

CLIMATE CHANGE

59/2024

Teilbericht

# Wirkung des nationalen Brennstoffemissionshandels – Auswertungen und Analysen

Grundlagen für den zweiten Erfahrungsbericht der  
Bundesregierung gemäß § 23 BEHG im Jahr 2024

von:

Florian Zerzawy, Matthias Runkel, Hana van Loock (Kapitel 1, Kapitel 2)  
Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft e.V., Berlin

Alex Auf der Maur, Andreas Kemmler, Purnima Kulkarni, Marie-Luise Zwicker (Kapitel 3)  
Prognos AG, Basel

**Herausgeber:**  
Umweltbundesamt



CLIMATE CHANGE 59/2024

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für  
Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und  
Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3721 42 505 0  
FB001670

Teilbericht

# **Wirkung des nationalen Brennstoffemissionshandels – Auswertungen und Analysen**

Grundlagen für den zweiten Erfahrungsbericht der  
Bundesregierung gemäß § 23 BEHG im Jahr 2024

von

Florian Zerzawy, Matthias Runkel, Hana van Loock  
(Kapitel 1, Kapitel 2)

Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft e.V., Berlin

Alex Auf der Maur, Andreas Kemmler, Purnima Kulkarni,  
Marie-Luise Zwicker (Kapitel 3)

Prognos AG, Basel

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

## Impressum

### Herausgeber

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
[buergerservice@uba.de](mailto:buergerservice@uba.de)  
Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

### Durchführung der Studie:

Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft  
Schwedenstraße 15a  
13357 Berlin

Prognos AG  
St. Alban-Vorstadt 24  
4052 Basel  
Schweiz

### Abschlussdatum:

November 2024

### Redaktion:

Fachgebiet V 3.3 Ökonomische Grundsatzfragen des Emissionshandels, Auktionierung,  
Auswertungen  
Hans Zschüttig, Fabian Schmid

DOI:  
<https://doi.org/10.60810/openumwelt-7643>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, November 2024

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

**Kurzbeschreibung: Wirkung des nationalen Brennstoffemissionshandels – Auswertungen und Analysen – 2. Teilbericht 2024**

Der vorliegende Bericht dient als maßgebliche Grundlage für den zweiten Erfahrungsbericht der Bundesregierung nach § 23 des Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) im Jahr 2024. Er entstand im Rahmen des Forschungsvorhabens „Evaluierung und Weiterentwicklung des nationalen Emissionshandels (nEHS) mit ökonomischem Schwerpunkt“. Dieses Vorhaben unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) als federführendes Ressort und die Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (UBA) als zuständige Behörde mit wissenschaftlicher Expertise bei dem Prozess der Evaluierung des nationalen Emissionshandels (nEHS). Der Bericht gliedert sich in drei Berichtsteile. Kapitel 1 führt in die Funktionsweise und die rechtliche Verankerung des nEHS ein. Außerdem wird die Zielsetzung, die Struktur und der Inhalt des Berichts beschrieben. Kapitel 2 befasst sich mit der Entwicklung der für das BEHG relevanten fossilen Energieträgerpreise seit 2010 in den Sektoren Wärme und Verkehr. Dabei wird analysiert, welchen Einfluss die 2021 eingeführte CO<sub>2</sub>-Bepreisung im Rahmen des nEHS auf die Entwicklung der entsprechenden Endverbraucherpreise hat. In Kapitel 3 wird die Treibhausgasminderungswirkung des BEHG in vier Sensitivitäten abgeschätzt und mit der Wirkung im Projektionsbericht 2024 verglichen.

**Abstract: The effect of national fuel emissions trading – evaluations and analyses – 2<sup>nd</sup> report 2024**

This report provides essential analysis for the Federal Government's second progress report under Article 23 of the Fuel Emissions Trading Act (BEHG) in 2024. It was produced as part of the research project "Evaluation and further development of national emissions trading (nEHS) with an economic focus". This project supports the Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK) as the lead ministry and the German Emissions Trading Authority (DEHSt) at the German Environment Agency (UBA) as the competent authority with scientific expertise in the process of evaluating the national emissions trading system (nEHS). The report is divided into three parts. Chapter 1 explains how the nEHS works and its legal basis. It also describes the objective, structure and content of the report. Chapter 2 deals with the development of prices of the main fossil fuels covered by the scope of the BEHG since 2010 in the heating and transport sectors. It analyzes the influence of the CO<sub>2</sub> pricing introduced in 2021 as part of the nEHS on the development of end consumer prices. Chapter 3 assesses the greenhouse gas reduction effect of the BEHG in four different sensitivities and compares it with the results of the Projection Report 2024.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	8
Abkürzungsverzeichnis.....	9
Zusammenfassung.....	10
Summary.....	15
1 Hintergrund und Zielsetzung.....	20
2 Energiepreisentwicklung seit 2010 und Einordnung der CO <sub>2</sub> -Preise durch das BEHG.....	22
2.1 Einleitung.....	22
2.2 Grenzübergangspreise für Rohöl und Erdgas.....	23
2.3 Endverbraucherpreise.....	25
2.3.1 Erdgas.....	25
2.3.2 Heizöl.....	29
2.3.3 Benzinkraftstoff.....	32
2.3.4 Diesekraftstoff.....	34
2.4 Fazit.....	36
3 Klimaschutzwirkung des nationalen Emissionshandels.....	39
3.1 Einleitung.....	39
3.1.1 Ausgangslage.....	39
3.1.2 Sensitivitäten – Wirkung auf Konsumententscheidungen.....	40
3.2 Rahmendaten und Methode.....	42
3.2.1 Rahmendaten.....	42
3.2.2 Methode.....	47
3.3 Wirkung des BEHG im Verkehrssektor.....	52
3.4 Wirkung des BEHG im Gebäudesektor.....	57
3.5 Fazit.....	63
Quellenverzeichnis.....	66
A Anhang.....	69

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Jahresdurchschnittliche Grenzübergangspreise für Erdgas und Rohöl.....	24
Abbildung 2:	Entwicklung des durchschnittlichen Erdgaspreises nach Komponenten.....	27
Abbildung 3:	Entwicklung des durchschnittlichen Erdgaspreises, nominal und inflationsbereinigt .....	29
Abbildung 4:	Entwicklung des durchschnittlichen Preises für Heizöl EL nach Komponenten.....	30
Abbildung 5:	Monatliche Preisentwicklung beim Heizöl EL seit Januar 2023	32
Abbildung 6:	Entwicklung des durchschnittlichen Preises für Superbenzin nach Komponenten .....	33
Abbildung 7:	Monatliche Preisentwicklung bei Superbenzin seit Januar 2023 .....	34
Abbildung 8:	Entwicklung des durchschnittlichen Preises für Diesel nach Komponenten.....	35
Abbildung 9:	Monatliche Preisentwicklung beim Diesel seit Januar 2023 ....	36
Abbildung 10:	CO <sub>2</sub> -Preis im BEHG, in nominalen Preisen und in Euro <sub>2022</sub> , Preise der Sensitivitäten in gestrichelten Linien .....	43
Abbildung 11:	Kraftstoffpreise für Diesel und Benzin, in Euro <sub>2022</sub> /l, Baseline-Szenario und Sensitivitäten (gestrichelte Linien), Preise inkl. Steuern und Abgaben.....	45
Abbildung 12:	Brennstoffpreise für Erdgas und Heizöl, in Euro Cents <sub>2022</sub> /kWh, Baseline-Szenario und Sensitivitäten (gestrichelte Linien), Preise inkl. Steuern und Abgaben .....	46
Abbildung 13:	Strompreisentwicklung: Haushaltstrompreis (2,5-5 MWh) und reduzierter Wärmepumpentarif, Preise inkl. Steuern und Abgaben.....	47
Abbildung 14:	Hochlauf Elektromobilität (BEV-Pkw) im Baseline-Szenario und den Sensitivitäten .....	53
Abbildung 15:	THG-Effekt der Sensitivitäten aus der Kaufentscheidung als Differenz zum Baseline-Szenario .....	54
Abbildung 16:	THG-Effekt auf der Nachfrageänderung für Pkw und Lkw aufgrund höherer Kraftstoffpreise als Differenz zur Baseline..	55
Abbildung 17:	Entwicklung der THG-Emissionen im Verkehrssektor, Baseline-Szenario und Sensitivitäten .....	56
Abbildung 18:	THG-Effekt der Sensitivitäten im Sektor Verkehr als Differenz zum Baseline-Szenario.....	57
Abbildung 19:	Beheizungsstruktur EZFH: Abweichung im Anteil fossiler Heizungen .....	59
Abbildung 20:	Beheizungsstruktur MFH: Abweichung im Anteil fossiler Heizungen .....	59

Abbildung 21:	Beheizungsstruktur NWG: Abweichung im Anteil fossiler Heizungen .....	60
Abbildung 22:	In den Sensitivitäten zusätzlich energetisch sanierte Gebäudefläche, im Vergleich zum Baseline-Szenario (über den Zeitverlauf kumulierte Flächen) .....	61
Abbildung 23:	THG-Effekt der Sensitivitäten im Gebäudesektor als Differenz zum Baseline-Szenario .....	62
Abbildung 24:	Entwicklung der THG-Emissionen im Gebäudesektor, Baseline-Szenario und Sensitivitäten .....	63

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Höhe des CO <sub>2</sub> -Preises und prozentualer Anteil am Endverbraucherpreis, nach Brennstoff, 2021 – 2024.....	10
Tabelle 2:	THG-Effekte der untersuchten Sensitivitäten gegenüber dem Baseline-Szenario in den Sektoren Verkehr und Gebäude sowie insgesamt, in Mt CO <sub>2</sub> e .....	13
Table 3:	CO <sub>2</sub> price level and percentage of end consumer price, by fuel, 2021 – 2024 .....	15
Table 4:	GHG effects of the investigated sensitivities compared to the baseline scenario in the transport and buildings sectors and total, in Mt CO <sub>2</sub> e .....	18
Tabelle 5:	Grenzübergangspreise für Rohöl und Erdgas .....	25
Tabelle 6:	THG-Minderungswirkung des BEHGs für ausgewählte KSG-Sektoren im Jahr 2030 gegenüber einer Entwicklung ohne BEHG (in Mt CO <sub>2</sub> e) – Vergleich PB21, NECP 2021, PB23 und PB24.....	40
Tabelle 7:	Ausprägungen in den Sensitivitäten.....	42
Tabelle 8:	THG-Effekte der untersuchten Sensitivitäten gegenüber dem Baseline-Szenario in den Sektoren Verkehr und Gebäude sowie insgesamt, in Mt CO <sub>2</sub> e .....	64
Tabelle 9:	CO <sub>2</sub> -Preis im BEHG in Euro/t CO <sub>2</sub> , Basisszenario und Sensitivität, reale und nominale Preise, reale Preise mit Basisjahr 2022.....	69
Tabelle 10:	Benzin- und Dieselpreise in Euro <sub>2022</sub> /l, Basisszenario und Sensitivität, inkl. Steuern und Abgaben .....	70
Tabelle 11:	Preise für Erdgas und Heizöl in Euro Cents <sub>2022</sub> /kWh, Basisszenario und Sensitivität, inkl. Steuern und Abgaben.....	71
Tabelle 12:	Strompreise für Haushalte (HH) und Wärmepumpentarif, in Euro Cents <sub>2022</sub> /kWh, inkl. Steuern und Abgaben .....	72

## Abkürzungsverzeichnis

<b>ADAC</b>	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
<b>BAFA</b>	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
<b>Bbl</b>	Barrel (Fass)
<b>BDEW</b>	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
<b>BEHG</b>	Brennstoffemissionshandelsgesetz
<b>BEV</b>	Battery Electric Vehicle
<b>BIP</b>	Bruttoinlandsprodukt
<b>BMWK</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
<b>DEHSt</b>	Deutsche Emissionshandelsstelle
<b>Destatis</b>	Statistisches Bundesamt
<b>EBeV</b>	Emissionsberichterstattungsverordnung
<b>EL</b>	Extra Leicht
<b>EnergieStG</b>	Energiesteuergesetz
<b>EU-ETS 1</b>	Europäisches Emissionshandelssystem 1
<b>EU-ETS 2</b>	Europäischer Emissionshandel für Gebäude, Straßenverkehr und zusätzliche Sektoren
<b>en2x</b>	Wirtschaftsverband Fuels & Energie (ehemals Mineralölwirtschaftsverband)
<b>GEG</b>	Gebäudeenergiegesetz
<b>GHD</b>	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
<b>Intrastat</b>	Innergemeinschaftliche Handelsstatistik
<b>KSG</b>	Bundes-Klimaschutzgesetz
<b>KTF</b>	Klima- und Transformationsfonds
<b>MFH</b>	Mehrfamilienhaus
<b>MMS</b>	Mit-Maßnahmen-Szenario
<b>NECP</b>	Nationaler Energie- und Klimaplan
<b>nEHS</b>	Nationaler Brennstoffemissionshandel
<b>PB</b>	Projektionsbericht
<b>TEMPO</b>	Modell Transport Energy and Emissions Model for Policy Optimisation
<b>THG-Emissionen</b>	Treibhausgasemissionen
<b>TCO</b>	Total Cost of Ownership
<b>UBA</b>	Umweltbundesamt

## Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht dient als maßgebliche Grundlage für den zweiten Erfahrungsbericht der Bundesregierung nach § 23 des Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) im Jahr 2024. Er entstand im Rahmen des Forschungsvorhabens „Evaluierung und Weiterentwicklung des nationalen Emissionshandels (nEHS) mit ökonomischem Schwerpunkt“. Dieses Vorhaben unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) als federführendes Ressort und die Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (UBA) als zuständige Behörde mit wissenschaftlicher Expertise bei dem Prozess der Evaluierung des nEHS. Im Bericht wird die Wirkung des nEHS auf die Preisentwicklung von fossilen Brennstoffen sowie die Minderung von Treibhausgasen (THG) aus ökonomischer Perspektive analysiert.

### Energiepreisentwicklung und Einordnung der CO<sub>2</sub>-Preise durch das BEHG

Seit dem Jahr 2021 unterliegen Brennstoffe im Anwendungsbereich des BEHG einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung, die im Jahr 2022 und 2024 gegenüber dem jeweiligen Vorjahr erhöht wurde (vgl. Tabelle 1). Als Teil des Entlastungspakets des Bundes wurde der Preispfad für 2023 zunächst um ein Jahr verschoben, so dass der CO<sub>2</sub>-Preis 2023 unverändert 30 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> betrug. Im Herbst 2023 einigte sich die Bundesregierung schließlich wieder auf die Rückkehr zum ursprünglich vorgesehenen CO<sub>2</sub>-Preispfad. Dadurch stieg der CO<sub>2</sub>-Preis zum Jahreswechsel 2023/2024 von 30 auf 45 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> und damit um 50 %. Für die maßgeblichen im BEHG regulierten Brennstoffe **Erdgas, Benzin, Diesel und Heizöl** ergibt sich folgendes Bild:

- ▶ Die **Höhe der CO<sub>2</sub>-Komponente** betrug im Jahr 2024 **0,82 ct/kWh beim Erdgas** und **10,8 ct/l beim Benzin** beziehungsweise **12 ct/l bei Diesel und Heizöl (jeweils ohne Mehrwertsteueranteil)**.
- ▶ Die relative Bedeutung des CO<sub>2</sub>-Preises, ausgedrückt als **Anteil** der CO<sub>2</sub>-Komponente am **Endverbraucherpreis**, schwankte seit der Einführung 2021 stark aufgrund der volatilen Entwicklung der Endverbraucherpreise. Im Jahr 2024 lag er im Durchschnitt der ersten vier Monate bei **5,9 % bei Benzin, 6,9 % bei Diesel** und **11,4 % beim Heizöl**. Bei **Erdgas** waren es **8,0 %** für Januar 2024.

**Tabelle 1: Höhe des CO<sub>2</sub>-Preises und prozentualer Anteil am Endverbraucherpreis, nach Brennstoff, 2021 – 2024**

	Einheit	2021	2022	2023	2024*
CO <sub>2</sub> -Preis	EUR/t	25	30	30	45
Erdgas	ct/kWh (ohne MwSt.)	0,46	0,54	0,54	0,82
	% Endverbraucherpreis	7,2	3,4	4,0	8,0
Benzin	ct/l (ohne MwSt.)	6,00	7,20	7,18	10,77
	% Endverbraucherpreis	3,8	3,7	3,9	5,9
Diesel	ct/l (ohne MwSt.)	6,69	8,03	8,03	12,04
	% Endverbraucherpreis	4,8	4,1	4,6	6,9
Heizöl	ct/l (ohne MwSt.)	6,69	8,03	8,03	12,04
	% Endverbraucherpreis	9,5	6,1	7,8	11,4

Quelle: eigene Darstellung \*Januar – April 2024; bei Erdgas nur Januar 2024

Mit der Volatilität an den Rohstoffmärkten schwanken auch die Energiepreise. Zwischen 2021 und 2022 sind die Preise für fossile Brennstoffe während der Energiepreiskrise stark gestiegen. Der Anstieg folgte nach einer Phase niedriger Preise im Jahr 2020 aufgrund der Covid-19-Pandemie. Die Preissteigerungen sind hauptsächlich auf die gestiegenen Beschaffungsbeziehungswise Produktkosten zurückzuführen. Der **Grenzübergangspreis** für Erdgas stieg binnen eines Jahres um 260 % an und auch der Rohölpreis stieg zwischen 2021 und 2022 um über 60 %. Seitdem ist wieder ein Rückgang der Preise zu verzeichnen und im Jahr 2024 (Durchschnittswerte Januar bis März) liegen die Grenzübergangspreise um 62 % und 16 % unter den Höchstpreisen aus dem Jahr 2022.

Bei den einzelnen Brennstoffen lassen sich folgende Entwicklungen seit 2021 feststellen:

- ▶ Beim **Erdgas** verändern sich die Beschaffungskosten aufgrund von bestehenden Lieferverträgen mit Verzögerung. Die Grenzübergangspreise stiegen beim Erdgas zu Beginn der Energiepreiskrise im Jahr 2021 daher stärker als die Beschaffungspreise. Im Jahr 2022 erhöhten sich die Endverbraucherpreise dann stark. Ursächlich dafür waren die deutlich gestiegenen Beschaffungskosten während der Energiepreiskrise. Der Anteil des CO<sub>2</sub>-Preises am Endverbraucherpreis halbierte sich aufgrund dieser Entwicklung gegenüber dem Einführungsjahr 2021. 2023 blieb der CO<sub>2</sub>-Preis stabil, die Endverbraucherpreise gingen aufgrund rückläufiger Beschaffungskosten wieder zurück. Dadurch stieg der Anteil des CO<sub>2</sub>-Preises am Endverbraucherpreis auf 4 % an. 2024 ist eine weiter sinkende Tendenz bei den Endverbraucherpreisen von Gas festzustellen. Demgegenüber erhöhte sich der CO<sub>2</sub>-Preis von 0,55 ct/kWh auf 0,82 ct/kWh um 50 %. Der Anteil am Endverbraucherpreis stieg dadurch auf 8 %.
- ▶ Die Preissteigerung beim Grenzübergangspreis von Rohöl im Jahr 2022 entspricht dem allgemeinen Trend der **Mineralölproduktpreise**. Bei den Mineralölprodukten gibt es in der Regel keine mehrjährigen Lieferverträge, welche zu einer signifikanten Verzögerung zwischen einer Veränderung der Produktpreise und einer Anpassung der Endkundenpreise führen. **Heizöl** verzeichnete den höchsten Anstieg zwischen 2021 und 2022 bei Produktpreis und Deckungsbeitrag<sup>1</sup> mit 108 %, gefolgt von **Diesel** mit 77 % und **Benzin** mit 58 %. Die Anstiege in den Endverbraucherpreisen fielen jedoch weniger drastisch aus. Nach 2022 verzeichneten die Produktpreise einen Rückgang und im Jahr 2024 liegen diese für Rohöl um 16 %, für Heizöl um 28 %, für Diesel um 23 % und für Benzin um 19 % unter den Werten von 2022. Durch den Rückgang des Produktpreises sank auch der Endverbraucherpreis zwischen 4,6 % (beim Benzin) bis 21 % (beim Heizöl) im Jahresmittel von 2022 auf 2024. Die drastischen Preisänderungen während der Energiepreiskrise sind somit hauptsächlich auf die höheren Produktkosten zurückzuführen. Die Erhöhungen des CO<sub>2</sub>-Preises in den Jahren 2022 und 2024 haben jedoch auch Einfluss auf die Endverbraucherpreise. Der Anteil an den Endkundenpreisen hat sich somit bei gleichzeitig niedrigeren Produktkosten im Jahr 2024 gegenüber 2022 erhöht. Für Heizöl liegt der Anteil nun bei 11,4 % (gegenüber 6,1 % im Jahr 2022), für Diesel bei 6,9 % (gegenüber 4,1 % im Jahr 2022), für Benzin bei 5,9 % (gegenüber 3,7 % im Jahr 2022).

Im langjährigen Vergleich der Endverbraucherpreise ab dem Basisjahr 2010 zeigt sich, dass die nominalen Endverbraucherpreise im Jahr 2024 deutlich höher liegen als 2010, die inflationsbereinigten Endverbraucherpreise jedoch weniger stark gestiegen sind. Die starken Preisanstiege während der Energiepreiskrise sind bei allen Brennstoffen hauptsächlich auf die

<sup>1</sup> Betrag, den ein Unternehmen zur Deckung der Fixkosten benötigt. Er bildet sich aus der Differenz von erzieltm Erlös (Umsatz) und den variablen Kosten.

höheren Produktkosten zurückzuführen. **Das BEHG hatte aufgrund der moderaten CO<sub>2</sub>-Bepreisung nur einen verhältnismäßig geringen Einfluss auf die Preissteigerungen.**

### Klimaschutzwirkung des BEHG

Im Projektionsbericht 2024 der Bundesregierung (PB24) ergibt sich im Jahr 2030 insgesamt eine Einsparwirkung durch das BEHG von 9,2 Mt CO<sub>2</sub>e im Vergleich zu einer Entwicklung ohne BEHG. Davon entfallen rund 7,1 Mt CO<sub>2</sub>e auf die Sektoren Verkehr und Gebäude. Ergänzend dazu wurde im vorliegenden Bericht die Lenkungswirkung des BEHG anhand von **vier Sensitivitäten** in einer ex-ante Abschätzung untersucht.

