann. Dabei werden die Rahmenbedingungen des Referenzszenarios, insbesondere die angenommene Entwicklung der Sanierungsrate, zugrunde gelegt. Die Versorgungsoptionen sollen dort eingesetzt werden, wo sie passend zu den Anforderungen des jeweiligen Gebäudes zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen beitragen können. Für diese Zuordnung wird der Gebäudebestand in Cluster mit jeweils ähnlichen Eigenschaften eingeteilt, z.B. hinsichtlich der anliegenden Infrastruktur, des Effizienzstandards, der Gebäudegröße oder des Siedlungstyps.

Es werden zudem die volkswirtschaftlichen Aspekte unterschiedlicher Zielerreichungspfade im Gebäudesektor erörtert und der betriebswirtschaftlichen Endkundenperspektive gegenübergestellt, um abschließend Schlussfolgerungen zu ziehen und Handlungsempfehlungen für die Hebung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials der Versorgungsoptionen aufzuzeigen.

Hierfür werden in Kapitel 6.2 zunächst die ausgewählten Versorgungsoptionen sowie die Berechnungsmethodik zur Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale vorgestellt. Dies beinhaltet die Aufteilung des Gebäudesektors in Cluster sowie die Zuordnung der Versorgungsoptionen nach geeigneten Kriterien. In Kapitel 6.3 werden die Ergebnisse vorgestellt, zunächst für die einzelnen Versorgungsoptionen und in Abschnitt 6.3.6 im Gesamtüberblick. Als Exkurs wird in Kapitel 7 zusätzlich der resultierende Anteil klimaneutraler Wärme im Gebäudesektor sowohl im Referenzszenario als auch mit den Versorgungsoptionen in den Blick genommen. Es folgt die volkswirtschaftliche Einordnung möglicher Transformationspfade des Gebäudesektors (Kapitel 8) und die Bewertung der Versorgungsoptionen aus betriebswirtschaftlicher Sicht (Kapitel 9). Kapitel 10 gibt auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse einen Ausblick auf die Zielerreichung der Klimaneutralität im Gebäudesektor im Jahr 2045. Abschließend werden die Ergebnisse in Kapitel 11 zusammengefasst und der Handlungsbedarf zur Erschließung der CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale aufgezeigt.

## 6.2 Versorgungsoptionen und Berechnungsmethodik

Im Fokus der Betrachtung steht die Frage, welches zusätzliche CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial mit den für die Transformation des Wärmemarktes zur Verfügung stehenden Versorgungsoptionen gegenüber dem Referenzszenario bis 2030 im Gebäudesektor gehoben werden könnte. Dabei gelten für den Einsatz aller Optionen die gleichen Rahmenbedingungen, im Speziellen in Bezug auf die Entwicklung der Gebäudeenergieeffizienz. Es wird wie im Referenzszenario von einer durchschnittlichen Sanierungsrate von 1,4 % bis 2030 ausgegangen. Ziel ist es, unter gegebenen Rahmenbedingungen einen alternativen Entwicklungspfad des Gebäudesektors gegenüber der Entwicklung im Referenzszenario aufzuzeigen. Hierfür wird an die im Modell abgebildeten Neubau- und Ersatzzyklen für Heizungssysteme angesetzt. Statt der ursprünglichen Entscheidung für ein neues System mit fossilem Brennstoffeinsatz wird eine in Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen höherwertige Versorgungsoption gewählt und die dadurch vermiedenen Emissionen bewertet.

Nach Bilanzierungssystematik des KSG tragen lediglich heizöl-, kohle- und erdgasbasierte Heizungssysteme zu Emissionen im Gebäudesektor bei (vgl. Abschnitt 5.1). Ein Energieträgerwechsel kann auf zwei Arten erfolgen: 1. bei Austausch bzw. Ersatz des bestehenden Heizungssystems oder 2. in bestehenden Heizungssystemen durch direkten Einsatz von erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen<sup>41</sup>.

Für den ersten Fall bildet die Basis für die Berechnung des Minderungspotenzials die in Kapitel 5 ermittelte Entwicklung des Heizsystembestands im Referenzszenario bis 2030 und dabei insbesondere die in diesem Zeitraum neu installierten bzw. ausgetauschten Systeme. Diese stellen die Potenzialgrenze hinsichtlich des Einsatzes unterschiedlicher Versorgungsoptionen im Zeitraum bis 2030 dar. Es können maximal so viele CO<sub>2</sub>-mindernde Versorgungsoptionen eingesetzt werden, wie Austausch- und Neubauaktivitäten bei Heizsystemen stattfinden. Die betrachteten Versorgungsoptionen sind Wärmepumpen, Hybridsysteme aus Wärmepumpe und Gaskessel, darüber hinaus Fernwärme sowie Gas-Brennwertthermen unter Einsatz erneuerbarer/dekarbonisierter Gase. Sonstige gasbasierte Versorgungsoptionen wie KWK und Brennstoffzellen werden innerhalb des Referenzszenarios eingesetzt, jedoch nicht für die Berechnung des zusätzlichen Minderungspotenzials beim Heizungswechsel betrachtet, da die vergleichsweise komplexeren Voraussetzungen für ihren

---

<sup>41</sup> Von der Verfügbarkeit von Flüssigen, klimaneutralen Energieträgern im Gebäudesektor wird für den Betrachtungszeitraum nicht ausgegangen.



wirtschaftlichen Einsatz nicht innerhalb der Berechnungsmethodik abgebildet werden können. Eine detaillierte Vorstellung der Auswahl der Versorgungsoptionen erfolgt in Abschnitt 6.2.1.

Der zweite Fall eines möglichen Energieträgerwechsels beschreibt die direkte Substitution von fossilem Erdgas durch erneuerbare/dekarbonisierte Gase in bestehenden gasbasierten Heizungssystemen. Für die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials wird ein Potenzial für Biomethan und blauen/grünen Wasserstoff für den Gebäudesektor bis zum Jahr 2030 zugrunde gelegt. Dieses wird innerhalb der Berechnung zunächst in den neu zugebauten Heizungssystemen, d.h. in den Versorgungsoptionen „Brennwertheizung mit klimaneutralem Gas“ und „Hybridsystem“, eingesetzt. Etwaiges verbleibendes Potenzial wird dann zusätzlich in bestehenden gasbasierten Systemen genutzt. Diese Aufteilung des Potenzials spielt lediglich für die Berechnungssystematik eine Rolle. Für das Klimaziel des Gebäudesektors ist es dagegen unerheblich, ob die Emissionseinsparung über neue oder bestehende Heizungssysteme erfolgt.

Beide Arten des Energieträgerwechsels – durch Wechsel des Heizungssystems und durch direkten Einsatz von Biomethan in bestehenden Systemen - finden bereits im Referenzszenario statt, jedoch nicht in ausreichendem Maße. Ziel der Untersuchung ist es, das darüberhinausgehende CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial der betrachteten Versorgungsoptionen zu ermitteln. Hierfür wird folgende Vorgehensweise gewählt:

1. **Beschreibung der ausgewählten Versorgungsoptionen:** Im ersten Schritt werden die Versorgungsoptionen vorgestellt, für welche das CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial berechnet wird. Dabei wird insbesondere auf Kriterien für ihren Einsatz in unterschiedlichen Gebäudetypen sowie auf Annahmen zu Potenzialen und der Entwicklung der Zusammensetzung der Strom- und Fernwärmeerzeugung eingegangen.
2. **Einteilung des Gebäudesektors in Cluster:** Um die betrachteten Versorgungsoptionen geeigneten Abnahmefällen zuzuordnen und darauf aufbauend das CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial ermitteln zu können, wird der gesamte Gebäudesektor im zweiten Schritt in Cluster eingeteilt. Die Einteilung soll die wesentlichen, unterschiedlichen Eigenschaften des heterogenen Gebäudebestands hinreichend widerspiegeln und dabei insbesondere die Voraussetzungen und Einschränkungen für die Nutzung der Versorgungsoptionen abbilden.
3. **Ermittlung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials:** Im dritten Schritt werden die Versorgungsoptionen auf Basis der Eignungskriterien den Gebäudeclustern zugeordnet. Somit wird klar, welche Technologien und Energieträger in wel-

chen Gebäudetypen den Einsatz von fossilen Energieträgern vermeiden können. Dabei wird bei den Heizungssystemen angesetzt, die im Referenzszenario im Zeitraum 2022-2030<sup>42</sup> installiert werden und fossile Energieträger einsetzen. An die Stelle dieser Systeme und Energieträger treten die identifizierten Versorgungsoptionen. Zusätzlich werden entsprechend des zugrunde gelegten Potenzials erneuerbare/dekarbonisierte Gase in bestehenden Heizungssystemen eingesetzt. Alle betrachteten Versorgungsoptionen gelten im Sinne des KSG im Gebäudesektor als emissionsfrei. Für jedes Gebäudecluster lassen sich somit die substituierten fossilen Endenergiemengen des Referenzszenarios bestimmen. Durch Aggregation über alle Gebäudecluster kann im Ergebnis das gesamte zusätzliche CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial der Versorgungsoptionen bis zum Jahr 2030 für den bundesweiten Gebäudesektor hochgerechnet werden.

### 6.2.1 Beschreibung der ausgewählten Versorgungsoptionen

Bereits heute steht eine Vielzahl von Optionen zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudesektor zur Verfügung, die jedoch bisher noch nicht in ausreichendem Maße zum Einsatz kommt. Für eine praktisch darstellbare Berechnung erfolgt die Ermittlung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials für eine Auswahl von Versorgungsoptionen (Tabelle 1). Für jede dieser Optionen gilt, dass sie nach Bilanzierung i. S. d. KSG zu keinerlei Emissionen im Gebäudesektor beitragen. Somit gilt neben erneuerbarem/dekarbonisiertem Gas auch der Einsatz von Strom und Fernwärme für die Berechnung als vollständig emissionsfrei, unabhängig vom tatsächlichen Anteil klimaneutraler Strom- und Wärmeerzeugung. Gleichzeitig zeichnen sich die Versorgungsoptionen dadurch aus, dass sie entweder bereits heute stark am Markt vertreten sind oder ihnen ein großes Wachstumspotenzial in der Zukunft zugesprochen wird.

Im Folgenden wird im Detail auf die einzelnen Versorgungsoptionen eingegangen.

Tabelle 1: Auswahl der Versorgungsoptionen

Technologiegruppe	Technologie	Heizenergieträger
Elektrische Wärmepumpe	Luft-Wasser-WP	Strommix nach Abbildung 9
	Sole-Wasser-WP	

<sup>42</sup> Grafiken in den folgenden Abschnitten beziehen sich somit in der Regel auf die Stützjahre 2022, 2025 und 2030. Einzelne Abweichungen davon sind z.B. aufgrund der Nutzung von externen Datenquellen möglich.

Hybridsystem	Luft-Wasser-Wärmepumpe + Gas-BW mit klimaneutra- lem Gas	Strom + 100 % Biomethan
		Strom + 100 % H2 grün
		Strom + 100 % H2 blau
Nah-/Fernwärme	Nah-/Fernwärme	Fernwärmemix nach Abbildung 11
Brennwertheizung mit erneuerbarem/dekar- bonisiertem Gas <sup>43</sup>	Brennwertheizung mit er- neuerbarem/dekarbonisier- tem Gas	100 % Biomethan
		100 % H2 grün
		100 % H2 blau

### Elektrische Wärmepumpe

Elektrische Wärmepumpen entziehen innerhalb eines thermodynamischen Kreislaufprozesses der Umgebung thermische Energie und machen sie unter Aufwendung elektrischer Energie als Nutzwärme für ein zu beheizendes System verfügbar. Die Umweltwärme wird dabei in Form von Erdwärme, Luft oder Wasser bereitgestellt. Die innerhalb dieser Studie betrachteten Systeme sind die Luft-Wasser-Wärmepumpe und die Sole-Wasser-Wärmepumpe. Die Versorgungsoption Wärmepumpe beschreibt zudem lediglich den dezentralen Einsatz an bzw. in Gebäuden. Auf Einsatzmöglichkeiten in Wärmenetzen wird im Abschnitt zur Nah- und Fernwärme eingegangen.

Die Luft-Wasser-Wärmepumpe zeichnet sich durch eine vergleichsweise einfache Installation und niedrigere Investitionskosten aus. Dagegen können Sole-Wasser-Wärmepumpen entweder mit Hilfe von Sonden oder durch Flachkollektoren die Wärme des Erdreichs nutzbar machen. Hierfür müssen entsprechende Bohrungs- und Erdarbeiten vorgenommen werden und ausreichender Platz für die Installation der Wärmetauscher verfügbar sein. Dies kann insbesondere im urbanen Raum mit dichter Bebauung die Machbarkeit erschweren. Zusätzlich müssen Anforderungen an die Bodenbeschaffenheit und bohrrechtliche Genehmigungen geprüft werden.

Wärmepumpen zeigen in Feldtests je nach Typ und Anwendungsfall Jahresarbeitszahlen von 2,4 bis 4,3<sup>44</sup>. Dies setzt jedoch einen ausreichend hohen Dämmstandard des Gebäudes voraus, um das Heizen mit niedrigen Vorlauftemperaturen zu ermöglichen. Während im Neubau aufgrund energetischer Mindeststandards typischerweise von Bedingungen für einen effizienten Betrieb ausgegangen werden kann, müssen in Bestandsgebäuden die Voraussetzungen geprüft werden. So ermöglicht

<sup>43</sup> Für die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials der Versorgungsoptionen mit 100%igem Biomethan, grünem und blauem Wasserstoff wird der Einsatz der erneuerbaren/klimaneutralen Gase nach dem kaufmännisch-bilanziellen Prinzip unterstellt.

<sup>44</sup> Deutsche Umwelthilfe (2020)

beispielsweise die Installation von Flächenheizungen wie Fußbodenheizungen die Absenkung der Vorlauftemperatur. In Bestandsgebäuden kann es jedoch technische Restriktionen für eine solche Umstellung der Heizkörper geben. Insbesondere im Mehrgeschossbau wird der alleinige Einsatz von Wärmepumpen aufgrund erforderlicher Heizlasten derzeit erschwert. In Gewerbebetrieben, in denen Prozesswärmebedarfe in Temperaturbereichen deutlich über den für Raumwärme typischen Bereichen bestehen, sind klassische Wärmepumpen bisher nicht geeignet.

Der Stromverbrauch von Wärmepumpen führt nach dem im KSG hinterlegten Quellprinzip nicht zu Emissionen im Gebäudesektor, sondern im Sektor Energiewirtschaft. Für eine sektorübergreifende CO<sub>2</sub>-Reduktion muss die Erzeugung von Strom künftig zunehmend durch erneuerbare Energiequellen erfolgen. Aktuell basieren 45 % der Bruttostromerzeugung auf erneuerbaren Quellen<sup>45</sup>. Nach Berechnungen des Umweltbundesamtes lag der zugehörige CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor im Jahr 2020 bei 366 gCO<sub>2</sub>/kWh<sup>46</sup>. Die künftige Entwicklung des Emissionsfaktors ist mit Unsicherheiten behaftet und insbesondere abhängig vom Zeitpunkt des Ausstiegs aus der Kohleverstromung. In der Literatur wird von einem prozentualen Rückgang des Emissionsfaktors um -67 % bis zum Jahr 2030 ausgegangen<sup>47</sup>, dies resultiert in einem Emissionsfaktor für den deutschen Strommix von 120 gCO<sub>2</sub>/kWh im Jahr 2030.

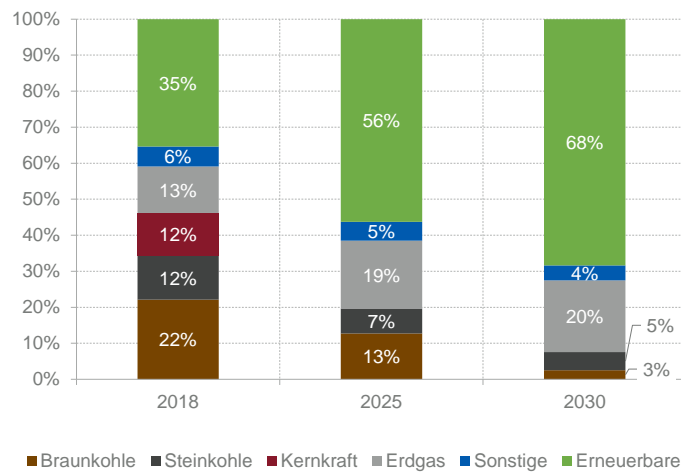
Die hierfür unterstellte Entwicklung des Kraftwerksparks ist in Abbildung 9 dargestellt. Im Jahr 2030 werden 68 % der Nettostromerzeugung durch erneuerbare Energien bereitgestellt. Der Kohleausstieg erfolgt in diesem Szenario vor 2035.

---

<sup>45</sup> Umweltbundesamt (2021c)

<sup>46</sup> Umweltbundesamt (2021d); ohne Voremissionen, Abgrenzung KWK-Mengen nach finnischer Methode

<sup>47</sup> nymoen (2021)

Abbildung 9: Zusammensetzung der Nettostromerzeugung bis 2030<sup>48</sup>

## Hybridsystem

Der Begriff Hybridsystem oder Hybridheizung umfasst generell Versorgungsoptionen, bei denen unterschiedliche Heiztechnologien und/oder Energieträger kombiniert werden. Innerhalb dieser Studie wird der Begriff jedoch enger gefasst und als Kombination aus Luft-Wasser-Wärmepumpe und Gaskessel verstanden. Ein solches System bietet den Vorteil, dass die Wärmepumpe an Tagen mit niedrigen Außentemperaturen und entsprechend hoher Heizlast durch eine Gas-Brennwerttherme unterstützt werden kann. Somit eignet sie sich besonders auch für die Beheizung von Gebäuden mit höheren Heizlasten. Innerhalb der BEG wird ein solches System mit 30% der förderfähigen Kosten gefördert<sup>49</sup>. Für das Hybridsystem müssen zum einen die Platzanforderungen für die Aufstellung der Wärmepumpe erfüllt werden und gleichzeitig ein Anschluss an die Gasinfrastruktur möglich sein.

Ein Nachteil von Hybridheizungen sind die vergleichsweise hohen Anschaffungskosten. Nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Heizungsindustrie (BDH) konnten sich die Absatzzahlen für Hybridsysteme im ersten Halbjahr 2021 im Vergleich zum Vorjahreszeitraum mehr als verdoppeln, gleichzeitig haben sie absolut

<sup>48</sup> Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2020) Szenario „Klimaneutral Minimalvariante“ (KNMin); die Studie berücksichtigt entgegen einer aktualisierten Fassung ( Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021)) noch nicht das Ziel der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045. In dem Szenario wird von einem nationalen Reduktionsziel von -60% bis zum Jahr 2030 ausgegangen.

<sup>49</sup> BMWi (2021a)

mit 2.400 Systemen in diesem Zeitraum einen sehr geringen Marktanteil<sup>50</sup>. Hinzu kommt, dass aufgrund der Nutzung zweier leitungsgebundener Energieträger zur Wärmebereitstellung eine doppelte Belastung durch Grundpreise für Strom und Gas auftritt.

Für die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials wird in dieser Studie von einer 100prozentigen Deckung des Gasbedarfs von Hybridsystemen durch erneuerbare/dekarbonisierte Gase ausgegangen. Annahmen zum verfügbaren Potenzial dieser Gase werden im Abschnitt zu Gas-Brennwertheizungen dargelegt. Die Belieferung mit klimaneutralen Gasen wird in der Realität i. d. R. nicht physisch beim Endkunden umgesetzt, sondern kaufmännisch-bilanziell eingehalten. Für die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials spielt es zudem keine Rolle, um welche Art von erneuerbarem/dekarbonisiertem Gas es sich handelt, da alle gleichermaßen zur CO<sub>2</sub>-Minderung beitragen. Die Unterschiede hinsichtlich der infrastrukturellen Anforderungen und Kosten werden in den Kapiteln 6.3.4, 8 und 9 diskutiert.

### Nah-/Fernwärme

Die Wärmeerzeugung bei Nah- und Fernwärmesystemen erfolgt außerhalb der Gebäude und wird den Endkunden leitungsgebunden – über Wärmenetze – bereitgestellt. Dies ermöglicht die Einbindung unterschiedlichster Wärmequellen. Heute basiert die Fernwärmeerzeugung vor allem auf KWK-Anlagen mit fossilem Energieträgereinsatz. Rund ein Drittel basiert aktuell auf Wärme aus Erneuerbaren Energien, wie Geothermie und Biomasse, aus der thermischen Abfallverwertung und Abwärme. Künftig werden vermehrt erneuerbare Quellen wie Solarthermie, (Tiefen-)geothermie, durch Großwärmepumpen nutzbar gemachte Umweltwärme oder unvermeidbare industrielle Abwärme einbezogen. Dies verdeutlicht den Vorteil von Wärmenetzen: sie ermöglichen die Integration von erneuerbaren Wärmequellen, die dezentral im Gebäude nicht nutzbar gemacht werden könnten. Gleichzeitig können diese Wärmequellen einer großen Zahl von Kunden in unterschiedlichen Gebäudetypen bereitgestellt werden. Wärmenetze können zudem Flexibilität bereitstellen,

z. B. durch Wärmespeicher, die für die Integration von erneuerbaren Energien notwendig ist. Im Neubau muss die Fernwärme nach den Vorgaben des GEG vergleichsweise hohe Anforderungen an den Primärenergiefaktor erfüllen. Da sowohl Neu- als auch Bestandsbauten an das etwaige Wärmenetz angeschlossen sind, werden so

---

<sup>50</sup> Angaben des BDH bereitgestellt durch den BDEW, Zahl umfasst Kombinationen aus Wärmepumpe und Holz-, Gas-, oder Ölheizung

auch Bestandsgebäude zunehmend mit erneuerbar erzeugter und klimaschonender Wärme mitversorgt.

Wärmenetze werden typischerweise mit Vorlauftemperaturen von 90-140°C betrieben<sup>51</sup>. Dies entspricht den typischen Anforderungen für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser, kann jedoch in einigen Fällen für höhere Temperaturanforderungen für Prozesswärme nicht ausreichend sein. Künftig wird es zudem darum gehen, die Netztemperaturen weiter abzusenken, um erneuerbare Energiequellen effizient einbinden zu können und Wärmeverluste zu minimieren.

Eine Anforderung zum wirtschaftlichen Betrieb dieser Netze ist eine ausreichend hohe Wärmedichte, welche vor allem in urbanen Siedlungsgebieten vorhanden ist. Hier können künftig Verdichtung und Ausbau der Wärmenetze zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien im Gebäudesektor beitragen. Für das Referenzszenario wurde von einem moderaten Anstieg der Fernwärmenutzung im Gebäudesektor auf 66 TWh im Jahr 2030 ausgegangen (vgl. Kapitel 5.3). Für die Ermittlung des zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials wird ein höheres Potenzial angenommen, welches auf der Auswertung jüngster Studien mit Berücksichtigung des novellierten Klimaschutzgesetzes basiert. Dieses liegt im Jahr 2030 bei einem Endenergieverbrauch von 98 TWh<sup>52</sup>. Somit stehen in 2030 32 TWh zusätzliches Potenzial im Gebäudesektor zur Verfügung. Das resultierende Fernwärmepotenzial ist in Abbildung 10 dargestellt.

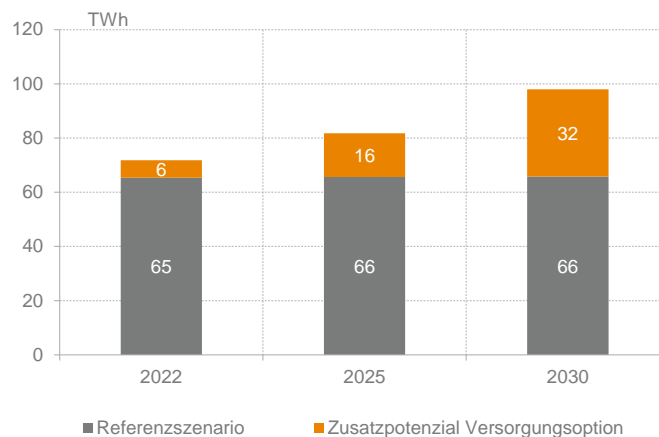


Abbildung 10: Gesamtpotenzial Endenergieverbrauch Fernwärme im Gebäudesektor<sup>53</sup>

<sup>51</sup> AGFW (2013), Temperaturen über 100 °C sind aufgrund des Druckniveaus ohne Verdampfung möglich

<sup>52</sup> BDI (2021)

<sup>53</sup> Nach BDI (2021) und enervis

Neben der Erhöhung der Anschlüsse muss sich der Anteil klimaneutraler Wärmequellen in der Fernwärmeerzeugung schrittweise erhöhen, um sektorübergreifend Emissionsminderungen zu erzielen. Im Jahr 2020 wurden 18 % der Nutzenergieerzeugung durch erneuerbare Quellen bereitgestellt, wovon der Großteil auf Biomasse entfiel<sup>54</sup>.

Künftig müssen zusätzlich Optionen wie Großwärmepumpen, Geo- und Solarthermie und erneuerbare Gase zum Einsatz kommen. Auch die Erhöhung des Anteils von Abwärme ist essenziell. Abbildung 11 zeigt die angenommene Zusammensetzung der Fernwärmeerzeugung bis 2030. Entsprechend der Entwicklung des Strommix (Abbildung 9) basiert diese auf Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2020). Der erneuerbare Anteil steigt demnach von 18 % auf 26 % im Jahr 2030. Im Jahr 2030 verbleibt ein Sockel von 6 % kohlebasierter Erzeugung. Eine Dekarbonisierung der Einsatzstoffe für KWK-Anlagen erfolgt erst nach 2030. Die Darstellung beschreibt einen deutschlandweiten durchschnittlichen Fernwärmemix, die tatsächliche Umsetzung der Dekarbonisierung einzelner Wärmenetze ist jedoch stark abhängig von den lokalen Potenzialen und Gegebenheiten.

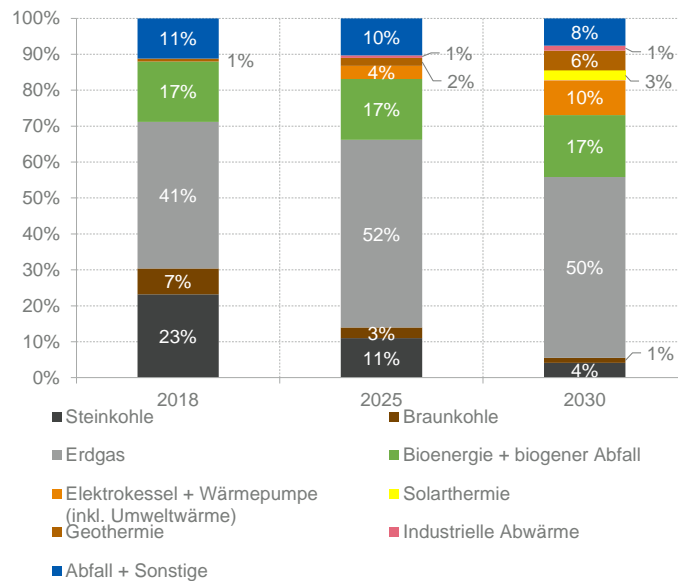


Abbildung 11: Zusammensetzung der Fernwärmeerzeugung<sup>55</sup>

<sup>54</sup> BDEW (2021c)

<sup>55</sup> Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2020) Szenario „Klimaneutral Minimalvariante“ (KNMin); die Studie berücksichtigt entgegen einer aktualisierten Fassung ( Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021)) noch nicht das Ziel der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045. In dem Szenario wird von einem nationalen Reduktionsziel von -60% bis zum Jahr 2030 ausgegangen.



Für die Fernwärme gibt das Umweltbundesamt für das Jahr 2018 einen durchschnittlichen Emissionsfaktor von 257 gCO<sub>2</sub>/kWh an<sup>56</sup>. Auf Basis der dargestellten Zusammensetzung der Fernwärmeerzeugung bis zum Jahr 2030 wird eine Reduktion des Emissionsfaktors um -39 % im Zeitraum 2020-2030 erwartet<sup>57</sup>. Dies entspricht einem Emissionsfaktor von 157 gCO<sub>2</sub>/kWh in 2030.<sup>58</sup>

### Brennwertheizung mit klimaneutralem Gas

Gasbasierte Heizungssysteme stellen heute die wichtigste Versorgungsoption dar (vgl. Abbildung 1). Derzeit wird in ihnen überwiegend fossiles Erdgas zur Wärmebereitstellung genutzt. Dieses kann jedoch durch erneuerbare/dekarbonisierte Gase substituiert werden und abhängig von der Verfügbarkeit hohe CO<sub>2</sub>-Einsparungen erzielt werden. Weder gasbasierte Heizungssysteme noch die bestehende Gasinfrastruktur sind an sich fossile Systeme. Vielmehr bieten sie aufgrund ihrer hohen Marktdurchdringung bzw. flächendeckenden Verfügbarkeit das Potenzial, einer Vielzahl von Endkunden im Gebäudesektor klimaneutrale Heizenergieträger zur Verfügung zu stellen - unter der Voraussetzung eines ausreichend hohen Potenzials an erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen sowie der Nachfrage im Markt.

Zur Berechnung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials wird die Gas-Brennwertheizung unter Einsatz klimaneutraler Gase als Versorgungsoption betrachtet. Inkludiert sind dabei Biomethan, grüner und blauer Wasserstoff, die nach der Bilanzierung des KSG einen Emissionsfaktor von 0 g CO<sub>2</sub>/kWh haben<sup>59</sup>. Entsprechend der Vorgehensweise für Hybridsysteme wird bei jeder neuen Brennwertheizung von einer Nutzung von 100 % klimaneutralem Gas ausgegangen. Gas-Brennwertheizungen können grundsätzlich in allen Gebäudetypen zum Einsatz kommen, für die ein Anschluss an die Gasinfrastruktur vorhanden oder möglich ist.

Ausgehend von einem Potenzial wird die Versorgungsoption „Brennwertheizung mit klimaneutralem Gas“ in allen für sie geeigneten Gebäudeclustern mit 100 % erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen eingesetzt. Etwaige verbleibende Restmengen

---

<sup>56</sup> Umweltbundesamt (2019), ohne Voremissionen, Abgrenzung KWK-Mengen nach finnischer Methode

<sup>57</sup> nymoen (2021)

<sup>58</sup> Berechnung auf Basis von prozentualer Entwicklung nach nymoen (2021); absoluter Emissionsfaktor nach Umweltbundesamt (2019)

<sup>59</sup> Restemissionen bei der Herstellung von blauem Wasserstoff werden nach dem Quellprinzip nicht dem Gebäudesektor zugeordnet. Sie sind jedoch auch nicht dem Sektor Energiewirtschaft im nationalen Bilanzrahmen zuzuordnen, da von einem Import des blauen Wasserstoffs ausgegangen wird.

werden zusätzlich zur Substitution von fossilem Erdgas in bestehendes gasbasierten Heizungssystemen genutzt. Abbildung 12 zeigt das unterstellte Potenzial für Biometan, grünen und blauen Wasserstoff im Gebäudesektor bis 2030. Für alle drei Energieträger besteht künftig über alle Verbrauchssektoren hinweg eine hohe Nutzungskonkurrenz. Insbesondere beim Wasserstoff wird die erwartete begrenzte Verfügbarkeit und die notwendige Priorisierung des Einsatzes für Anwendungen ohne alternative Dekarbonisierungsoptionen betont. Unbestritten ist, dass die mittel- bis langfristige Wasserstoffnachfrage aller Sektoren nur durch hohe Importe gedeckt werden können. Allerdings kann der breite Einsatz über alle Sektoren den Markthochlauf zusätzlich ankurbeln. Innerhalb dieser Studie wird die verfügbare Wasserstoffmenge im Jahr 2030 auf diejenige Menge begrenzt, die einer 10%igen volumetrischen Beimischung zum gesamten Gasbedarf von Haushalten und GHD entspricht. Dies entspricht im Jahr 2030 einer Menge von 10,2 TWh Wasserstoff. Da für den blauen Wasserstoff von einem Import ausgegangen wird, fallen die Restemissionen der Herstellung nicht in die nationale Bilanzgrenze. Über die im Referenzszenario genutzte Biomethanmenge i. H. v. 21 TWh hinaus wird für das Jahr 2030 von einem zusätzlichen Potenzial von 53 TWh ausgegangen<sup>60</sup>.

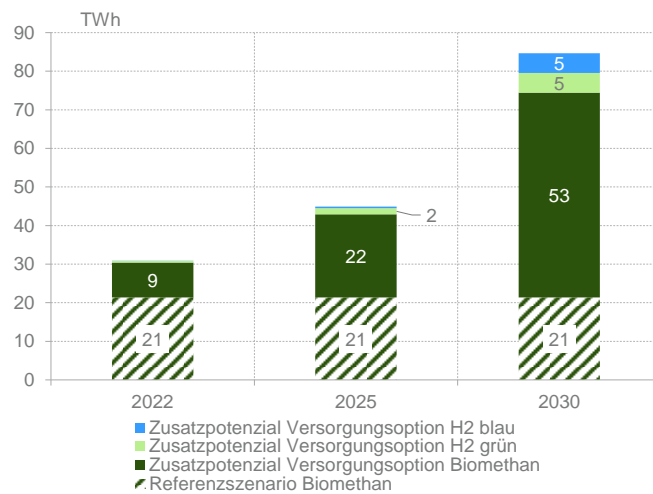


Abbildung 12: Potenzial erneuerbarer/dekarbonisierter Gase für den Gebäudesektor<sup>61</sup>

## Sonstige Optionen

<sup>60</sup> Unter Berücksichtigung der Nutzung von Bioenergie in anderen Sektoren und einem Gesamtpotenzial von 180 TWh in 2030

<sup>61</sup> Potenzial für Biomethan nach Ecofys (2018) und Annahmen von enervis zur anteiligen Aufteilung auf die Verbrauchssektoren, Potenzial für grünen und blauen Wasserstoff im Wärmemarkt nach Annahmen enervis

Eine weitere klimaneutrale Versorgungsoption ist feste Biomasse. Diese kommt auch im Referenzszenario bis 2030 zum Einsatz. Das darüberhinausgehende Potenzial wird jedoch als begrenzt eingestuft, weshalb feste Biomasse für die Berechnung des zusätzlichen Minderungspotenzials nicht weiter betrachtet wird.

Neben den Optionen für Heizungstechnologien und Energieträger können außerdem durch Maßnahmen innerhalb der Gebäudesystemtechnik, z. B. den Einsatz von Energiemanagementsystemen oder Anlagen zur Wärmerückgewinnung, zusätzliche Minderungspotenziale gehoben werden. Diese haben in erster Linie einen senkenden Effekt auf die Nutzenergienachfrage der Endkunden. In Abschnitt 6.3.5 wird das CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial einiger dieser Optionen qualitativ bewertet.

### Einsatzkriterien der Versorgungsoptionen

Für die betrachteten Versorgungsoptionen konnten unterschiedliche Voraussetzungen bzw. limitierende Faktoren für ihren Einsatz identifiziert werden. Diese müssen bei der Ermittlung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials Berücksichtigung finden.

So können bauliche Restriktionen wie fehlende Flächenverfügbarkeit vor allem den Einsatz von Wärmepumpen einschränken. Für diese wird zudem eine effiziente Nutzung in Gebäuden mit hohen Heizlasten erschwert. Es gelten zudem Einschränkungen für Wärmepumpen- und Fernwärmesystem für die Bereitstellung von hochtemperierter Prozesswärme in einigen GHD-Anwendungen.

Die leitungsgebundenen Versorgungsoptionen „Brennwertheizung mit klimaneutralem Gas“ und „Nah-/Fernwärme“ können nur bei vorhandener angrenzender Infrastruktur genutzt werden. Für Strom wird von einer flächendeckenden Verfügbarkeit der Infrastruktur ausgegangen. Grundlage der Modellierung des Minderungspotenzials von Fernwärme und Gas-Brennwertheizungen ist zudem das in Abbildung 11 und Abbildung 12 dargestellte Potenzial. Für beide Versorgungsoptionen gelten im Vergleich zur Wärmepumpe keine besonderen Platzanforderungen oder Einschränkungen in dicht bebauten Gebieten oder bestimmten Gebäudetypen.

Neben den dargestellten Kriterien stellen in der Realität die ökonomischen Aspekte ein relevantes Entscheidungskriterium für den Einsatz von Versorgungsoptionen dar. Dieses wurde in der Modellierung des Referenzszenarios berücksichtigt und am Beispiel der Preisaufschläge für erneuerbare/dekarbonisierte Gase verdeutlicht. Dagegen werden für die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials der Versorgungsoptionen bis 2030 keine Kosten berücksichtigt, da dieses in erster Linie ein theoretisch erreichbares THG-Minderungspotenzial darstellen soll. Dennoch spielt die Wirtschaftlichkeit eine wesentliche Rolle für die tatsächliche Umsetzbarkeit und wird deshalb gesondert in den Kapiteln 8 und 9 adressiert. Aus dem ermittelten

Minderungspotenzial und der identifizierten Wirtschaftlichkeitslücke einiger Versorgungsoptionen lassen sich abschließend Anforderungen an den künftigen Rechtsrahmen zur Zielerreichung im Gebäudesektor ableiten.

### **6.2.2 Einteilung des Gebäudesektors in Cluster**

Der Gebäudesektor weist eine hohe Heterogenität hinsichtlich der baulichen, technischen und infrastrukturellen Voraussetzungen auf, die für die Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale ausreichend differenziert abgebildet werden muss. Nur so kann eine sinnvolle Zuordnung von Versorgungsoptionen zu geeigneten Anwendungsfällen erfolgen.

Das enervis-Wärmemarktmodell bildet den gesamten Gebäudesektor ab und enthält auf Kreisebene unter anderem Informationen zu Gebäudetypen, Nutzenergiebedarfen und Heizenergieträgern je Gebäudetyp. Die Ergebnisse des Referenzszenarios lassen sich somit disaggregiert für unterschiedliche definierte Cluster auswerten.

Auf Basis der im vorherigen Abschnitt genannten Kriterien für den Einsatz der Versorgungsoptionen wurde der Gebäudesektor in 12 Cluster aufgeteilt (Abbildung 13). Für die Wohngebäude wurde eine Aufteilung in Ein- bzw. Mehrfamilienhäuser vorgenommen. Dadurch sollen insbesondere Unterschiede in den baulichen Gegebenheiten abgebildet werden. Zusätzlich erfolgt die Differenzierung zwischen effizienten und ineffizienten Gebäuden anhand des spezifischen Nutzenergiebedarfs der Gebäude. Der Anteil der als effizient eingestuften Gebäude steigt im zeitlichen Verlauf mit der Sanierungsrate, welche im Zeitraum bis 2030 durchschnittlich 1,4 % pro Jahr beträgt. Das dritte Merkmal innerhalb der Wohngebäude betrifft die Siedlungsstruktur, welche auf Basis der Einwohnerdichte der Kreise festgelegt wird. Sie dient als vereinfachtes Kriterium für die Verfügbarkeit von Wärmenetzen und deren Ausbaumöglichkeit und gibt außerdem Aufschluss über Flächenverfügbarkeiten an Gebäuden.

Im Bereich GHD wird neben der Einteilung in ländliche und urbane Siedlungsstrukturen auch eine Unterscheidung hinsichtlich der Temperaturanforderungen der Wärmebereitstellung vorgenommen. So ergeben sich Einschränkungen für die Versorgungsoptionen Wärmepumpe und Fernwärme für Gewerbebetriebe des Clusters „Hochtemperatur“, die auf Prozesswärme in höheren Temperaturbereichen angewiesen sind.

Zur Begrenzung der Anzahl von Clustern wird die Verfügbarkeit von Gasinfrastruktur nicht explizit in der Einteilung berücksichtigt, jedoch trotzdem in der Berechnung

des Minderungspotenzials. Dies bedeutet, dass nur dort gasbasierte Systeme eingesetzt werden können, wo Gasnetze verfügbar sind<sup>62</sup>.

In Abbildung 13 zeigt sich zum einen die Dominanz der EFH gegenüber den MFH. Die als effizient eingestuften Gebäuden machen etwa 35 % des Wohngebäudebestands aus. Im Bereich GHD deckt nur ein sehr geringer Anteil der Gebäude Prozesswärme-Anwendungen mit höherem Temperaturbedarf ab.

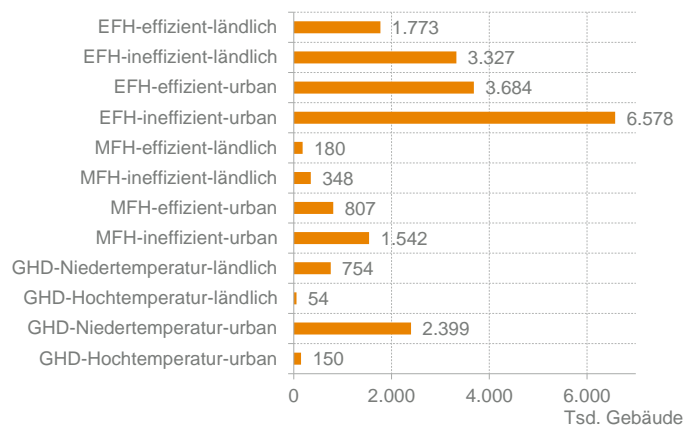


Abbildung 13: Aufteilung des Gebäudebestandes 2020 in Cluster

### 6.2.3 Ermittlung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials

Diese Basis für die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials bildet zum einen der fossile Heizenergeträgerbedarf von Heizungssystemen, die im Zeitraum 2022-2030 installiert wurden und zum anderen der fossile Öl- und Gasbedarf bestehender Heizungssysteme.

Die damit verbundenen Emissionen stellen somit das maximale CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial dar, welches gegenüber der Referenzentwicklung unter Einsatz der Versorgungsoptionen im Gebäudesektor gehoben werden kann. Für die Optionen gelten jedoch die in Abschnitt 6.2.1 dargelegten Einschränkungen sowie Potenzialgrenzen, welche für die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials berücksichtigt werden müssen.

<sup>62</sup> Dies wird dadurch berücksichtigt, dass die Versorgungsoptionen „Brennwertheizung mit klimaneutralem Gas“ und „Hybridsystem“ lediglich dort eingesetzt werden, wo bereits im Referenzszenario ein gasbasiertes Heizungssystem zugebaut wurde oder vorhanden war.

Zunächst erfolgt auf Basis der genannten Einsatzkriterien eine Zuordnung von Versorgungsoptionen zu den definierten Gebäudeclustern (

Tabelle 2

Tabelle 2). Grün ausgefüllte Felder kennzeichnen jeweils eine Eignung der Versorgungsoption für das entsprechenden Gebäudecluster. Grün gestrichelte Felder sind nur bedingt geeignet und Cluster ohne farbliche Markierung Feldern werden innerhalb der Berechnung nicht für die jeweiligen Versorgungsoptionen berücksichtigt. Die Zuordnung stellt keine allgemeingültige Definition zur Eignung der Technologien dar, sondern bezieht sich auf die realistischen Annahmen für die Modellierung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials. Zusätzliche Einsatzbereiche oder weitere Einschränkungen sind in einzelnen Fällen möglich, werden jedoch für die Umsetzbarkeit der Berechnung der Minderungspotenziale innerhalb der Studie nicht berücksichtigt.

Wärmepumpen fallen hierbei in Gebäudecluster mit ausreichendem Effizienzstandard und niedriger Temperaturanforderung. Außerdem werden die zu erfüllenden baulichen Anforderungen EFH und MFH im ländlichen Bereich zugeschrieben. Zusätzlich wird auch das Cluster „GHD-Niedertemperatur-urban“ hinzugezählt, jedoch nur für Luft-Wasser-Wärmepumpen mit vergleichsweise niedrigerem Flächenbedarf. Das Hybridsystem kann bei vorhandener Gasinfrastruktur neben den für reine Wärmepumpen geeigneten Clustern auch solche mit niedrigerem Effizienzstandard oder teilweise höheren Temperaturbedarfen abdecken. Fernwärmesysteme werden den urbanen Gebäudeclustern mit ausschließlichen Wärmebedarf im Niedertemperaturbereich zugeordnet. Etwaige Prozesswärmebedarfe die weit über die typischen Wärmenetztemperaturen hinaus gehen, können somit nicht durch diese Versorgungsoption abgedeckt werden. Gas-Brennwertheizungen können grundsätzlich in allen Bereichen zum Einsatz kommen. Gestrichelte Felder weisen jedoch auf mögliche Beschränkungen hinsichtlich der Verfügbarkeit von Gasinfrastrukturen in ländlichen Gebieten hin. Auch für Fernwärme gilt grundsätzlich die Voraussetzung der verfügbaren Infrastruktur. Für die Modellierung wurde jedoch vereinfacht angenommen, dass diese in allen urbanen Gebäudeclustern gegeben sind.