- ▶ **Sensitivität 1: Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Preises** (im Vergleich zu den Annahmen im PB24). Es verdoppelt sich der CO<sub>2</sub>-Preis ab dem Jahr 2024 im Vergleich zum Baseline-Szenario. Im Jahr 2030 liegt er bei 250 Euro/t CO<sub>2</sub> (respektive real bei 203 Euro<sub>2022</sub>/t CO<sub>2</sub>), im Jahr 2045 bei 700 Euro/t CO<sub>2</sub> (409 Euro<sub>2022</sub>/t CO<sub>2</sub>).
- ▶ **Sensitivität 2: hoher Preispfad und erhöhte Austauschraten.** Der CO<sub>2</sub>-Preis entwickelt sich wie in der Sensitivität 1, der Preis steigt bis zum Jahr 2045 auf 700 Euro/t CO<sub>2</sub>. Zusätzlich erhöhen sich die Austauschraten der Wärmeerzeuger (Heizungen) und Fahrzeuge. Eine erhöhte Austauschrate bildet in den Modellen ab, dass die eingesetzten Technologien (Fahrzeuge, Heizungen etc.) mit höherer Frequenz einer neuen Wirtschaftlichkeitsprüfung unterzogen und gegebenenfalls durch eine klimafreundlichere ersetzt werden.
- ▶ **Sensitivität 3: hoher Preispfad und perfect foresight.** Der CO<sub>2</sub>-Preis steigt ebenfalls stark an, er erhöht sich wie in den Sensitivitäten 1 und 2 bis zum Jahr 2045 auf 700 Euro/t CO<sub>2</sub>. Die Lebensdauer bzw. die Austauschraten bleiben hingegen unverändert und identisch zum Baseline-Szenario. Abweichend vom Baseline-Szenario wird perfect foresight unterstellt. Dies impliziert, dass die zukünftigen Energiepreise bekannt sind und bei der Kauf- bzw. Investitionsentscheidung berücksichtigt werden. Damit wird eine transparente und aktive politische Kommunikation der künftigen Preisentwicklung im Modell abgebildet. Dies kann die berechnete Einsparwirkung durch die CO<sub>2</sub>-Bepreisung verstärken.
- ▶ In der **Sensitivität 4** werden die Effekte kombiniert (**hoher Preispfad, erhöhte Austauschraten und perfect foresight**): Der CO<sub>2</sub>-Preis steigt bis auf 700 Euro/t CO<sub>2</sub> im Jahr 2045, die Lebensdauer der Anlagen und Fahrzeuge wird im Vergleich zum Baseline-Szenario verkürzt und die zukünftigen Energiepreise sind bekannt (perfect foresight).

Die Sensitivitäten werden mit einem **Baseline-Szenario** verglichen – berechnet wird die **Abweichung der THG-Emissionen in den Sensitivitäten vom Baseline-Szenario**. Das Baseline-Szenario basiert auf weitgehend identischen Annahmen wie das Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) des PB24. Unter anderem wird von nahezu identischen Rahmendaten, Energiepreisen und CO<sub>2</sub>-Preisen ausgegangen. Die Berechnung der Sensitivitäten fokussiert sich auf die Kernbereiche des BEHG, d. h. den Straßenverkehr (Pkw, Nutzverkehr) sowie die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser im Gebäudesektor.

Sowohl ein höherer CO<sub>2</sub>-Preis (Sensitivität 1) als auch eine erhöhte Austauschrate (Sensitivität 2) und perfect foresight (Sensitivität 3) verstärken die Wirkung des BEHG im Verkehrs- und im Gebäudesektor (Tabelle 2). Der zusätzliche Emissionsminderungseffekt von höheren CO<sub>2</sub>-Preisen im Verkehrssektor ist mit der Annahme einer erhöhten Austauschrate stärker als mit perfect foresight. Bei einer erhöhten Austauschrate wird unterstellt, dass die Akteure aufgrund der energiepreisbedingten höheren Betriebskosten ihre Investitionsentscheidungen frühzeitiger

treffen und verstärkt auf klimafreundlichere Alternativen setzen. Im Gebäudesektor ist der Effekt durch die erhöhte Austauschrate in etwa gleich stark wie der Effekt durch perfect foresight.

**Tabelle 2: THG-Effekte der untersuchten Sensitivitäten gegenüber dem Baseline-Szenario in den Sektoren Verkehr und Gebäude sowie insgesamt, in Mt CO<sub>2</sub>e**

Sensitivität	Verkehr	Gebäude	Insgesamt
Sensitivität 1: Hoher CO <sub>2</sub> -Preisfad			
im Jahr 2030	-4,6	-0,3	-4,9
im Jahr 2040	-2,0	-0,6	-2,6
kumuliert [2024-2030]	-25,1	-1,3	-26,5
kumuliert [2031-2040]	-34,5	-5,4	-39,9
Sensitivität 2: Hoher CO <sub>2</sub> -Preisfad und erhöhte Austauschraten			
im Jahr 2030	-7,4	-1,6	-9,0
im Jahr 2040	-4,2	-1,6	-5,8
kumuliert [2024-2030]	-35,0	-7,4	-42,4
kumuliert [2031-2040]	-66,3	-17,1	-83,4
Sensitivität 3: Hoher CO <sub>2</sub> -Preisfad und perfect foresight			
im Jahr 2030	-4,9	-1,2	-6,1
im Jahr 2040	-2,1	-2,0	-4,0
kumuliert [2024-2030]	-26,5	-4,6	-31,2
kumuliert [2031-2040]	-36,3	-17,9	-54,2
Sensitivität 4: Hoher CO <sub>2</sub> -Preisfad, erhöhte Austauschraten und perfect foresight			
im Jahr 2030	-7,7	-2,6	-10,2
im Jahr 2040	-4,3	-3,1	-7,4
kumuliert [2024-2030]	-36,4	-11,6	-47,9
kumuliert [2031-2040]	-68,0	-31,6	-99,5

Quelle: eigene Darstellung (Prognos)

Der Effekt auf die Kaufentscheidungen durch den höheren CO<sub>2</sub>-Preis ohne perfect foresight und erhöhte Austauschraten allein ist im Vergleich zu den anderen Sensitivitäten am geringsten, sowohl im Verkehrs- als auch im Gebäudesektor. Ausgehend von dem im PB24 ausgewiesenen Minderungseffekt im Gebäude- und Verkehrsbereich für 2030 (7,1 Mt CO<sub>2</sub>e) würde die Minderungsleistung um 4,9 Mt CO<sub>2</sub>e bzw. 70 % zulegen. Ein relevanter Teil der Einsparungen durch den höheren CO<sub>2</sub>-Preis ergibt sich im Modell durch eine reduzierte Nutzung fossil betriebener Pkw und Lkw und den Umstieg auf umweltfreundlichere Verkehrsträger wie die

Schiene. Hier ergibt sich zwischenzeitlich eine Einsparung von rund 3 Mt CO<sub>2</sub>e. Diese Wirkung nimmt jedoch nach 2030 trotz des weiter steigenden Preises wieder ab, da mit steigendem Anteil elektrifizierter Fahrzeuge der Einfluss des CO<sub>2</sub>-Preises auf die Verkehrsnachfrage abnimmt.

Werden alle Effekte kombiniert (Sensitivität 4), ist der Effekt erwartungsgemäß in beiden Sektoren am höchsten. In Summe ergibt sich in den beiden Sektoren im Jahr 2030 gegenüber dem Baseline-Szenario eine zusätzliche Einsparung von 10,2 Mt CO<sub>2</sub>e bzw. 144 % – der Effekt würde sich also mehr als verdoppeln (Tabelle 2). Im Verkehrssektor ist der Effekt größer als im Gebäudesektor – was auch auf die höheren absoluten THG-Emissionen zurückzuführen ist. Zusätzliche Einsparungen im Vergleich zum Baseline-Szenario lassen sich vor allem mittelfristig (bis 2030/2035) erzielen, danach stagniert die Differenz gegenüber der Baseline (Gebäude) oder nimmt wieder ab (Verkehr). Dies basiert u. a. auf der kontinuierlichen Abnahme der THG-Emissionen im Baseline-Szenario.

Die Sensitivitäten legen nahe, dass eine **aktive politische Kommunikation** die Berücksichtigung steigender CO<sub>2</sub>-Preise bei Kaufentscheidungen nachhaltig und mit spürbarem Effekt verstärken kann (Sensitivität 3). Dadurch lässt sich die Wirkung des BEHG stärker steigern als allein durch eine Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Preises (Sensitivität 1). Wenn die gestiegenen Betriebskosten etwa infolge einer aktiv kommunizierten steigenden CO<sub>2</sub>-Bepreisung zu vorzeitigen Ersatzinvestitionen führen (Sensitivität 2), erhöht dies die Reduktionswirkung des BEHG zusätzlich.

## Summary

This report provides essential analysis for the Federal Government's second progress report under Article 23 of the Fuel Emissions Trading Act (BEHG) in 2024. It was produced as part of the research project "Evaluation and further development of national emissions trading (nEHS) with an economic focus". This project supports the Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK) as the lead ministry and the German Emissions Trading Authority (DEHSt) at the German Environment Agency (UBA) as the competent authority with scientific expertise in the process of evaluating the nEHS. The report analyses the effect of the nEHS on the price development of fossil fuels and the reduction of greenhouse gases (GHG) from an economic perspective.

### Energy price development and classification of CO<sub>2</sub> prices by the BEHG

Since 2021, fuels within the scope of the BEHG have been subject to CO<sub>2</sub> pricing, which was increased in 2022 and 2024 compared to the respective previous year (see Table 3). As part of the federal government's relief package, the price path for 2023 was initially postponed by one year, so that the CO<sub>2</sub> price in 2023 remained unchanged at 30 euros per tonne of CO<sub>2</sub>. In autumn 2023, the German government finally agreed to return to the originally planned CO<sub>2</sub> price path. As a result, the CO<sub>2</sub> price rose from 30 to 45 euros per tonne of CO<sub>2</sub> at the turn of the year 2023/2024, or by 50%. For the main fuels regulated by the BEHG, which are **natural gas, petrol, diesel and heating oil**, the situation is as follows:

- ▶ The **level of the CO<sub>2</sub> component** in 2024 was **0.82 ct/kWh for natural gas** and **10.8 ct/l for petrol** and **12 ct/l for diesel and heating oil (without VAT)**.
- ▶ The relative importance of the CO<sub>2</sub> price, expressed as the share of the CO<sub>2</sub> component **in the retail price**, has fluctuated greatly since its introduction in 2021 due to the volatile development of end consumer prices. In 2024, the average for the first four months was **5.9% for petrol**, **6.9% for diesel** and **11.4% for heating oil**. For **natural gas**, the figure was **8.0%** for January 2024.

**Table 3: CO<sub>2</sub> price level and percentage of end consumer price, by fuel, 2021 – 2024**

	Unit	2021	2022	2023	2024*
CO <sub>2</sub> price	EUR/t	25	30	30	45
Natural gas	ct/kWh (without VAT)	0.46	0.54	0.54	0.82
	% End User Price	7.2	3.4	4.0	8.0
Petrol	ct/l (without VAT)	6.00	7.20	7.18	10.77
	% End User Price	3.8	3.7	3.9	5.9
Diesel	ct/l (without VAT)	6.69	8.03	8.03	12.04
	% End User Price	4.8	4.1	4.6	6.9
Heating oil	ct/l (without VAT)	6.69	8.03	8.03	12.04
	% End User Price	9.5	6.1	7.8	11.4

Source: own illustration \*January – April 2024; for natural gas only January 2024

With the volatility on the commodity markets, energy prices are also fluctuating. Between 2021 and 2022, fossil fuel prices rose sharply during the energy price crisis. The increase followed a period of low prices in 2020 due to the Covid-19 pandemic. The price increases are mainly due to the increase in procurement and product costs. The **cross-border price** of natural gas increased by 260% within a year, and the price of crude oil also rose by over 60% between 2021 and 2022. Since then, prices have fallen again and in 2024 (average values January to March), cross-border prices are 62% and 16% below the maximum prices from 2022.

For the individual fuels, the following developments can be observed since 2021:

- ▶ In the case of **natural gas**, procurement costs are changing with a delay due to existing supply contracts. Cross-border prices for natural gas therefore rose more sharply than procurement prices at the beginning of the energy price crisis in 2021. In 2022, retail prices then rose sharply. This was due to the significant increase in procurement costs during the energy price crisis. The share of the CO<sub>2</sub> price in the end consumer price halved due to this development compared to the starting year 2021, and in 2023 the CO<sub>2</sub> price remained stable, while end consumer prices fell again due to declining procurement costs. As a result, the share of the CO<sub>2</sub> price in the final consumer price rose to 4%. In 2024, a further downward trend in the retail prices of gas can be observed. In contrast, the CO<sub>2</sub> price increased by 50% from 0.55 ct/kWh to 0.82 ct/kWh. As a result, the share of the retail price rose to 8%.
- ▶ The increase in the cross-border price of crude oil in 2022 is in line with the general trend of **petroleum product prices**. In the case of petroleum products, there are usually no multi-year supply contracts, which lead to a significant delay between a change in product prices and an adjustment in end consumer prices. **Heating oil** recorded the highest increase in product price and contribution margin<sup>2</sup> between 2021 and 2022 with 108%, followed by **diesel** with 77% and **petrol** with 58%. However, the increases in retail prices were less drastic. After 2022, product prices recorded a decrease and in 2024 they are 16% lower than in 2022 for crude oil, 28% for heating oil, 23% for diesel and 19% lower for petrol. Due to the decline in the product price, the end consumer price also fell between 4.6% (for petrol) and 21% (for heating oil) on an annual average from 2022 to 2024. The drastic price changes during the energy price crisis are therefore mainly due to higher product costs. However, the increases in the CO<sub>2</sub> price in 2022 and 2024 also have an impact on end consumer prices. The share thus increased in 2024 compared to 2022, while at the same time product costs were lower. For heating oil, the share is now 11.4% (compared to 6.1% in 2022), for diesel it is 6.9% (compared to 4.1% in 2022), for petrol it is 5.9% (compared to 3.7% in 2022).

A long-term comparison of end consumer prices from the base year 2010 onwards shows that nominal retail prices in 2024 are significantly higher than in 2010, but inflation-adjusted end consumer prices have risen less sharply. The sharp price increases during the energy price crisis are mainly due to higher product costs for all fuels. **Due to the moderate CO<sub>2</sub> pricing, the BEHG had only a relatively minor impact on price increases.**

<sup>2</sup> The amount that a company needs to cover its fixed costs. It is calculated from the difference between the revenue generated (sales) and the variable costs.

### Climate protection impact of the BEHG

In the Projection Report 2024 of the Federal Government (PB24), the total mitigation effect of the BEHG is 9.2 Mt CO<sub>2</sub>e in 2030 compared to a development without the BEHG. Of this, around 7.1 Mt CO<sub>2</sub>e is attributable to the transport and buildings sectors. In addition to this, the present report examined the steering effect of the BEHG based on **four sensitivities** in an ex-ante assessment.

- ▶ **Sensitivity 1: Increase in the CO<sub>2</sub> price** (compared to the assumptions in PB24). The CO<sub>2</sub> price will double from 2024 compared to the baseline scenario. In 2030, it will be 250 euros/t CO<sub>2</sub> (or 203 euros<sub>2022</sub>/t CO<sub>2</sub> in real terms), and in 2045 it will be 700 euros/t CO<sub>2</sub> (409 euros<sub>2022</sub>/t CO<sub>2</sub>).
- ▶ **Sensitivity 2: high price path and increased replacement rates.** The CO<sub>2</sub> price is developing as in sensitivity 1 and rises to 700 euros/t CO<sub>2</sub> by 2045. In addition, the replacement rates of heat generators (heaters) and vehicles are increasing. In the models, an increased replacement rate means that the technologies used (vehicles, heaters, etc.) undergo a new economic feasibility test with a higher frequency and, if necessary, are replaced by a more climate-friendly technology.
- ▶ **Sensitivity 3: high price path and perfect foresight.** The CO<sub>2</sub> price is also rising sharply, rising to 700 euros/t CO<sub>2</sub> by 2045, as in sensitivities 1 and 2. The lifetime and replacement rates, on the other hand, remain unchanged and identical to the baseline scenario. Deviating from the baseline scenario, perfect foresight is assumed. This implies that future energy prices are known and taken into account when making a purchase or investment decision. This can increase the calculated mitigation effect of CO<sub>2</sub> pricing. Transparent and active political communication of future price trends is thus modelled.
- ▶ In **sensitivity 4**, the effects are combined (**high price path, increased replacement rates and perfect foresight**): The CO<sub>2</sub> price rises to 700 euros/t CO<sub>2</sub> in 2045, the lifetime of the plants and vehicles is shortened compared to the baseline scenario and the future energy prices are known (perfect foresight).

The sensitivities are compared with a **baseline scenario** and the **deviation of GHG emissions in the sensitivities from the baseline scenario** is calculated. The baseline scenario is based on largely identical assumptions as the MMS scenario of the PB24. Among other things, almost identical modelling data, energy prices and CO<sub>2</sub> prices are assumed. The calculation of the sensitivities focuses on the core areas of the BEHG, i.e. road transport (cars, commercial transport), space heating and hot water in the building sector.

Both a higher CO<sub>2</sub> price (sensitivity 1) and an increased replacement rate (sensitivity 2) and perfect foresight (sensitivity 3) increase the effect of the BEHG in the transport and building sectors (Table 4). Higher CO<sub>2</sub> prices in the transport sector have a stronger effect through an increased replacement rate than through perfect foresight. With an increased replacement rate, it is assumed that due to the higher operating costs caused by energy prices, actors will make their investment decisions earlier and will increasingly rely on more climate-friendly alternatives. In the building sector, the effect of the increased replacement rate is about as strong as the effect of perfect foresight.

**Table 4: GHG effects of the investigated sensitivities compared to the baseline scenario in the transport and buildings sectors and total, in Mt CO<sub>2</sub>e**

Sensitivity	Transport	Building	Sum
Sensitivity 1: High CO <sub>2</sub> price path			
in 2030	-4.6	-0.3	-4.9
in 2040	-2.0	-0.6	-2.6
cumulative [2024-2030]	-25.1	-1.3	-26.5
cumulative [2031-2040]	-34.5	-5.4	-39.9
Sensitivity 2: High CO <sub>2</sub> price path and increased replacement rate			
in 2030	-7.4	-1.6	-9.0
in 2040	-4.2	-1.6	-5.8
cumulative [2024-2030]	-35.0	-7.4	-42.4
cumulative [2031-2040]	-66.3	-17.1	-83.4
Sensitivity 3: High CO <sub>2</sub> price path and perfect foresight			
in 2030	-4.9	-1.2	-6.1
in 2040	-2.1	-2.0	-4.0
cumulative [2024-2030]	-26.5	-4.6	-31.2
cumulative [2031-2040]	-36.3	-17.9	-54.2
Sensitivity 4: High CO <sub>2</sub> price path, increased replacement rate and perfect foresight			
in 2030	-7.7	-2.6	-10.2
in 2040	-4.3	-3.1	-7.4
cumulative [2024-2030]	-36.4	-11.6	-47.9
cumulative [2031-2040]	-68.0	-31.6	-99.5

Source: own illustration (Prognos)

The effect on purchasing decisions due to the higher CO<sub>2</sub> price without perfect foresight and increased replacement rates alone is compared to the other sensitivities the smallest, both in the transport and in the building sector. Based on the reduction effect in the building and transport sector shown in PB24 for 2030 (7.1 Mt CO<sub>2</sub>e), the reduction would increase by 4.9 Mt CO<sub>2</sub>e or 70%. A relevant reduction due to the higher CO<sub>2</sub> price is attributable in the model to a reduced

use of fossil-fueled cars and trucks and a switch to more environmentally friendly modes of transport such as rail. In the meantime, this results in a reduction of around 3 Mt CO<sub>2</sub>e. However, this effect will diminish again after 2030 despite the further rise in prices, as the impact of the CO<sub>2</sub> price on transport demand decreases as the share of electrified vehicles increases.

If all effects are combined (sensitivity 4), the effect is expected to be highest in both sectors. In total, the two sectors will reduce an additional 10.2 Mt CO<sub>2</sub>e or 144% in 2030 compared to the baseline scenario - the effect would therefore more than double (Table 4). In the transport sector, the effect is greater than in the building sector – which is also due to the higher level of total GHG emissions. Additional reduction compared to the baseline scenario can be achieved primarily in the medium term (until 2030/2035), after which the difference compared to the baseline (buildings) stagnates or decreases again (transport). This is among others because GHG emissions in the baseline scenario are continuously decreasing.

The sensitivities suggest that active political communication can strengthen the consideration of rising CO<sub>2</sub> prices when making purchasing decisions with a lasting and noticeable effect (sensitivity 3). This allows the effect of the BEHG to be increased more than by increasing the CO<sub>2</sub> price alone (sensitivity 1). If increased operating expenditures lead to premature replacement investments (sensitivity 2), for example as a result of actively communicated increased CO<sub>2</sub> pricing, the reduction effect of the BEHG is further increased.

# 1 Hintergrund und Zielsetzung

Mit Verabschiedung des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) im Dezember 2019 wurden die Klimaschutzziele in Deutschland gesetzlich verankert. Eine wichtige Rolle zum Erreichen der Ziele spielt der nationale Brennstoffemissionshandel (nEHS), welcher im Januar 2021 eingeführt und im Rahmen des Klimaschutzprogramms 2030 beschlossen wurde. Dieser umfasst insbesondere die Bereiche Wärmezeugung und Verkehr. Gesetzlich wurde der nEHS im Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) festgelegt.

## Der nationale Brennstoffemissionshandel (nEHS)

Der nEHS umfasst grundsätzlich alle Brennstoffemissionen, die nicht vom Europäischen Emissionshandelssystem 1 (EU-ETS 1) erfasst werden. Bis einschließlich 2022 beschränkte sich der nEHS aber zunächst auf die wichtigsten Brennstoffe Benzin, Diesel, Heizöl, Erdgas und Flüssiggas sowie nicht nachhaltige Biomasse. Seit 2023 ist unter anderem auch die Kohle einbezogen, seit 2024 werden auch Abfälle als Brennstoff erfasst. Bis zum Jahr 2025 werden die Emissionszertifikate zu Festpreisen verkauft, welche schrittweise ansteigen (25 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> im Jahr 2021, 30 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> in den Jahren 2022 und 2023, 45 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> im Jahr 2024, 55 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> im Jahr 2025). Im Jahr 2026 ist ein Preiskorridor von 55 – 65 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> vorgesehen. Ab dem Jahr 2027 soll der nEHS vom EU-ETS 2 (Europäischer Emissionshandel für Gebäude, Straßenverkehr und zusätzliche Sektoren) abgelöst werden.

Am nEHS nehmen nicht die Bürger\*innen direkt teil, die mit Brennstoffen zum Beispiel Auto fahren oder heizen, sondern die Inverkehrbringer oder Lieferanten von Brenn- und Kraftstoffen. Indem die Inverkehrbringer und Lieferanten die zusätzlichen Kosten an die Endverbraucher\*innen weitergeben, entfaltet die CO<sub>2</sub>-Bepreisung eine Lenkungswirkung hin zu emissionsarmen Alternativen.