Tabelle 2: Zuordnung von Versorgungsoptionen zu Gebäudeclustern

Gruppe	Gebäudecluster	Luft-Wasser-WP	Sole-Wasser-WP	Hybrid-system	Nah-/Fern-wärme	Gas-BW
Haushalte	EFH-effizient-ländlich	■	■	▨		▨
	EFH-ineffizient-ländlich			▨		▨
	EFH-effizient-urban	■	■		■	■
	EFH-ineffizient-urban			■	■	■
	MFH-effizient-ländlich	■	■	▨		▨
	MFH-ineffizient-ländlich			▨		▨
	MFH-effizient-urban				■	■
	MFH-ineffizient-urban				■	■
GHD	Niedertemperatur-ländlich	■	■	▨		▨
	Hochtemperatur-ländlich			▨		▨
	Niedertemperatur-urban	■		■	■	■
	Hochtemperatur-urban					■

Für die Gebäudecluster, in denen grundsätzlich mehrere Versorgungsoptionen als geeignet eingestuft wurden, werden zusätzliche Annahmen getroffen. Für Wärmepumpen geeignete Cluster werden aufgrund der hohen Effizienz der Systeme vollständig durch diese abgedeckt. Die prozentuale Aufteilung von Luft-Wasser- ggü. Sole-Wasser-Wärmepumpen wird in Clustern, in denen beide Technologien anwendbar sind, exogen mit 4:1 entsprechen der derzeitigen Marktsituation vorgegeben<sup>63</sup>. In den verbleibenden Clustern wird die Fernwärme bis zur Potenzialgrenze eingesetzt und übrige Systeme - wo möglich - mit Gas-Brennwertheizungen mit erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen substituiert. Für die Hybridsysteme wird in den geeigneten Clustern jeweils ein fixer Anteil vorgegeben, welcher bisherige Zubauzahlen<sup>64</sup> fortschreibt. Bei beiden gasbasierten Versorgungsoptionen wird das verfügbare Potenzial an erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen (Abbildung 12) berücksichtigt.

Auf Basis der Zuordnung kann für jedes der 12 Gebäudecluster das CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial der eingesetzten Versorgungsoptionen berechnet werden. Dieses

<sup>63</sup> Annahme auf Basis von Bundesverband Wärmepumpe e.V. (2021)

<sup>64</sup> Angaben des BDH bereitgestellt durch den BDEW

setzt sich zusammen aus den Emissionen des substituierten fossilen Endenergieverbrauchs der Systeme, die im Zeitraum 2022-2030 gebaut wurden und denen des substituierten Erdgasverbrauchs aus bestehenden gasbasierten Heizungssystemen.

Abbildung 14 stellt die zu substituierenden Endenergiemengen im Jahr 2030 für diese Fälle dar. Die grauen Balken entsprechen dem Erdgaseinsatz von Heizungssystemen, die im Referenzszenario im Zeitraum 2022-2030 installiert wurden, die gelben dem Heizölverbrauch entsprechender Systeme. Die grau gestrichelten Balken stellen den fossilen Erdgaseinsatz von den Bestandssystemen mit Installation vor dem Jahr 2022 dar.

Auf Basis dieser Mengen und der Versorgungsoptionen inklusive der angenommenen Potenziale wird das gegenüber dem Referenzszenario erreichbare CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial für die 12 Gebäudecluster berechnet. Neben diesem zusätzlichen Minderungspotenzial findet bereits im Referenzszenario ein Zubau der betrachteten Versorgungsoptionen und somit auch eine CO<sub>2</sub>-Reduktion statt (vgl. Abbildung 7), jedoch in deutlich geringerem Maße.

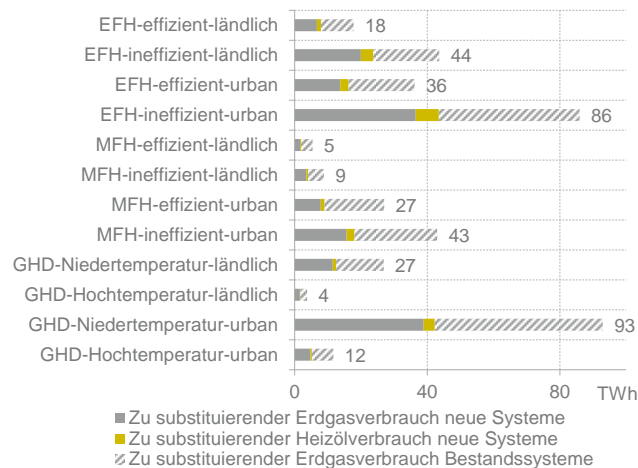


Abbildung 14: Zu substituierende fossile Endenergiemengen der Gebäudecluster im Jahr 2030

Jede der zugeordneten Versorgungsoptionen trägt nach Bilanzierung i. S. d. Quellprinzips selbst zu null Emissionen im Gebäudesektor bei (vgl. Abschnitt 5.1). Tatsächlich finden jedoch in den Fällen der strombetriebenen Wärmepumpen und der Fernwärme eine bilanzielle Verschiebung von Emissionen in den Sektor Energiewirtschaft statt, da der Strom und die Wärme bis 2030 noch nicht vollständig erneuerbar bereitgestellt werden können. Um diesen Umstand zu würdigen, wird für diese Versorgungsoptionen zusätzlich der Effekt des Zubaus auf die Emissionen im Sektor Energiewirtschaft untersucht. Hierfür wird die in Abschnitt 6.2.1 dargestellte Entwicklung der Emissionsfaktoren herangezogen.



Mit der Berechnung wird das theoretisch gegenüber dem Referenzszenario erzielbare CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial im Gebäudesektor ermittelt. Die Ergebnisse sind dabei direkt abhängig von den gesetzten Prämissen: der zugrunde gelegten Nutzungsdauer der Heizsysteme, der vorgenommenen Einteilung und Zuordnung zu Gebäudeclustern und den Potenzialen für Fernwärme und erneuerbare/dekarbonisierte Gase. Diese Eingangsparameter sind mit Unsicherheiten behaftet. Übergeordnetes Ziel der Analyse ist es jedoch, ein mögliches CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial gegenüber der starken Zielverfehlung im Referenzszenario zu identifizieren. In Kombination mit den folgenden Untersuchungen zu volkswirtschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Aspekten in den Kapiteln 8 und 9 sollen daraus Handlungsempfehlungen für die Hebung der Minderungspotenziale abgeleitet werden.

### **6.3 CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial der Versorgungsoptionen**

Im Referenzszenario werden im Jahr 2030 186 TWh der fossilen Energieträger Heizöl und Erdgas in neu installierten Heizungssystemen (Austausch, Ersatz oder Neubau im Zeitraum 2022 bis 2030) eingesetzt. Zusätzlich nutzen bestehende gasbasierte Systeme (Installation vor 2022) in diesem Jahr insgesamt 217 TWh fossiles Erdgas.

Auf der Basis dieser Endenergiemengen wurde ermittelt, welche zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden können, wenn stattdessen in den jeweils geeigneten Gebäuden im Rahmen der erwarteten Austausch- und Neubauzyklen die betrachteten Versorgungsoptionen zum Einsatz kommen.

In den Abschnitten 6.3.1 - 6.3.4 wird im Einzelnen auf das CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial der untersuchten Versorgungsoptionen eingegangen. In Abschnitt 6.3.5 folgt die qualitative Betrachtung des Minderungspotenzials weiterer Optionen im Gebäudesektor. Abschnitt 6.3.6 fasst die Ergebnisse in einem Gesamtüberblick für den Gebäudesektor zusammen.

#### **6.3.1 Elektrische Wärmepumpe**

Wärmepumpen können vorrangig in Gebäuden mit ausreichend hohem Effizienzstandard und niedrigen Vorlauftemperaturen effizient betrieben werden. Eine zusätzliche Einsatzmöglichkeit besteht im Bereich GHD für die Bereitstellung von Niedertemperaturwärme. Abbildung 15 zeigt den im Jahr 2030 substituierten fossilen Endenergiebedarf durch Luft-Wasser- und Sole-Wasser-Wärmepumpen.

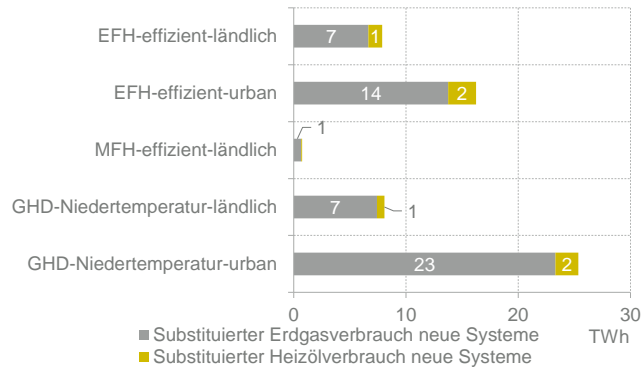


Abbildung 15: Durch die Versorgungsoption "Wärmepumpe" substituierter fossiler Endenergiebedarf im Jahr 2030

Insgesamt können in den dargestellten Gebäudeclustern gegenüber dem Referenzszenario bis 2030 zusätzlich 2 Mio. Systeme der Versorgungsoption „Wärmepumpe“ installiert werden. Hiervon fallen 1,7 Mio. auf Luft-Wasser-Wärmepumpen und 0,3 Mio. auf Sole-Wasser-Wärmepumpen. Zuzüglich der bereits in der Referenzentwicklung installierten Systeme wären damit im Jahr 2030 4,5 Mio. Wärmepumpen installiert.

Die im Vergleich zum Referenzszenario zusätzlichen Wärmepumpen substituieren im Jahr 2030 52 TWh Erdgas und 7 TWh Heizöl, welche im Referenzszenario eingesetzt wurden. Dies entspricht einer Einsparung von insgesamt 11 Mio. t CO<sub>2</sub> im Jahr 2030 im Gebäudesektor, wie in Abbildung 16 dargestellt. Die Einsparungen in den dargestellten Stützjahren entsprechen den kumulierten vermiedenen Emissionen, d. h. Emissionen der fossilen Energieträger aus Heizungssystemen, die seit 2022 bis zum jeweiligen Stützjahr im Referenzszenario installiert wurden. Die Emissionsmenge bezieht sich auf das jeweilige Jahr und nicht auf den Zeitraum bis zum dargestellten Jahr.

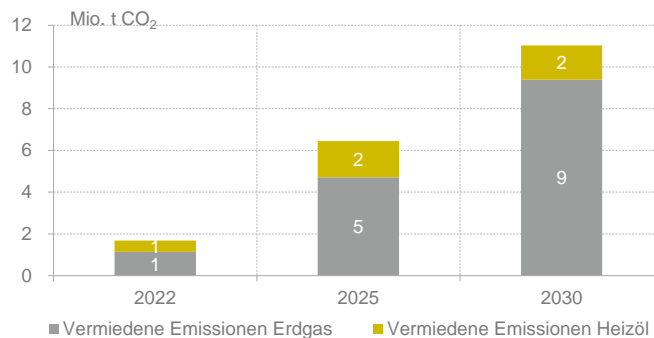


Abbildung 16: Kumulierte vermiedene Emissionen gegenüber Referenzszenario durch Einsatz von Wärmepumpen

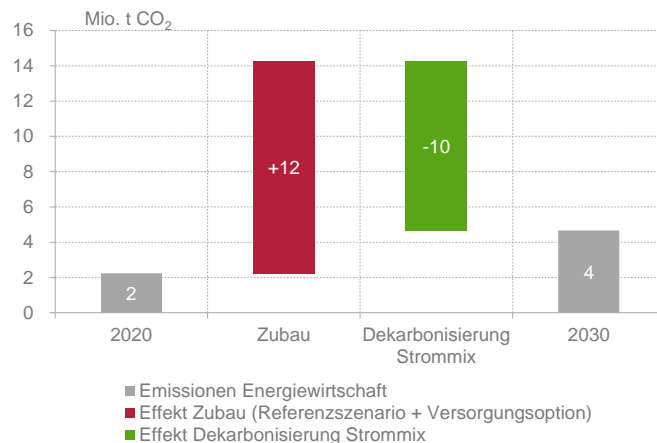
Bei Anwendung des Quellprinzips werden Emissionen, die mit der Erzeugung des durch Wärmepumpen verbrauchten Stroms zusammenhängen, nicht im Gebäudesektor bilanziert (vgl. Erläuterungen in 5.1). Den im Gebäudesektor verdrängten Emissionen stehen somit verursachte Emissionen im Sektor Energiewirtschaft gegenüber. Diese sind neben dem Endenergieverbrauch für Wärmepumpen abhängig von der Entwicklung des Emissionsfaktors des allgemeinen Strommixes. Für diesen wird die in Abschnitt 6.2.1 dargestellte Entwicklung angenommen.

Abbildung 17 zeigt den Effekt des Ausbaus der Wärmepumpen auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Sektor Energiewirtschaft. Grundlage für die Berechnung ist der Gesamtausbau, welcher sich aus dem Zubau innerhalb des Referenzszenarios und dem zusätzlichen Zubau der Versorgungsoption Wärmepumpe zusammensetzt. Würde der Emissionsfaktor des Strommix auf dem Niveau von 2020 bleiben, würden durch den Zubau der Wärmepumpen bis 2030 die CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Energiewirtschaft um 12 Mio. t steigen (roter Balken)<sup>65</sup>. Tatsächlich erfolgt jedoch in dem Zeitraum bis 2030 die Dekarbonisierung der Stromerzeugung. Die Reduktion des Emissionsfaktors würde mit der Stromnachfrage der Wärmepumpen im Jahr 2030 zu einer Reduktion der Emissionen im Sektor Energiewirtschaft von 10 Mio. t CO<sub>2</sub> führen (grüner Balken)<sup>66</sup>. Insgesamt führt der Wärmepumpenausbau im Gebäudesektor im Nettoeffekt im Jahr 2030 zu zusätzlichen Emissionen von 2 Mio. t., d. h. die angenommene Reduktion des Emissionsfaktors bis 2030 kann die Mehremissionen durch die erhöhte Stromnachfrage nicht kompensieren.

---

<sup>65</sup> (Stromverbrauch installierte WP 2030 - Stromverbrauch installierte WP 2021) \* Emissionsfaktor Strom 2021

<sup>66</sup> (Emissionsfaktor Strom 2030- Emissionsfaktor Strom 2021) \* Stromverbrauch installierte WP 2030

Abbildung 17: Effekt des Wärmepumpenzubaus auf Emissionen der Energiewirtschaft<sup>67</sup>

Der starke Zuwachs an Wärmepumpen stellt neben der Aufgabe der Erhöhung der EE-Kapazitäten neue Anforderungen an den Stromsektor. Die Wärmepumpen tragen mit hoher gleichzeitiger Nachfrage an kalten Wintertagen zu neuen Lastspitzen in Stromverteilernetzen bei, welche folglich zu hohen Investitionsbedarfen führen. Um diese möglichen Risiken bzw. verbundenen Kosten gering zu halten, gilt es weitere Versorgungsoptionen in die strategische Planung der Wärmewende einzubeziehen.

### 6.3.2 Hybridsystem

Durch hybride Heizsysteme wird der Einsatz von Wärmepumpen in Gebäuden ermöglicht, die aufgrund ihres niedrigen Effizienzstandards oder ihrer allgemein hohen Heizlast den Nutzwärmebedarf nicht ganzjährig effizient mit einer reinen Wärmepumpe decken könnten. Diesem Vorteil stehen jedoch hohe Investitionskosten gegenüber. Für die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials wird für den Spitzenlastkessel die Nutzung von 100 % erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen vorausgesetzt. Abbildung 18 stellt den im Jahr 2030 substituierten fossilen Endenergiebedarf durch die Versorgungsoption „Hybridsystem“ dar. Es werden keine Heizölmengen substituiert, da die Versorgungsoption per Annahme nur in Gebäuden eingesetzt wird, in bereits im Referenzszenario ein gasbasiertes Heizungssystem zugebaut wurde oder vorhanden war (vgl. Fußnote 62).

<sup>67</sup> Da neben dem Zubau der Versorgungsoption „Wärmepumpe“ auch der Zubau innerhalb des Referenzszenarios dargestellt ist, ist das Jahr 2020 als Basisjahr gewählt.

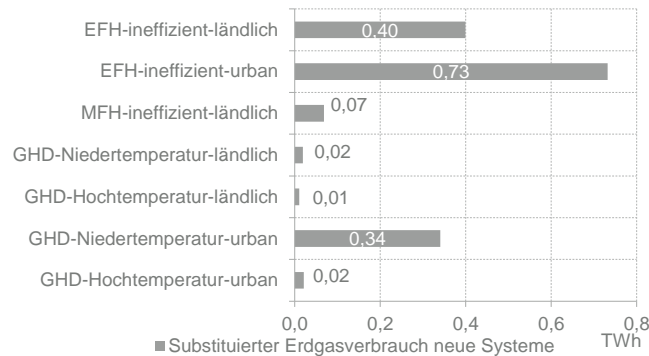


Abbildung 18: Durch die Versorgungsoption "Hybridsystem" substituierter fossiler Endenergiebedarf im Jahr 2030

Von 2022 bis 2030 werden gegenüber dem Referenzszenario zusätzlich 58 Tsd. Hybridsysteme installiert, welche 1,6 TWh fossiles Erdgas substituieren. Im Jahr 2030 können dadurch 0,29 Mio. t CO<sub>2</sub> eingespart werden. Dies stellt im Vergleich zur Versorgungsoption „Wärmepumpe“ ein geringes Minderungspotenzial dar, jedoch können durch die Hybridsysteme zusätzliche Gebäudecluster mit Wärmepumpen erschlossen werden. Der Einsatz der Versorgungsoption wurde für die Berechnung auf einen fixen Anteil begrenzt, der sich an der Entwicklung der historischen Absatzzahlen orientiert.

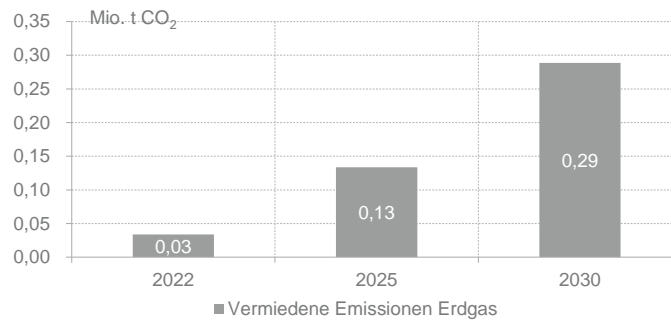


Abbildung 19: Kumulierte vermiedene Emissionen gegenüber dem Referenzszenario durch Einsatz von Hybridsystemen

Auch die zusätzliche Installation von Hybridsystemen hat durch die anteilige Nutzung der Luft-Wasser-Wärmepumpe einen Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Sektor Energiewirtschaft. Aufgrund der geringen Energiemengen fällt dieser jedoch sehr klein aus. Auf eine grafische Darstellung wird deshalb verzichtet.

### 6.3.3 Nah-/Fernwärme

Wärmenetze bieten ein großes Potenzial zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung von Gebäuden vor allem in urbanen Ballungsräumen und dabei insbesondere für solche, die aufgrund eines niedrigen Effizienzstandards oder einer zu hohen

Heizlast nicht für den effizienten Einsatz von Wärmepumpen geeignet sind. Abbildung 20 zeigt den im Jahr 2030 substituierten fossilen Endenergiebedarf durch die Versorgungsoption „Fernwärme“. Das vorgegebene Potenzial wurde priorisiert zur Substitution der Heizölmengen eingesetzt. Zusätzlich konnte in allen geeigneten Gebäudeclustern auch fossiles Erdgas substituiert werden.

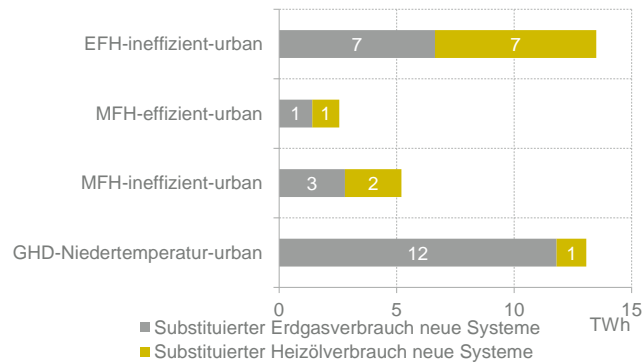


Abbildung 20: Durch die Versorgungsoption „Nah-/Fernwärme“ substituierter fossiler Endenergiebedarf im Jahr 2030

Die Berechnung des zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials zeigt, dass im Zeitraum 2022 bis 2030 in geeigneten Gebäudeclustern zusätzlich 1 Mio. Fernwärmesysteme (Übergabestationen) installiert werden können. Dadurch werden 12 TWh Heizöl und 23 TWh Erdgas im Jahr 2030 substituiert. Das angenommene Ausbaupotenzial (vgl. Abbildung 10) wird vollständig ausgeschöpft. Hierdurch können im Zeitraum 2022-2030 39 Mio. t CO<sub>2</sub> im Gebäudesektor eingespart werden. Im Jahr 2030 entspricht dies einem Wert von 7 Mio. t CO<sub>2</sub> (Abbildung 21).

Die dargestellte Einsparung ergibt sich auf Basis der Bilanzierung nach Quellprinzip lediglich durch die Verdrängung der fossilen Energieträger Heizöl und Erdgas durch die zusätzlichen Fernwärmeanschlüsse. Der sinkende Nutzenergiebedarf der betroffenen Gebäude bis 2030 kann durch die steigende Zahl an Anschlüssen überkompensiert werden. Die insgesamt im Gebäudesektor abgesetzte Fernwärmemenge steigt bis zum Jahr 2030 auf 98 TWh.

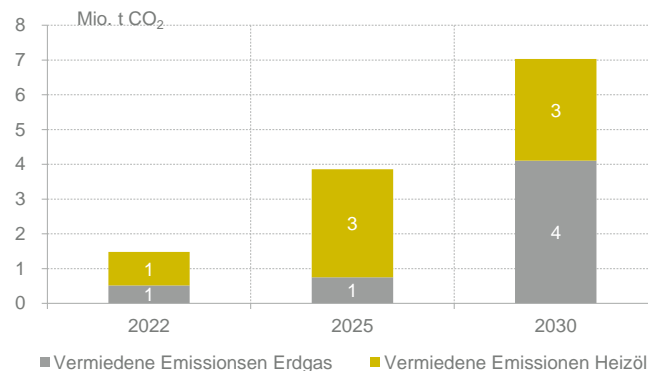


Abbildung 21: Kumulierte vermiedene Emissionen gegenüber dem Referenzszenario durch Einsatz von Fernwärmesystemen

Die genutzte Fernwärme stammte im Jahr 2020 zu etwa 24 % aus Erneuerbaren oder Abwärme, zu 47 % aus Erdgas und zu 19 % aus Kohle. Der verbleibende Anteil wird unter anderem durch nicht biogenen Abfall und Mineralöl gedeckt. Durch die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung, welche heute etwa 81 % der Fernwärmeerzeugung abdeckt<sup>68</sup>, können bereits große Mengen Energie und CO<sub>2</sub> gegenüber der ungekoppelten Erzeugung eingespart werden. Für eine weitere Minderung der Emissionen der Fernwärmeerzeugung müssen deutlich mehr erneuerbare Energien und Abwärme in die Wärmenetze integriert werden (vgl. mögliche Entwicklung in Abbildung 11). Nur so lassen sich die sinkenden Kapazitäten von Kohle-KWK substituieren.

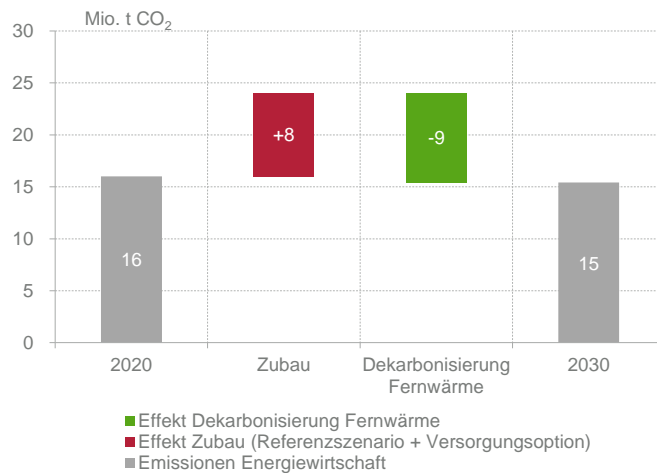
Gemäß Bilanzierung des nationalen Treibhausgasinventars fallen auf die Fernwärmenutzung im Gebäudesektor keine Emissionen an (vgl. Kapitel 5.1). Tatsächlich müssen den vermiedenen Emissionen jedoch auch verursachte Emissionen im Sektor Energiewirtschaft gegenübergestellt werden. Abbildung 22 zeigt den Effekt des Ausbaus der Fernwärme auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Sektor Energiewirtschaft. Dieser inkludiert den Ausbau innerhalb des Referenzszenarios und den zusätzlichen Ausbau der Versorgungsoption Fernwärme. Durch die Erhöhung der Fernwärmeerzeugung bei gleichbleibendem Emissionsfaktor würden im Jahr 2030 gegenüber 2020 zusätzliche 8 Mio. t CO<sub>2</sub> in der Energiewirtschaft anfallen (roter Balken)<sup>69</sup>. Diesem Mengeneffekt steht jedoch die voranschreitende Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugungsstruktur gegenüber. Die Verbesserung des Emissionsfaktors würde bei konstanter Fernwärmeerzeugung des Jahres 2030 zu Emissionseinsparungen i. H. v. 9 Mio. t CO<sub>2</sub> führen (grüner Balken)<sup>70</sup>. Insgesamt können die Emissionen der Fernwärmeerzeugung im Sektor Energiewirtschaft im Jahr 2030 gegenüber 2020 trotz erhöhter Erzeugung um 1 Mio. t reduziert werden.

---

<sup>68</sup> AGFW (2020)

<sup>69</sup> (Fernwärmeerzeugung 2030 – Fernwärmemenge 2020) \* Emissionsfaktor Fernwärme 2020

<sup>70</sup> (Emissionsfaktor 2030 – Emissionsfaktor 2020) \* Fernwärmeerzeugung 2030

Abbildung 22: Effekt des Zubaus von Fernwärme auf Emissionen der Energiewirtschaft<sup>71</sup>

### 6.3.4 Brennwertheizung mit erneuerbarem/dekarbonisiertem Gas

Gasbasierte Heizungssysteme machen sowohl im Bestand als auch beim Absatz neuer Systeme der letzten Jahre den größten Anteil aus. Die Anlagen werden derzeit noch fast vollständig durch fossiles Erdgas gespeist. In dieser Studie wird die Technologie in Kombination mit erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen als Versorgungsoption zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen betrachtet. Diese kann, sofern ein Anschluss an das Gasnetz möglich ist, in allen Gebäudeclustern zum Einsatz kommen. Für die Modellierung des Minderungspotenzials wurden alle Gebäude betrachtet, bei denen bereits im Referenzszenario ein gasbasiertes Heizungssystem zugebaut wurde oder vorhanden war. Abbildung 23 zeigt den im Jahr 2030 substituierten fossilen Endenergiebedarf durch die Versorgungsoption „Brennwertheizung mit klimaneutralem Gas“. Insgesamt werden im Jahr 2030 in den Gebäudeclustern 88 TWh Erdgas substituiert, wovon 86 TWh auf bestehende Gassysteme fallen. Dabei wird das in Abbildung 12 dargestellte Potenzial für erneuerbare/dekarbonisierte Gase berücksichtigt.

<sup>71</sup> Da neben dem Zubau der Versorgungsoption "Nah-/Fernwärme" auch der Zubau innerhalb des Referenzszenarios dargestellt ist, ist das Jahr 2020 als Basisjahr gewählt.



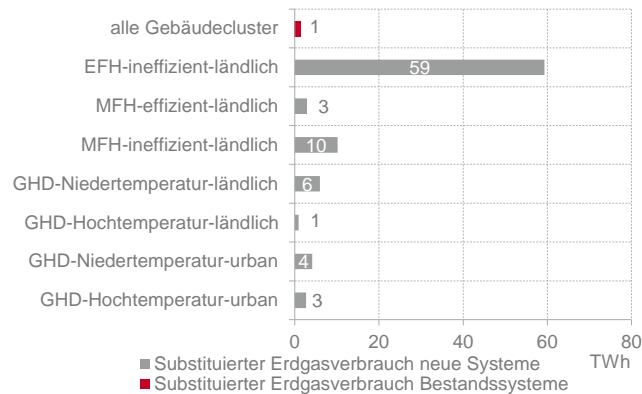


Abbildung 23: Durch die Versorgungsoption "Brennwertheizung mit klimaneutralem Gas" substituierter fossiler Endenergiebedarf im Jahr 2030

Dies entspricht eingesparten Emissionen in Höhe von 16 Mio. t CO<sub>2</sub> im Jahr 2030 (Abbildung 24). Davon fallen 0,3 Mio. t CO<sub>2</sub> auf den Einsatz erneuerbarer/dekarbonisierter Gase in bestehenden gasbasierten Heizungssystemen.

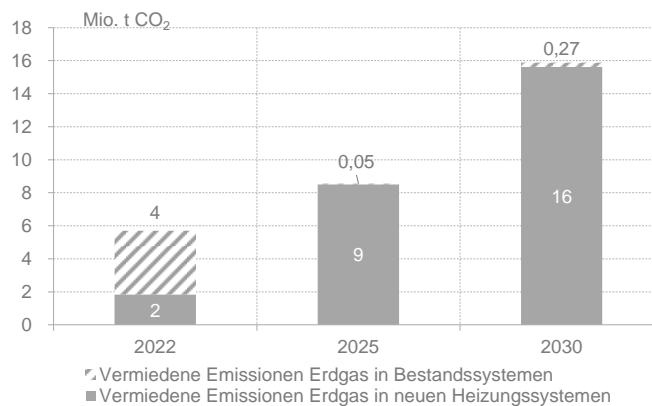


Abbildung 24: Kumulierte vermiedene Emissionen gegenüber dem Referenzszenario durch Einsatz von Gas-Brennwertheizungen mit erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen

Über die bestehende Transport- und Verteilernetzstruktur werden heute bereits über 14 Mio. Letztverbraucher mit Gas versorgt<sup>72</sup>. Diese Netze können künftig vermehrt für den Transport und die Verteilung klimaneutraler Gase genutzt werden. Während für die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials aufgrund der gleichen Emissionsfaktoren die Unterschiede zwischen klimaneutralem Methan und Wasserstoff außer Acht gelassen wurden, müssen diese in der Realität insbesondere bei steigenden Wasserstoffanteilen Berücksichtigung finden. Dies gilt sowohl für die Inf-

<sup>72</sup> Bundesnetzagentur und Bundeskartellamt (2021) (Marktllokationen im Verteiler- und Fernleitungsnetz Haushalte, GHD und Industrie)

rastruktur selbst als auch für die Endkundengeräte. Bereits heute ist eine Beimischung von 10 Volumenprozent ohne Anpassungsbedarfe möglich<sup>73</sup>. Neugeräte sollen nach Angaben eines Herstellers zudem ab 2025 auch für 100 % Wasserstoffspeicherung geeignet sein<sup>74</sup>. Mit dem angenommenen Potenzial an Wasserstoff werden bis 2030 im Rahmen dieser Studie noch keine Geräte mit einer derart hohen Tauglichkeit für H<sub>2</sub> und somit auch keine Austauschbedarfe für bestehende Systeme betrachtet.

Die substituierte fossile Erdgasmenge in bestehenden gasbasierten Systemen unterstreicht den Vorteil des Einsatzes von Wasserstoff im Wärmemarkt. Er ermöglicht die Weiternutzung der bestehenden Infrastruktur, verlagert die Aufgabe der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung von einer großen Zahl an Kunden hin zu wenigen Akteuren und kann gleichzeitig auch in Szenarien Anwendung finden, in denen nur geringe Fortschritte im Bereich der energetischen Sanierung umsetzbar sind.

Dies setzt jedoch voraus, dass Wasserstoff tatsächlich in der angenommenen Größenordnung bis 2030 zur Verfügung steht. Bisher wird in der politischen Diskussion über die aufkommende Wasserstoffwirtschaft der Fokus auf den Industrie- und Verkehrssektor gelegt. Eine Priorisierung erscheint mit Blick auf Einsatzbereiche, für die keine sonstigen Alternativen zur Dekarbonisierung zur Verfügung stehen, sinnvoll. Dennoch kann die Nutzung von klimaneutralem Wasserstoff im Wärmemarkt den Hochlauf der Erzeugungs- und Importstrukturen unterstützen. Hierfür ist ein frühzeitiges Bekenntnis für den Einsatz im Wärmemarkt von Seiten der Politik notwendig.

### **6.3.5 Sonstige CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale**

Neben der energetischen Sanierung und dem Wechsel der Energieträger können weitere technische Optionen zur Reduktion des Nutzenergiebedarfs und somit zur Minderung der Emissionen im Gebäudesektor beitragen.

Der in allen Gebäuden notwendige Luftwechsel bietet Potenziale zur Energieeinsparung. Lüftungswärmeverluste machen im Altbau etwa 20-35 % der gesamten Wärmeverluste aus<sup>75</sup>. Durch einfache Lüftungsanlagen ohne Wärmerückgewinnung

---

<sup>73</sup> DVGW (2019)

<sup>74</sup> frontier economics (2021)

<sup>75</sup> Umweltbundesamt (2017)

(WRG) können in Bestandsgebäuden bereits Endenergieeinsparungen von 20 % erreicht werden. Mit zusätzlicher WRG liegen diese bei bis zu 60 %<sup>76</sup>. Bei der Nutzbarmachung der thermischen Energie der Abluftströme sind Wärmerückgewinnungsgrade von über 90 % erreichbar<sup>77</sup>. Nach Berechnungen des Wuppertal Institut aus dem Jahr 2018 birgt die Nachrüstung von 30% des Gebäudebestandes mit Lüftungsanlagen mit WRG ein CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial von 5,97 Mio. t pro Jahr (vgl. Abbildung 25).

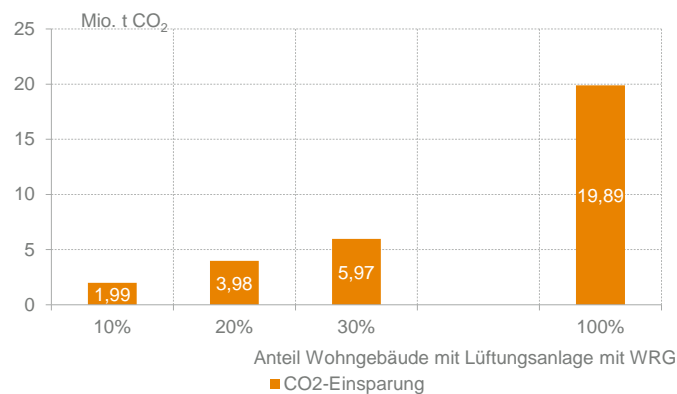


Abbildung 25: Jährliches CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial durch die Nutzung von Lüftungsanlagen mit WRG in Wohngebäuden<sup>78</sup>

Mit sinkendem Heizwärmebedarf kommt der Warmwasserversorgung eine immer höhere Bedeutung zu. Bei Heizungstausch sollte überprüft werden, ob eine Trennung der Heizwärme- von der Warmwasserversorgung sinnvoll ist, um Bereitschafts- und Verteilverluste auf ein Minimum zu reduzieren und Vorlauftemperaturen konsequent zu senken. Vor allem für Wärmepumpensysteme ist eine dezentrale Warmwasserversorgung über Durchlauferhitzer in Betracht zu ziehen, um die Effizienz des Gesamtsystems zu steigern.

Zusätzliche Effizienzpotenziale können durch Raum- und Gebäudeautomationssysteme erschlossen werden. Diese werden im Bereich der Wohngebäude oftmals mit dem Begriff „Smart Home“ beschrieben. In einer Studie des Borderstep Instituts

<sup>76</sup> Wuppertal Institut (2018)

<sup>77</sup> Wuppertal Institut (2018)

<sup>78</sup> Eigene Darstellung nach Wuppertal Institut (2018)

wird das CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial von Gebäudeautomation bzw. Energiemanagement im Wohngebäudebereich im Jahr 2030 auf 2,1 bis 7,5 Mio. t CO<sub>2</sub> geschätzt, abhängig von der Entwicklung der Ausstattungsrate<sup>79</sup>.

Eine weitere Maßnahme ist die Heizungsoptimierung durch hydraulischen Abgleich. Sie ist insbesondere bei Heizungserneuerungen oder anderen größeren Maßnahmen am Gebäude sinnvoll und mit niedrigen Investitionsanforderungen umsetzbar<sup>80</sup>.

### 6.3.6 Gesamtüberblick

Mit den untersuchten Versorgungsoptionen können unter Berücksichtigung der angenommenen Potenziale gegenüber dem Referenzszenario zusätzlich 18 TWh Heizöl und 162 TWh Erdgas im Jahr 2030 substituiert werden. Die jeweiligen Substitutionsbeziehungen der ursprünglichen Heizungssysteme mit den Versorgungsoptionen sind in Abbildung 26 dargestellt. Die Substitution der erdgasbeschickten Systeme birgt aufgrund der hohen Durchdringung ein hohes CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial. Gleichzeitig ist das spezifische Einsparpotenzial je substituierter Einheit Heizöl höher. Aufgrund der gewählten Berechnungsmethodik werden Heizölsysteme nicht durch gasbasierte Versorgungsoptionen substituiert (vgl. Fußnote 62). Ein solcher Tausch erfolgt jedoch bereits im Referenzszenario.

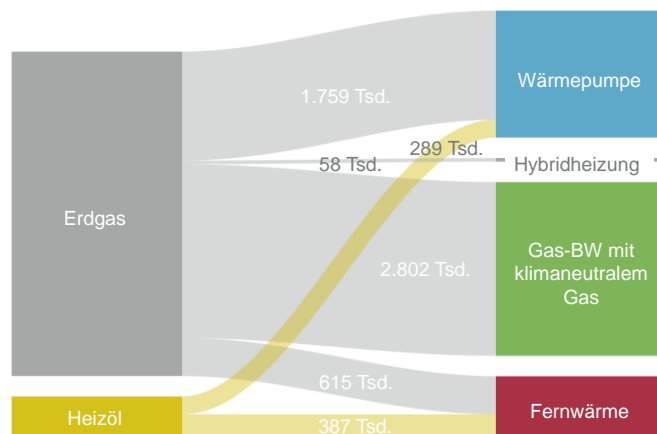


Abbildung 26: Wechselbewegung der ursprünglich im Referenzszenario zugebauten Systeme auf fossiler Brennstoffbasis (links) zu den Versorgungsoptionen (rechts)

<sup>79</sup> Borderstep Institut (2019)

<sup>80</sup> BMWi (2015)

Das resultierende gesamte CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial der betrachteten Versorgungsoptionen ist in Abbildung 27 dargestellt. Die graue Kurve stellt die Entwicklung des Referenzszenarios dar, bei der eine Zielverfehlung von etwa 33 Mio. t CO<sub>2</sub> eintritt. Die orange Kurve stellt den CO<sub>2</sub>-Minderungspfad unter Einsatz der betrachteten Versorgungsoptionen dar. Durch diese wird im Jahr 2030 ein CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 60 Mio. t erreicht und das Ziel somit um etwa zwei Tonnen übererfüllt.

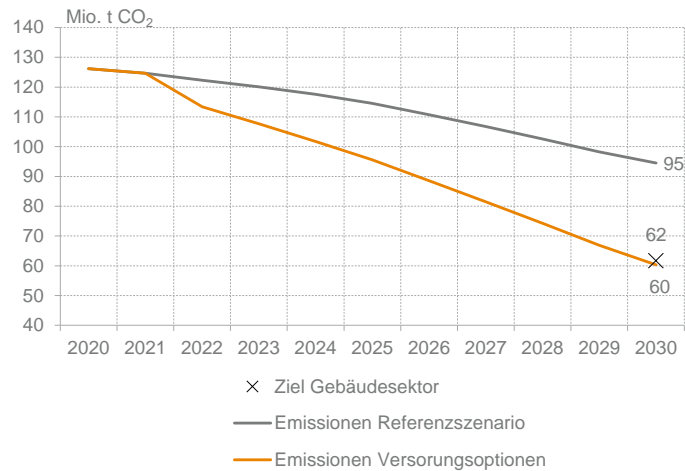


Abbildung 27: Gesamtes CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial der Versorgungsoptionen

Die untersuchten Versorgungsoptionen tragen in unterschiedlichem Maße zur CO<sub>2</sub>-Reduktion bei. In Abbildung 28 ist der jeweilige Beitrag der Versorgungsoptionen zum erreichten Emissionslevel dargestellt. Dabei werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Jahres 2020 denen des Jahres 2030 gegenübergestellt.

Ausgehend von den 126 Mio. t CO<sub>2</sub> im Jahr 2020 werden bereits in der Referenzentwicklung etwa 32 Mio. t CO<sub>2</sub> gegenüber 2020 eingespart werden (gestrichelte Balken). Diese Reduktion lässt sich auf die Verbesserung der Gebäudeenergieeffizienz (13,4 Mio. t) und den Energieträgerwechsel zurückführen (-18,2 Mio. t)<sup>81</sup>.

Darüber hinaus kann der zusätzliche Einsatz von Wärmepumpen weitere 11 Mio. t CO<sub>2</sub> einsparen. Hybridsysteme leisten nur einen geringen Beitrag von unter 1 Mio. t CO<sub>2</sub>. Durch den Ausbau der Fernwärme werden 7 Mio. t gegenüber 2020 eingespart. Der Einsatz erneuerbarer/dekarbonisierter Gase in neu installierten Brennvorgängen senkt die Emissionen um weitere 15,6 Mio. t. Ein kleiner zusätzlicher Beitrag wird durch den Einsatz der klimaneutralen Gase in Bestandssystemen geleistet (-0,3 Mio. t CO<sub>2</sub>). Das Ergebnis unterstreicht die Bedeutung der bestehenden Inf-

<sup>81</sup> Vereinfacht wurde der Effekt der Gebäudeenergieeffizienz anhand des prozentualen Rückgangs des Nettowärmebedarfs abgeschätzt.

rastrukturen für die Erreichung des Klimaziels. Diese gilt es jedoch nicht nur zu erhalten, sondern sie für die zunehmende Integration erneuerbarer Energien weiterzuentwickeln.

Zusätzlich zum Minderungspotenzial der Versorgungsoptionen wurde auch der Effekt des zusätzlichen Ausbaus von Wärmepumpen, Hybridsystemen und Fernwärme auf den Sektor Energiewirtschaft untersucht. Grundlage für die Berechnung sind die in Abschnitt 6.2.1 genannten Annahmen zur Entwicklung der Emissionsfaktoren des Strommix und der Fernwärme. So tragen die im Zeitraum 2020 bis 2030 installierten Wärmepumpen und Hybridsysteme zu zusätzlichen 2,4 Mio. t CO<sub>2</sub> im Sektor Energiewirtschaft bei (vgl. Abbildung 17), während sich trotz des Ausbaus der Fernwärme die Emissionen im Sektor Energiewirtschaft um 0,6 Mio. t reduzieren (vgl. Abbildung 22).