In § 23 BEHG wurde gesetzlich festgelegt, dass in regelmäßigen Abständen eine Evaluierung des BEHG durch die Bundesregierung stattfinden soll. Der erste Erfahrungsbericht musste bis zum 30. November 2022 von der Bundesregierung erstellt und dem Bundestag übermittelt werden (Bundesregierung 2022), der zweite bis zum 30. November 2024. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) ist – unterstützt durch die Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (UBA) – federführend für die Erstellung der Erfahrungsberichte sowie die Weiterentwicklung des nEHS zuständig.

Der vorliegende Bericht beinhaltet die Themen „Entwicklung der Energiepreise“ sowie „Klimaschutzwirkung des nEHS“ und dient für diese Bereiche als maßgebliche Grundlage für den zweiten Erfahrungsbericht nach § 23 BEHG im Jahr 2024. Er entstand im Rahmen des Forschungsvorhabens „Evaluierung und Weiterentwicklung des nationalen Emissionshandels (nEHS) mit ökonomischem Schwerpunkt“<sup>3</sup>. Dieses Vorhaben soll BMWK und UBA mit wissenschaftlicher Expertise bei dem Prozess der Evaluierung des nEHS unterstützen. Der Fokus liegt dabei auf ökonomischen Fragestellungen zur Analyse der klimapolitischen und sozialen Wirkung des nEHS.

Zu den Inhalten des vorliegenden Berichts:

Kapitel 2 befasst sich mit der **Entwicklung der Heiz- und Kraftstoffpreise**. Hier wird die Entwicklung der Preise der fossilen Energieträger Erdgas und Rohöl sowie der daraus

<sup>3</sup> Forschungskennzahl (FKZ) 3721 42 5050.

hergestellten Erdölzeugnisse Heizöl Extra Leicht (Heizöl EL), Superbenzin sowie Diesel betrachtet und untersucht, welchen Einfluss die CO<sub>2</sub>-Bepreisung auf diese hat.

Im anschließenden Kapitel 3 wird zur quantitativen Einschätzung der **Klimaschutzwirkung des nEHS** die Lenkungswirkung des BEHG anhand von vier Sensitivitäten in einer ex-ante Abschätzung untersucht. Die Modellierung erfolgte ergänzend zur Abschätzung der Minderungswirkung des BEHG im aktuellen Projektionsbericht 2024 (PB24) (Harthan et al., 2024a). Berechnet wird die Abweichung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) in den Sensitivitäten vom Baseline-Szenario (Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) des PB24) jeweils im Verkehrs- und Gebäudesektor. Dabei werden als Sensitivitäten ein erhöhter CO<sub>2</sub>-Preispfad, perfect foresight sowie erhöhte Austauschraten untersucht.

## 2 Energiepreisentwicklung seit 2010 und Einordnung der CO<sub>2</sub>-Preise durch das BEHG

### 2.1 Einleitung

Im folgenden Kapitel wird die Entwicklung verschiedener relevanter Energieträgerpreise seit dem Jahr 2010 analysiert und beschrieben. Dabei werden die in Schrems et al. (2022) dargestellten Zeitreihendaten fortgeschrieben. Es wird untersucht, welchen Einfluss der nationale Emissionshandel nach dem BEHG und die damit verbundene CO<sub>2</sub>-Bepreisung auf die Entwicklung der entsprechenden Endverbraucherpreise hat.

Relevant für diese Betrachtung sind die vom BEHG betroffenen Preise für fossile Energieträger. Das BEHG adressiert die Sektoren Wärme (Gebäude sowie Kleinindustrie) und Verkehr (ohne Flugverkehr und ohne Schifffahrt). Entsprechend liegt der Fokus der Betrachtung auf Kraftstoffen für Fahrzeuge im Straßenverkehr und Brennstoffen zur Erzeugung von Wärme in Gebäuden. Deshalb werden in diesem Kapitel Erdgas sowie Rohöl bzw. die daraus hergestellten Erdölerzeugnisse Heizöl EL, Superbenzin sowie Diesel näher betrachtet.

Der CO<sub>2</sub>-Preis setzt bei den Inverkehrbringern von fossilen Energieträgern an, wie z.B. Großhändler von Brennstoffen, Hersteller von Brennstoffen mit Großhandelsvertrieb oder Erdgaslieferanten. Diese geben die Kosten an die Endverbraucher\*innen weiter. Deshalb werden für die vorliegende Analyse Endverbraucherpreise für Konsumenten als relevanter betrachtet als Großhandelspreise.

Um den Einfluss der ab 2021 eingeführten CO<sub>2</sub>-Bepreisung einzuordnen, werden die Verbraucherpreise und deren Entwicklung im Zeitverlauf nach zentralen Preiskomponenten dargestellt. Die betrachteten Komponenten variieren teilweise zwischen den für die Analyse genutzten Quellen, bzw. den Energieträgern. Unterschieden werden im Wesentlichen folgende Komponenten: Kosten für Beschaffung und Vertrieb (respektive der Produktimportpreis und der Deckungsbeitrag<sup>4</sup>), Steuern und Abgaben sowie beim Gas auch das Netzentgelt. Die CO<sub>2</sub>-Preis-Komponente wird gesondert aufgeführt und so sichtbar gemacht.

Die Komponente Beschaffung (Produktimportpreis) hat eine hohe Bedeutung für die Endverbraucherpreise und deren Veränderung im Zeitverlauf. Rohöl ist das zentrale Ausgangsprodukt für Kraftstoffe und Heizöl. Zum allergrößten Teil wird Rohöl nach Deutschland importiert (Importanteil 2022 ca. 98 %). Beim Erdgas verhält es sich ähnlich, hier liegt der Importanteil 2022 bei ca. 94 % (UBA, 2024a). Aus diesem Grund werden zusätzlich zu den Endverbraucherpreisen auch Grenzübergangspreise von Erdgas und Rohöl betrachtet. Diese zeigen den Wert der importierten Energie an der deutschen Grenze an.

Der Schwerpunkt wird auf die Darstellung von Jahrespreisen (Jahresmittelwerten) gelegt. Allerdings unterliegen seit Herbst 2021 und insbesondere seit Frühjahr 2022 die Energiepreise starken Schwankungen. Während sie zunächst nach Beginn des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine sehr stark anstiegen, sind sie seitdem wieder gefallen, liegen allerdings weiterhin auf einem höheren Niveau als vor der Energiepreiskrise. Ergänzend zu den Jahrespreisen werden daher auch Monatspreise<sup>5</sup> betrachtet.

<sup>4</sup> Allgemeine Definition des Deckungsbeitrags: Betrag, den ein Unternehmen zur Deckung der Fixkosten benötigt, er bildet sich aus der Differenz von erzieltm Erlös (Umsatz) und den variablen Kosten.

<sup>5</sup> Monatliche Preise nach Komponenten liegen in den genutzten Datenquellen nicht für alle betrachteten Energieträger vor, u. a. fehlen monatliche Angaben für das Erdgas.

Dargestellt werden in der Analyse folgende Punkte:

- ▶ Grenzübergangspreise: Jahresmittelwerte für
  - Erdgas
  - Rohöl
- ▶ Endverbraucherpreise: Jahreswerte nach Preiskomponenten, Vergleich nominaler und realer (inflationsbereinigter) Preise für
  - Erdgas
  - Heizöl EL
  - Benzinkraftstoff
  - Dieselkraftstoff

Nicht betrachtet wird der Preis von Kohle. Zwar fallen Kohlen ab 2023 unter das BEHG. Die im Anwendungsbereich des BEHG verwendeten Mengen sind jedoch sehr gering. Die Emissionen von Braun- bzw. Steinkohle liegen nach Berechnungen von Ludig et al. (2022) bei ca. 3 % der gesamten Brennstoffemissionen des BEHG. Seit 2024 ist auch die Abfallverbrennung in das BEHG einbezogen. Die CO<sub>2</sub>-Kosten werden indirekt über die Fernwärmepreise auf die Endverbraucher\*innen gewälzt. Auch die Emissionen der Abfallverbrennung sind gering. Sie liegen gemäß Ludig et al. (2022) bei ca. 5 % der gesamten Brennstoffemissionen des BEHG.

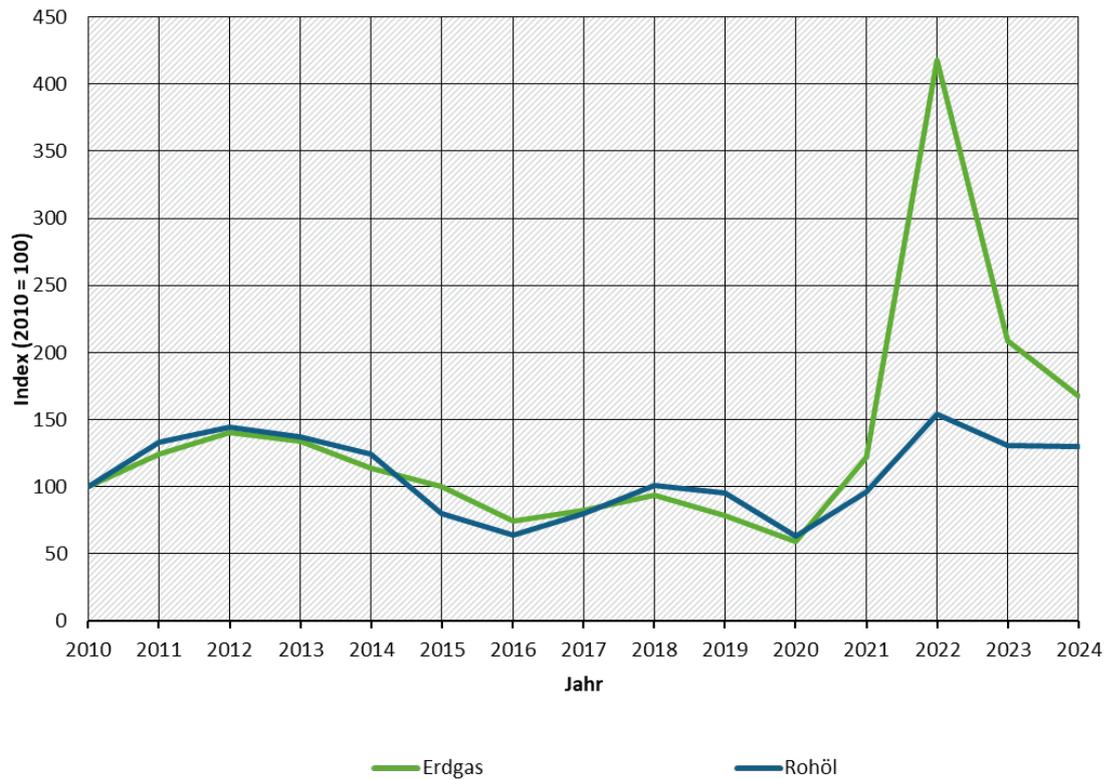
## 2.2 Grenzübergangspreise für Rohöl und Erdgas

Grenzübergangspreise, teilweise auch Einfuhrpreise genannt, werden aus den Importmengen und dem monetären Wert der importierten Energie berechnet. Dabei werden gewichtete Monats- oder Jahresdurchschnittswerte ermittelt. Die Grenzübergangspreise zeigen so den Wert der importierten Energie an der deutschen Grenze an. Der Grenzübergangspreis für Erdgas wurde bis Ende 2022 monatlich durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) ermittelt. Mit Abschluss des Berichtsjahrs 2022 wurde diese Aufgabe, die bisher im BMWK erfolgte, eingestellt. Grundlage für die Preisermittlung bildeten Meldungen der Einfuhrkontrolle und der Innergemeinschaftlichen Handelsstatistik (Intrastat). Berücksichtigt wurden dabei hauptsächlich Importverträge, während Spotmengen in den Im- und Exporten nicht umfassend abgebildet wurden. Seit 2019 berichtet jedoch das Statistische Bundesamt (Destatis) über die monatliche Preisentwicklung der Erdgas- und Rohölimporte, so dass die Zeitreihe auf Grundlage dieser Datenquelle fortgeschrieben wurde.

Die Entwicklung der Grenzübergangspreise für Erdgas und Rohöl im Zeitraum 2010 bis 2024 ist in Abbildung 1 und Tabelle 5 dargestellt. In der Abbildung sind die Preise als Index mit Preisbasis 2010 abgebildet, dadurch wird die bis ins Jahr 2020 gültige starke Korrelation zwischen den beiden Energiepreisen deutlich. Die Preise waren im betrachteten Zeitraum jedoch großen Schwankungen unterworfen, mit einem extremen Preisanstieg bei Erdgas im Jahr 2022. Das Preismaximum lag sowohl bei Erdgas als auch bei Rohöl im Jahr 2022 (Erdgas 417,8 Indexpunkte, Rohöl 153,8 Indexpunkte). Die tiefsten Preise wurden im Jahr 2020 beobachtet, mit 59,2 Indexpunkten für Erdgas und 63,6 Punkte beim Rohöl.

**Abbildung 1: Jahresdurchschnittliche Grenzübergangspreise für Erdgas und Rohöl**

indexierte Werte im Zeitraum 2010 bis 2024, Basisjahr 2010 = 100, nicht inflationsbereinigt



Werte 2024: Mengengewichteter Mittelwert der Monate Januar bis März

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von BAFA (2022) für Erdgas und BMWK (2021) für Rohöl für Werte bis 2018; ab 2019 auf Basis von Destatis (2024a) für Erdgas und Destatis (2024b) für Rohöl

Im Jahr 2022 sind die Grenzübergangspreise für Erdgas und Rohöl deutlich angestiegen. Besonders ausgeprägt war der Anstieg beim Erdgas. Der Preisanstieg ist dabei auf die Entwicklung ab Oktober 2021 zurückzuführen. Im August 2022 erreichte der Preis dann mit rund 167 Euro/MWh seinen Höchststand. Bereits im Herbst 2021 reduzierte Russland die Gaslieferungen, was zu steigenden Preisen führte. Seit Juni 2022 sind die direkten russischen Gaslieferungen über die Nord Stream Pipeline nochmals deutlich zurückgegangen und seit dem 31.08.2022 völlig eingestellt. Im Vergleich zu den Spitzenwerten von 2022 sanken die Erdgaspreise Anfang 2023 und stabilisierten sich dann auf einen im Vergleich zu den Preisen vor der Krise weiterhin deutlich höheren Durchschnittswert von etwa 37 Euro/MWh (April 2023 bis März 2024) und damit grob um das Niveau von 2012. Bis zum Ausbruch der Krise waren die Preise von da an einigermaßen kontinuierlich auf ein Allzeittief im Jahr 2020 (in realen Preisen noch deutlicher als in den hier aus Gründen der Datenverfügbarkeit nominal dargestellten) gesunken. Gründe für den Rückgang ab 2022 sind wieder gut gefüllte Gasspeicher und die gesunkene Nachfrage u. a. durch höhere Temperaturen sowie Einsparungen von Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD), Privathaushalten und Industrie.

**Tabelle 5: Grenzübergangspreise für Rohöl und Erdgas**

Jahr	Erdgas (EUR/MWh)	Rohöl (EUR/bbl)
2010	20,6	61,1
2011	25,7	81,2
2012	29	88
2013	27,6	83,8
2014	23,5	76
2015	20,6	48,8
2016	15,4	39,2
2017	17	49
2018	19,3	61,9
2019	16,1	58,1
2020	12,2	38,9
2021	25,1	59
2022	86,1	94
2023	43	80,1
2024	34,6	79,4

Werte 2024: Mengengewichteter Mittelwert der Monate Januar bis März; bbl: barrel (Fass, entspricht rund 159 Litern)

Quellen: Werte bis 2018 aus BAFA (2022) für Erdgas und BMWK (2021) für Rohöl; ab 2019 Destatis (2024a) für Erdgas und Destatis (2024b) für Rohöl

Auch beim Rohöl zeigt sich für das Jahr 2024 eine Tendenz zur Stabilisierung der Grenzübergangspreise auf einem Niveau deutlich unter dem Höchstwert von 2022. In den ersten drei Monaten des Jahres 2024 liegt er etwa 16 % niedriger als 2022.

## 2.3 Endverbraucherpreise

### 2.3.1 Erdgas

Der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) veröffentlicht jährlich Endverbraucherpreise von Erdgas. Die vom BDEW ausgewiesenen Preise bilden den Durchschnitt des deutschlandweiten Marktangebots an Tarifprodukten ab. Darin enthalten sind sowohl Bestandskumentarife als auch Neukumentarife. Der Grundpreis für den Anschluss ist anteilig enthalten. Nicht berücksichtigt werden Grundversorgungstarife oder Sondertarife wie beispielsweise Biogastarife. Die Tarifhöhe eines spezifischen Anbieters kann deutlich vom ausgewiesenen Preisdurchschnitt für Deutschland abweichen. Ursachen für abweichende Preise sind unter anderem regional unterschiedliche Netzentgelte, unterschiedliche Beschaffungsstrategien und die Struktur des Kundenstamms des Energieversorgers.

Die nachfolgende Abbildung 2 beschreibt die Entwicklung des Erdgaspreises für Haushalte in Mehrfamilienhäusern nach Komponenten seit dem Jahr 2010 (BDEW, 2024). Dabei werden die Preise nach folgenden Komponenten unterschieden:

- ▶ Beschaffung und Vertrieb (dies beinhaltet im Wesentlichen die Kosten für den Einkauf des Produkts, den Vertrieb und Transport sowie einen Deckungsbeitrag (Marge); die Komponente ist marktlich bestimmt)
- ▶ Netzentgelte (inkl. Messung und Messstellenbetrieb; regulierter Betrag für die Nutzung der Gasinfrastruktur; ab 2017 inkl. Kosten für die Abrechnung)
- ▶ Konzessionsabgabe (Gebühr, die von Gemeinden bei Strom- und Gasversorgern erhoben wird; der BDEW rechnet mit einem fixen Wert von 0,03 ct/kWh)
- ▶ Erdgassteuer (Verbrauchssteuer im Rahmen des Energiesteuergesetzes, liegt seit 2003 bei 0,55 ct/kWh)
- ▶ CO<sub>2</sub>-Preis (eingeführt im Jahr 2021 im Rahmen des BEHG, Startpreis im Jahr 2021 mit 0,46 ct/kWh<sup>6</sup> bei einem CO<sub>2</sub>-Preis von 25 Euro/t CO<sub>2</sub>, in den Jahren 2022 und 2023 30 Euro/t CO<sub>2</sub>, 2024 45 Euro/t CO<sub>2</sub>)
- ▶ Mehrwertsteuer (Umsatzsteuer, seit 2007 bei 19 %<sup>7</sup>)

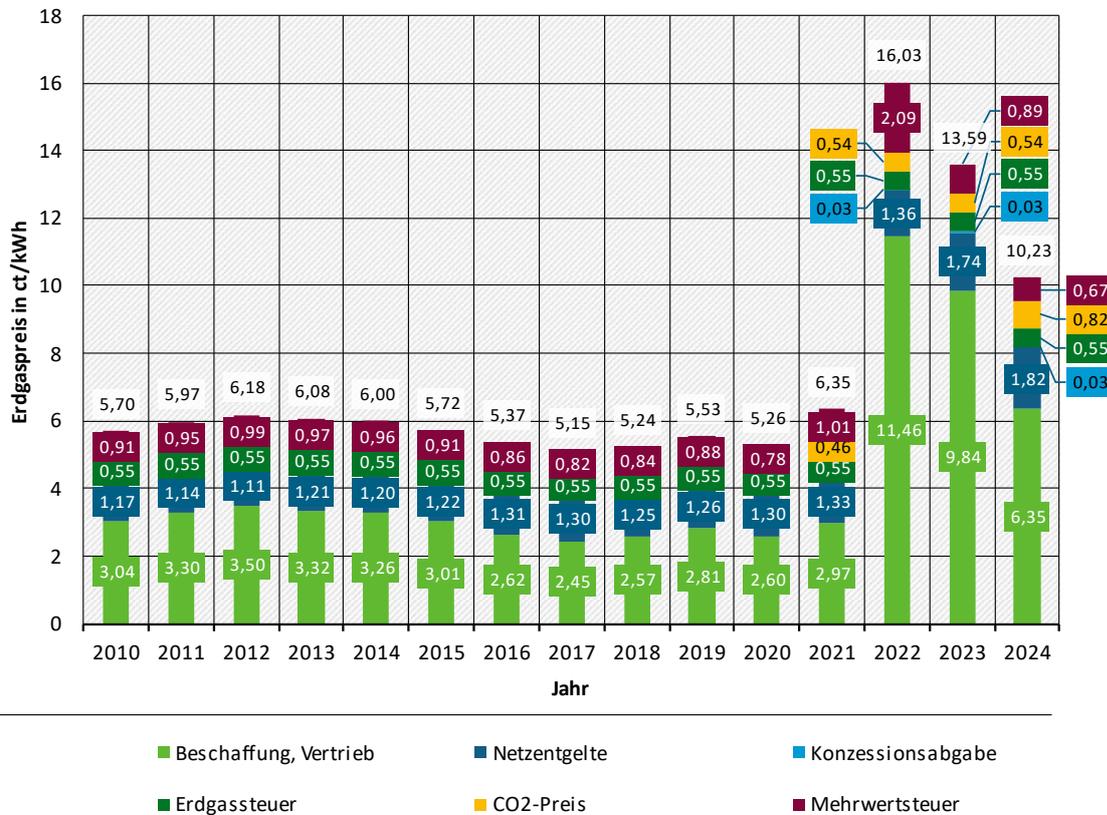
---

<sup>6</sup> Wert übernommen aus BDEW-Gaspreisanalyse (BDEW, 2024). Berechnet mit heizwertbezogenem Emissionsfaktor von 56 kg CO<sub>2</sub>/GJ Erdgas und Umrechnung von MJ in kWh (Faktor 3,2508) gemäß (EBeV, 2022) ergibt sich der Wert von [2,5 ct/kg CO<sub>2</sub> \* 0,056 kg CO<sub>2</sub>/MJ \* 3,2508 MJ/kWh = 0,455 ct/kWh]. Anmerkung: In der EBeV 2030 (gültig ab Berichtsjahr 2023) weicht der heizwertbezogene Emissionsfaktor minimal vom Wert in der EBeV 2022 ab (0,0558 t CO<sub>2</sub>/GJ anstatt 0,056 t CO<sub>2</sub>/GJ).

<sup>7</sup> Für das 2. Halbjahr 2020 wurde im Zuge der Covid-19-Pandemie eine vorübergehende Senkung des Mehrwertsteuersatzes auf 16 % beschlossen. Als Entlastung während der Energiepreiskrise galt von Oktober 2022 bis März 2024 ein reduzierter Mehrwertsteuersatz von 7 % für Erdgas und Fernwärme.

**Abbildung 2: Entwicklung des durchschnittlichen Erdgaspreises nach Komponenten**

in ct/kWh, für Haushalte in Mehrfamilienhäusern, jährlich von 2010 bis 2024 (für das Jahr 2024 wurden Daten bis Januar 2024 berücksichtigt). Ab 2022 Netzentgelte inkl. Gasspeicherumlage.