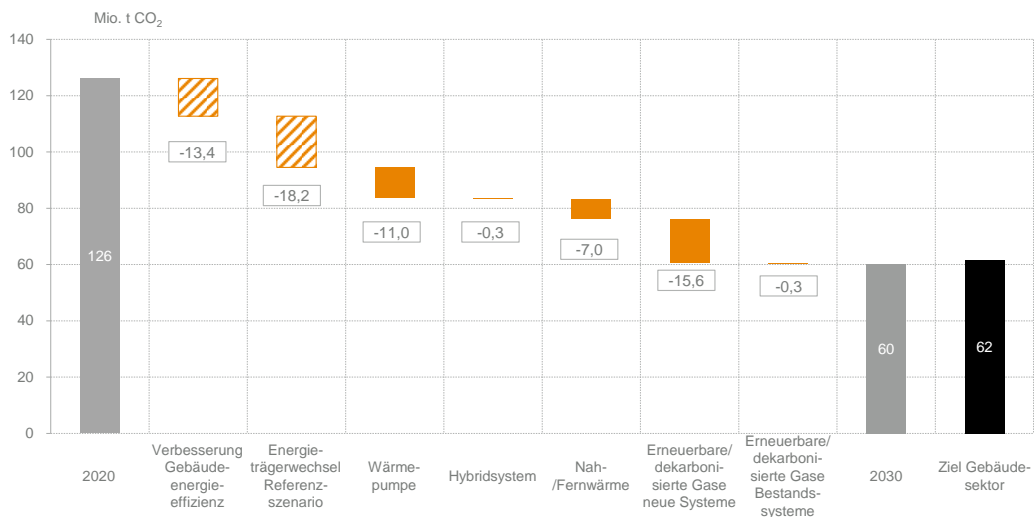


Abbildung 28: CO<sub>2</sub>-Minderungsbeitrag der Versorgungsoptionen

Neben Wärmepumpen und der Fernwärme leisten erneuerbare/dekarbonisierte Gase einen wesentlichen Beitrag zur Verdrängung der fossilen Energieträger. Abbildung 29 stellt dar, welcher Teil des zu substituierenden fossilen Erdgases durch das unterstellte Potenzial an erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen gedeckt wird. Dabei sind sowohl der Bedarf für die im Zeitraum 2022 bis 2030 installierten Gas-Brennwertheizungen (grau ausgefüllt) als auch der zusätzliche Bedarf der bestehenden gasbasierten Systeme (gestrichelt) dargestellt. Es zeigt sich, dass in Abhängigkeit vom Zubau neuer Systeme ein mehr oder weniger großer Anteil der bestehenden gasbasierten Systeme mit erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen versorgt werden kann. Die Darstellung bezieht sich auf die aggregierten Bedarfe der Haushalte und GHD.

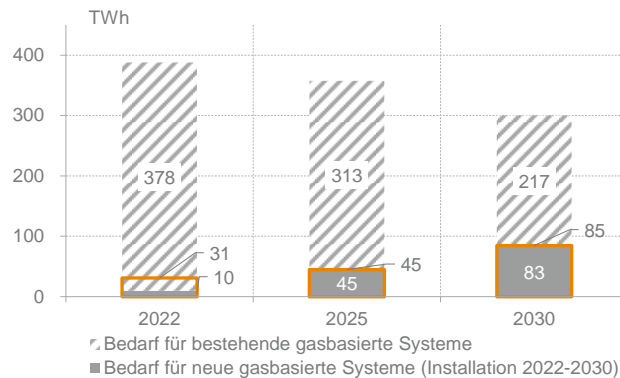


Abbildung 29: Bedarf und Potenzial erneuerbarer/dekarbonisierter Gase im Gebäudesektor

Unter Einsatz der untersuchten Versorgungsoptionen ab dem Jahr 2022 kann im Jahr 2030 gegenüber der Entwicklung des Referenzszenarios ein zusätzliches CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial von 35 Mio. t gegenüber 2020 gehoben werden. Mit einer prozentualen Reduktion von -69 % im Jahr 2030 gegenüber 1990 wird das Sektorziel des Gebäudesektors damit um einen Prozentpunkt übererfüllt. Dies bedeutet jedoch auch, dass unter den gesetzten Prämissen zur Entwicklung der Gebäudeenergieeffizienz und den angenommenen Nutzungsdauern der Systeme die anstehenden Neubau- und Ersatzzyklen konsequent zur Substitution von fossilen Energieträgern genutzt werden müssen.

Die sektorübergreifende Bewertung der Emissionen unterstreicht, dass neben dem Wechsel zu klimaneutralen Versorgungsoptionen, der Verfügbarkeit von erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen und der Verbesserung der Gebäudeenergieeffizienz zwingend die Dekarbonisierung der Energieträger Strom und Fernwärme vorangetrieben werden muss.

## 7 Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich der Zielsetzung für klimaneutrale Wärme des Koalitionsvertrages

Die im Dezember 2021 vereidigte neue Bundesregierung verstärkt die Ambitionen in der Wärmewende. So sieht der im November 2021 vorgestellte Koalitionsvertrag unter anderem eine Erhöhung des Anteils klimaneutral erzeugter Wärme auf 50 % bis zum Jahr 2030 vor<sup>82</sup>. Vor diesem Hintergrund soll im vorliegenden Gutachten als Exkurs zusätzlich zur Frage der erreichbaren THG-Minderungen untersucht werden, inwieweit das Quotenziel zur klimaneutralen Wärmeerzeugung bis zum Jahr 2030

<sup>82</sup> SPD, BÜNDNIS90/DIE GRÜNEN, FDP (2021)

im Gebäudesektor erreicht wird. Die Bewertung erfolgt sowohl für das Referenzszenario als auch für das Szenario unter Einsatz der Versorgungsoptionen.

Hinsichtlich der formulierten Zielsetzung des Koalitionsvertrages, dass „bis 2030 50 Prozent der Wärme klimaneutral“ erzeugt werden solle, ist noch unklar, auf welche konkrete Bezugsgröße sich diese Zielquote bezieht. Diese könnte beispielsweise der Endenergiebedarf für die Wärmebereitstellung des Gebäudesektors und/oder der Industrie, der etwaige Nutzwärmebedarf oder auch die Leistung betreffender Wärmeerzeuger sein. Auch die Beschreibung „klimaneutral“ bedarf einer Konkretisierung, insbesondere mit Blick auf die Sekundärenergieträger Strom und Fernwärme. Aufgrund der fehlenden Definition ist unklar, ob die Zielquote bereits durch eine existierende Statistik beschrieben wird. So gibt beispielsweise die Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energien für das Jahr 2020 einen Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte von 15,3% an (ohne Strom, Fernwärme und Abwärme)<sup>83</sup>.

Für die Bewertung innerhalb dieses Gutachtens wird die Quote auf den klimaneutral bereitgestellten Anteil des Endenergieverbrauchs für Wärme im Gebäudesektor bezogen. Als klimaneutral gelten hierbei die erneuerbaren Energien Solarthermie, Geothermie, Umweltwärme und Biomasse, unvermeidbare Abwärme sowie die erneuerbaren/ klimaneutralen Gase Biomethan, grüner und blauer Wasserstoff. Strom und Fernwärme, welche im Sinne des KSG im Gebäudesektor als treibhausgasneutral gelten, werden für die Bewertung nicht als vollständig klimaneutral definiert. Stattdessen gehen sie anteilig entsprechend ihres angenommenen künftigen Erzeugungsmixes nach Abbildung 9 und Abbildung 11 in die Quote ein. Dabei wird gleichermaßen die oben genannte Definition klimaneutraler Energieträger zugrunde gelegt. Diesen Annahmen folgend ist der Strom im Jahr 2030 zu 68 % klimaneutral und die Fernwärme zu 35 %. Die Annahme für den Strom liegt noch unter der ambitionierten Zielsetzung des Koalitionsvertrages von 80% Erneuerbaren Energien am Bruttostrombedarf bis 2030<sup>84</sup>. Der angenommene klimaneutrale Anteil an der Fernwärme liegt über der Zielsetzung des Richtlinienentwurfs der BEW, in dem ein Anteil von 30 % Erneuerbaren und Abwärme in Netzen angestrebt wird<sup>85</sup>.

---

<sup>83</sup> AGEE (2021)

<sup>84</sup> Abbildung 9 stellt den Nettostrombedarf dar, während die Zielsetzung des Koalitionsvertrages sich auf die Bruttostromerzeugung bezieht. Bei einem direkten Vergleich der Nettostromerzeugung fiel die Differenz tendenziell höher aus.

<sup>85</sup> BMWi (2021c)



Abbildung 30 zeigt die ermittelte Quote für das Referenzszenario und für das Szenario mit den Versorgungsoptionen. Der Anteil klimaneutraler Wärme im Gebäudesektor steigt im Referenzszenario von 20 % im Jahr 2020 auf 29 % im Jahr 2030. Dagegen steigt die Quote durch den Einsatz der Versorgungsoptionen um zusätzliche 18 Prozentpunkte auf 47 %. Damit wird die Zielsetzung nur knapp unterschritten. Das Ergebnis unterstreicht das Potenzial der betrachteten Versorgungsoptionen.

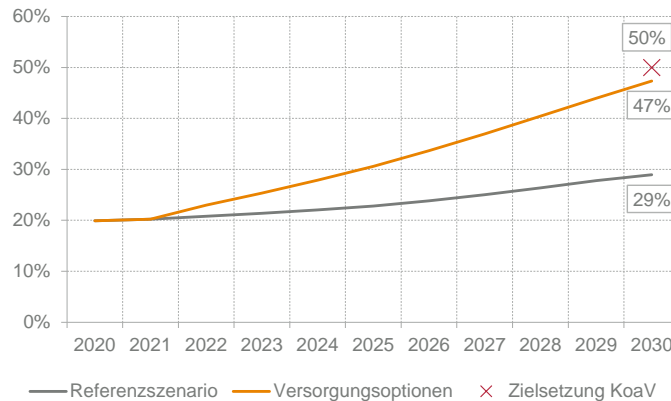


Abbildung 30: Anteil des klimaneutralen Endenergiebedarfs für Wärme im Gebäudesektor

Abbildung 31 verdeutlicht, wie stark die einzelnen betrachteten Versorgungsoptionen zur Erhöhung der Quote bis zum Jahr 2030 beitragen. Im Referenzszenario steigt der Anteil gegenüber 2020 lediglich um ca. 9%. Die Versorgungsoptionen Wärmepumpen und Hybridsysteme erhöhen durch die Nutzung des anteilig klimaneutralen Stroms und der Umweltwärme die Quote um weitere 8 Prozentpunkte. Dabei ist der Beitrag erneuerbarer/dekarbonisierter Gase in Hybridsystemen nicht inkludiert, sondern im gleichnamigen Balken. Diese tragen zu einer Erhöhung des Anteils um knapp 9 Prozentpunkte bei. Die Fernwärme leistet weitere 2 Prozentpunkte. Dies stellt im Vergleich zu ihrem ermittelten CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial einen vergleichsweise geringen Beitrag dar, welcher jedoch direkt von der gewählten Berechnungsmethodik und den getroffenen Annahmen abhängt. Da bei der Bewertung des Minderungspotenzials alle Versorgungsoptionen im Sinne des KSG als gleichermaßen klimaneutral im Gebäudesektor gelten, ist für die Bewertung neben den zugrunde gelegten Potenzialen auch entscheidend, in welchem Maße durch die Versorgungsoptionen Emissionen durch Heizöl oder fossiles Gas verdrängt werden. Im Gegensatz dazu unterscheiden sich innerhalb der Bewertung des Anteils klimaneutraler Wärme die Versorgungsoptionen hinsichtlich ihrer klimaneutralen Eigenschaft. Im Fall der Wärmepumpen kommt verstärkend hinzu, dass Umweltwärme nutzbar gemacht wird.

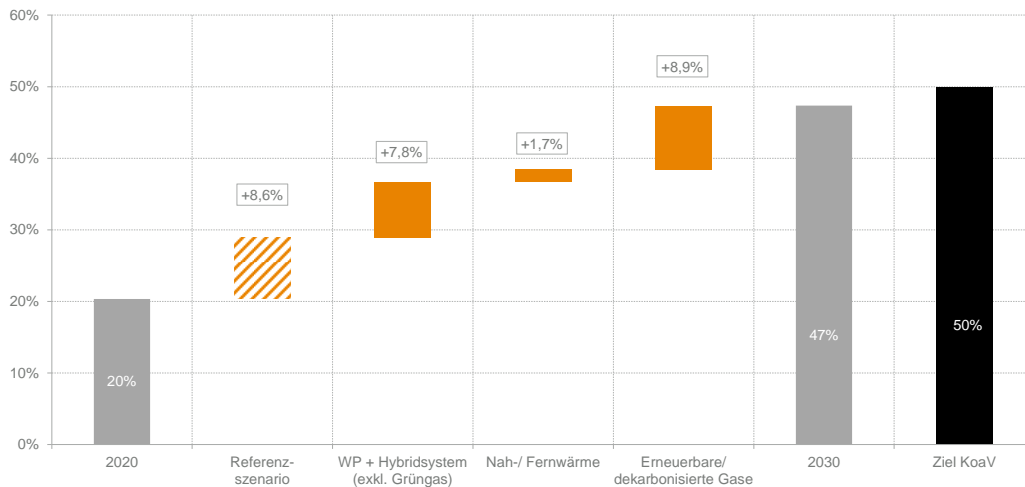


Abbildung 31: Beitrag der Versorgungsoptionen zum Anteil klimaneutraler Wärme im Gebäudesektor

Trotz des bestehenden Konkretisierungsbedarfs hinsichtlich der Zielsetzung des Koalitionsvertrages, wird durch die Ergebnisse deutlich, dass die Klimaneutralität des Gebäudesektors zwingend mit der Dekarbonisierung des Sektors Energiewirtschaft einhergehen muss.

## 8 Volkswirtschaftliche Bewertung

Die Heterogenität des Gebäudesektors in Kombination mit den unterschiedlichen Anforderungen der Heiztechnologien verdeutlicht, dass der breite Mix der verfügbaren Versorgungsoptionen für eine erfolgreiche Transformation des Gebäudesektor nutzbar gemacht werden muss. Gleichzeitig können sich auch aus volkswirtschaftlicher Sicht Vorteile eines technologieoffenen Ansatzes ergeben. Dies konnte anhand eines Systemkostenvergleichs zweier Szenarien zum künftigen Energiesystem in einer Studie der enervis gezeigt werden<sup>86</sup>. Dabei setzt ein Szenario auf die vornehmliche Elektrifizierung der Nachfragesektoren - so auch des Wärmemarktes – während das andere dem Grundsatz der Technologieoffenheit folgt und damit auch die Nutzung von erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen im Wärmemarkt einschließt. Wärmenetze leisten in beiden Szenarien gleichermaßen einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele im Wärmemarkt.

Die künftige Entwicklung des Wärmemarktes hat direkte Auswirkungen auf die Energieinfrastruktur. Zum einen, da Gasverteilernetze heute vor allem durch die Wärmenachfrage zahlreicher Endkunden im Gebäudesektor geprägt sind. Beste-

<sup>86</sup> enervis (2021)

hende Wärmenetze werden einer weitreichenden Transformation in Richtung klimaneutraler Erzeugung unterzogen und zudem ausgebaut und verdichtet werden. Gleichzeitig stellt der zunehmende Einsatz von elektrischen Wärmepumpen neue Anforderungen an die Strominfrastruktur.

Ein technologieoffener Ansatz zur Erreichung der Klimaziele im Gebäudesektor zeichnet sich durch die parallele und einander ergänzende Nutzung der Strom-, Gas- und Wärmenetzinfrastruktur aus. Mit vermehrter Stromerzeugung aus fluktuierenden erneuerbaren Energien wird es zu stärkeren Abweichungen zwischen Angebot und Nachfrage kommen. Über Elektrolyseure können überschüssige erneuerbare Strommengen in grünen Wasserstoff umgewandelt, über das bestehende Gasnetz transportiert und an Endkunden verteilt werden. Neben dem großen CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial von grünen Wärmenetzen bieten auch diese eine zusätzliche Flexibilität für den Strommarkt, z. B. durch die Einbindung von Großwärmepumpen. So bieten Gas- und Wärmenetze die Chance, den Transport- und damit den Ausbaubedarf in den Stromübertragungsnetzen sowie den Bedarf an Batteriespeichern zu reduzieren.

Daneben besteht in einem System, welches im genannten Gutachten einseitig auf die weitestgehende Elektrifizierung des Wärmesektors setzt, die Herausforderung hoher Residuallastspitzen, welchen gesicherte Kraftwerksleistung entgegengestellt werden muss. Die aufgrund der Temperaturabhängigkeit hohe Gleichzeitigkeit der Wärmepumpennachfrage führt in den Stromverteilnetzen zu einem erhöhten Ausbaubedarf. Der Zubau von Wärmepumpen ist auch an die Fortschritte der energetischen Gebäudesanierung geknüpft.

Um das CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial erneuerbarer/dekarbonisierter Gase im Gebäudesektor zu heben, bedarf es nicht nur der Weiternutzung, sondern auch der Weiterentwicklung der bestehenden Gasinfrastruktur in Richtung H<sub>2</sub>-Readiness. Die Integration von Wasserstoff kann durch Beimischung und die schrittweise vollständige Umwidmung von Netzabschnitten erfolgen. Die damit verbundenen Zusatzkosten können bei weitem durch die Einsparungen im Bereich des Stromnetzausbaus überkompensiert werden. Eine Abkehr von gasförmigen Energieträgern im Gebäudesektor würde wiederum hohe Kosten der Stilllegung von Netzen mit sich ziehen.

Da für Wärmenetze in beiden Szenarien ein identischer Transformations- und Ausbaupfad unterstellt wurde, sind sie nicht Teil des volkswirtschaftlichen Kostenvergleichs. Dennoch steht fest, dass nur durch sie eine effiziente Erschließung und Verteilung von Wärmequellen wie tiefer Geothermie oder industrieller Abwärme ermöglicht wird, welche für eine erfolgreiche Wärmewende dringend benötigt wird.

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass getrieben durch geringere Kosten für die energetische Sanierung, den verminderten Ausbaubedarf der Stromnetze und einen

niedrigeren Bedarf an gesicherter Kraftwerksleistung ein technologieoffener Zielerreichungspfad bis 2045 gegenüber einem Fokus auf Elektrifizierung mit einem Gesamtkostenvorteil von 244 Mrd. € verbunden ist.

## 9 Betriebswirtschaftlicher Vergleich

Mit der Modellierung des Minderungspotenzials der Versorgungsoptionen konnte gezeigt werden, dass durch die Anwendung eines breiten Energieträgermixes zur Verdrängung fossiler Energieträger – bei einer realistischen Entwicklung der Sanierungsaktivitäten – die Erreichung des Klimaziels des Gebäudesektors im Jahr 2030 ambitioniert, aber möglich ist. Zusätzlich gehen mit einer diversifizierten Wärmeversorgung und der Weiternutzung der bestehenden Gasinfrastruktur volkswirtschaftliche Vorteile einher.

Der künftige Einsatz der Wärmeversorgungsoptionen ist jedoch direkt abhängig von der betriebswirtschaftlichen Perspektive der Endkunden bei ihrer Entscheidung für ein neues Heizungssystem. In diesem Kapitel werden deshalb die betrachteten Versorgungsoptionen hinsichtlich ihrer Vollkosten pro Jahr in unterschiedlichen Wohngebäudetypen verglichen. Die Vollkosten umfassen Kapitalkosten, betriebsgebundene Kosten sowie Brennstoffkosten und berücksichtigen Förderungen sowie den CO<sub>2</sub>-Preis nach BEHG. Die Annahmen zur Entwicklung dieser Kostenbestandteile bis 2030 sind im Anhang aufgeführt.

Der Vergleich der Jahresgesamtkosten unterschiedlicher Heizungssysteme existiert bereits mit dem vom BDEW veröffentlichten Heizkostenvergleich<sup>87</sup>. Hierauf aufbauend wird für eine Auswahl der dort aufgeführten Abnahmefälle zusätzlich die Entwicklung der Vollkosten bis zum Jahr 2030 dargestellt. Die hier betrachteten Abnahmefälle umfassen<sup>88</sup>:

- Einfamilienhaus (EFH) Altbau - Bestandssystem Öl-Altessel
- Mehrfamilienhaus (MFH) Altbau - Bestandssystem Gas-Altessel
- EFH Neubau - Effizienzhaus 55
- MFH Neubau - Effizienzhaus 55

Für diese Fälle werden jeweils, soweit im Heizkostenvergleich verfügbar, die Versorgungsoptionen im Fokus dieser Studie verglichen. Zusätzlich werden die Systeme mit Einsatz erneuerbarer/dekarbonisierter Gase in den Kostenvergleich einbezogen.

---

<sup>87</sup> BDEW (2021a), BDEW (2021b)

<sup>88</sup> Eine ausführliche Beschreibung der Abnahmefälle findet sich in BDEW (2021a), BDEW (2021b)

Dabei werden die Vollkosten unabhängig von der Verfügbarkeit der jeweiligen Gase für das Stützjahr 2021 und 2030 dargestellt. Die unterstellten Brennstoffpreise sind in Anhang A.1 dargestellt.

Im Altbau EFH mit Öl-Altessel würde heute aus betriebswirtschaftlicher Sicht noch ein Wechsel zur Gas-Brennwertheizung mit Erdgas erfolgen. Mittelfristig weist jedoch die Sole-Wasser-Wärmepumpe die geringsten Vollkosten auf. Die gasbasierten Optionen mit 100 %igem Einsatz von Biomethan oder grünem Wasserstoff sind heute noch keine wirtschaftlich attraktive Alternative. Im Jahr 2030 nähern sich die Vollkosten jedoch zumindest für den Einsatz in Hybridsystemen den Alternativen an.

Im MFH Altbau mit Gas-Altessel wäre sowohl 2021 als auch 2030 die Gas-Brennwertheizung mit Erdgaseinsatz das günstigste System. Von den CO<sub>2</sub>-ärmeren bzw. CO<sub>2</sub>-freien Alternativen weist heute die Fernwärme die niedrigsten Vollkosten auf. Für diese ist es umso wichtiger, dass sie trotz steigenden Anteils erneuerbarer Wärmequellen bezahlbar bleibt. Im Jahr 2030 bewegen sich die Vollkosten aller betrachteten Optionen abgesehen von grünem Wasserstoff auf einem sehr ähnlichen Niveau.

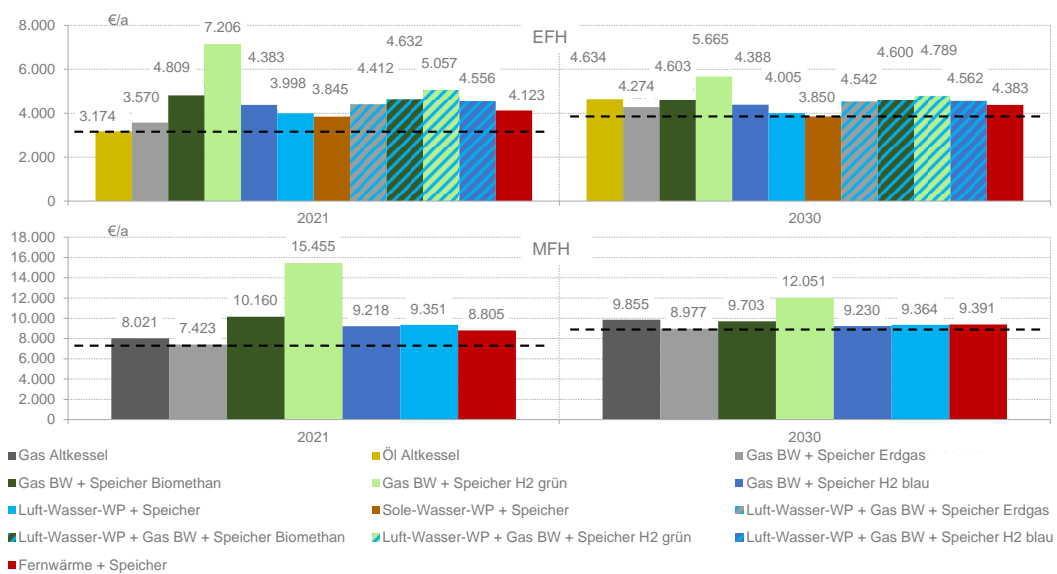


Abbildung 32: Vollkosten der Versorgungsoptionen – EFH und MFH Altbau<sup>89</sup>

<sup>89</sup> Als Basisjahr ist das Jahr 2021 gewählt, um den Effekt der nationalen CO<sub>2</sub>-Bepreisung einzubeziehen.

Im Neubau zeigen sich Wärmepumpensysteme sowohl heute als auch im Jahr 2030 als betriebswirtschaftlich attraktivste Versorgungsoption. Dies bedeutet jedoch nicht, dass sie tatsächlich in allen Neubauten eingebaut werden können und werden. Erdgas machte 2020 auch im Neubau noch etwa ein Drittel der genutzten Energieträger aus<sup>90</sup>. Dessen Substitution durch erneuerbare/dekarbonisierte Gase birgt ein erhebliches CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial. Allerdings ist dies im Vergleich zum fossilen Erdgaseinsatz mit höheren verbrauchsgebundenen Kosten verbunden. Bis 2030 wird dieses Delta jedoch kleiner. Im direkten Vergleich zu erdgasbasierten Optionen stellt auch die Fernwärme im EFH heute und im Jahr 2030 eine wirtschaftliche Option dar.

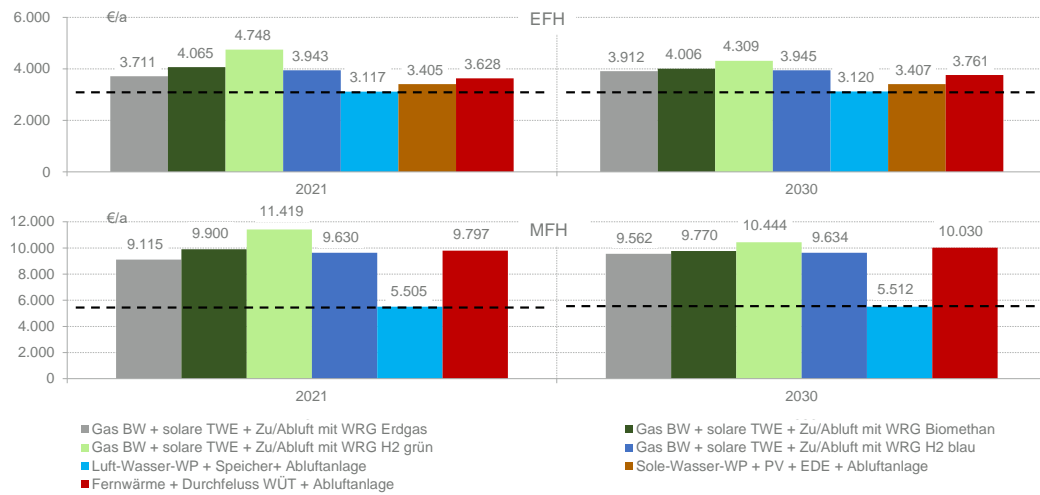


Abbildung 33: Vollkosten der Versorgungsoptionen – EFH Neubau Effizienzhaus 55<sup>91</sup>

Zur Hebung der THG-Minderungspotenziale des heterogenen Wohngebäudebestandes bis 2030 ist die Nutzung aller zur Verfügung stehenden Technologien notwendig. Dies umfasst auch die Nutzung erneuerbarer und dekarbonisierter Gase. Die Verfolgung eines technologieoffenen Ansatzes bietet zudem volkswirtschaftliche Vorteile. Diese Vorteile spiegeln sich jedoch oftmals nicht in den betriebswirtschaftlichen Überlegungen der Endkunden wider. Insbesondere erneuerbare/dekarbonisierte Gase sind aus der Endkundenperspektive aktuell und auch bis 2030 noch keine Option. Hier bedarf es eines entsprechenden Anreizsystems.

<sup>90</sup> BDEW (2021e)

<sup>91</sup> Als Basisjahr ist das Jahr 2021 gewählt, um den Effekt der nationalen CO<sub>2</sub>-Bepreisung einzubeziehen.

## 10 Ausblick auf 2045

Das Bundes-Klimaschutzgesetz beinhaltet das nationale Ziel der Erreichung einer Netto-Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045. Die Emissionen des Gebäudesektor müssen somit de facto auf null gesenkt werden. Im Vergleich zur angestrebten Reduktion im Zeitraum 2020 bis 2030 ist das durchschnittliche jährliche THG-Reduktionsziel im Zeitraum 2030 bis 2045 etwas geringer. Dennoch gehen mit einer vollständigen Dekarbonisierung mittel- bis langfristig neue Herausforderungen in allen Bereichen des Energiesystems einher.

Aufgrund des angenommenen schrittweisen Hochlaufs der Sanierungsaktivitäten ist im Zeitraum 2030 bis 2045 von höheren durchschnittlichen Sanierungsraten auszugehen. Somit können zusätzliche Emissionseinsparungen durch die verbesserte Gebäudeenergieeffizienz und den stärker rückläufigen Nutzenergiebedarf erreicht werden. Auch die Weiterentwicklung der Anforderungen an Neubaustandards leistet hierbei einen Beitrag. Eine solche Entwicklung ist jedoch nur mit Ausbau der Fachkräftekapazitäten möglich. Zugleich beeinflusst jedoch auch die Entwicklung der Einwohnerzahlen den langfristigen Nutzenergiebedarf im Gebäudesektor. Innerhalb dieser Studie wird von einem senkenden Effekt durch den Rückgang bis 2045 ausgegangen (vgl. Anhang A.1).

Das Ziel einer Treibhausgasneutralität im Gebäudesektor im Jahr 2045 kann nur durch die vollständige Substitution fossiler Energieträger erfolgen. Durch die Effizienzgewinne ist von einem weiteren deutlichen Zuwachs der Zahl an Wärmepumpen auszugehen. Hybridsysteme werden flankierend in Gebäuden mit höherer Heizlast eingesetzt. Es müssen somit zunehmend hohe und erneuerbar erzeugte Strommengen für die Wärmeversorgung des Gebäudesektors bereitgestellt werden. Mit dem Ausstieg aus der Kohleverstromung muss zudem neue gesicherte Kraftwerksleistung errichtet werden. Diese wird langfristig nicht mehr mit fossilem Erdgas, sondern zunehmend mit erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen beschickt. Neu entstehende Gaskraftwerke müssen deshalb frühzeitig den Anspruch an H<sub>2</sub>-Readiness erfüllen.

Nah- und Fernwärmesysteme werden im Zeitraum nach 2030 eine zunehmende Rolle bei der Dekarbonisierung des Gebäudesektors, insbesondere im städtischen Raum spielen. Die Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung erfolgt nicht nur durch Einbindung erneuerbarer Wärme und Abwärme. Auch flexible KWK-Anlagen mit Einsatz von erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen werden zum Einsatz kommen. Zusätzlich stellen Elektrolyseure eine neue Abwärmequelle dar, die in Wärmenetze eingebunden werden kann.

Während für die Berechnung des Minderungspotenzials innerhalb der Studie von einer Beimischung von Wasserstoff von 10 Volumenprozent im gesamten Gasverteil-

netz ausgegangen wurde, kann damit gerechnet werden, dass dieser Anteil schrittweise erhöht wird. Dadurch kann ein immer größerer Anteil des fossilen Erdgases substituiert werden. Neben der Beimischung von Wasserstoff werden vermehrt Teilnetze existieren, die vollständig auf Wasserstoff umgestellt sind. Das CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial, das sich aus der Weiterentwicklung der bestehenden Gasnetze und die Einbindung größerer Mengen von Wasserstoff ergeben, kann nur mit einem Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft gehoben werden. Diese umfasst neben der inländischen Erzeugung von grünem Wasserstoff auch die Entwicklung von Importstrukturen.

Aus dem tiefgreifenden Wandel der Erzeugungs- und Verbrauchsstrukturen ergeben sich neue Anforderungen an die Infrastruktur. Stromverteilernetze müssen für die hohen gleichzeitigen Lasten durch Wärmepumpen an kalten Wintertagen gerüstet sein. Gleichzeitig muss dem Ausbau der erneuerbaren Erzeugungsleistung mit Ausbaumaßnahmen im Übertragungsnetz begegnet werden. Das Gasnetz bietet inklusive der Speicherkapazitäten bereits heute saisonale Flexibilität und kann damit das Stromnetz entlasten. Im Zeitraum 2030 bis 2045 muss dieses für die breite Nutzung von Wasserstoff im Wärmemarkt weiter in Richtung H<sub>2</sub>-Readiness angepasst werden. Für Wärmenetze wird durch Großwärmepumpen und weitere Power-to-Heat-Anwendungen eine stärkere Kopplung mit dem Stromsystem erfolgen. Dabei können Wärmenetze wie auch Gasnetze zunehmend systemdienlich eingesetzt werden und das Stromnetz in Zeiten hoher EE-Erzeugung entlasten. Dies erfordert die Einbindung von Wärmespeichern und intelligenter Steuerungstechnik. Die heute oft parallel existierende Infrastruktur für Gas und Fernwärme kann bei rückläufigem Wärmebedarf keine langfristige effiziente Lösung sein. Deshalb müssen lokale Wärmemärkte möglichst integriert geplant werden.

Um das Ziel der Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 im Gebäudesektor zu erreichen, müssen aufgrund der Trägheit des Gebäudesektors bereits heute richtungsweisende Entscheidungen im Bereich der Gebäudesanierung, dem Wechsel von Energieträgern in der dezentralen und zentralen Wärmeerzeugung und im Bereich der Infrastrukturen getroffen werden. Eine Verfehlung des Etappenziels für 2030 würde die langfristige Zielerreichung deutlich erschweren, wenn nicht sogar unmöglich machen.

## **11 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen zur Hebung der CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale**

Mit dem ersten Teil der Untersuchung konnte gezeigt werden, dass unter Fortschreibung der aktuellen Rahmenbedingungen das CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel im Gebäudesektor im Jahr 2030 um 33 Mio. t CO<sub>2</sub> verfehlt wird. Für Endkunden bestehen bis



2030 nicht genügend ökonomische Anreize, um einen ausreichend hohen Energieträgerwechsel im Gebäudesektor zu realisieren.

Die Modellierung des darüberhinausgehenden Minderungspotenzials der ausgewählten Versorgungsoptionen kommt jedoch zu dem Ergebnis, dass die Zielerreichung möglich ist. Durch einen erhöhten Einsatz von Wärmepumpen, Hybridsystemen, Fernwärme und Gas-Brennwertheizungen mit Einsatz klimaneutraler Gase kann das Sektorziel im Jahr 2030 erreicht werden.

Die Zielerreichung erfordert jedoch erhebliche Anstrengungen sowohl bei der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung als auch im Bereich der Verbesserung der Gebäudeenergieeffizienz.

Mit Blick auf die Umstellung der eingesetzten Energieträger und Technologien muss die Trägheit des Gebäudesektor mitgedacht werden. Bis 2030 besteht auf Basis der Nutzungsdauern, der sanierten Gebäude sowie des Gebäudeneubaus nur ein begrenztes Potenzial für den Einsatz neuer Technologien. Der Einsatz von erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen in Bestandssystemen kann sich somit als wertvoller Vorteil erweisen.

Der Gebäudesektor setzt sich aus sehr unterschiedlichen Gebäudetypen mit unterschiedlichen Anforderungen zusammen. Eine Fokussierung auf eine oder wenige Wärmeversorgungsoptionen ist mit Blick auf das ambitionierte Reduktionsziel und die geringe verbleibende Zeit nicht zielführend. Es bedarf sowohl Wärmepumpen für ländliche Räume und Gebäude mit hohem Energieeffizienzstandard als auch grüne Fernwärme für dicht besiedelte Gebiete und erneuerbarer/dekarbonisierter Gase zur Dekarbonisierung des großen Bestands an gasbasierten Heizungssystemen. Auch aus volkswirtschaftlicher Perspektive ist ein technologieoffener Pfad unter Weiterentwicklung der bestehenden Infrastrukturen zur Zielerreichung geboten.

Die beschriebenen Herausforderungen im Gebäudesektor sowie die volkswirtschaftliche Perspektive sprechen für den Einbezug möglichst aller verfügbaren Wärmeversorgungsoptionen zur Erreichung der Klimaziele. Jedoch stellen einige der Optionen unter aktuellen Rahmenbedingungen für Endkunden aus betriebswirtschaftlicher Sicht noch keine sinnvolle Option dar. Dies gilt insbesondere für die Substitution von fossilem Gas durch erneuerbare/dekarbonisierte Gase. Für die Fernwärme muss sichergestellt werden, dass sie auch mit wachsender Einbindung von Wärme aus Erneuerbaren Energien und Abwärme wettbewerbsfähig bleibt.

Der Einsatz klimaneutraler Energieträger im Gebäudesektor ist nicht nur eine ergänzende Maßnahme neben der deutlichen Verbesserung der Gebäudeenergieeffizienz, sondern kann vor allem die Unsicherheiten hinsichtlich künftiger Sanierungsaktivitäten abfedern. Zugleich ist die umfangreiche energetische Gebäudesanierung

des ineffizienten Gebäudebestandes mit einem enormen finanziellen Aufwand für die Volkswirtschaft verbunden. Dabei spielt vor dem Hintergrund der Problematik steigender Wohnkosten auch die Sozialverträglichkeit eine wesentliche Rolle bei der Umsetzung.

### Wärmepumpen

Die Versorgungsoption Wärmepumpe erweist sich insbesondere im Neubau und ausreichend sanierten Gebäuden als effiziente Technologie mit hohem CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial. Mit dem Förderrahmen des BEG werden für diese Versorgungsoption bereits Investitionsanreize geschaffen, die weiterhin in ausreichendem Maße zu Verfügung stehen müssen. Daneben müssen Rahmenbedingungen geschaffen werden, welche die verbrauchsgebundenen Kosten der Wärmepumpen nicht unverhältnismäßig steigen lassen. Hierfür kann bei stark steigenden Strompreisen bei der Umlagen- und Entgeltsystematik angesetzt werden.

### Fernwärme

Nah- und Fernwärmesysteme werden einen bedeutenden Beitrag für die Wärmewende in urbanen Ballungsräumen leisten. Neben dem Ausbau muss sich das Erzeugungsportfolio zunehmend auf klimaneutrale Wärme (erneuerbare Quellen und Abwärme) stützen. Die mit der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) geplante Förderung muss hierfür ein ausreichend hohes und stetiges Fördervolumen (15 Mrd. Euro bis 2030) bereitstellen, um vor dem Hintergrund langer Projektvorfahrtzeiten Planungssicherheit zu schaffen. Gleichzeitig muss die Förderung die sehr unterschiedlichen lokalen Potenziale für Wärme aus Erneuerbaren Energien und Abwärme in den Blick nehmen. So würde eine Ausweitung der geplanten Betriebsmittelförderung auch für erneuerbare/dekarbonisierte Gase denkbar.

Daneben bedarf es einer koordinierten Planung der künftigen Wärmenetzstrukturen in den Kommunen. Diese sollte mittel- bis langfristig eine parallele Koexistenz von Gas- und Fernwärmeinfrastruktur je Versorgungsgebiet vermeiden, um einen effizienten Netzbetrieb für den jeweiligen Energieträger zu ermöglichen.

Die aktuelle Ausgestaltung der Wärmelieferverordnung behindert derzeit die Erschließung der THG-Minderungspotenziale im Gebäudebestand durch den Ausbau der Nah- und Fernwärme. Damit der Umstieg auf klimaneutrale Fernwärme erfolgen kann, sind die durch die Wärmelieferverordnung und den Paragraphen 556c BGB bestehenden ordnungsrechtlichen Hemmnisse abzubauen. Dafür ist bei der Kostenvergleichsrechnung ein Wechsel von der rein rückwärts gerichteten Betrachtung hin

zur zukunftsgerichteten Berechnung des Vergleichspreises nötig, bei der die zukünftig ansteigenden CO<sub>2</sub>-Preise berücksichtigt werden.

Auch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) bedarf einer raschen Weiterentwicklung zur Unterstützung der Energiewende.

### Brennwertheizungen mit klimaneutralen Gasen

Gasbasierte Systeme und dabei insbesondere die Brennwertheizung nehmen sowohl im Gebäudebestand als auch im Neubau heute eine dominante Rolle ein. Dabei ist die Technologie selbst nicht als fossil einzustufen, da sie in Kombination mit erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen einen Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Minderung leisten kann. Dieser erweist sich besonders vor dem Hintergrund eines möglichen verzögerten Sanierungshochlaufs als wertvoll. Erneuerbare/dekarbonisierte Gase können durch Beimischung in das Gasnetz in bestehenden Heizungssystemen eingesetzt werden und somit einer Vielzahl von Endkunden eine hohe Anfangsinvestition in ein neues System ersparen. Umsetzungsvoraussetzung für einen Markthochlauf ist in einem ersten Schritt das politische Bekenntnis zum Einsatz von Wasserstoff im Wärmemarkt und die Schaffung der notwendigen Rahmenbedingungen.

Dies betrifft zum einen die Nachfrageseite, für die Anreize für den Einsatz von heute noch nicht konkurrenzfähigem grünem Wasserstoff geschaffen werden müssen. Denkbar wäre die Einführung einer THG-Minderungsquote. Zudem sollte auch grüner Wasserstoff bei den Erfüllungsoptionen des GEG Berücksichtigung finden. Ein Einbezug sollte insbesondere bei der Überprüfung des GEG im Jahr 2022 adressiert werden.

Zum anderen müssen angebotsseitig Anreize zur inländischen Produktion von Wasserstoff geschaffen werden. Eine alleinige nationale Produktion wird allerdings nicht ausreichen, um den aufkommenden sektorübergreifenden Bedarf an klimaneutralem Wasserstoff zu decken. Deshalb müssen durch internationale Kooperationen zusätzlich Importstrukturen aufgebaut werden. Neben grünem Wasserstoff kann blauer Wasserstoff als Brückenoption eingesetzt werden, bis große Mengen grünen Wasserstoffs zur Verfügung stehen.

Darüber hinaus muss parallel der technische und regulatorische Rahmen für die Weiterentwicklung der Gasnetzinfrastruktur in Richtung H<sub>2</sub>-Readiness vorangetrieben werden. Bei gegebener Marktverfügbarkeit von Gaskesseln mit Möglichkeit zur Aufnahme von 100 % Wasserstoff kann es sinnvoll sein, den Zubau von neuen Gaskesseln an die Voraussetzung der H<sub>2</sub>-Readiness zu knüpfen. Hierfür muss zusätzlich ein einheitlicher Standard für das Label „H<sub>2</sub>-ready“ geschaffen werden.

### Gebäudeenergieeffizienz

Neben dem Einsatz klimaneutraler Versorgungsoptionen muss begleitend die Verbesserung der Gebäudeenergieeffizienz forciert werden. Hierfür müssen stärkere Anreize zur energetischen Gebäudesanierung für Gebäudeeigentümer geschaffen werden. Die Erhöhung der Fördermittel im Rahmen der BEG stellt hier einen ersten Ansatzpunkt dar. Daneben müssen Lösungen entwickelt werden, welche einen Kompromiss zwischen Anreizen zur energetischen Gebäudesanierung bei Vermietern und deren sozialverträglicher Umsetzung finden. Weiterhin gilt es, Engpässen bei qualifizierten Fachkräften vorzubeugen, um den angestrebten Hochlauf der Sanierungsaktivitäten tatsächlich umsetzen zu können.

Ergänzend zu den förderrechtlichen und ordnungspolitischen Rahmenbedingungen gilt es, die Transformation des Gebäudesektors durch ein umfangreiches Beratungsangebot und geeignete Kommunikation zu begleiten. Ziel sollte hierbei das Aufzeigen von Vorteilen der energetischen Gebäudesanierung und alternativen Versorgungsoptionen sowie die Erhöhung der Akzeptanz von Klimaschutzmaßnahmen im Gebäudesektor sein. Die Adressaten sind nicht nur Endkunden als Investitionsentscheider, sondern auch qualifizierte Fachkräfte, welche die Wärmewende umsetzen müssen.

Aufgrund der Heterogenität und Komplexität des Gebäudesektors kann es keinen universellen regulatorischen Lösungsansatz zur Erreichung der Klimaziele geben. Der Rechtsrahmen muss unterschiedliche Instrumente enthalten, welche neben den Besonderheiten der Gebäude auch die unterschiedlichen Motive der vielen Akteure im Gebäudesektor berücksichtigen. Diese Instrumente gilt es, in regelmäßigen Abständen mit Blick auf das übergeordnete Ziel der Treibhausgasreduktion zu validieren und gegebenenfalls neu auszurichten.

## 12 Zusammenfassung

### **Das Klimaschutzziel des Gebäudesektors setzt bis 2030 eine THG-Reduktion um 68 % gegenüber 1990 voraus.**

Mit der Novellierung des Bundes-Klimaschutzgesetz im Juli 2021 wurde das verbindliche Treibhausgas-Reduktionsziel bis 2030 für den Gebäudesektor zusätzlich verschärft. Die Zielsetzung stellt eine erhebliche Herausforderung für den Sektor dar, der durch Trägheit in Bezug auf Sanierungsaktivitäten und Heizungssystemwechsel geprägt ist. Dies zeigte sich bereits für das Jahr 2020, in welchem der Gebäudesektor als einziger Sektor das vorgeschriebene THG-Budget überschritt. In der wenigen verbleibenden Zeit bis zum Etappenziel 2030 müssen deutlich größere Fortschritte bei der Emissionsminderung erzielt werden.