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von BDEW (2024)

Im Zeitraum 2010 bis 2024 entfielen im Mittel der Jahre 55 % des Erdgaspreises auf Beschaffung und Vertrieb, 20 % auf Netzentgelte und 25 % auf Steuern und Abgaben. Die Endverbraucherpreise veränderten sich im Zeitraum 2010 bis 2021 nur wenig. Im Jahr 2022 jedoch stieg der durchschnittliche Erdgaspreis als Folge der Energiepreiskrise erheblich auf 16,03 ct/kWh an (+181 % gegenüber dem Durchschnittspreis 2010 bis 2021 von 5,71 ct/kWh). Nach diesem extremen Preisanstieg fielen die Preise wieder und lagen im Januar 2024, obwohl sie immer noch über dem Niveau vor 2022 lagen, deutlich unter dem Extremwert von 2022 (-36 % gegenüber dem Wert von 2022).

Der Preisanstieg von 6,35 ct/kWh im Jahr 2021 auf 16,03 ct/kWh im Jahr 2022 ist hauptsächlich auf den Anstieg für Beschaffung und Vertrieb (+8,49 ct/kWh) zurückzuführen. Der CO<sub>2</sub>-Preis erhöhte sich lediglich um 5 Euro/t CO<sub>2</sub> (+ ca. 0,1 ct/kWh). Dabei steht der Anstieg der Beschaffungskosten in engem Zusammenhang mit der Entwicklung der Grenzübergangspreise (vgl. Kapitel 2.2). Aufgrund bestehender Lieferverträge verändern sich die Endverbraucherpreise in der Regel zeitlich verzögert zu den Grenzübergangspreisen. Der abgebildete Preisdurchschnitt berücksichtigt sowohl Bestandskundertarife als auch Neukundertarife. Das zeigt sich in der Entwicklung ab 2021: Während das Preisniveau für Neutarife bereits im Jahr 2021 deutlich anstieg, blieben die bestehenden Jahres- und Zweijahresverträge noch auf einem tieferen Preisniveau. Dadurch ergibt sich auf Ebene der mittleren Endverbraucherpreise ein Zeitverzug bei steigenden (oder sinkenden) Beschaffungskosten. Im Jahr 2022 schlugen die extremen Preisentwicklungen bei den Grenzübergangspreisen auch auf die Endverbraucherpreise durch. Im Jahr 2023 sanken die

Endverbraucherpreise wieder. Dies ist zum einen auf niedrigere Beschaffungspreise als auch auf die Wirkung der Gaspreisbremse zurückzuführen, mit der im Jahr 2023 die Brutto-Endkundenpreise auf 12 ct/kWh für 80 % des Verbrauchs gedeckelt wurden.

Im Jahr 2022 wurde die CO<sub>2</sub>-Bepreisung entsprechend dem im BEHG vorgegebenen Pfad erhöht, der Kostenanteil für das CO<sub>2</sub> stieg dadurch von 0,46 ct/kWh auf 0,55 ct/kWh<sup>8</sup>. Der Anstieg ist nur von geringer Bedeutung für den 2022 sehr stark angestiegenen Verbraucherpreis (+152 % im Vergleich zu 2021). *Die CO<sub>2</sub>-Komponente hatte im Durchschnitt im Jahr 2022 einen Anteil von 3,5 % an den Endverbraucherpreisen, im Jahr 2021 betrug ihr Anteil noch 7,2 %.* Es waren also vor allem die gestiegenen Kosten für die Beschaffung ursächlich für den Preisanstieg, nicht der CO<sub>2</sub>-Preis. Diese lagen durchschnittlich bei 11,46 ct/kWh. Zum Vergleich: Im Durchschnitt der Jahre 2010 bis 2021 lagen die durchschnittlichen Kosten für Beschaffung und Vertrieb bei 2,95 ct/kWh. Im Jahr 2023 blieb der CO<sub>2</sub>-Preis unverändert. Die Bundesregierung hatte die Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Preises um 5 Euro/t aufgrund der Energiepreiskrise ausgesetzt. Im Jahr 2024 stieg er auf 0,82 ct/kWh (Rückkehr auf den ursprünglich vorgesehenen Preispfad, d. h. 45 Euro/t). Diese Werte entsprechen einem Anteil von 4 % für 2023 und 8 % im Januar 2024 an den Endverbraucherpreisen. Nicht verändert haben sich die Konzessionsabgabe und die Erdgassteuer. Die Netzentgelte (ohne die in der Grafik in den Netzentgelten inkludierte Gasspeicherumlage) sind zwischen 2022 und 2023 gestiegen (+23 %) und im Jahr 2024 wieder geringfügig gesunken (-1 %). Mit dem An- und Abstieg beim Nettopreis stieg oder sank auch der Beitrag der Mehrwertsteuer. Allerdings wurde die Mehrwertsteuer im Rahmen der Entlastungspakete des Bundes von Oktober 2022 bis März 2024 auf 7 % abgesenkt.

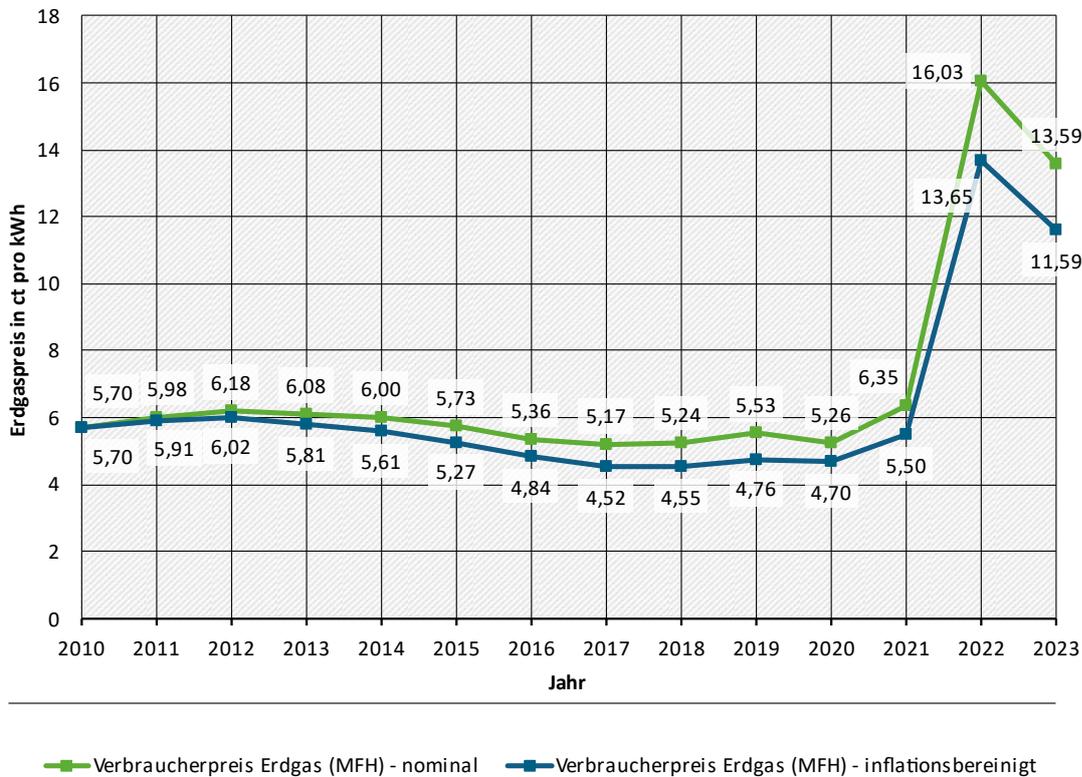
Wird bei der Betrachtung der jährlichen Energiepreise die Inflation (Destatis, 2024c) mitberücksichtigt, zeigt sich im Zeitraum 2012 bis 2020 ein nahezu kontinuierlicher Preisrückgang (Abbildung 3). Trotz des Anstieges des Erdgaspreises im Jahr 2021 aufgrund der gestiegenen Beschaffungskosten und der Einführung des CO<sub>2</sub>-Preises lag der inflationsbereinigte Preis mit 5,5 ct/kWh um 4 % unter dem Preis im Jahr 2010 mit 5,7 ct/kWh. Im Jahr 2022 zeigt sich auch bei den inflationsbereinigten Preisen ein deutlicher Preisanstieg (+139 % im Vergleich zu 2010)<sup>9</sup>. Im Folgejahr 2023 geht der inflationsbereinigte Preis wieder um 15 % zurück.

<sup>8</sup> Der leicht geringere Wert in der BDEW-Gaspreisanalyse (BDEW, 2024) (siehe Abbildung 2) erklärt sich möglicherweise daraus, dass dort bereits für 2022 der heizwertbezogene Emissionsfaktor der EBeV 2030 verwendet wurde.

<sup>9</sup> Die hohe Inflation 2022 wurde maßgeblich von den steigenden Energiepreisen verursacht. Der Anteil der Energie an der Inflationsrate lag im Jahr 2022 bei etwa 35 % (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, o. J.)

**Abbildung 3: Entwicklung des durchschnittlichen Erdgaspreises, nominal und inflationsbereinigt**

in ct/kWh, für Haushalte in Mehrfamilienhäusern, inflationsbereinigte Werte mit Preisbasis 2010, jährlich von 2010 bis 2023



Quelle: Eigene Abbildung auf Basis von BDEW (2024)

### 2.3.2 Heizöl

Endverbraucherpreise für die Kraftstoffe Superbenzin und Diesel sowie für den Brennstoff Heizöl EL werden vom Wirtschaftsverband Fuels & Energie (en2x) auf monatlicher Basis veröffentlicht. Bis Februar 2022 ist die Preisentwicklung von en2x nach folgenden Komponenten unterschieden:

- ▶ **Produkt(import)preis:** Der Produktpreis (bei Benzin und Diesel) beziehungsweise der Produktimportpreis (bei Heizöl EL) ist der Preis ab Raffinerie oder der Grenzübergangspreis (bei importierten Mineralölprodukten). Der Produktpreis spiegelt somit die Bezugskosten für die Tankstellen/Heizöllieferanten wider.
- ▶ **Deckungsbeitrag:** Im Deckungsbeitrag sind gemäß en2x die Kosten für Transport, Lagerhaltung, gesetzliche Bevorratung, Verwaltung, Vertrieb sowie seit Januar 2007 die Kosten für Biokomponenten enthalten.
- ▶ **Energiesteuer:** Die Energiesteuersätze werden im Energiesteuergesetz (EnergieStG) festgelegt. Abgesehen von der befristeten Reduktion der Energiesteuer auf Kraftstoffe von Juni bis August 2022 als Teil des Entlastungspakets des Bundes zur Energiepreiskrise, liegen die Sätze seit 2003 konstant bei 65,45 ct/l für Benzin, 47,04 ct/l für Diesel und 6,14 ct/l für Heizöl EL.

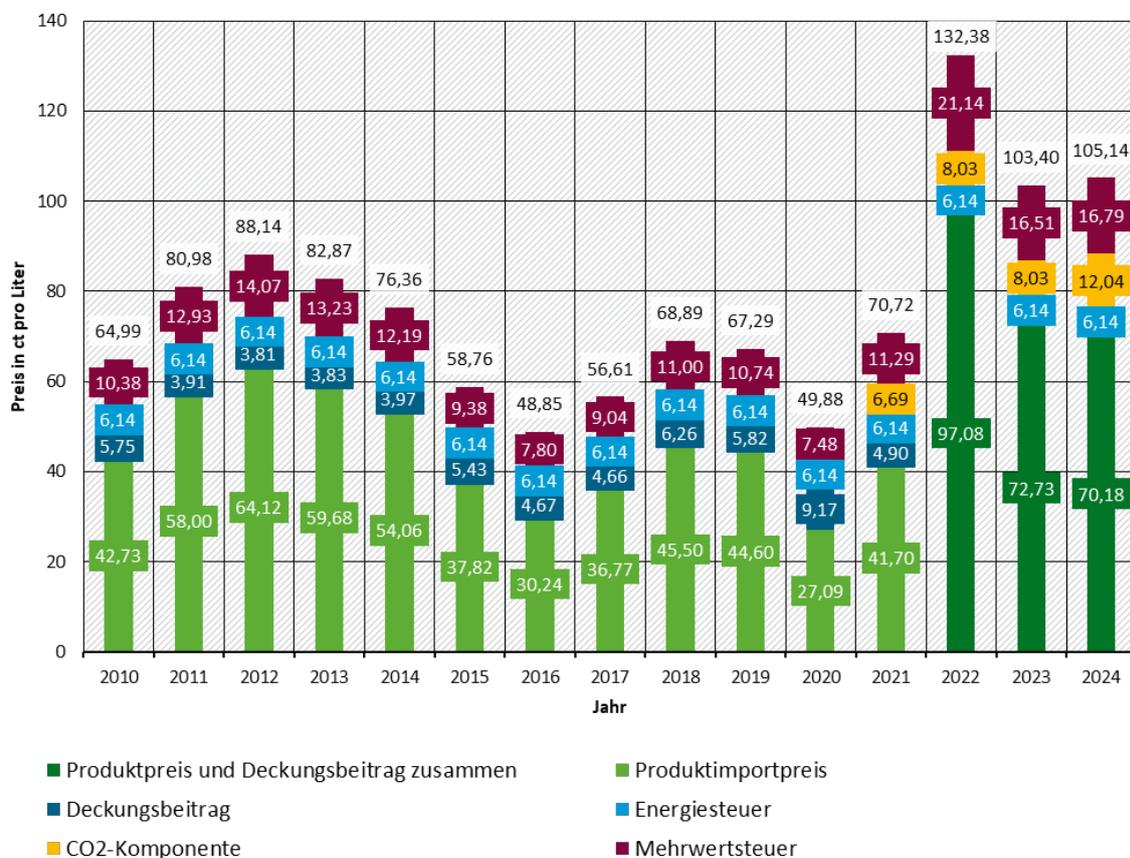
- ▶ CO<sub>2</sub>-Preis (ab 2021): Die Kosten für die CO<sub>2</sub>-Zertifikate werden im BEHG festgelegt und betragen im Jahr 2021 25 Euro/t CO<sub>2</sub>, in den Jahren 2022 und 2023 30 Euro/t CO<sub>2</sub>, 2024 45 Euro/t CO<sub>2</sub>.
- ▶ Mehrwertsteuer: Die Mehrwertsteuer liegt in Deutschland bei 19 % (allgemeiner Satz) und wird auf den Nettopreis aufgeschlagen<sup>10</sup>.

Die nachfolgende Abbildung 4 stellt die Preisentwicklung für den Brennstoff Heizöl EL dar. Basis für diese Darstellung sind die Daten von en2x.

**Abbildung 4: Entwicklung des durchschnittlichen Preises für Heizöl EL nach Komponenten**

in ct/l, jährlich 2010 bis 2024

\*seit März 2022 sind keine Preisinformationen nach Komponenten von en2x verfügbar. Produktpreis und Deckungsbeitrag können deshalb nicht wie zuvor getrennt ausgewiesen werden. Für das Jahr 2024 wurden Daten bis April 2024 berücksichtigt.



Quelle: Eigene Abbildung auf Basis von en2x (2022) für Werte bis 2021 und en2x (2024) für Werte ab 2022

Im Zeitraum von 2010 bis 2021 schwankte der Preis von Heizöl EL zwischen 48,85 ct/l im Jahr 2016 und dem Höchstwert im Jahr 2012 mit 88,14 ct/l um 39,29 ct/l (45 % vom Höchstwert). Im Jahr 2022 stieg der Preis erheblich auf 132,38 ct/l (+87 % im Vergleich zu 70,72 ct/l im Jahr 2021). Aufgrund der im Vergleich zu den anderen fossilen Energieträgern niedrigen Energiesteuer beim Heizöl entfällt ein relativ hoher Anteil auf den Produktimportpreis (Produktpreis und Deckungsbeitrag zusammen im Mittel 73 % in den Jahren 2010 bis 2024).

<sup>10</sup> Für das 2. Halbjahr 2020 wurde im Zuge der Covid-19-Pandemie eine vorübergehende Senkung des Mehrwertsteuersatzes auf 16 % beschlossen.

Dadurch sind die Schwankungen beim Endverbraucherpreis deutlich ausgeprägter als bei den Kraftstoffen Benzin und Diesel mit höheren Energiesteuersätzen.

Gegenüber den nominalen Preisen liegen die inflationsbereinigten Endverbraucherpreise mit Basisjahr 2010 im Jahr 2023 um 15 % tiefer. Der reale Preis für Heizöl EL beträgt im Jahr 2023 somit 88,2 ct<sub>2010</sub>/l. Damit erhöhte er sich um 36 % gegenüber dem Jahr 2010.

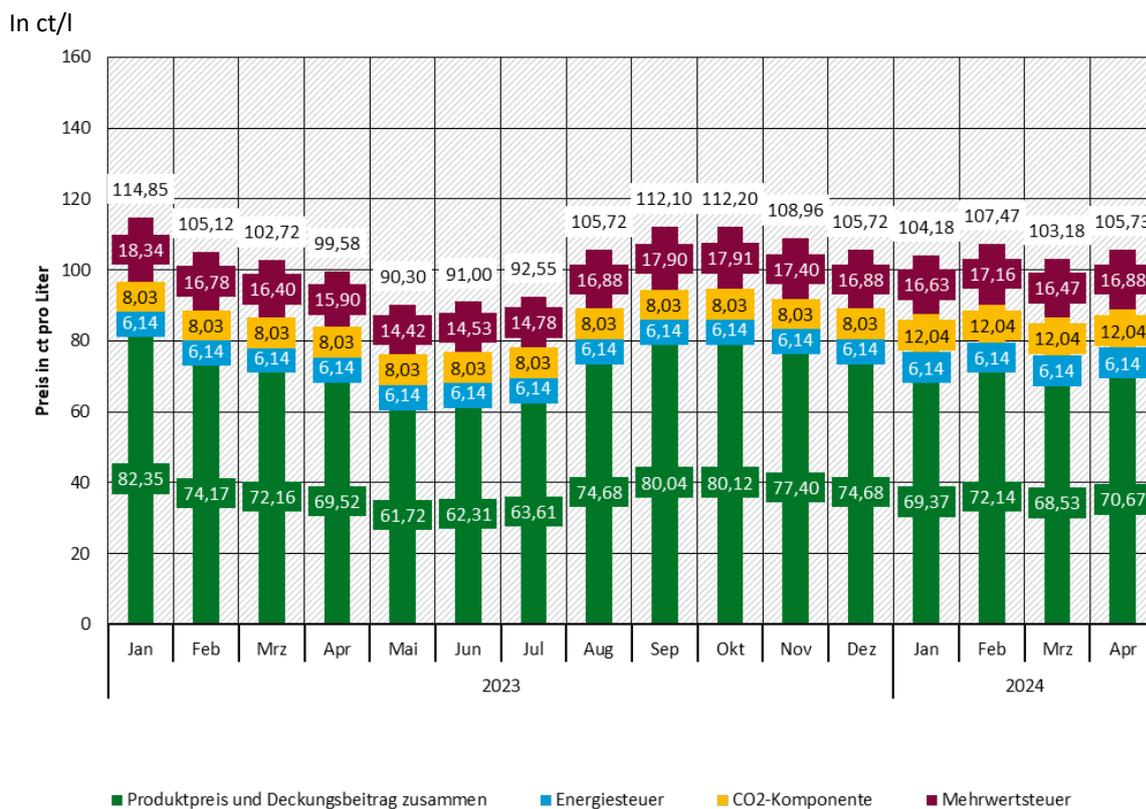
Nach einem bereits deutlichen Preisanstieg von 2020 auf 2021 um 20,8 ct/l folgte im Jahr 2022 ein noch stärkerer Anstieg. Der Preisanstieg von 2021 auf 2022 um 61,7 ct/l (+87 %) ist die stärkste jährliche Preissteigerung im Zeitraum von 2010 bis 2024. Hauptsächlich für diese Preissteigerung ist der Produktimportpreis. Produktpreis und Deckungsbeitrag zusammen sind um 50,5 ct/l angestiegen und erklären damit rund 82 % der Preissteigerung von 2021 auf 2022. Die Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Preises im Jahr 2022 von 6,7 auf 8,0 ct/l<sup>11</sup> beim Heizöl trägt nur geringfügig zur Preissteigerung zum Vorjahr bei. *Damit hat der CO<sub>2</sub>-Preis einen Anteil von 6,1 % am Endverbraucherpreis beim Heizöl im Jahr 2022.*

Im Jahr 2023 sind die Heizölpreise wieder zurückgegangen. Der Anteil des CO<sub>2</sub>-Preises am Endverbraucherpreis hat sich daher – trotz gleichbleibender Höhe von 30 Euro/t CO<sub>2</sub> – erhöht auf 7,8 %. In Mittel der Monate Januar bis April 2024 sind die Endverbraucherpreise annähernd auf gleichem Niveau geblieben wie im Jahresdurchschnitt 2023, obwohl der CO<sub>2</sub>-Preis von 30 auf 45 Euro/t CO<sub>2</sub> gestiegen ist. Der Anteil des CO<sub>2</sub>-Preises hat sich dadurch weiter erhöht und beträgt im Durchschnitt für die ersten vier Monate 2024 11,4 %.

Die nachfolgende Abbildung 5 zeigt die monatliche Preisentwicklung seit Januar 2023 bis zum April 2024 nach den Preiskomponenten.

<sup>11</sup> Berechnet mittels heizwertbezogenem Emissionsfaktor von 74 kg CO<sub>2</sub>/GJ Heizöl EL. Als Heizwert wird 42,8 GJ/t und als Dichte 0,845 kg/l verwendet (EBeV, 2022). Die Standardwerte haben sich in der EBeV 2030 nicht verändert.

[3,0 ct/kg CO<sub>2</sub> \* 74 kg CO<sub>2</sub>/GJ \* 0,0428 GJ/kg \* 0,845 kg/l = 8,03 ct/l]

**Abbildung 5: Monatliche Preisentwicklung beim Heizöl EL seit Januar 2023**

Quelle: Eigene Abbildung auf Basis von en2x (2024)

Der Heizöl-Preis sank mit Ende der Heizperiode während des Jahres 2023 von 114,8 ct/l im Januar auf 90,3 ct/l im Mai kontinuierlich um 21 % ab und stieg mit Beginn der Heizperiode zum Oktober wieder auf ein ähnliches Niveau wie zu Jahresbeginn. Zwischen Januar und April 2024 liegt der Preis im Durchschnitt bisher bei etwa 105,1 ct/l und ist damit gegenüber 2023 weitgehend stabil. Gegenüber dem Jahresmittelwert 2023 von 103,4 ct/l lag der Monatswert April 2024 nur geringfügig um 2,2 % höher. Die Energiesteuer ist fix und der CO<sub>2</sub>-Preis ändert sich auf jährlicher Basis. Die CO<sub>2</sub>-Komponente (12 ct/l) hatte im April 2024 wie im Mittel der Monate Januar bis April einen Anteil von 11,4 % am Endverbraucherpreis.