### **Mit dem aktuellen energie- und klimapolitischem Rechtsrahmen wird das gesetzte Etappenziel für 2030 im Gebäudesektor nicht erreicht.**

Unter Berücksichtigung des aktuellen Rechtsrahmens, der typischen Nutzungsdauern von Heizsystemen sowie unter Annahme einer Erhöhung der durchschnittlichen Sanierungsrate auf 1,4 %/a im Zeitraum 2020 bis 2030 wird das CO<sub>2</sub>-Minderungsziel im Jahr 2030 um 33 Mio. t CO<sub>2</sub> verfehlt. Es findet keine ausreichend hohe Substitution von fossilen Energieträgern statt, um das ambitionierte Ziel von -68 % CO<sub>2</sub>äq ggü. 1990 zu erreichen, obwohl bereits heute eine Vielzahl von Dekarbonisierungsoptionen für den Gebäudesektor zur Verfügung steht.

### **Deutlich höhere Sanierungsraten bedürfen erheblicher Anstrengungen der Volkswirtschaft und stehen Hürden in der praktischen Umsetzung gegenüber.**

Die im berechneten Szenario zugrunde gelegte Entwicklung der Sanierungsrate auf durchschnittlich 1,4 %/a im Zeitraum bis 2030 ist mit Blick auf die historische Entwicklung der Sanierungsaktivitäten bereits als ambitioniert einzustufen. Eine weit darüber hinaus gehende Steigerung wäre mit enormen zusätzlichen Kosten für die Volkswirtschaft verbunden. Gleichzeitig muss diese auch unter dem Blickwinkel der praktischen Umsetzungsschwierigkeiten betrachtet werden. Bereits heute zeichnen sich Engpässe bei erforderlichen qualifizierten Fachkräften. Diese könnten, wenn sie nicht rechtzeitig aufgelöst werden, zu deutlichen Verzögerungen beim Hochlauf der Sanierungsaktivitäten führen. Um dieses Risiko abzufedern, darf innerhalb der Transformationsstrategie für den Gebäudesektor nicht allein der Zubau von Wärmepumpen in Verbindung mit umfangreichen Sanierungsmaßnahmen im Fokus stehen. Es sind zusätzliche Wärmeversorgungsoptionen für Gebäude mit niedrigem Effizienzstandard notwendig, um schnellstmöglich Emissionen einzusparen.

**Der Gebäudesektor ist träge und vielschichtig und es bedarf der Nutzung sämtlicher zur Verfügung stehender Technologien, Infrastrukturen und dekarbonisierter Heizenergieträger, um die Ziele erreichen zu können.**

Die langen Investitionszyklen im Gebäudesektor erschweren den notwendigen schnellen Wechsel hin zu klimaneutralen Versorgungsoptionen. Gleichzeitig ist der Gebäudesektor äußerst heterogen. Die zu versorgenden Gebäude unterscheiden sich unter anderem hinsichtlich ihrer Größe, ihres Baualters und des damit verbundenen energetischen Zustandes sowie der baulichen und infrastrukturellen Gegebenheiten. In diesem Umfeld kann es keine universell anwendbare Lösung zur umfangreichen CO<sub>2</sub>-Minderung geben. Nur der Einbezug aller verfügbaren klimaneutralen Heizenergieträger, -systeme und Infrastrukturen kann den vielschichtigen Anforderungen des Gebäudesektors gerecht werden.

**Wärmepumpen bieten den Vorteil einer effizienten Bereitstellung von Umweltwärme, sind jedoch nicht in allen Gebäudetypen effizient einsetzbar.**

Elektrische Wärmepumpen wird eine Schlüsselrolle zur Umsetzung der Wärmewende zugesprochen, da sie bei gegebenen Voraussetzungen mit hoher Effizienz Umweltwärme nutzbar machen können. Im Gebäudeneubau sowie in wärmetechnisch sanierten Gebäuden können sie ein erhebliches CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial heben. Parallel muss die Dekarbonisierung der Strombereitstellung vorangetrieben werden. Allerdings können viele Gebäude, die für den Einsatz von Wärmepumpen notwendigen Voraussetzungen im Zeitraum bis 2030 nicht erfüllen. Dies kann zum Beispiel an baulichen Einschränkungen oder an einem zu geringen Hochlauf der Sanierungsaktivitäten liegen. Im Mehrgeschossbau ist der alleinige Einsatz von Wärmepumpen häufig aufgrund einer zu hohen Heizlast erschwert. Für diese Gebäude müssen deshalb alternative Versorgungsoptionen mit CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial zur Verfügung stehen.

**Nah- und Fernwärme bietet ein großes Potenzial zur CO<sub>2</sub>-Minderung bei der Wärmeversorgung in urbanen Ballungsbieten. Es braucht klare Anreize zur Dekarbonisierung der Fernwärme, die auch für den Endkunden bezahlbar bleibt.**

Wärmenetze eignen sich besonders in dicht besiedelten Gebieten, da hier die für den effizienten Betrieb der Netze notwendigen Wärmedichten vorhanden sind. Zudem fehlen Gebäuden im urbanen Raum oftmals die notwendigen Voraussetzungen, wie z. B. ausreichende Platzverfügbarkeit, für die gebäudeintegrierte Nutzung von erneuerbaren Wärmequellen. Die Fernwärme kann bei schrittweiser Erhöhung

ihrer Bereitstellung durch klimaneutrale Wärme (erneuerbare Quellen und Abwärme) einen wesentlichen Beitrag zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudesektor leisten. Um diese Transformationsaufgabe umzusetzen, muss die Lücke zwischen den Wärmegestehungskosten auf Basis fossiler Quellen und derer auf Basis erneuerbarer Energien und Abwärme schnellstmöglich durch ausreichende Fördermittel geschlossen werden. Die geplante Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) muss mit ausreichender Mittelausstattung (15 Mrd. Euro bis 2030) und Laufzeit (mindestens bis zum Jahr 2030) für die notwendige Planungssicherheit bei den Betreibern von Wärmenetzen sorgen. Die Wärmelieferverordnung und das KWKG sind zeitnah an die neuen Ziele für die Energiewende und den Klimaschutz anzupassen.

**Gas-Brennwertheizungen sind keine fossile Technologie. Es muss jedoch dafür gesorgt werden, dass diese gesichert mit bezahlbaren, erneuerbaren und dekarbonisierten Gasen beschickt werden.**

Gasheizungen sind heute die am weitesten verbreitete Heizungsart im deutschen Wohngebäudebestand. Durch den Einsatz erneuerbarer und dekarbonisierter Gase wie Biomethan und Wasserstoff können unter Nutzung der bewährten Technologie hohe CO<sub>2</sub>-Minderungen im Gebäudesektor erzielt werden und dies insbesondere auch in bestehenden Heizungssystemen. Aus der ökonomischen Perspektive der Endkunden besteht jedoch derzeit kein ausreichender Anreiz für ihren verstärkten Einsatz. Es müssen Rahmenbedingungen geschaffen werden, um die klimaneutralen Gase in ausreichenden Mengen und zu konkurrenzfähigen Preisen im Gebäudesektor zur Verfügung stellen.

**Die Nutzung bestehender Infrastruktur ist weiterhin geboten. Der Einsatz grüner Fernwärme sowie erneuerbarer/dekarbonisierter Gase ist notwendig, um schnell das vorhandene CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenzial im Gebäudesektor und hier vor allem im Bestand zu erschließen.**

Ausbau und Verdichtung der Fernwärmenetze sowie der Anschluss zusätzlicher Wärmekunden sind Schlüsselinstrumente zur Umsetzung der Wärmewende insbesondere in den Städten. In dicht besiedelten Ballungsgebieten sind oftmals die Voraussetzungen für den Einsatz von Optionen wie Wärmepumpen oder Solarthermie nicht gegeben. Die Aufgabe der Dekarbonisierung der Wärmebereitstellung muss im Fall von Wärmenetzen nicht von vielen einzelnen Endkunden umgesetzt werden,

sondern kann zentral durch wenige Akteure erfolgen. Zudem ermöglichen Wärmenetze die Einbindung von dezentral schwer erschließbaren Wärmequellen wie industrieller Abwärme oder Geothermie.

Auch die bestehende Gasinfrastruktur kann einen erheblichen Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Minderung im Gebäudesektor leisten. Die große Zahl an Kunden, die heute noch mit fossilem Erdgas versorgt wird, kann künftig mit erneuerbaren/dekarbonisierten Gasen versorgt werden. Das Flexibilitäts- und Speicherpotenzial der Netze kann zudem zu einer Entlastung der Stromnetze beitragen. Sowohl erneuerbare/dekarbonisierte Gase als auch Fernwärme können geringe Fortschritte im Bereich der energetischen Gebäudesanierung von Bestandsgebäuden kompensieren, da über die bestehende Infrastruktur auch Gebäude mit niedrigem Dämmstandard mit klimaneutralen Energieträgern versorgt werden können.

**Um das Ziel von 50% klimaneutral erzeugter Wärme bis zum Jahr 2030 gemäß Koalitionsvertrag zu erreichen, müssen die Anstrengungen zur Bereitstellung klimaneutraler Energieträger verstärkt werden.**

Unter der Annahme, dass bis zum Jahr 2030 68 % des Stroms und 35 % der Fernwärme klimaneutral bereitgestellt werden, wird für den Gebäudesektor im Referenzszenario lediglich eine Quote von 29 % klimaneutraler Wärme erreicht. Auch mit dem Einsatz der Versorgungsoptionen wird die Zielquote mit 47 % leicht unterschritten. Eine Zielerreichung ist nur im Zusammenspiel von erhöhten Anstrengungen im Bereich der Gebäudesanierung und des Heizungstauschs und gleichzeitiger Dekarbonisierung von Strom und Fernwärme sowie der Bereitstellung klimaneutraler Gase möglich.

**Die Notwendigkeit eines technologieoffenen Ansatzes sowie dessen volkswirtschaftliche Vorteile spiegeln sich nicht in den betriebswirtschaftlichen Überlegungen der Endkunden wider.**

Unter den derzeitigen Rahmenbedingungen können die Vorteile einer technologieoffenen Wärmewende nicht ausreichend nutzbar gemacht werden. So stellen ohne zusätzliche Anreize erneuerbare/dekarbonisierte Gase keine sinnvolle Wärmeversorgungsoption für die Endkunden dar. Der aktuelle Rahmen reizt tendenziell eine Elektrifizierung des Wärmemarktes an, die jedoch nicht für den gesamten Gebäudebestand umsetzbar ist. Fernwärme ist heute vor allem im Bestand oft die attrak-



tivste Wärmeversorgungsoption aus Sicht des Endkunden. Es gilt, die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen Optionen auch bei steigenden Anteilen erneuerbarer Wärmequellen zu erhalten.

**Die Erreichung der ambitionierten Klimaziele bis 2030 erfordert ein schnelles und zielgerichtetes Nachsteuern der Politik hinsichtlich der strategischen Ausrichtung und Umsetzung der Wärmewende im Gebäudesektor.**

Die Erreichung des Klimaziels 2030 des Gebäudesektors ist trotz bisher geringer Erfolge möglich. Hierfür bedarf es einer Ausweitung der Sanierungsaktivitäten und der Nutzung aller zur Verfügung stehenden Wärmeversorgungsoptionen einschließlich erneuerbarer/dekarbonisierter Gase. Für eine erfolgreiche Umsetzung braucht es Fördersysteme, welche die unterschiedlichen Anforderungen der vielzähligen Adressaten des Gebäudesektors berücksichtigen. Neben notwendigen Anreizen zur energetischen Gebäudesanierung und dem Wechsel zu klimaneutralen Versorgungsoptionen für Endkunden muss angebotsseitig die Bereitstellung klimaneutraler Energieträger gefördert werden. Dies gilt sowohl für die zunehmende Einbindung erneuerbarer Wärmequellen in die Fernwärme als auch für die Dekarbonisierung der Stromerzeugung und den Hochlauf der Erzeugung und des Imports von klimaneutralem Wasserstoff. Bei der ambitionierten Aufgabe der Transformation des Gebäudesektors müssen zudem Aspekte der Sozialverträglichkeit berücksichtigt werden, um Akzeptanz bei der Vielzahl der involvierten Akteure zu schaffen, von denen die erfolgreiche Umsetzung der Wärmewende maßgeblich abhängt.

## Literaturverzeichnis

AGEB (2021). Zusammenfassung Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren 2008 bis 2020. Online im Internet unter: <https://ag-energiebilanzen.de/8-0-Anwendungsbilanzen.html>. Abgerufen am 20. September 2021.

AGEE (2021). Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. Online im Internet unter: [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare\\_Energien\\_in\\_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html). Abgerufen am 20. Dezember 2021.

AGFW (2020). AGFW- Hauptbericht 2019. Online im Internet unter: <https://www.agfw.de/energiewirtschaft-recht-politik/energiewende-politik/aktuelles-aus-dem-bereich/detail/agfw-hauptbericht-2019/>. Abgerufen am 14. September 2021.

AGFW (2013). Transformationsstrategien Fernwärme. Online im Internet unter: [https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Endbericht\\_Transformationsstrategien\\_FW\\_IFEU\\_GEF\\_AGFW.pdf](https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Endbericht_Transformationsstrategien_FW_IFEU_GEF_AGFW.pdf). Abgerufen am 01. November 2021.

BDEW (2021a). BDEW-Heizkostenvergleich Altbau 2021. Online im Internet unter: [https://www.bdew.de/media/documents/BDEW-HKV\\_Altbau.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/BDEW-HKV_Altbau.pdf). Abgerufen am 14. September 2021.

BDEW (2021b). BDEW-Heizkostenvergleich Neubau 2021. Online im Internet unter: [https://www.bdew.de/media/documents/BDEW-HKV\\_Nebau.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/BDEW-HKV_Nebau.pdf). Abgerufen am 14. September 2021.

BDEW (2021e). Beheizungsstruktur im Wohnungsneubau in Deutschland 2020. Online im Internet unter: [https://www.bdew.de/media/documents/Beheizungsstruktur\\_Wohnungsneubau\\_2020\\_online\\_o\\_jaehrlich\\_CM\\_i\\_03062021.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/Beheizungsstruktur_Wohnungsneubau_2020_online_o_jaehrlich_CM_i_03062021.pdf). Abgerufen am 20. September 2021.

BDEW (2021c). Nettowärmeerzeugung nach Energieträgern in Deutschland. Online im Internet unter: [https://www.bdew.de/media/documents/20210122\\_BDEW-Zahl\\_der\\_Woche\\_Grafik\\_Fernwaerme.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/20210122_BDEW-Zahl_der_Woche_Grafik_Fernwaerme.pdf). Abgerufen am 14. September 2021.

BDEW (2017). Zukunft Wärmenetzsysteme. Online im Internet unter: <https://www.bdew.de/service/stellungnahmen/strategiepapier-zukunft-waermenetzsysteme/>. Abgerufen am 07. September 2021.

BDI (2021). Klimapfade 2.0 Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft. Online im Internet unter: <https://www.bcg.com/de-de/klimapfade>. Abgerufen am 01. November 2021.

Bertelsmann Stiftung (2020). , Online im Internet unter: <https://www.wegweiser-kommune.de/>. Abgerufen am 26. August 2021.

BMWi (2021a). Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG). Online im Internet unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/energiewende-im-gebaeudebereich.html>. Abgerufen am 20. September 2021.

BMWi (2015). Energieeffizienzstrategie Gebäude. Online im Internet unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-gebaeude.html>. Abgerufen am 14. September 2021.

BMWi (2021c). Entwurf Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze BEW. Online im Internet unter: [https://www.agfw.de/fileadmin/AGFW\\_News\\_Mediatdateien/Energiewende\\_Politik/20210818\\_BEW-RL\\_Entwurf2.pdf](https://www.agfw.de/fileadmin/AGFW_News_Mediatdateien/Energiewende_Politik/20210818_BEW-RL_Entwurf2.pdf). Abgerufen am 21. September 2021.

BMWi (2021b). Neue Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG). Online im Internet unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/2021/09/14-neue-bundesforderung-fur-effiziente-gebaude.html>. Abgerufen am 20. September 2021.

Borderstep Institut (2019). CO<sub>2</sub>-Minderungspotentiale im Wohngebäudesektor durch Gebäudeautomation. Online im Internet unter: <https://www.borderstep.de/publikation/beucker-s-hinterholzer-s-2019-co2-minderungspotentiale-im-wohngebaeudesektor-durch-gebaeudeautomation-berlin-borderstep-institut/>. Abgerufen am 14. September 2021.

Bundesnetzagentur und Bundeskartellamt (2021). Monitoringbericht 2020. Online im Internet unter: [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Berichte/2020/Monitoringbericht\\_Energie2020.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Berichte/2020/Monitoringbericht_Energie2020.pdf?__blob=publicationFile&v=8). Abgerufen am 04. September 2021.

Bundesregierung (2010). Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Online im Internet unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiekonzept-2010.html>. Abgerufen am 14. September 2021.

Bundesregierung (2021). Mehr Geld für energieeffiziente Gebäude. Online im Internet unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/klimaschutzziel-gebaeude-1962384>. Abgerufen am 20. September 2021.

Bundesverband Wärmepumpe e.V. (2021). Positives Signal für den Klimaschutz: 40 Prozent Wachstum bei Wärmepumpen. Online im Internet unter:

<https://www.waermepumpe.de/presse/pressemitteilungen/details/positives-signal-fuer-den-klimaschutz-40-prozent-wachstum-bei-waermepumpen/#content>.  
Abgerufen am 14. September 2021.

co2online (2021a). Gebäude. Online im Internet unter:  
<https://www.wohngebaeude.info/daten/#/gebaeude/bundesweit;main=gebaeudealter>.  
Abgerufen am 20. September 2021.

co2online (2021b). Sanieren. Online im Internet unter:  
<https://www.wohngebaeude.info/daten/#/sanieren/bundesweit>. Abgerufen am 20. September 2021.

dena (2021). dena-Gebäudereport 2021. Online im Internet unter:  
[https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/dena-GEBAEUDEREPORT\\_2021\\_Fokusthemen\\_zum\\_Klimaschutz\\_im\\_Gebaeudebereich.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/dena-GEBAEUDEREPORT_2021_Fokusthemen_zum_Klimaschutz_im_Gebaeudebereich.pdf).  
Abgerufen am 14. September 2021.

Destatis (2021). Von Eigentümern bewohnte Wohnungen (Eigentümerquote) 2018. Online im Internet unter: [https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/\\_Grafik/\\_Interaktiv/eigentuemquote.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/_Grafik/_Interaktiv/eigentuemquote.html). Abgerufen am 20. September 2021.

Deutsche Umwelthilfe (2020). Heizen mit Wärmepumpen: Effizient und gut für das Klima. Online im Internet unter:  
[https://www.duh.de/fileadmin/user\\_upload/download/Projektinformation/Energieeffizienz/Gebaeude/DUH\\_Factsheet\\_W%C3%A4rmepumpen\\_2020\\_03122020.pdf](https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Energieeffizienz/Gebaeude/DUH_Factsheet_W%C3%A4rmepumpen_2020_03122020.pdf).  
Abgerufen am 01. November 2021.

DIW (2019). Wärmemonitor 2018: Steigender Heizenergiebedarf, Sanierungsrate sollte höher sein. Online im Internet unter:  
[https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.676231.de/19-36-1.pdf](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.676231.de/19-36-1.pdf). Abgerufen am 04. September 2021.

DIW (2020). Wärmemonitor 2019. Online im Internet unter:  
[https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.799883.de/20-40-1.pdf](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.799883.de/20-40-1.pdf). Abgerufen am 14. September 2021.

DLR (2010). Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global "Leitstudie 2010". Online im Internet unter: Abgerufen am 07. Oktober 2021.

DVGW (2019). Wasserstoff- Schlüssel für das Gelingen der Energiewende in allen Sektoren. Online im Internet unter:  
<https://www.dvgw.de/medien/dvgw/leistungen/publikationen/wasserstoff->

schluessel-energie-wende-sektoren-dvgw-factsheet.pdf. Abgerufen am 14. September 2021.

Ecofys (2018). Die Rolle von Gas im zukünftigen Energiesystem. Online im Internet unter: <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/forschung/berichte/g201802-201657.pdf>. Abgerufen am 04. September 2021.

enervis (2021). Zukunftsperspektive Gasverteilernetze. Online im Internet unter: Abgerufen am 10. November 2021.

Europäische Kommission (2020). EU-Kommission will mit „Renovierungswelle“ die Energieeffizienz von Gebäuden steigern und startet „neues europäische Bauhaus“. Online im Internet unter: [https://ec.europa.eu/germany/news/20201014-renovierungswelle\\_de](https://ec.europa.eu/germany/news/20201014-renovierungswelle_de). Abgerufen am 14. September 2021.

Europäische Kommission (2021a). "Fit für 55": auf dem Weg zur Klimaneutralität - Umsetzung des EU-Klimaziels für 2030. Online im Internet unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550>. Abgerufen am 20. September 2021.

Europäische Kommission (2021b). Umsetzung des europäischen Grünen Deals. Online im Internet unter: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal\\_de](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_de). Abgerufen am 20. Dezember 2021.

Expertenrat für Klimafragen (2021). Bericht zur Vorjahresschätzung der deutschen Treibhausgasemissionen für das Jahr 2020. Online im Internet unter: [https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2021/04/210415\\_Bericht\\_Expertenrat\\_Klimafragen\\_2021.pdf](https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2021/04/210415_Bericht_Expertenrat_Klimafragen_2021.pdf). Abgerufen am 24. September 2021.

frontier economics (2021). Die Rolle von Wasserstoff im Wärmemarkt. Online im Internet unter: <https://www.frontier-economics.com/media/4590/wasserstoff-im-waermemarkt.pdf>. Abgerufen am 14. September 2021.