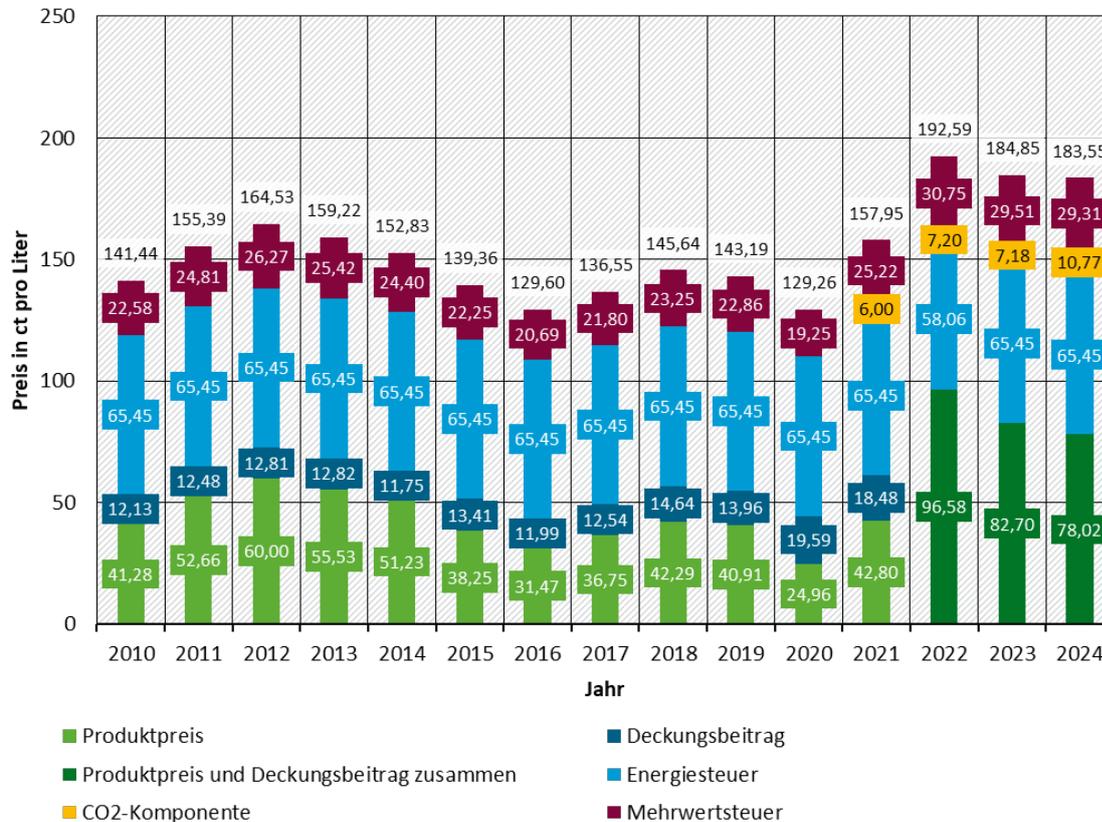
### 2.3.3 Benzinkraftstoff

Der Benzinpreis (Superbenzin) für die Endverbraucher\*innen wird ebenfalls von en2x auf monatlicher Basis veröffentlicht. Dabei werden dieselben Komponenten unterschieden wie beim Heizöl und beim Dieselkraftstoff. Die nachfolgende Abbildung 6 zeigt die Preisentwicklung in den Jahren 2010 bis 2024.

**Abbildung 6: Entwicklung des durchschnittlichen Preises für Superbenzin nach Komponenten**

in ct/l, jährlich 2010 bis 2024;

\*seit März 2022 sind keine Preisinformationen nach Komponenten von en2x verfügbar. Produktpreis und Deckungsbeitrag können deshalb nicht wie zuvor getrennt ausgewiesen werden. Für das Jahr 2024 wurden Daten bis April 2024 berücksichtigt.



Quelle: Eigene Abbildung auf Basis von en2x (2022) für Werte bis 2021 und en2x (2024) für Werte ab 2022

Beim Benzin ist die Energiesteuer mit 65,5 ct/l deutlich höher als beim Heizöl (6,1 ct/l) und beim Dieselkraftstoff (47 ct/l). Die staatlichen Abgaben machen derzeit ca. 57 % des Benzinpreises aus. Aufgrund des niedrigen Produktpreises im Jahr 2020 erreichten die staatlichen Abgaben (in diesem Jahr noch ohne CO<sub>2</sub>-Preis) einen Anteil von 66 %. Im Jahr 2022, das von erhöhten Produktpreisen geprägt war, sank der Anteil der staatlichen Abgaben auf 50 %. Zudem wurde 2022 die Energiesteuer für drei Monate auf 35,9 ct/l reduziert. Auf das Gesamtjahr bezogen bedeutet dies eine Reduktion um etwa 7,4 ct/l. Seitdem steigt der Anteil der staatlichen Abgaben wieder an, was vor allem auf die gesunkenen Produktpreise zurückzuführen ist.

Anfang 2024 lag der Benzinpreis mit 183,6 ct/l zwar unter den Höchstpreisen von 192,6 ct/l im Jahr 2022. Im Vergleich zu den Jahren vor 2022 bleibt der Preis jedoch weiterhin auf einem höheren Niveau. Der CO<sub>2</sub>-Preis beträgt im Jahr 2024 bei Benzin 10,8 ct/l<sup>12</sup> und hatte damit einen Anteil von 5,9 % am Endverbraucherpreis. Zwischen 2023 und 2024 blieb der Endverbraucherpreis

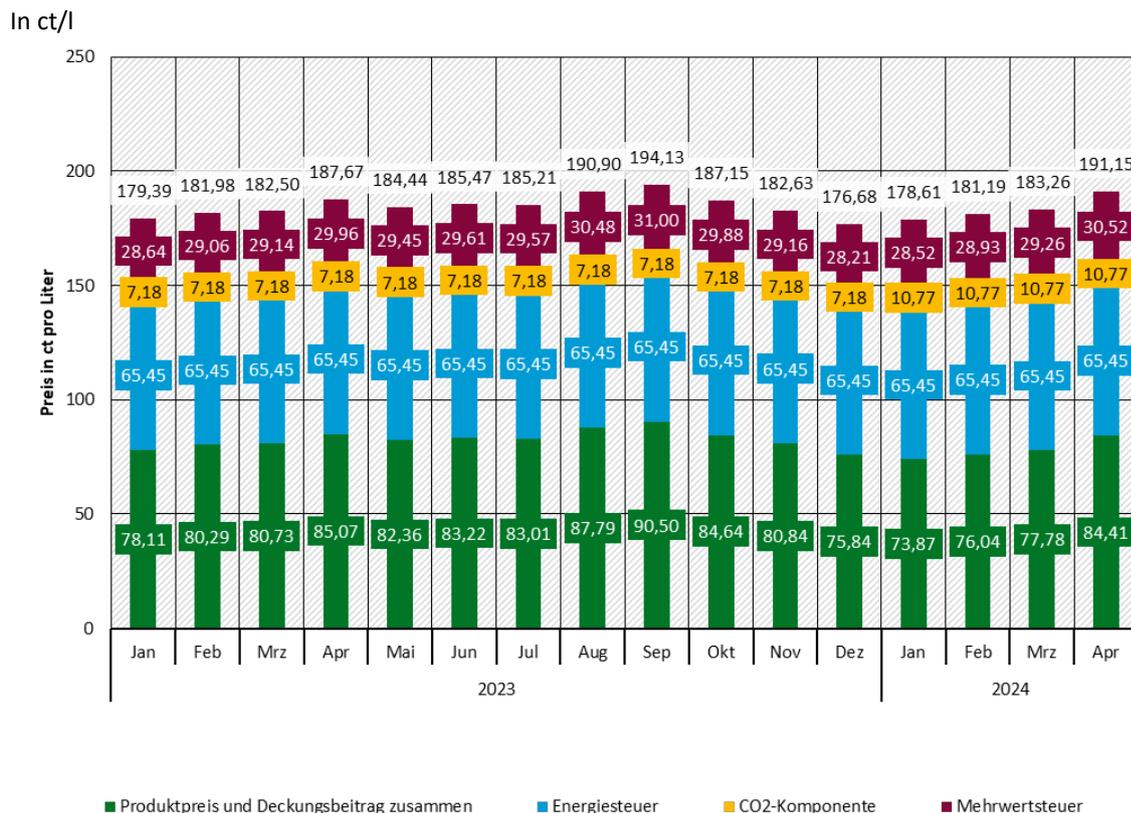
<sup>12</sup> Berechnet mittels heizwertbezogenem Emissionsfaktor von 72,9 kg CO<sub>2</sub>/GJ Benzin. Als Heizwert wird 43,5 GJ/t und als Dichte 0,755 kg/l verwendet (EBeV 2030) [4,5 ct/kg CO<sub>2</sub> \* 72,9 kg CO<sub>2</sub>/GJ \* 0,0435 GJ/kg \* 0,755 kg/l = 10,8 ct/l]. Der leichte Rückgang der CO<sub>2</sub>-Komponente in Abbildung 6 im Jahr 2023 im Vergleich zu 2022 trotz eines konstanten CO<sub>2</sub>-Preises von 30 Euro/t lässt sich durch eine Änderung des heizwertbezogenen Emissionsfaktors erklären. Für das Jahr 2022 gilt die EBeV 2022 mit einem heizwertbezogenen Emissionsfaktor von 73,1 kg CO<sub>2</sub>/GJ. Die Berechnung von Brennstoffemissionen ab dem Jahr 2023 folgt der EBeV 2030 mit einem heizwertbezogenen Emissionsfaktor von 72,9 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

stabil (-0,7 %). Die Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Komponente im Jahr 2024 wurde somit vom Rückgang von Produktpreis und Deckungsbeitrag (über)kompensiert und führte somit effektiv zu keiner Preissteigerung.

Gegenüber dem Jahr 2010 waren die nominalen Preise beim Benzin im Jahr 2023 um 30,7 % höher. Werden jedoch die realen Preise (inflationbereinigt) betrachtet, so lag der Preis im Jahr 2021 bei 157,7 ct<sub>2010</sub>/l und damit nur 11,5 % über dem Benzinpreis im Jahr 2010.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die monatliche Preisentwicklung seit Januar 2023 bis zum April 2024 nach den Preiskomponenten beim Benzin.

**Abbildung 7: Monatliche Preisentwicklung bei Superbenzin seit Januar 2023**



Quelle: Eigene Abbildung auf Basis von en2x (2024)

Im Verlauf seit Januar 2023 blieb der Benzinpreis relativ konstant bei einem Durchschnittswert von 184,5 ct/l. Der niedrigste Wert wurde im Dezember 2023 mit 176,7 ct/l verzeichnet, während der höchste Preis im September 2023 bei 194,1 ct/l lag.

Zum Jahresbeginn 2024 wurde die CO<sub>2</sub>-Bepreisung entsprechend dem im BEHG vorgegebenen Pfad von von 30 Euro/t CO<sub>2</sub> auf 45 Euro/t CO<sub>2</sub> (7,2 auf 10,8 ct/l) erhöht. Im April 2024 lag der Benzinpreis bei 191,1 ct/l (+8,2 % ggü. Dezember 2023), daran hatte die CO<sub>2</sub>-Komponente einen Anteil von 5,6 %.

### 2.3.4 Dieseldieselkraftstoff

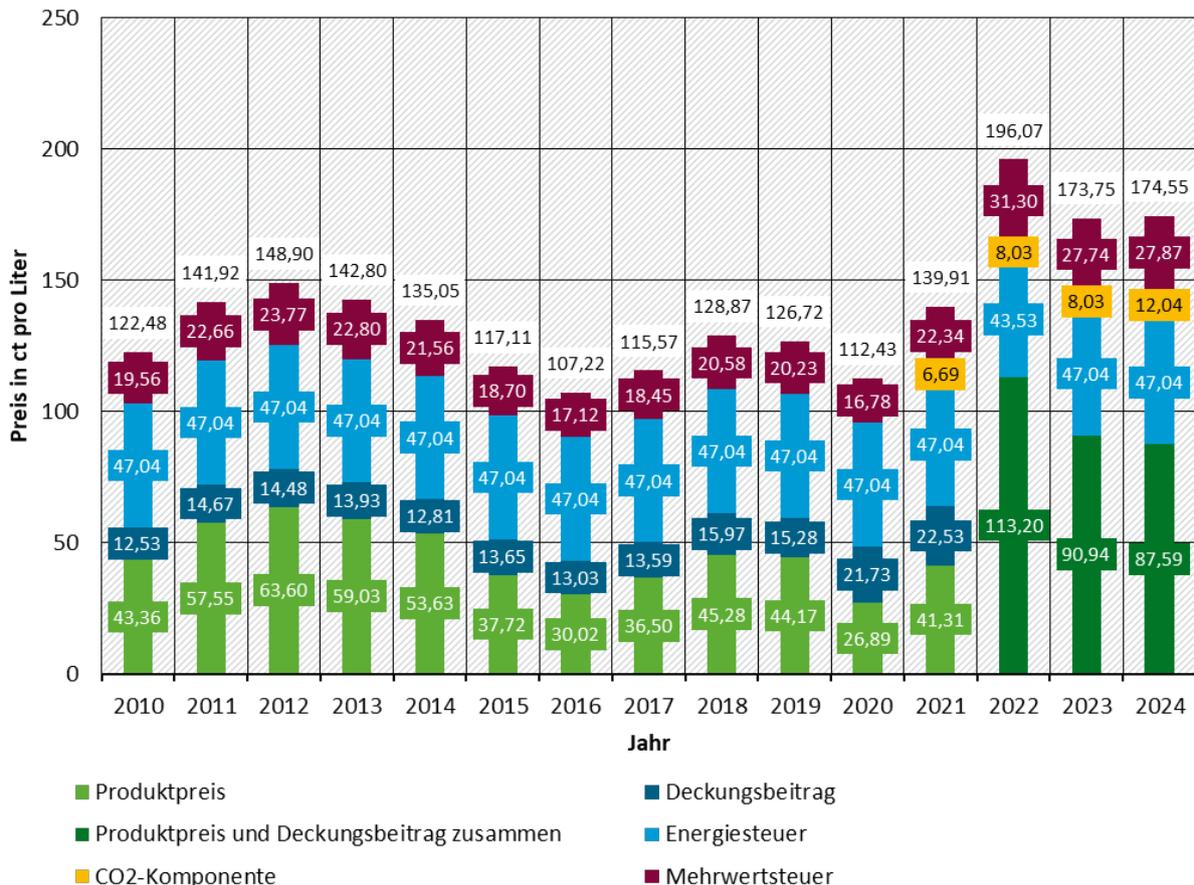
Diesel wird hauptsächlich im Verkehr eingesetzt. Dabei sind sowohl Diesel-Pkw als auch der gesamte Nutzfahrzeugsektor von den Dieselpreisen betroffen. Die Preisentwicklung beim

Dieseldkraftstoff in den Jahren 2010 bis 2024 nach Preiskomponenten zeigt die folgende Abbildung 8.

**Abbildung 8: Entwicklung des durchschnittlichen Preises für Diesel nach Komponenten**

in ct/l, jährlich 2010 bis 2024;

\*seit März 2022 sind keine Preisinformationen nach Komponenten von en2x verfügbar. Produktpreis und Deckungsbeitrag können deshalb nicht wie zuvor getrennt ausgewiesen werden. Für das Jahr 2024 wurden Daten bis April 2024 berücksichtigt.



Quelle: Eigene Abbildung auf Basis von en2x (2022) für Werte bis 2021 und en2x (2024) für Werte ab 2022

Auch beim Diesel zeigt sich die größte Preisvolatilität beim Produktpreis. Mit durchschnittlichen 113,2 ct/l lagen Produktpreis und Deckungsbeitrag zusammen im Jahr 2022 am höchsten und damit auch der Endverbraucherpreis mit 196,1 ct/l. Der Anteil der staatlichen Abgaben (Energiesteuer, Mehrwertsteuer und seit 2021 der CO<sub>2</sub>-Preis) am Dieselpreis lag im Betrachtungszeitraum zwischen 42 % im Jahr 2022 und 60 % im Jahr 2016.

Der nominale Endverbraucherpreis war im Jahr 2023 beim Diesel um 42 % höher als im Jahr 2010. Werden jedoch die realen Preise (inflationbereinigt) betrachtet, so lag der Preis im Jahr 2023 bei 148,2 ct<sub>2010</sub>/l und damit nur um 2,1 % höher als im Jahr 2010.

Im Jahr 2024 wurde gemäß BEHG der CO<sub>2</sub>-Preis von 30 auf 45 Euro/t CO<sub>2</sub> auf Brennstoffe erhöht. Beim Diesel bedeutet dies eine Preissteigerung von 8,0 ct/l im Jahr 2023 auf 12,0 ct/l im Jahr 2024<sup>13</sup>. Damit hat die CO<sub>2</sub>-Komponente einen Anteil von 6,9 % am durchschnittlichen

<sup>13</sup> Berechnet mittels heizwertbezogenem Emissionsfaktor von 74 kg CO<sub>2</sub>/GJ Dieseldkraftstoff. Als Heizwert wird 42,8 GJ/t und als Dichte 0,845 kg/l verwendet (EBeV 2022 bzw. 2030)

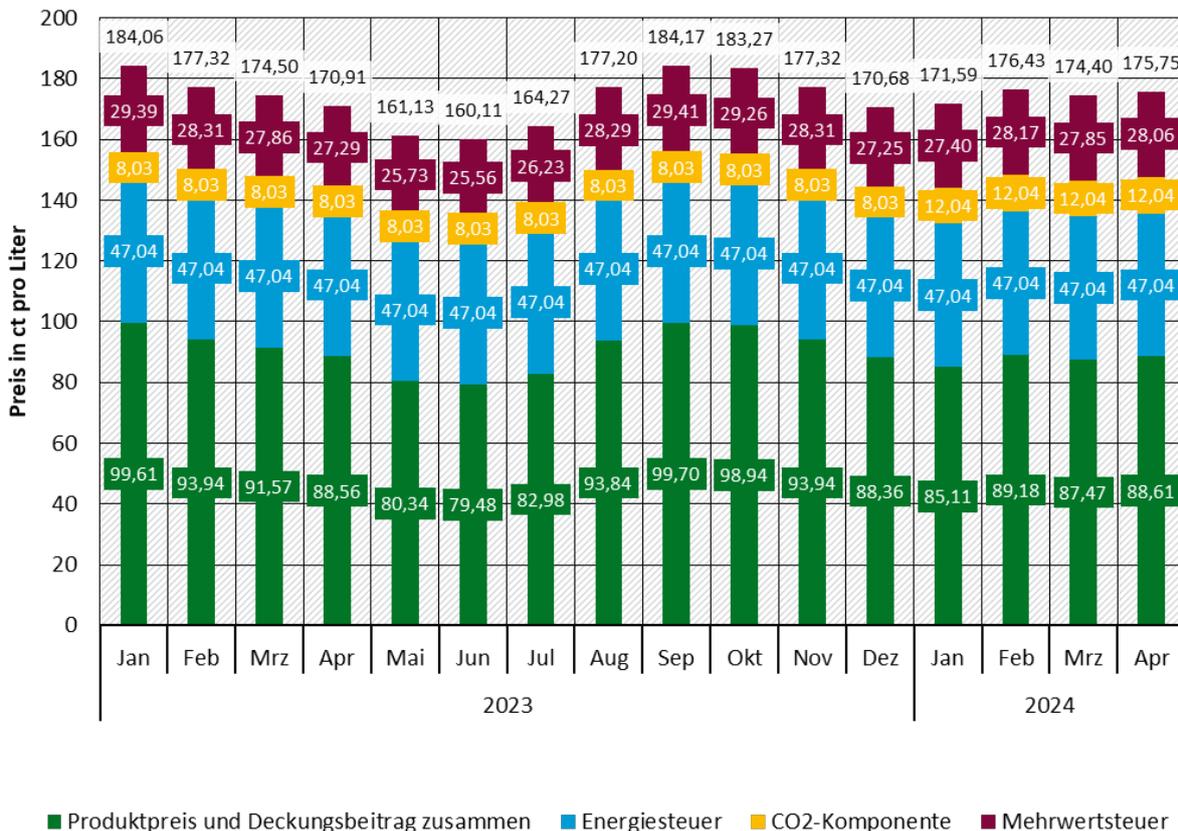
[4,5 ct/kg CO<sub>2</sub> \* 74 kg CO<sub>2</sub>/GJ \* 0,0428 GJ/kg \* 0,845 kg/l = 12,0 ct/l]

Endverbraucherpreis im Jahr 2024. Insgesamt blieb der Dieselpreis im Jahresmittel von 2023 auf 2024 weitgehend stabil (+0,5 %).

Die nachfolgende Abbildung zeigt die monatliche Preisentwicklung seit Januar 2023 bis zum April 2024 nach den Preiskomponenten beim Diesel.

**Abbildung 9: Monatliche Preisentwicklung beim Diesel seit Januar 2023**

In ct/l



Quelle: Eigene Abbildung auf Basis von en2x (2024)

Seit Januar 2023 ist der Dieselpreis kontinuierlich von 184,1 ct/l auf 160,1 ct/l im Juni gesunken. Im weiteren Jahresverlauf stieg der Preis auf einen Höchstwert von 184,2 ct/l im September an und sank anschließend auf 170,7 ct/l im Dezember. Seitdem sind die Preise in etwa stabil und bewegen sich um die 174,5 ct/l (Durchschnittspreis von Januar bis April 2024). Die während der Energiepreiskrise im Jahr 2022 erreichten Höchststände von teilweise über 2 Euro/l wurden nicht wieder erreicht. Im April 2024 lag der Verbraucherpreis beim Diesel um 3 % über dem Wert im Dezember 2023. Zum Jahresbeginn 2024 wurde der CO<sub>2</sub>-Preis beim Diesel von 8 auf 12 ct/l erhöht. Im April 2024 hatte die CO<sub>2</sub>-Komponente damit einen Anteil von 6,9 % am Endverbraucherpreis.

## 2.4 Fazit

Fossile Kraft- und Brennstoffe unterliegen seit dem Jahr 2021 einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung, die im Jahr 2022 und 2024 gegenüber dem jeweiligen Vorjahr erhöht wurde. Als Teil des Entlastungspakets des Bundes wurde der Preispfad für 2023 zunächst um ein Jahr verschoben, so dass der CO<sub>2</sub>-Preis 2023 unverändert 30 Euro/t CO<sub>2</sub> betrug. Im Herbst 2023 einigte sich die Bundesregierung

schließlich wieder auf die Rückkehr zum ursprünglich vorgesehenen CO<sub>2</sub>-Preisfad. Dadurch stieg der CO<sub>2</sub>-Preis zum Jahreswechsel 2023/2024 von 30 auf 45 Euro/t CO<sub>2</sub>, und damit um 50 %. Die relative Bedeutung des CO<sub>2</sub>-Preises, ausgedrückt als Anteil der CO<sub>2</sub>-Komponente am Endverbraucherpreis, schwankte seit der Einführung 2021 stark aufgrund der volatilen Entwicklung der Endverbraucherpreise.

Die Höhe der CO<sub>2</sub>-Komponente betrug im Jahr 2024 0,82 ct/kWh beim Erdgas und 10,8 ct/l beim Benzin beziehungsweise 12 ct/l bei Diesel und Heizöl. Damit hatte die CO<sub>2</sub>-Komponente im Jahr 2024 im Durchschnitt der ersten vier Monate einen Anteil von 5,9 % bei Benzin, 6,9 % bei Diesel und 11,4 % beim Heizöl an den Endverbraucherpreisen. Bei Erdgas waren es 8,0 % für Januar 2024.

Mit der Volatilität an den Rohstoffmärkten schwanken auch die Energiepreise. Von 2010 bis zum Jahr 2012 stiegen die Grenzübergangpreise und damit auch die Produktpreise für Erdgas und Mineralölprodukte an. In den Jahren zwischen 2012 und 2016 sanken die Preise für Rohöl und Erdgas und entsprechend reagierten auch die Endverbraucherpreise.

Zwischen 2021 und 2022 sind die Preise für fossile Brenn- und Kraftstoffe während der Energiepreiskrise stark gestiegen. Die Preissteigerungen sind hauptsächlich auf die gestiegenen Beschaffungs- beziehungsweise Produktkosten zurückzuführen. Der Grenzübergangspreis für Erdgas stieg binnen eines Jahres um 260 % an und auch der Rohölpreis stieg zwischen 2021 und 2022 um über 60 %. Seitdem ist wieder ein Rückgang der Preise zu verzeichnen und im Jahr 2024 (Durchschnittswerte Januar bis März) liegen die Grenzübergangpreise nun um 62 % und 16 % unter den Höchstpreisen aus dem Jahr 2022.

- ▶ Beim **Erdgas** verändern sich die Beschaffungskosten aufgrund von bestehenden Lieferverträgen mit Verzögerung, weshalb die Beschaffungskosten beim Erdgas im Jahr 2021 zunächst weniger stark anstiegen als die Grenzübergangspreise. Im Jahr 2022 erhöhten sich die Endverbraucherpreise dann stark. Ursächlich dafür waren die deutlich gestiegenen Beschaffungskosten während der Energiepreiskrise. Der Anteil des CO<sub>2</sub>-Preises am Endverbraucherpreis halbierte sich aufgrund dieser Entwicklung gegenüber dem Einführungsjahr 2021. 2023 blieb der CO<sub>2</sub>-Preis stabil, die Endverbraucherpreise gingen aufgrund rückläufiger Beschaffungskosten wieder zurück. Dadurch stieg der Anteil des CO<sub>2</sub>-Preises am Endverbraucherpreis auf 4 % an. 2024 ist eine weiter sinkende Tendenz bei den Endverbraucherpreisen von Gas festzustellen. Demgegenüber erhöhte sich der CO<sub>2</sub>-Preis von 0,55 ct/kWh auf 0,82 ct/kWh um 50 %. Der Anteil am Endverbraucherpreis stieg dadurch auf 8 %.
- ▶ Die Preissteigerung beim Grenzübergangspreis von Rohöl im Jahr 2022 entspricht dem allgemeinen Trend der **Mineralölproduktpreise**. **Heizöl** verzeichnete den höchsten Anstieg zwischen 2021 und 2022 im Produktpreis und Deckungsbeitrag zusammen mit 108 %, gefolgt von **Diesel** mit 77 % und **Benzin** mit 58 %. Die Anstiege in den Endverbraucherpreisen fielen jedoch weniger drastisch aus. Nach 2022 verzeichneten die Produktpreise einen Rückgang und im Jahr 2024 liegen diese für Rohöl um 16 %, für Heizöl um 28 %, für Diesel um 23 % und für Benzin um 19 % unter den Werten von 2022. Durch den Rückgang des Produktpreises sank auch der Endverbraucherpreis zwischen 4,6 % (beim Benzin) bis 21 % (beim Heizöl) im Jahresmittel von 2022 auf 2024. Die drastischen Preisänderungen während der Energiepreiskrise sind somit hauptsächlich auf die höheren Produktkosten zurückzuführen. Bei den Mineralölprodukten gibt es in der Regel keine mehrjährigen Lieferverträge, welche zu einer signifikanten Verzögerung zwischen einer Veränderung der Produktpreise und einer Anpassung der Endkundenpreise führen. Die Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Preises in den Jahren 2022 und 2024 haben jedoch auch Einfluss auf die

Endverbraucherpreise. Der Anteil an den Endkundenpreisen hat sich somit bei gleichzeitig niedrigeren Produktkosten im Jahr 2024 gegenüber 2022 erhöht. Für Heizöl liegt der Anteil nun bei 11,4 % (gegenüber 6,1 % im Jahr 2022), für Diesel bei 6,9 % (gegenüber 4,1 % im Jahr 2022), für Benzin bei 5,9 % (gegenüber 3,7 % im Jahr 2022).

Während die nominalen Endverbraucherpreise im Jahr 2024 deutlich höher liegen als im Jahr 2010, stiegen die inflationsbereinigten Endverbraucherpreise weniger stark. Die starken Preisanstiege während der Energiepreiskrise sind bei allen Brennstoffen hauptsächlich auf die höheren Produktkosten zurückzuführen. Das BEHG hatte aufgrund der moderaten CO<sub>2</sub>-Bepreisung nur einen verhältnismäßig geringen Einfluss auf die Preissteigerungen.

## 3 Klimaschutzwirkung des nationalen Emissionshandels

In diesem Kapitel wird die Klimaschutzwirkung des nEHS anhand von Sensitivitätsrechnungen untersucht. Das Kapitel umfasst fünf Unterkapitel: Zunächst wird in der Einleitung die Ausgangslage und das generelle Vorgehen skizziert. Anschließend folgt in Unterkapitel 3.2 eine Darstellung der genutzten Rahmendaten (u. a. CO<sub>2</sub>- und Energiepreise) sowie der angewandten Methodik. Die Ergebnisse für die untersuchten Sektoren Verkehr (Unterkapitel 3.3) und Gebäude (Unterkapitel 3.4) werden daraufhin beschrieben. Abschließend bietet Unterkapitel 3.5 eine Zusammenfassung der wesentlichen Erkenntnisse dieses Kapitels.

### 3.1 Einleitung

#### 3.1.1 Ausgangslage

Im ersten Erfahrungsbericht der Bundesregierung gemäß § 23 des BEHG im Jahr 2022 wurde die Wirkung des BEHG auf die Entwicklung der THG-Emissionen anhand einer Literaturlauswertung abgeschätzt (Schrems et al., 2022)<sup>14</sup>. Dazu wurden der Projektionsbericht 2021 (PB21) der Bundesregierung (Repenning et al., 2021) und ein Grundlagenbericht zum ersten NECP 2021 (Kemmler et al., 2021) ausgewertet. Diese beiden Berichte wurden für den Vergleich ausgewählt, da es sich bei beiden um offizielle Berichte der Bundesregierung handelt und beide einen vergleichbaren aktuellen Stand der Energie- und Klimapolitik abbilden. Die Ergebnisse der beiden Studien wurden außerdem mit zwei Sensitivitäten aus einer Studie im Auftrag des UBA (Harthan et al., 2022) verglichen. In den Projektionsberichten der Bundesregierung der Jahre 2023 (PB23) und 2024 (PB24) wurde ebenfalls die Wirkung des BEHG abgeschätzt. Die in diesen Studien berechneten Einsparwirkungen im Jahr 2030 sind in Tabelle 6 vergleichend dargestellt. Die Minderungswirkung des BEHG bezieht sich jeweils auf einen Vergleich zu einer Entwicklung ohne BEHG. Im PB21 ergibt sich insgesamt in den drei Sektoren Industrie, Verkehr und Gebäude im Jahr 2030 durch das BEHG eine Reduktion der THG-Emissionen um 11,65 Mt CO<sub>2</sub>e. Diese Abschätzung liegt am unteren Rand der im Grundlagenbericht zum NECP berechneten Einsparwirkung von 11,8–16,8 Mt CO<sub>2</sub>e. Erklärung für die höhere Wirkung im Grundlagenbericht sind zum einen der höhere CO<sub>2</sub>-Preis (im Jahr 2030: 180 Euro/t CO<sub>2</sub> im Vergleich zum PB mit 125 Euro/t CO<sub>2</sub>) sowie die unterstellte frühzeitige, aktive Kommunikation bzw. Antizipation des Preisanstiegs. Durch die Kommunikation des längerfristig steigenden CO<sub>2</sub>-Preises wird der Preisanstieg bei Investitionen stärker antizipiert und frühzeitig bei Kaufentscheidungen berücksichtigt, was die Lenkungswirkung des BEHG verstärkt. Die Lenkungswirkung der im ersten Erfahrungsbericht betrachteten Sensitivitäten der UBA-Studie (Harthan et al., 2022) liegt deutlich über den Schätzungen im PB21 und dem Grundlagenbericht zum NECP. Die Reduktionswirkung erreicht bei den Sensitivitäten der UBA-Studie im Jahr 2030 je nach Ausgestaltung die Größenordnung von 27–68 Mt CO<sub>2</sub>e. Dies ist zum einen auf den in den Sensitivitäten sehr starken Anstieg des CO<sub>2</sub>-Preises zurückzuführen (in 2030: 340 Euro/t CO<sub>2</sub>). In der zweiten Sensitivität wurde zusätzlich perfect foresight unterstellt (Akteure kennen die zukünftigen Energiepreise) – was eine aktive und glaubwürdige politische Kommunikation des Preispfades abbildet – und die Austauschrate von Fahrzeugen und Wärmeerzeugern beschleunigt bzw. die Lebensdauer verkürzt. Durch die Annahme einer erhöhten Austauschrate wird antizipiert, dass die Akteure – aufgrund höherer Betriebskosten durch die steigenden Energiepreise – ihre

<sup>14</sup> Das BEHG adressiert und bepreist das Treibhausgas CO<sub>2</sub>. Die durch die Bepreisung ausgelösten Maßnahmen beeinflussen indirekt und in geringem Ausmaß auch die Emissionen weiterer Treibhausgase. Beispielweise steigen beim Ersatz einer Gasheizung durch eine Holzheizung die CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen geringfügig an. Aus diesem Grund werden die Einsparungen durch das BEHG im Folgenden als Netto-Effekte in THG-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>e) ausgewiesen.

Investitionsentscheidungen frühzeitiger treffen und verstärkt auf emissionsärmere Alternativen setzen.

**Tabelle 6: THG-Minderungswirkung des BEHG für ausgewählte KSG-Sektoren im Jahr 2030 gegenüber einer Entwicklung ohne BEHG (in Mt CO<sub>2</sub>e) – Vergleich PB21, NECP 2021, PB23 und PB24**

im Jahr 2030	PB21	NECP 2021	PB23	PB24
Industrie	2,4	1,8	0,9	2,1
Verkehr	7,75	6 – 9	5,3	6,8
Gebäude	1,5	4 – 6	0,4	0,3
Summe	11,65	11,8 – 16,8	6,6	9,2

Quelle: basierend auf Harthan et al. (2023, 2024a), Kemmler et al. (2021) und Repenning et al. (2021)

In den Aktualisierungen des Projektionsberichts in den Jahren 2023 und 2024 wurde eine geringere Einsparwirkung abgeschätzt. Im PB23 ergibt sich im Jahr 2030 insgesamt eine Einsparwirkung von 6,6 Mt CO<sub>2</sub>e, im PB24 von 9,2 Mt CO<sub>2</sub>e – jeweils im Vergleich zu einer Entwicklung ohne BEHG. Dabei wurde jeweils ein zum PB21 identischer Preispfad für CO<sub>2</sub> im BEHG angenommen<sup>15</sup>. Die Verringerung der Wirkung ist mit den seit 2020 zusätzlich eingeführten Klimaschutz-Instrumenten zu erklären, u. a. im Rahmen der Sofortprogramme der Jahre 2022 und 2023. Dazu zählen beispielweise die Verschärfung der Effizienzanforderungen bei der Errichtung neuer Gebäude und im PB24 die 65-Prozent-Erneuerbare-Energien-Regel (65 %-EE-Regel) im Rahmen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG). Aufgrund der Überlappung der zusätzlichen Instrumente mit dem BEHG (Adressierung identischer Bereiche/Verbraucher\*innen) verringern die zusätzlichen Instrumente die Wirkung des BEHG – wobei es sich um modellierungsbedingte Effekte handelt, denen Annahmen zur Zuordnung von Minderungseffekten zu BEHG und weiteren Maßnahmen zu Grunde liegen. Im Modell wird ein Preispfad exogen und unveränderlich angenommen. Der Minderungseffekt des CO<sub>2</sub>-Preises muss im Überlappungsfall mit anderen Maßnahmen per Annahmen zugeordnet werden. In der Realität wird das Preisniveau in der Marktphase des Emissionshandels (wie sie ab dem Jahr 2027 vorgesehen ist) abhängig vom Instrumentenmix sein. Der CO<sub>2</sub>-Preis sinkt also im Falle weiterer Maßnahmen.

### 3.1.2 Sensitivitäten – Wirkung auf Konsumententscheidungen

Im Rahmen des zweiten Erfahrungsberichts der Bundesregierung gemäß § 23 des BEHG im Jahr 2024 wird ergänzend zur Abschätzung im aktuellen PB24 die Lenkungswirkung des BEHG anhand von **vier Sensitivitäten** untersucht. Aufgrund der Vielzahl bestehender Klimaschutzinstrumente und dem vergleichswisen kurzen bisherigen Bestehen des nEHS ist die empirische ex-post Abschätzung der hier betrachteten Minderungswirkungen nicht seriös leistbar, weswegen hier ex-ante modelliert wird. Diese Vorgehensweise liefert zwar belastbare Ergebnisse, bringt aber den Nachteil einer höheren Abhängigkeit der im Modell getroffenen Annahmen mit sich.

Betrachtet werden folgende Sensitivitäten, die sich an den Sensitivitäten der UBA-Studie von Harthan et al. (2022) orientieren:

<sup>15</sup> Im PB21 wurde für das Jahr 2023 mit 35 Euro/t CO<sub>2</sub> gerechnet. In den folgenden Projektionsberichten dann jeweils mit 30 Euro/t CO<sub>2</sub>. Dies hat jedoch kaum einen messbaren Einfluss auf die Emissionen im Jahr 2030.

- ▶ Sensitivität 1: Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Preises (im Vergleich zu den Annahmen im PB24)
- ▶ Sensitivität 2: hoher Preispfad und erhöhte Austauschraten
- ▶ Sensitivität 3: hoher Preispfad und perfect foresight
- ▶ Sensitivität 4: hoher Preispfad, erhöhte Austauschraten und perfect foresight

Die Sensitivitäten werden mit einem **Baseline-Szenario** verglichen – berechnet wird die Abweichung der THG-Emissionen in den Sensitivitäten vom Baseline-Szenario. Das Baseline-Szenario basiert auf weitgehend identischen Annahmen wie das MMS des PB24. Unter anderem wird von nahezu identischen Rahmendaten, Energiepreisen und CO<sub>2</sub>-Preisen ausgegangen. Dabei werden herkömmliche Austauschraten von Fahrzeugen und Anlagen angenommen<sup>16</sup>. Die zukünftigen Energie- und CO<sub>2</sub>-Preise sind bei Investitionsentscheidungen nicht bekannt (kein foresight). Die Einsparwirkung des BEHG im Baseline-Szenario selbst wird nicht abgeschätzt.<sup>17</sup>

Die Berechnung der Sensitivitäten fokussiert sich auf die Kernbereiche des BEHG. Als solche werden der Straßenverkehr (Pkw, Nutzverkehr) sowie die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser im Gebäudesektor betrachtet. Diese Bereiche decken rund 90 % der im BEHG erfassten CO<sub>2</sub>-Emissionen ab. Die übrigen Bereiche, u. a. die gewerblichen Prozesse und die Industriebetriebe, welche nicht unter den EU-ETS 1 fallen, werden nicht berücksichtigt. Die abgeschätzte Wirkung in den Sensitivitäten dürfte deshalb die effektive Wirkung leicht unterschätzen (zusätzliche Einsparungen in den nicht abgedeckten Bereichen).

#### Die einzelnen Sensitivitäten im Überblick:

- ▶ In der **Sensitivität 1** verdoppelt sich der CO<sub>2</sub>-Preis ab dem Jahr 2024 im Vergleich zum Baseline-Szenario (Abbildung 10). Im Jahr 2030 liegt er bei 250 Euro/t CO<sub>2</sub> (respektive real bei 203 Euro<sub>2022</sub>/t CO<sub>2</sub>), im Jahr 2045 bei 700 Euro/t CO<sub>2</sub> (409 Euro<sub>2022</sub>/t CO<sub>2</sub>).
- ▶ In der **Sensitivität 2** entwickelt sich der CO<sub>2</sub>-Preis wie in der Sensitivität 1, der Preis steigt bis zum Jahr 2045 auf 700 Euro/t CO<sub>2</sub>. Zusätzlich erhöhen sich die Austauschraten der Wärmeerzeuger (Heizungen) und Fahrzeuge. Eine erhöhte Austauschrate bedeutet in den Modellen, dass die eingesetzten Technologien (Fahrzeuge, Heizungen etc.) mit höherer Frequenz einer neuen Wirtschaftlichkeitsprüfung unterzogen und gegebenenfalls durch eine klimafreundlichere ersetzt werden. Dies kann zu einem schnelleren Austausch und einem erhöhten Effekt der Preissignale führen. Ein Auslöser für die verkürzte Lebensdauer könnten die höheren Energiepreise aufgrund der CO<sub>2</sub>-Bepreisung sein. Im Gebäudesektor wird ein Austausch nach 75 % der sonst üblichen Lebensdauer unterstellt.<sup>18</sup> Im Verkehrssektor geht auf Basis von Jacobsen et al. (2015) eine Erhöhung der Kraftstoffkosten um 0,10 Euro/km mit einer Erhöhung der Abwrackrate für alle Pkw älter als 10 Jahre um 3,7 % einher.
- ▶ In der **Sensitivität 3** steigt der CO<sub>2</sub>-Preis ebenfalls stark an, er erhöht sich wie in den Sensitivitäten 1 und 2 bis zum Jahr 2045 auf 700 Euro/t CO<sub>2</sub>. Die Lebensdauer bzw. die Austauschraten bleiben hingegen unverändert und identisch zum Baseline-Szenario. Abweichend vom Baseline-Szenario wird perfect foresight unterstellt. Dies impliziert, dass

<sup>16</sup>Abweichend vom PB24 wird in den Jahren 2024 und 2025 der ursprünglich vorgesehene und auch im Jahr 2024 effektiv wieder geltende CO<sub>2</sub>-Preise angesetzt. D. h., dass für das Jahr 2024 50 Euro/t (PB24: 40 Euro/t) und für das Jahr 2025 55 Euro/t (PB24: 45 Euro/t) angenommen werden.

<sup>17</sup> Diese Abschätzung wurde bereits im Rahmen des PB24 durchgeführt.

<sup>18</sup> Die höheren CO<sub>2</sub>-Preise könnten dazu führen, dass Anlagen und Fahrzeuge früher ausgetauscht werden. Zu diesem Zusammenhang liegen nur wenige empirische Abschätzungen vor. Aus diesem Grund wird im Gebäudesektor die Verkürzung der Lebensdauer per exogener Setzung festgelegt. Angenommen wird eine Reduktion auf 75 %, analog zum Vorgehen in Harthan et al. (2022). Im Verkehrssektor erfolgt die Verkürzung anhand der Studie von Jacobsen et al. (2015).

die zukünftigen Energiepreise bekannt sind und bei der Kauf- bzw. Investitionsentscheidung berücksichtigt werden. Damit wird eine transparente und aktive politische Kommunikation der künftigen Preisentwicklung im Modell abgebildet. Dies kann die berechnete Einsparwirkung durch die CO<sub>2</sub>-Bepreisung verstärken.

- In der **Sensitivität 4** werden die Effekte kombiniert: Der CO<sub>2</sub>-Preis steigt bis auf 700 Euro/t CO<sub>2</sub> im Jahr 2045, die Lebensdauer der Anlagen und Fahrzeuge wird im Vergleich zum Baseline-Szenario verkürzt und die zukünftigen Energiepreise sind bekannt (perfect foresight).

**Tabelle 7: Ausprägungen in den Sensitivitäten**

Sensitivität	Preisfad	Austauschraten	Perfect foresight
Baseline	PB24 (MMS) <sup>19</sup>	Normal	ohne
Sensitivität 1	Erhöht	Normal	ohne
Sensitivität 2	Erhöht	Erhöht	ohne
Sensitivität 3	Erhöht	Normal	mit
Sensitivität 4	Erhöht	Erhöht	mit

Quelle: eigene Darstellung

## 3.2 Rahmendaten und Methode

### 3.2.1 Rahmendaten

Im nachfolgenden Unterkapitel werden die zentralen Rahmendaten beschrieben, welche für die Berechnung des Baseline-Szenarios und der Sensitivitäten verwendet wurden. Dies umfasst die Bevölkerung, das Bruttoinlandsprodukt (BIP), den CO<sub>2</sub>-Preis im BEHG und die Endverbraucherpreise für Energie. Diese Größen wurden einem Begleitdokument zum Projektionsbericht der Bundesregierung 2024 entnommen (Mendelevitch et al., 2024a), um eine möglichst gute Anschlussfähigkeit an den PB24 zu erreichen. Die angenommene Entwicklung der **Bevölkerung** basiert auf den Berechnungen des Statistischen Bundesamtes zur 15. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung (Variante G2-L2-W2).<sup>20</sup> Gemäß diesem Szenario steigt die Bevölkerung von 83,15 Mio. im Jahr 2020 über 85,27 Mio. im Jahr 2030 auf 84,59 Mio. im Jahr 2045.