IEA (2020). World Energy Outlook 2020. Online im Internet unter: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>. Abgerufen am 26. September 2021.

nymoen (2021). Klimaneutral Wohnen - Klimaschutz im Wärmemarkt: Wie können wir Klimaneutralität im Bereich der Wohngebäude erreichen?. Online im Internet unter: [https://www.nymoen-strategieberatung.de/user/pages/03.downloads/klimaschutz-im-waermemarkt-wie-koennen-wir-klimaneutralitaet-im-bereich-der-wohngebaeude-erreichen/NSB\\_Waermemarktstudie\\_2021.pdf](https://www.nymoen-strategieberatung.de/user/pages/03.downloads/klimaschutz-im-waermemarkt-wie-koennen-wir-klimaneutralitaet-im-bereich-der-wohngebaeude-erreichen/NSB_Waermemarktstudie_2021.pdf). Abgerufen am 04. September 2021.

Öko-Institut e.V. (2018). Das Handwerk als Umsetzer der Energiewende im Gebäudesektor. Online im Internet unter: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Handwerker-als-Umsetzer-Policy-Paper.pdf>. Abgerufen am 01. November 2021.

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021). Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Online im Internet unter: [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2021/KNDE\\_2045\\_Langfassung/Klimaneutrales\\_Deutschland\\_2045\\_Langfassung.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2021/KNDE_2045_Langfassung/Klimaneutrales_Deutschland_2045_Langfassung.pdf). Abgerufen am 14. September 2021.

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2020). Klimaneutrales Deutschland In drei Schritten zu null Treibhausgasen bis 2050 über ein Zwischenziel von -65% im Jahr 2030 als Teil des EU-Green-Deals. Online im Internet unter: [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2020/KNDE2050/A-EW\\_195\\_KNDE\\_Langfassung\\_DE\\_WEB.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2020/KNDE2050/A-EW_195_KNDE_Langfassung_DE_WEB.pdf). Abgerufen am 01. November 2021.

SPD, BÜNDNIS90/ DIE GRÜNEN, FDP (2021). Mehr Fortschritt Wagen - Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit - Koalitionsvertrag 2021- 2025 zwischen SPD, BÜNDNIS 90/ DIE GRÜNEN und FDP. Online im Internet unter: [https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag\\_2021-2025.pdf](https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag_2021-2025.pdf). Abgerufen am 20. Dezember 2021.

Umweltbundesamt (2021b). Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2021. Online im Internet unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/berichterstattung-unter-der-klimarahmenkonvention-6>. Abgerufen am 14. September 2021.

Umweltbundesamt (2019). Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Online im Internet unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-11-07\\_cc-37-2019\\_emissionsbilanz-erneuerbarer-energien\\_2018.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-11-07_cc-37-2019_emissionsbilanz-erneuerbarer-energien_2018.pdf). Abgerufen am 14. September 2021.

Umweltbundesamt (2021d). Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahre 1990-2020. Online im Internet unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-7>. Abgerufen am 14. September 2021.

Umweltbundesamt (2021c). Erneuerbare Energien in Zahlen. Online im Internet unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>. Abgerufen am 14. September 2021.

Umweltbundesamt (2017). Klimaneutraler Gebäudebestand 2050. Online im Internet unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaneutraler-gebaeudebestand-2050-0>. Abgerufen am 20. September 2021.

Umweltbundesamt (2021a). Treibhausgas-Emissionen in Deutschland - Emissionsübersichten in den Sektoren des Bundesklimaschutzgesetzes. Online im Internet unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2021\\_03\\_10\\_trendtabellen\\_thg\\_nach\\_sektoren\\_v1.0.xlsx](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2021_03_10_trendtabellen_thg_nach_sektoren_v1.0.xlsx). Abgerufen am 20. September 2021.

Wuppertal Institut (2018). Lüftungsinnovationen: Vom Nischenphänomen zum Mainstream. Online im Internet unter: [https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7180/file/7180\\_Lueftungsinnovationen.pdf](https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7180/file/7180_Lueftungsinnovationen.pdf). Abgerufen am 01. Dezember 2021.

## Anhänge

### Anhang A.1 Allgemeine Prämissen

#### Brennstoffpreisprämissen

Die unterstellten Brennstoffpreise für Öl (Brent), Gas und Steinkohle basieren auf aktuellen Terminmarktnotierungen sowie den Langfristprojektionen des World Energy Outlook 2020<sup>92</sup> für das Szenario „Stated Policies“, siehe nachfolgende Abbildung.

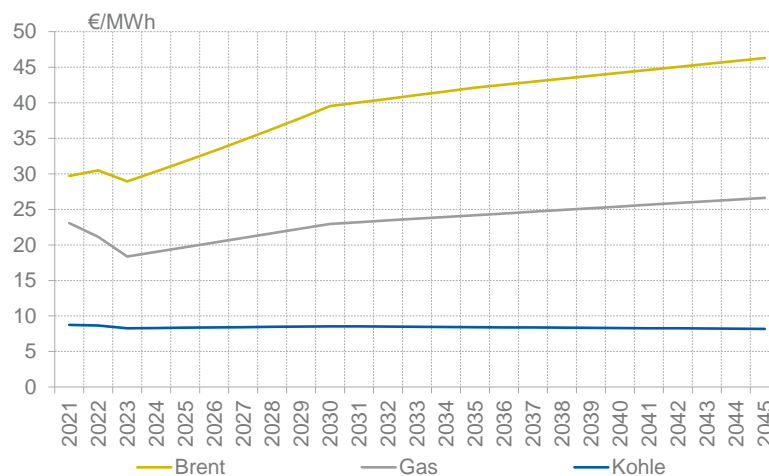


Abbildung 34: Brennstoffpreisentwicklung

#### Bevölkerungsentwicklung

Entsprechend der Bevölkerungsvorausberechnung der Bertelsmann Stiftung sowie des Statistischen Bundesamts wird bis 2045 von einem Rückgang der Bevölkerung auf etwa 78 Mio. Einwohner ausgegangen.<sup>93</sup> Die unterstellte deutschlandweite Entwicklung ist in nachfolgender Abbildung dargestellt.

<sup>92</sup> IEA (2020)

<sup>93</sup> Berechnung auf Basis von Bertelsmann Stiftung (2020)



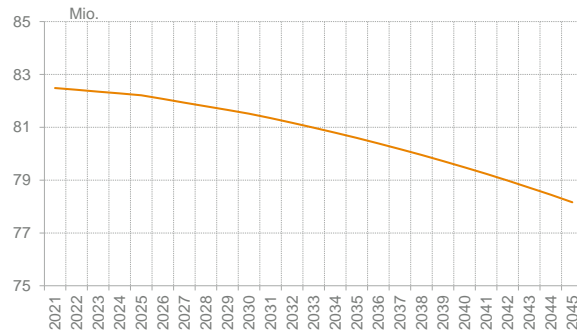


Abbildung 35: Bevölkerungsentwicklung

## Anhang A.2 Technologie-Prämissen

### Sanierungsrate

Die durchschnittlichen Sanierungsraten über den Zeitraum 2021 bis 2045 und über alle Gebäudetypen beträgt 1,6 %/a. Dabei wird von einem schrittweisen Anstieg der Sanierungsaktivitäten ausgegangen, wie in nachfolgender Tabelle dargestellt ist.

Tabelle 3: Entwicklung der durchschnittlichen Sanierungsraten

	2021 - 2030	2031 - 2045
Referenzszenario	1,4 %	1,7 %

### Investitionskosten, Wirkungsgrade und Nutzungsdauern der Heiztechnologien

Für die Heizsysteme in Ein- und Mehrfamilienhäusern im Bestand wird die in den folgenden Abbildungen dargestellte Entwicklung der Investitionskosten und Wirkungsgrade angenommen.<sup>94</sup> Für Wärmepumpen wird eine Verschlechterung des Wirkungsgrades bei Gebäuden mit niedrigem Effizienzstandard abgebildet.

<sup>94</sup> Basierend auf BDEW (2021a), BDEW (2021b), Umweltbundesamt (2017) und DLR (2010)

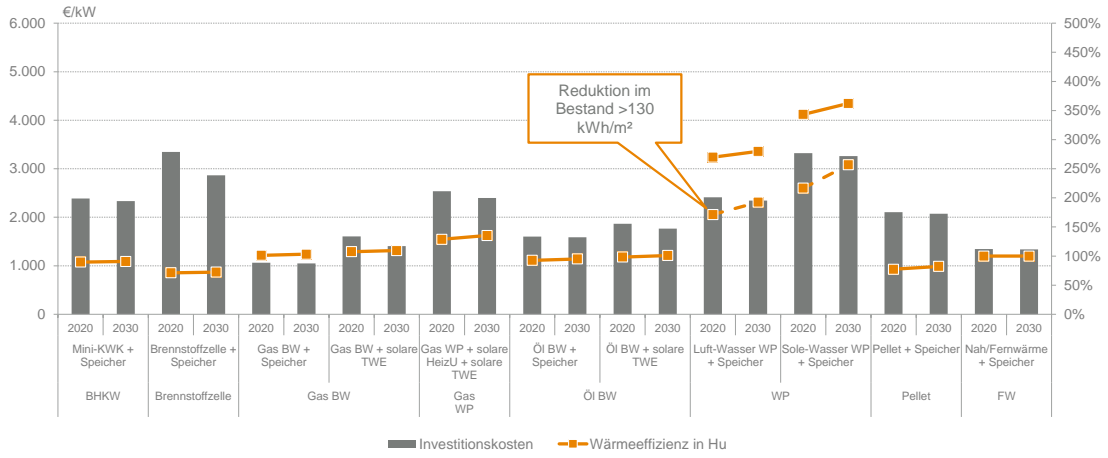


Abbildung 36: Investitionskosten und Wirkungsgrade EFH im Bestand

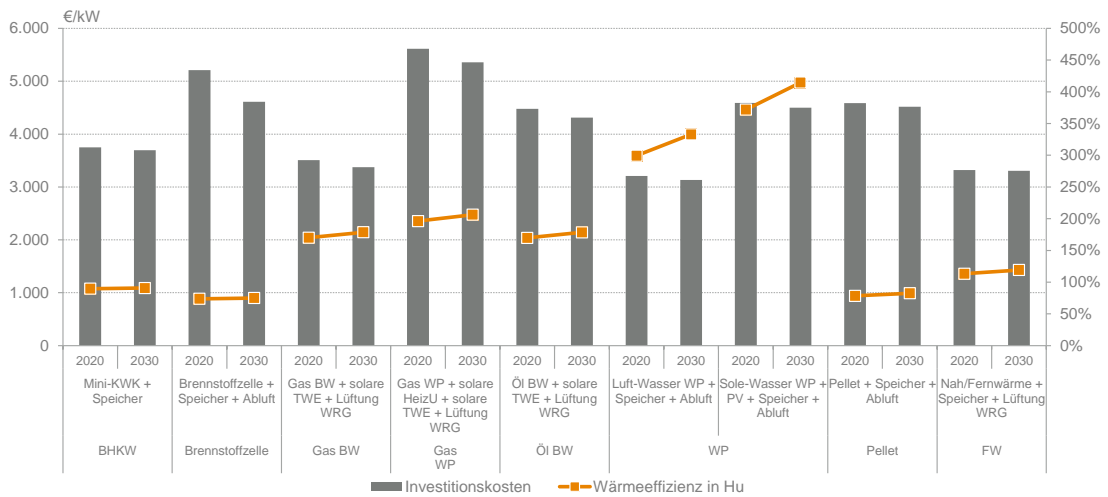


Abbildung 37: Investitionskosten und Wirkungsgrade EFH im Neubau

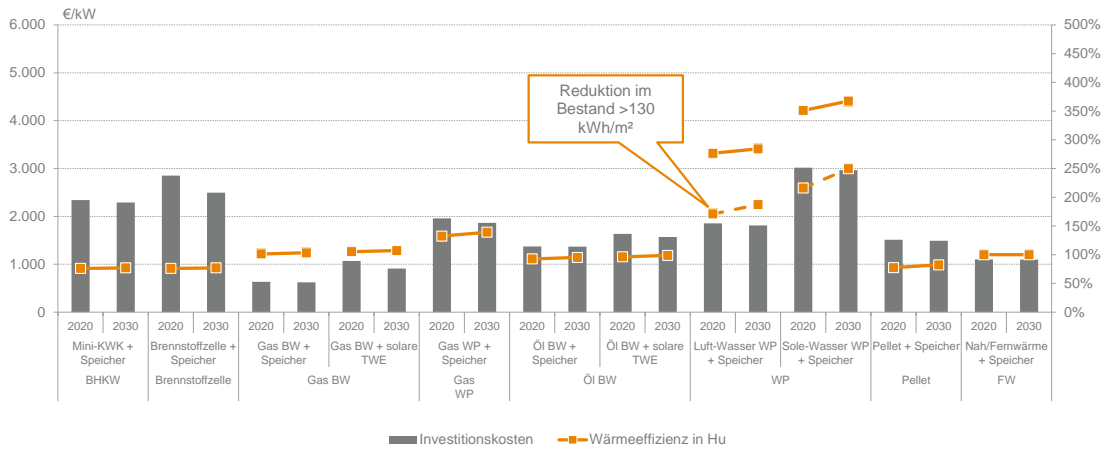


Abbildung 38: Investitionskosten und Wirkungsgrade MFH im Bestand

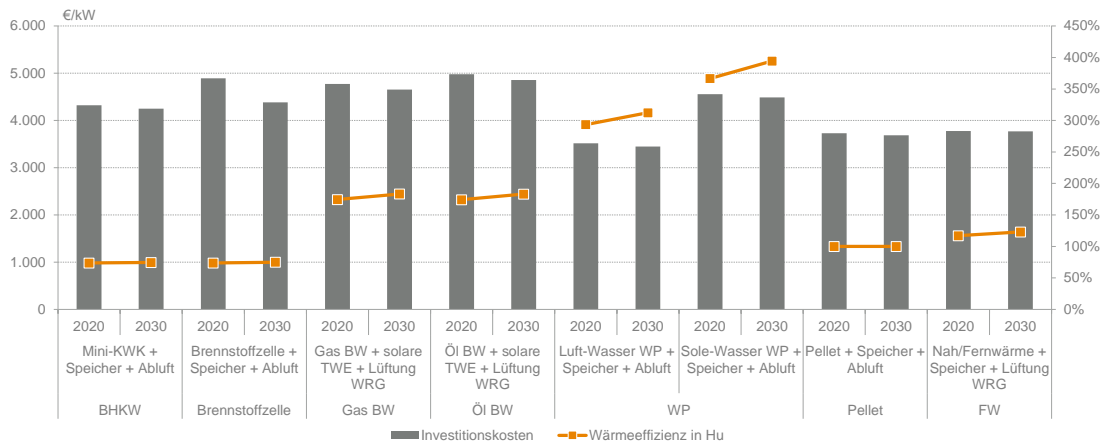


Abbildung 39: Investitionskosten und Wirkungsgrade MFH im Neubau

Nachfolgende Tabelle stellt die unterstellten Nutzungsdauern der Heizungssysteme dar<sup>95</sup>. Bei der Kombination verschiedener Technologien (z.B. Gas-Brennwerttherme + solare Trinkwassererwärmung) wird die Nutzungsdauer der führenden Technologie berücksichtigt.

Tabelle 4: Unterstellte Nutzungsdauer der Heizungssysteme

Technologie	Nutzungsdauer
BHKW/ KWK	15
Gas-Brennwerttherme	20
Gas-Wärmepumpe	15

<sup>95</sup> Auf Basis von VDI 2067 Blatt 1 und Annahmen enervis

Öl-Brennwerttherme	20
(Groß-)Wärmepumpe	20
Elektroheizer	20
Pelletheizung	20
Fernwärme	20
Brennstoffzelle	18

Nachfolgende Abbildung zeigt die Gestehungs- bzw. Bereitstellungskosten für erneuerbare/dekarbonisierte Gase. Die Kosten für blauen Wasserstoff beinhalten CO<sub>2</sub>-Kosten für die verbleibenden Restemissionen. Die Kosten für Biomethan beziehen sich auf NaWaRo.

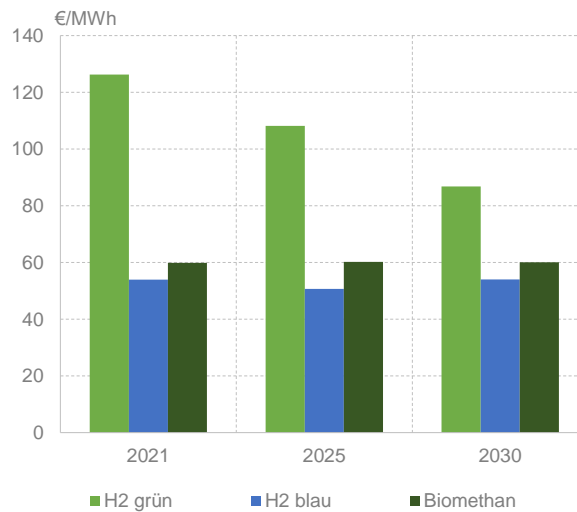


Abbildung 40: Bereitstellungskosten für erneuerbare/dekarbonisierte Gase

### Anhang A.3 Ergänzungen zu Kapitel 7

In Kapitel 7 wurde ermittelt, welcher Anteil klimaneutraler Wärme im Gebäudesektor bis 2030 im Referenzszenario und unter Einsatz der Versorgungsoptionen erreicht wird. Hinsichtlich der Bewertung der Klimaneutralität der Energieträger Strom und Fernwärme im Zieljahr wurden die Annahmen zum künftigen Strom- und Fernwärmemix entsprechend Abbildung 9 und Abbildung 11 herangezogen. In Ergänzung dazu sollen für den Fall mit Nutzung der Versorgungsoptionen im Folgenden zwei weitere Varianten für das Jahr 2030 ausgewertet und den Ergebnissen aus Kapitel 7 gegenübergestellt werden. Folgende Annahmen werden für den Anteil der klimaneutralen Strom- und Fernwärmebereitstellung im Jahr 2030 getroffen.

- A) Strom: 68 %, Fernwärme: 35 %: Die Variante entspricht der durchgeführten Auswertung in Kapitel 7.

- B) Strom: 80 %, Fernwärme: 36 %: Abweichend von Variante A wird die Zielsetzung des Koalitionsvertrages zum erneuerbaren Anteil am Bruttostrombedarf<sup>96</sup> bis zum Jahr 2030 zugrunde gelegt. Es wird der gleiche Fernwärmemix wie in Variante A unterstellt, jedoch verbessert sich der klimaneutrale Anteil aufgrund der strombasierten Fernwärmeerzeugung um einen Prozentpunkt<sup>97</sup>.
- C) Strom: 100 %, Fernwärme 100 %; Es wird angenommen, dass sowohl Strom als auch Fernwärme bei der Bewertung des Anteils klimaneutraler Wärme im Gebäudesektor als vollständig klimaneutral gelten.

Abbildung 41 zeigt den unter Einsatz der Versorgungsoptionen resultierenden Anteil klimaneutraler Endenergie für Wärme im Gebäudesektor im Jahr 2030 für die drei Varianten.

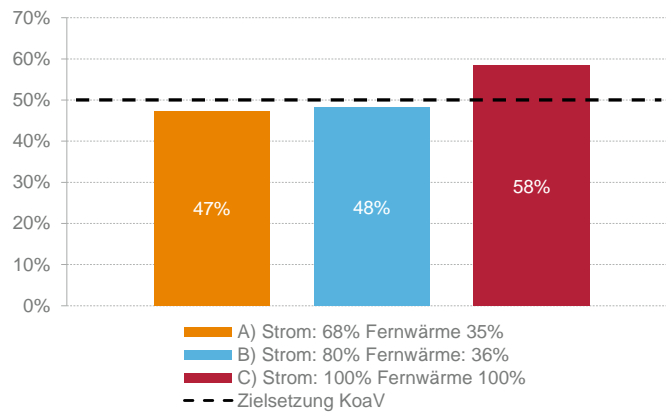


Abbildung 41: Anteil des klimaneutralen Endenergiebedarfs für Wärme im Gebäudesektor im Jahr 2030 bei Einsatz der Versorgungsoptionen

Eine Anpassung des erneuerbaren Anteils der Stromerzeugung entsprechend der Zielsetzung des Koalitionsvertrages auf 80 % erhöht den Anteil klimaneutraler Wärme im Gebäudesektor um lediglich einen Prozentpunkt. Obwohl die Versorgungsoption Wärmepumpe eine wesentliche Rolle spielt, ist der Effekt des verbesserten Strommixes nur gering. Der von der Versorgungsoption Wärmepumpe abgedeckte Anteil des Endenergiebedarfs für Wärme im Gebäudesektor steigt gegenüber dem Referenzszenario deutlich an, macht jedoch nur einen Anteil von 17 % aus. Hinzu kommt, dass dieser Endenergiebedarf nur zu einem Teil durch Strom und

<sup>96</sup> Zur Vereinfachung wird für die Berechnung die Zielquote statt auf den Bruttostrombedarf auf den Nettostrombedarf bezogen.

<sup>97</sup> Hierbei wird unterstellt, dass der für die Fernwärmeerzeugung eingesetzte Strom hinsichtlich des EE-Anteils dem allgemeinen Strommix entspricht.

zum größeren Teil durch die nutzbar gemachte Umweltwärme gedeckt wird. Dies resultiert in einer relativ geringen Sensitivität der Gesamtquote klimaneutraler Wärme gegenüber der EE-Quote im Strom. Auch die leichte Erhöhung des Anteils klimaneutraler Fernwärme hat nur einen sehr geringen Effekt auf die Gesamtquote. Insgesamt wird mit den erreichten 48 % die Zielsetzung knapp unterschritten.

Geht man davon aus, dass sowohl Strom als auch Fernwärme im Gebäudesektor als vollständig klimaneutral gelten, wird eine Gesamtquote von 58 % erreicht und das Ziel somit übererfüllt. Hierbei wirkt insbesondere die Fernwärme mit einem Anteil von 14 % am Endenergiebedarf im Jahr 2030. Es wird in diesem Fall jedoch auch deutlich, dass unter der Annahme von bilanziell vollständig klimaneutralem Strom und Fernwärme auch im Jahr 2030 noch 42 % des Endenergiebedarf für Wärme im Gebäudesektor mit konventionellen Energieträgern gedeckt wird. Dies ist insbesondere auf die bestehenden erdgas- und heizölbasierten Heizungssysteme zurückzuführen, die bis zum Jahr 2030 noch keinem Austausch unterzogen werden. Dies unterstreicht zum einen die Notwendigkeit von Anreizen für den Heizungstausch für Gebäudeeigentümer und zum anderen die Chance erneuerbarer/dekarbonisierter Gase, die in bestehenden Heizungssystemen genutzt werden können.