Die im PB24 unterstellte Entwicklung des **BIP** folgt bis zum Jahr 2028 den Wachstumsraten der Herbstprojektion 2023 der Bundesregierung. In den Folgejahren basiert die Entwicklung auf Wachstumsraten der Europäischen Kommission. Für den Zeitraum 2021 bis 2030 ergibt sich ein

<sup>19</sup> Unterschiede bestehen in den angenommenen CO<sub>2</sub>-Preisen der Jahre 2024 und 2025 (vgl. Fußnote 14). Im PB24 wurde das dritte Entlastungspaket der Bundesregierung vom 7.9.2022 berücksichtigt, mit dem unter anderem geplant war, die in den Jahren 2023 und 2024 anstehende Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Preises auf die Jahre 2024 und 2025 zu verschieben. Diese Verschiebung wurde Ende 2023 aufgehoben und es wurde beschlossen, auf den ursprünglich festgelegten Preisfad zurückzukehren. Im Baseline-Szenario konnte diese Rückkehr auf den ursprünglich vorgesehenen Preisfad berücksichtigt werden. Dadurch liegt der CO<sub>2</sub>-Preis in den Jahren 2024 und 2025 im Baseline-Szenario um 5 Euro/t CO<sub>2</sub> höher als im PB24.

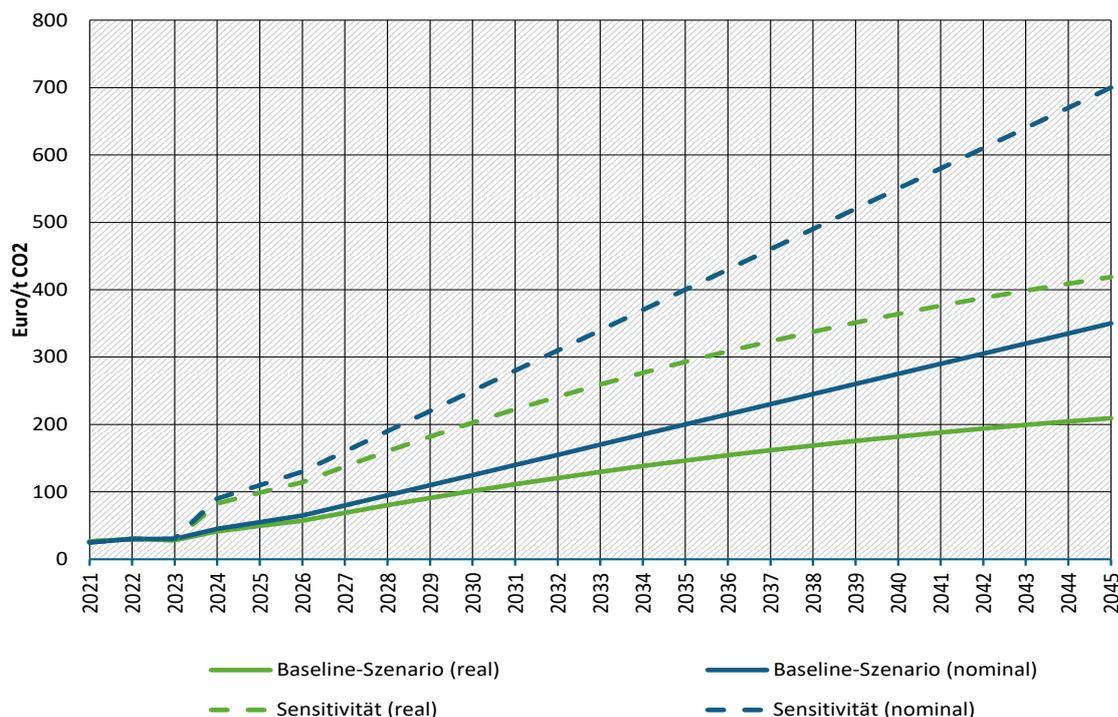
<sup>20</sup> Die Ergebnisse des Zensus 2022 lagen zum Zeitpunkt der Festlegung der Bevölkerungsentwicklung noch nicht vor. Die angenommene Bevölkerungsentwicklung basiert auf den älteren Annahmen und liegt am aktuellen Rand rund 1,5 Mio. höher als im Zensus 2022.

mittleres jährliches Wachstum von 1,0 %, im Zeitraum 2031 bis 2045 beträgt das mittlere Wachstum 1,2 % pro Jahr.

Die angenommene Entwicklung des **CO<sub>2</sub>-Preises im BEHG** ist in Abbildung 10 dargestellt. Ergänzend sind die einzelnen Jahreswerte im Anhang in Tabelle 9 beschrieben. Im Baseline-Szenario folgt der Preis bis zum Jahr 2026 dem im BEHG vorgegebenen Preispfad, wobei für das Jahr 2026 das obere Ende des Preiskorridors angenommen wird. Für die Zeit ab 2027 wird im PB24 angenommen, dass der Preis jährlich um 15 Euro/t CO<sub>2</sub> (nominal) ansteigt und im Jahr 2040 275 Euro/t CO<sub>2</sub> beträgt. Dies entspricht auch den Annahmen der Projektionsberichte der Jahre 2021 und 2023. Eine etwaige Überführung in den EU-ETS 2 ab dem Jahr 2027 wird im Projektionsbericht und auch hier nicht berücksichtigt, da dazu konkrete Regelungsvorschläge fehlen. Die Umrechnung der nominalen Preise in inflationsbereinigte Preise mit dem Basisjahr 2022 erfolgt mit dem im PB24 verwendeten BIP-Deflator.

Der in den Sensitivitäten berücksichtigte CO<sub>2</sub>-Preis ist ebenfalls in Abbildung 10 dargestellt. Dieser liegt ab dem Jahr 2024 jeweils doppelt so hoch wie in der Baseline. In den Sensitivitäten steigt der Preis bis 2030 auf nominal 250 Euro/t CO<sub>2</sub> und bis zum Jahr 2045 auf 700 Euro/t CO<sub>2</sub>.

**Abbildung 10: CO<sub>2</sub>-Preis im BEHG, in nominalen Preisen und in Euro<sub>2022</sub>, Preise der Sensitivitäten in gestrichelten Linien**



Quelle: Mendelevitch et al. (2024a) und eigene Annahmen für die Sensitivität

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Endverbraucherpreise für Kraftstoffe (Abbildung 11), Brennstoffe (Abbildung 12) und Strom (Abbildung 13) abgebildet. Die einzelnen Jahreswerte sind im Anhang zu Kapitel 3 dokumentiert. Die Energiepreise im Baseline-Szenario basieren auf den Annahmen des PB24 (Mendelevitch et al., 2024b). Die Differenz zwischen den Preisen in der Baseline und den Sensitivitäten ergeben sich ausschließlich durch die höheren CO<sub>2</sub>-Preise.

Im Baseline-Szenario verändern sich die inflationsbereinigten **Kraftstoffpreise** ab dem Jahr 2025 trotz des steigenden CO<sub>2</sub>-Preises nicht wesentlich und verbleiben auf einem annähernd konstanten Niveau. Dies ist im Wesentlichen auf den im Zeitverlauf abnehmenden Grenzübergangspreis für Rohöl zurückzuführen (Mendelevitch et al., 2024a<sup>21</sup>). Es wird zudem angenommen, dass die Mineralölsteuer im Zeitverlauf nominal konstant bleibt – bei der Betrachtung der realen Preise sinkt die Steuer. In Summe kompensieren die beiden Faktoren (sinkende Rohölpreise, sinkende Mineralölsteuer) die Wirkung des steigenden CO<sub>2</sub>-Preises. In den Sensitivitäten steigen die Preise aufgrund des höheren CO<sub>2</sub>-Preises an. Im Jahr 2030 liegen die Kraftstoffpreise rund 0,3 Euro<sub>2022</sub>/l über den Baseline-Preisen, 2045 beträgt die Differenz etwa 0,6 Euro<sub>2022</sub>/l, wobei die Differenz beim Diesel jeweils etwas höher ist als beim Benzin.

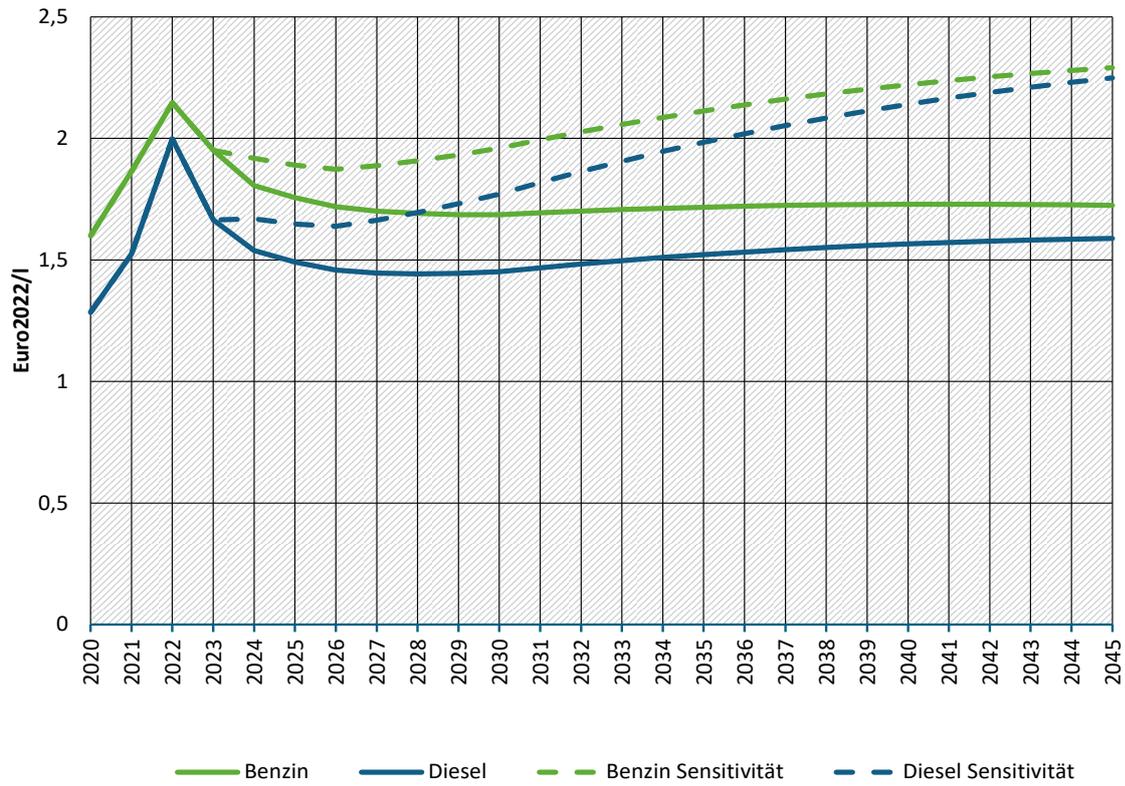
Die **Brennstoffpreise** (Erdgas, Heizöl) steigen im Baseline-Szenario nach 2025 leicht an, verbleiben jedoch auch langfristig (deutlich) unter den Preisen, die in den Jahren 2022 und 2023 beobachtet wurden. Die Entwicklung des Heizölpreises wird im Wesentlichen durch die CO<sub>2</sub>-Bepreisung und die Preisentwicklung beim Rohöl beeinflusst. Letztere nimmt im Zeitverlauf leicht ab (vgl. oben), während der CO<sub>2</sub>-Preiszuschlag im Zeitverlauf ansteigt. Die Mineralölsteuer auf Heizöl sinkt bei der Betrachtung der realen Preise ebenfalls, im Vergleich zu den Kraftstoffen ist die Steuer aber deutlich geringer und hat deshalb nur einen schwachen Effekt auf die Preisentwicklung.

Auch bei den Endverbraucherpreisen für Erdgas steigt der CO<sub>2</sub>-Preiszuschlag im Zeitverlauf an, während der Grenzübergangspreis für Erdgas leicht abnimmt und so den Preisanstieg auf Ebene der Endverbraucher\*innen dämpft. In der Sensitivität steigen die Brennstoffpreise aufgrund des höheren CO<sub>2</sub>-Preises stärker an, im Jahr 2030 liegen sie knapp 35 % und im Jahr 2045 etwa 55 % über den Preisen im Baseline-Szenario (die relative Differenz ist beim Heizöl leicht höher).

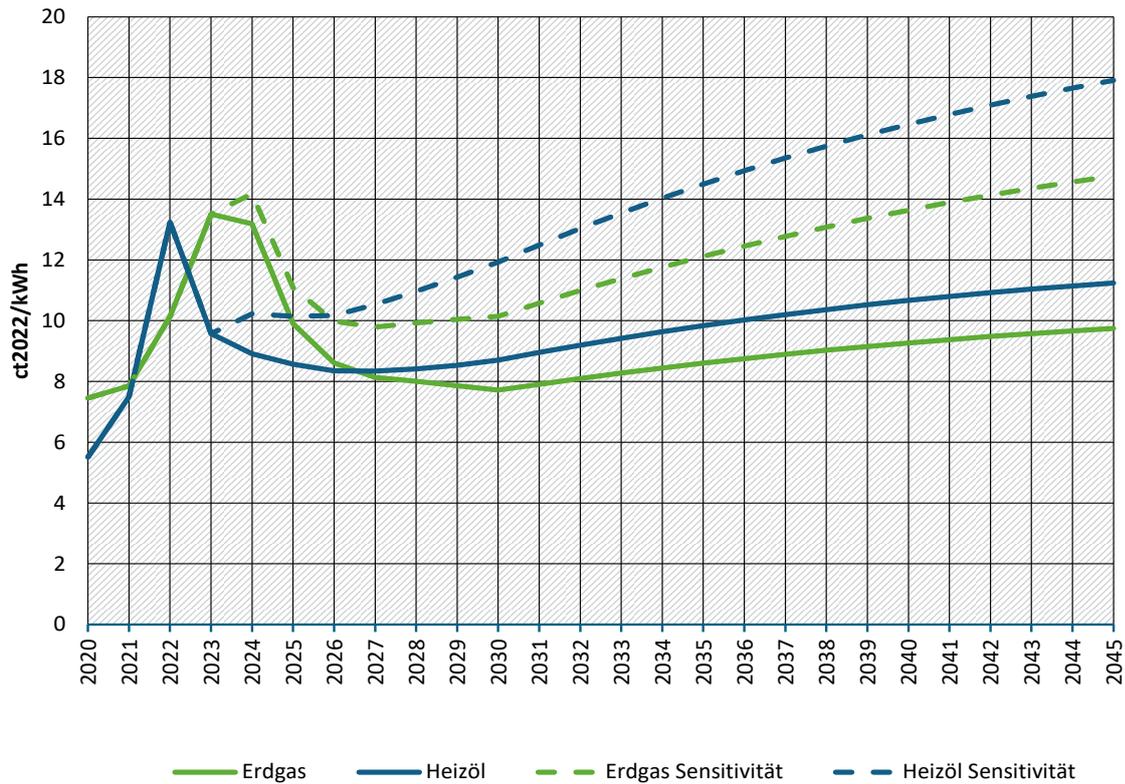
---

<sup>21</sup> Die Preiseentwicklung von Rohöl bis zum Jahre 2030 folgt den bei der Erstellung der Rahmendaten zum PB aktuellen Futures Preisen. Die Entwicklung nach dem Jahr 2030 folgt der Dynamik des World Energy Outlooks (WEO) 2023 der IEA (Szenario Announced Pledges).

**Abbildung 11: Kraftstoffpreise für Diesel und Benzin, in Euro<sub>2022</sub>/l, Baseline-Szenario und Sensitivitäten (gestrichelte Linien), Preise inkl. Steuern und Abgaben**



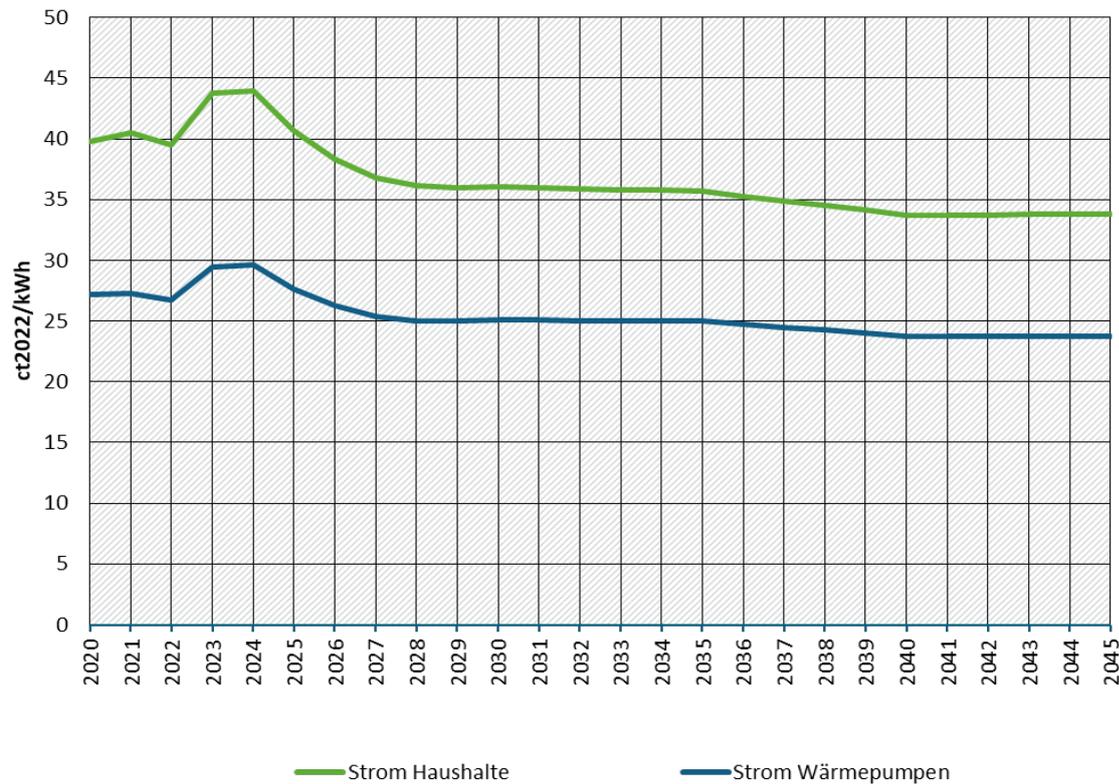
Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Mendelevitch et al. (2024b)

**Abbildung 12: Brennstoffpreise für Erdgas und Heizöl, in Euro Cents<sub>2022</sub>/kWh, Baseline-Szenario und Sensitivitäten (gestrichelte Linien), Preise inkl. Steuern und Abgaben**

Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Mendelevitch et al. (2024b)

Der **Strompreis** bleibt infolge der Preisverwerfungen durch den russischen Angriffskrieg auf die Ukraine bis einschließlich 2024 hoch, anschließend sinkt er. Der Haushaltsstrompreis liegt im Jahr 2030 rund 9 % und im Jahr 2045 um etwa 15 % unter dem Preis des Jahres 2020. Der relative Rückgang des Wärmepumpentarifs<sup>22</sup> fällt etwas geringer aus. Der Wärmepumpentarif liegt im Mittel der Jahre 2020 bis 2025 um 17 % unter dem normalen Haushaltstarif (rund 5,5 ct<sub>2022</sub>/kWh; Preise inkl. Umsatzsteuer).

<sup>22</sup> Wärmepumpentarife sind spezielle Stromtarife, den viele Energieversorger günstiger als Haushaltsstrom anbieten. Begründen lassen sich die Preisvorteile unter anderem mit Abgaben und Steuern: Sowohl Netzentgelte als auch Konzessionsabgaben sind niedriger und die niedrigen Preise schlagen sich in einer geringeren Mehrwertsteuer nieder. Dafür können die Stromversorger bei Engpässen die Leistung der Wärmepumpen drosseln, um das Stromnetz zu entlasten (siehe z. B. Viessmann, 2024).

**Abbildung 13: Strompreisentwicklung: Haushaltstrompreis (2,5-5 MWh) und reduzierter Wärmepumpentarif, Preise inkl. Steuern und Abgaben**

Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Mendelevitch et al. (2024b)

### 3.2.2 Methode

#### Grundsätzliches Vorgehen

Analysiert wird der Lenkungseffekt des BEHG in den beiden Kernbereichen des BEHG, den Sektoren Verkehr und Gebäude. In einem ersten Schritt wird mit sektoralen Bottom-up-Modellen das Baseline-Szenario für die beiden Sektoren anhand der beschriebenen Rahmendaten (Bevölkerung, BIP, Energiepreise) berechnet. Das Baseline-Szenario basiert grundsätzlich auf dem identischen **Regulierungsstand** wie das MMS des PB24. Die im PB24 berücksichtigten Instrumente sind im Dokument *Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland – Instrumente* (Harthan et al., 2024b) beschrieben. Im MMS des Projektionsberichts der Bundesregierung werden alle Klimaschutzinstrumente und -Maßnahmen berücksichtigt, die bis zum 31. Juli 2023 beschlossen und soweit implementiert wurden, dass eine Parametrisierung im Rahmen des PB24 möglich war.<sup>23</sup> Durch das Verwenden nahezu identischer Rahmendaten und Instrumente wird eine gute Vergleichbarkeit zwischen dem Baseline-Szenario und dem MMS des PB24 erreicht.

Im nächsten Arbeitsschritt werden die Kauf- bzw. Konsumententscheidungen in den vier Sensitivitäten berechnet und daraus die Differenzen zum Baseline-Szenario in Bezug auf den Energieverbrauch und die THG-Emissionen abgeschätzt. Ein wesentlicher Bestandteil der Berechnung der Lenkungswirkung des BEHG ist die Verwendung von Discrete-choice-Ansätzen.

<sup>23</sup> Eine Ausnahme bildet die Kaufförderung für E-Pkw. Im Zuge der Kürzungen beim KTF wurden die Kaufprämien für E-Pkw ab dem Jahr 2024 nicht weitergeführt. Im Baseline-Szenario konnte diese Kürzung berücksichtigt werden.

Diese erlauben eine explizite Modellierung von sich gegenseitig ausschließenden Entscheidungsalternativen (u. a. Kaufentscheidungen bei der Wahl des Heizungstyps oder des Antriebssystems bei den Fahrzeugen). Dies ermöglicht die Modellierung von Konsument\*innenentscheidungen zur Erklärung der THG-Emissionsänderungen. Abschließend werden die Abweichungen in den Sensitivitäten im Vergleich zum Baseline-Szenario diskutiert und Rückschlüsse auf die Wirkung des BEHG gezogen.

Im Nachfolgenden wird das Vorgehen in den betrachteten Sektoren Verkehr und Gebäude beschrieben.

### **Vorgehen im Sektor Verkehr**

Die Wirkungsabschätzung auf die THG-Emissionen im Verkehr erfolgt mit dem Modell Transport Energy and Emissions Model for Policy Optimisation (TEMPO) (Prognos AG, 2024). Mit TEMPO lassen sich die Verkehrsnachfrage, die Entwicklung der Neuzulassungen und des Bestandes nach Antriebstechnologien, der Energieverbrauch nach Energieträgern sowie die THG-Emissionen im Sektor Verkehr bestimmen. Es wird unter anderem zur Modellierung von Energieszenarien und zur Wirkungsabschätzung von politischen Maßnahmen (Instrumenten) eingesetzt.

Basierend auf dem Baseline-Szenario werden in den Sensitivitäten folgende Aspekte berücksichtigt:

- ▶ Höhere Energiepreise beeinflussen die Kaufentscheidung von Pkw-Nutzer\*innen. Dieser Effekt wird im Modul „Pkw-Kaufentscheidungsmodell“ in TEMPO untersucht. Im Pkw-Kaufentscheidungsmodell kann auch der Effekt der höheren Austauschraten sowie von perfect foresight auf die Pkw-Neuzulassungen nach Antrieb analysiert werden.
- ▶ Die höheren Energiepreise führen auch zu einer geringeren Nutzung fossil betriebener Straßenfahrzeuge. Die Nutzungsänderung aufgrund höherer Kraftstoffpreise wird für den Pkw- und den Lkw-Verkehr separat berechnet.

Für die Modellierung der Neufahrzeugflotte nach verschiedenen Antriebstechnologien wird ein Logit-Modell verwendet. Das Modell berücksichtigt die Kostenentwicklung (Total Cost of Ownership - TCO) der Technologien und das Angebot an Fahrzeugmodellen. Es ermöglicht die Untersuchung verschiedener politischer Maßnahmen wie Kaufpreisförderungen, Dienstwagenbesteuerungen, CO<sub>2</sub>-Preise und EU-CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte. Das Modell unterscheidet die Antriebstechnologien sowie die Fahrzeuggrößenklassen nach Kraftfahrt-Bundesamt und drei Nutztypen (Privat, Dienstwagen, Flottenfahrzeug). Es werden auch verschiedene Fahrprofile mit unterschiedlicher Nutzungsintensität simuliert.

Im Kohortenmodell werden dann die Ergebnisse aus dem Kaufentscheidungsmodell weiterverarbeitet. Aus der jährlichen Neufahrzeugflotte nach Antrieben wird der Fahrzeugbestand und die Inländerfahrleistung berechnet. Um die Emissionen der Pkw zu bestimmen, wird die Fahrleistung mit einem spezifischen Emissionsfaktor verrechnet. Dieser Emissionsfaktor wird für die Antriebe Benzin und Diesel, aber auch für Erdgas und Flüssiggas-Pkw auf Basis des Baseline-Szenarios bestimmt. Die Fahrleistungsdifferenz bei fossil betriebenen Fahrzeugen, welche sich aus der Kaufentscheidungsmodellierung ergibt, wird schließlich mit dem spezifischen Emissionsfaktor multipliziert, um den CO<sub>2</sub>-Effekt aus der Kaufentscheidungsmodellierung zu bestimmen.

Wird im Pkw-Kaufentscheidungsmodell perfect foresight unterstellt, sind den Investor\*innen die zukünftigen Energiepreise bekannt. Andernfalls gehen die Investor\*innen im Rahmen ihrer

Kaufentscheidung davon aus, dass die jeweiligen Energiepreise des Kaufjahres über die gesamte Haltedauer konstant bleiben (dies entspricht dem Vorgehen im Baseline-Szenario).

Wird unterstellt, dass die Entwicklung der Energiekosten keinen Einfluss auf die Austauschraten der Pkw hat, bleiben die Überlebenskurven der Pkw im Bestand ungeachtet der Kraftstoffkosten unverändert. Wird hinterlegt, dass steigende Energiekosten, bspw. durch eine Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Preises, einen Effekt auf die Austauschraten haben, werden besonders ineffiziente fossile Fahrzeuge früher stillgelegt. Im Modell geht eine Erhöhung der Kraftstoffkosten um 10 ct/km mit einer Erhöhung der Stilllegungsrate für alle Pkw älter als 10 Jahre um 3,7 % einher (Jacobsen et al. 2015). Die vorzeitig stillgelegten fossilen Fahrzeuge werden im Modell durch zusätzliche Neuzulassungen von nicht fossil angetriebenen Fahrzeugen ersetzt.

Die Änderung der Pkw- und Lkw-Fahrleistung in den Sensitivitäten wird über einen Elastizitäten-Ansatz bestimmt. Durch höhere durchschnittliche Kilometerkosten besteht ein finanzieller Anreiz, die Fahrleistung zu reduzieren oder längere Strecken auf umweltfreundlichere Verkehrsträger wie die Schiene zu verlagern. Um diesen Effekt zu quantifizieren, werden verkehrsartenspezifische Elastizitäten verwendet. Für den Personenverkehr wird auf Basis von Schade und Krail (2015) mit einer Elastizität von -0,3 gerechnet. Dies bedeutet, dass bei einer linearen Nachfrage eine Preissteigerung um 50 % die Verkehrsleistung um rund 15 % ( $50 \% * -0,3$ ) senken würde. Beim Güterverkehr wird mit einer Elastizität von -0,1 gerechnet (De Jong et al., 2010).

### **Konkretisierung der Sensitivitäten im Sektor Verkehr**

In Sensitivität 1 steigen die Preise für Benzin und Diesel aufgrund der höheren CO<sub>2</sub>-Bepreisung im Vergleich zum Baseline-Szenario an. Dadurch wird die Nutzung von fossil betriebenen Fahrzeugen weniger wirtschaftlich und die Wahrscheinlichkeit, dass die Akteure im Modell sich für diese Fahrzeugtechnologien entscheiden, nimmt ab. Durch die geringeren Anteile der fossil betriebenen Fahrzeuge an den Neufahrzeugen ab 2024 ändert sich im Verlauf die Struktur der Antriebstechnologien im Fahrzeugbestand.

In der Sensitivität 2 wird aufgrund der höheren Energiekosten zusätzlich eine höhere Fahrzeugaustauschrate angenommen, wobei davon ausgegangen wird, dass die zusätzlichen Neufahrzeuge mit batterieelektrischem Antrieb ausgestattet sind.

In Sensitivität 3 wird, wie in Sensitivität 1, von einem erhöhten CO<sub>2</sub>-Preis ausgegangen. Zusätzlich wird angenommen, dass die Akteure beim Zeitpunkt der Kaufentscheidung die zukünftige Preisentwicklung des CO<sub>2</sub>-Preises kennen. Dadurch fließen die zukünftig weiter steigenden CO<sub>2</sub>-Preise, die zu höheren Energiepreisen für fossile Kraftstoffe führen, in die Kaufentscheidungen ein.

In Sensitivität 4 werden die Einflussfaktoren erhöhter CO<sub>2</sub>-Preis, Erhöhung der Austauschraten und perfect foresight kombiniert.

### **Vorgehen im Sektor Gebäude:**

Das Baseline-Szenario für den Gebäudesektor wird mit den beiden Bottom-up-Modellen für die Sektoren Private Haushalte (Teil Wohngebäude) und GHD (Teil Nichtwohngebäude) berechnet.<sup>24</sup> Die Ergebnisse der Modelle werden addiert, um den Gebäudesektor abzubilden. Dabei werden die Branchen des GHD-Sektors so abgegrenzt, dass das Gesamtergebnis dem

<sup>24</sup> Eingesetzt werden die Modelle ProgRESS für den Sektor Private Haushalte, das GHD-Nachfragemodell für den Bereich der Nichtwohngebäude und das Wärmemarkt-Tool für die Berechnung der Absatzstruktur der Wärmeerzeuger.  
<https://www.prognos.com/de/modelle-tools/modelle>

Gebäudesektor in der Abgrenzung des KSG entspricht.<sup>25</sup> Die Modelle berechnen den Energieverbrauch nach Branchen bzw. Gebäudetypen, Anwendungen und Energieträgern. Die THG-Emissionen werden im Nachgang unter Verwendung von energieträgerspezifischen Emissionsfaktoren berechnet. Die verwendeten Faktoren sind konform mit der Emissionsberichterstattungsverordnung 2030 (EBeV 2030).

Die Berechnung der Sensitivitäten baut auf dem Baseline-Szenario auf, es wird jedoch keine vollständige Modellierung des Gebäudesektors durchgeführt. Betrachtet werden folgende Aspekte:

- ▶ Im Fokus steht die Wirkung des BEHG auf den Kaufentscheid der Wärmeerzeuger und die sich daraus ergebende Beheizungsstruktur (Anteile der Heizungstechnologien an den beheizten Gebäuden).
- ▶ Die höheren Energiepreise steigern außerdem die Wirtschaftlichkeit von Effizienzmaßnahmen. In den Sensitivitäten wird deshalb auch die Wirkung der höheren Preise für fossile Energieträger auf die Sanierungsaktivität mitberücksichtigt.

Höhere Energiepreise beeinflussen das Investitionsverhalten, sie können aber auch das Verhalten von Akteuren beeinflussen und beispielsweise einen sparsameren Umgang mit Energie anreizen (z. B. durch tiefere Innentemperaturen oder einen reduzierten Warmwasserverbrauch). Wie dauerhaft diese Verhaltenseffekte sind, ist unklar bzw. unsicher. Aufgrund der Unsicherheit bezüglich der Stärke des Effekts auf das Nutzerverhalten und dessen Dauerhaftigkeit werden im Gebäudesektor keine kurzfristigen Verhaltenseffekte bei der Berechnung der Sensitivitäten berücksichtigt. Der THG-Effekt könnte dadurch etwas unterschätzt werden.

Zur Abschätzung der Auswirkungen auf die **Beheizungsstruktur** wird in den Sensitivitäten das Teilmodul zum Wärmemarkt genutzt. Dieses Wärmemarkt-Modul ist ein Kaufentscheidungsmodell, mit dem die jährlichen Absätze an Wärmeerzeugern im Gebäudesektor anhand verschiedener exogener Rahmendaten und weiterer Annahmen auf Basis eines Discrete-choice-Ansatzes bestimmt werden. Dabei wird das Kaufverhalten der Akteure mittels Entscheidungswahrscheinlichkeiten modelliert. Hierzu wird in einem ersten Schritt für jeden Akteur und jede Entscheidungssituation festgelegt, welche Alternativen (hier Heizungstechnologien) zur Auswahl stehen. Anschließend wird anhand der Eigenschaften der Alternativen und den Nutzer\*innenpräferenzen berechnet, wie wahrscheinlich die Auswahl einer Entscheidungsoption ist. Im Wärmemarkt-Modul wird nach den folgenden Akteuren und Entscheidungssituationen differenziert:

- ▶ Selbstnutzer\*innen und Vermieter\*innen,
- ▶ Neubau und Einbau im Bestand,
- ▶ Gebäudetypen Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH), Mehrfamilienhäuser (MFH) und Nichtwohngebäude (NWG).

Die Kaufentscheidung wird dabei jeweils beeinflusst durch

- ▶ den Anschaffungspreis der Anlagen,

<sup>25</sup> Der Gebäudesektor entspricht in der Abgrenzung des KSG der Summe der Sektoren Haushalte und GHD, ohne die Emissionen des Energieverbrauchs der Landwirtschaft und des bauwirtschaftlichen Verkehrs. In der Energiebilanz schließt der Energieverbrauch des GHD-Sektors den Energieverbrauch der Landwirtschaft und des bauwirtschaftlichen Verkehrs mit ein.

- ▶ politische Instrumente (beispielweise Förderung spezifischer Technologien, aber auch Nutzungsbeschränkungen),
- ▶ die laufenden Energiekosten (abhängig vom Energiepreis, aber auch von der Gebäudequalität und der Effizienz des Wärmeerzeugers),
- ▶ die Gesamtkosten (Summe aus Anschaffungskosten und laufenden Kosten),
- ▶ die Verfügbarkeit der Technologien (z. B. hat nicht jede\*r Hausbesitzer\*in Zugang zu einem Wärmenetz oder zu einem Gasnetz) und
- ▶ die während der Nutzung verursachten THG-Emissionen, als Indikator für die Umweltauswirkung.

Zudem wird angenommen, dass ein Teil der Akteure nicht auf wirtschaftliche oder ökologische Signale (CO<sub>2</sub>-Emissionen) achtet, sondern aus Gewohnheit wieder eine Heizung des gleichen Typs wählt (Annahme rund 5 %).

Das Wärmemarkt-Modul wurde auch für die Berechnung der Absatzstruktur der Wärmeerzeuger im Baseline-Szenario genutzt. In den Sensitivitäten wird nun untersucht, wie sich aufgrund der Variation einzelner Parameter (u. a. CO<sub>2</sub>-Preise, Lebensdauer, foresight) die Absatzstruktur im Vergleich zum Baseline-Szenario verändert und welche Auswirkungen dies auf die Bestandsentwicklung der Wärmeerzeuger hat. Daraus wird im Nachgang die Wirkung auf den Energieverbrauch zur Deckung der nachgefragten Wärme und die THG-Emissionen abgeschätzt.

Die **Sanierungsaktivität** wird bei der Modellierung anhand einer funktionalen Schätzung bestimmt. Dabei werden wie beim Wärmemarkt-Modul die Gebäudetypen (EFH, MFH, NWG) und die Nutzertypen (Selbstnutzer\*innen/Mieter\*innen) unterschieden. Steigende Energiepreise erhöhen die Wirtschaftlichkeit von Effizienzmaßnahmen. Bei der Sanierungsaktivität wird nur der Effekt durch den höheren CO<sub>2</sub>-Preis abgeschätzt. Somit ist die berechnete Wirkung bei der Sanierungsaktivität bei allen Sensitivitäten identisch.

Anhand der geschätzten Effekte auf die Beheizungsstruktur und die Sanierungsaktivität werden die Abweichungen in den Sensitivitäten zum Baseline-Szenario beim Energieverbrauch und den damit verbundenen THG-Emissionen berechnet. Die Abweichungen werden im Zeitverlauf bis zum Jahr 2040 dargestellt. Die Abweichungen geben Hinweise auf die Lenkungswirkung durch die Modifikation des BEHG im Gebäudesektor.

### Konkretisierung der Sensitivitäten im Sektor Gebäude

In der Sensitivität 1 steigen die Preise für Erdgas und Heizöl aufgrund der höheren CO<sub>2</sub>-Bepreisung im Vergleich zum Baseline-Szenario an (Abbildung 12). Die Nutzung von Erdgas- und Heizölheizungen wird dadurch weniger wirtschaftlich und die Wahrscheinlichkeit, dass die Akteure im Modell diese Heizungssysteme wählen, nimmt ab. Durch die geringeren Anteile an den Heizungsabsätzen in den Jahren ab 2024 verändert sich im Zeitverlauf die Struktur der Wärmeerzeugung im Gebäudebestand. Außerdem steigern die höheren Energiepreise für Erdgas und Heizöl die Wirtschaftlichkeit von Effizienzmaßnahmen, sodass die Sanierungsaktivität in Gebäuden steigt, welche weiterhin fossile Energieträger nutzen.

In der Sensitivität 2 werden zusätzlich die Austauschraten der Wärmeerzeuger erhöht. Angenommen wird ein Austausch nach 75 % der sonst üblichen Lebensdauer. Im Baseline-Szenario werden die Wärmeerzeuger im Mittel nach 25 Jahren ersetzt. Durch die Verkürzung der Lebensdauer werden ab dem Jahr 2024 die Wärmeerzeuger bereits nach 18,75 Jahre ersetzt

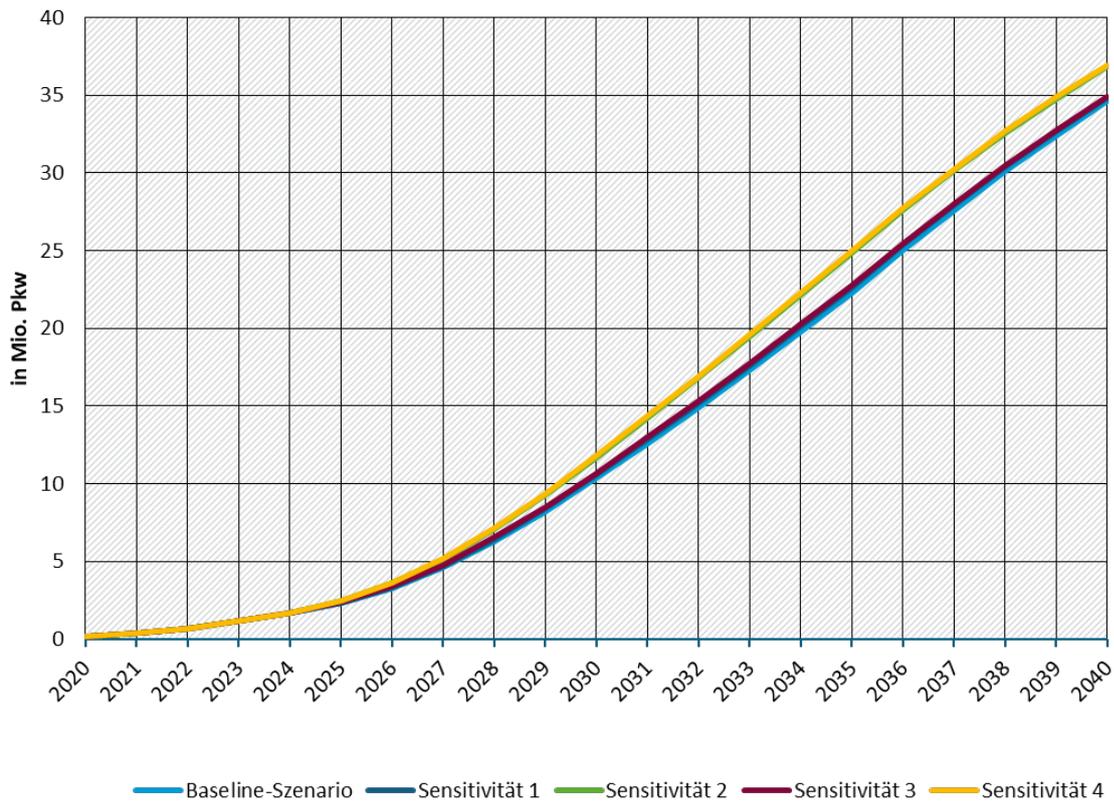
(Baseline weiterhin 25 Jahre). Dies führt im Modell zu einer erhöhten Austauschrate und aufgrund der höheren Energiepreise für Erdgas und Heizöl zu einem stärkeren Zubau nicht fossiler Anlagen. Die Veränderung der Austauschraten wirkt nur auf das Segment der Bestandsgebäude, der Einbau in neu errichteten Gebäuden wird nicht beeinflusst. Höhere Energiepreise für Erdgas und Heizöl steigern wie in Sensitivität 1 die Sanierungsaktivität.

In der Sensitivität 3 wird wie in Sensitivität 1 von einem erhöhten CO<sub>2</sub>-Preis ausgegangen. Zusätzlich wird perfect foresight in Bezug auf die Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Preises unterstellt: Die Akteure kennen beim Zeitpunkt der Kaufentscheidung die zukünftigen CO<sub>2</sub>-Preise. Dadurch fließen die zukünftig weiter steigenden CO<sub>2</sub>-Preise – welche zu höheren Energiepreise für Erdgas und Heizöl führen - in die Kaufentscheidungen ein. Höhere Energiepreise für Erdgas und Heizöl steigern zudem wie in Sensitivität 1 die Sanierungsaktivität.

In der Sensitivität 4 werden die Einflussfaktoren erhöhter CO<sub>2</sub>-Preis, Erhöhung der Austauschraten und perfect foresight kombiniert.

### **3.3 Wirkung des BEHG im Verkehrssektor**

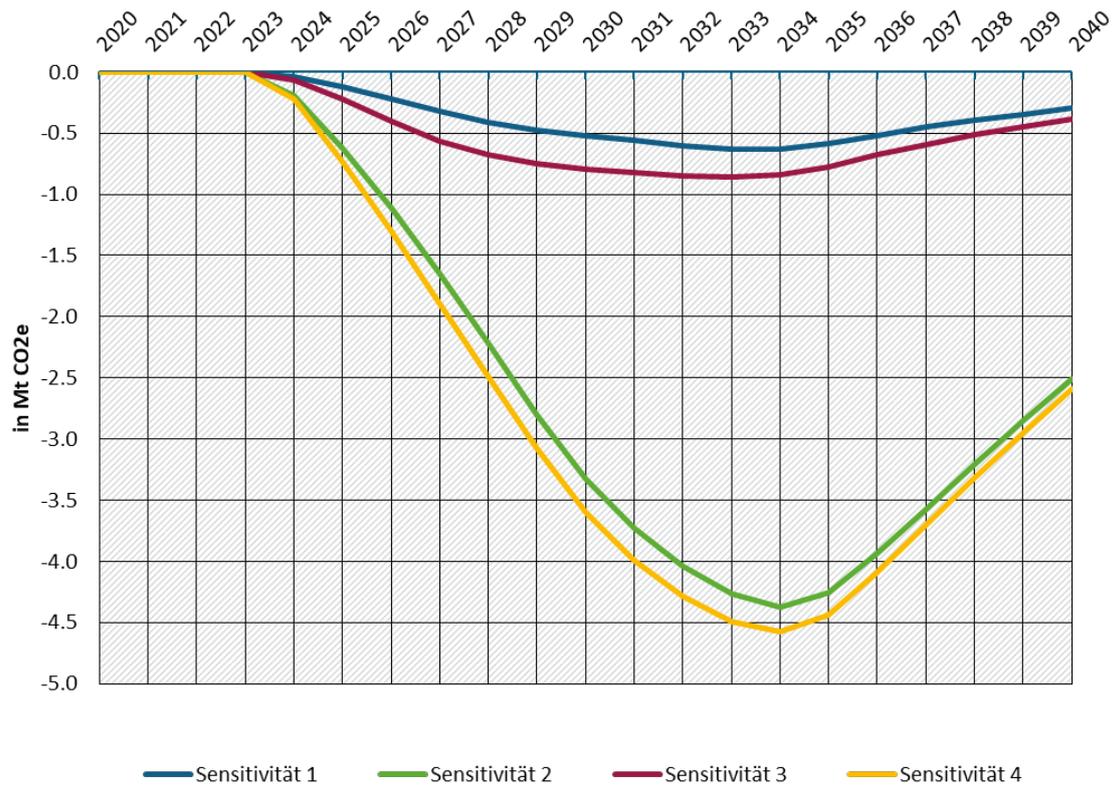
In diesem Unterkapitel wird der Einfluss des BEHG in den vier Sensitivitäten auf die Entwicklung der THG-Emissionen im Verkehrssektor beschrieben. Durch die BEHG-induzierten höheren Kraftstoffpreise werden energieeffiziente Fahrzeuge, insbesondere batterieelektrische (BEV) Pkw, attraktiver. Es wurde auch der Einfluss von höheren Austauschraten (aufgrund höherer Energiepreise) und perfect foresight auf den Hochlauf von batterieelektrischen Fahrzeugen untersucht. Die Ergebnisse zum Hochlauf von batterieelektrischen Fahrzeugen im Baseline-Szenario und den Sensitivitäten sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

**Abbildung 14: Hochlauf Elektromobilität (BEV-Pkw) im Baseline-Szenario und den Sensitivitäten**

Quelle: Eigene Berechnungen mit TEMPO

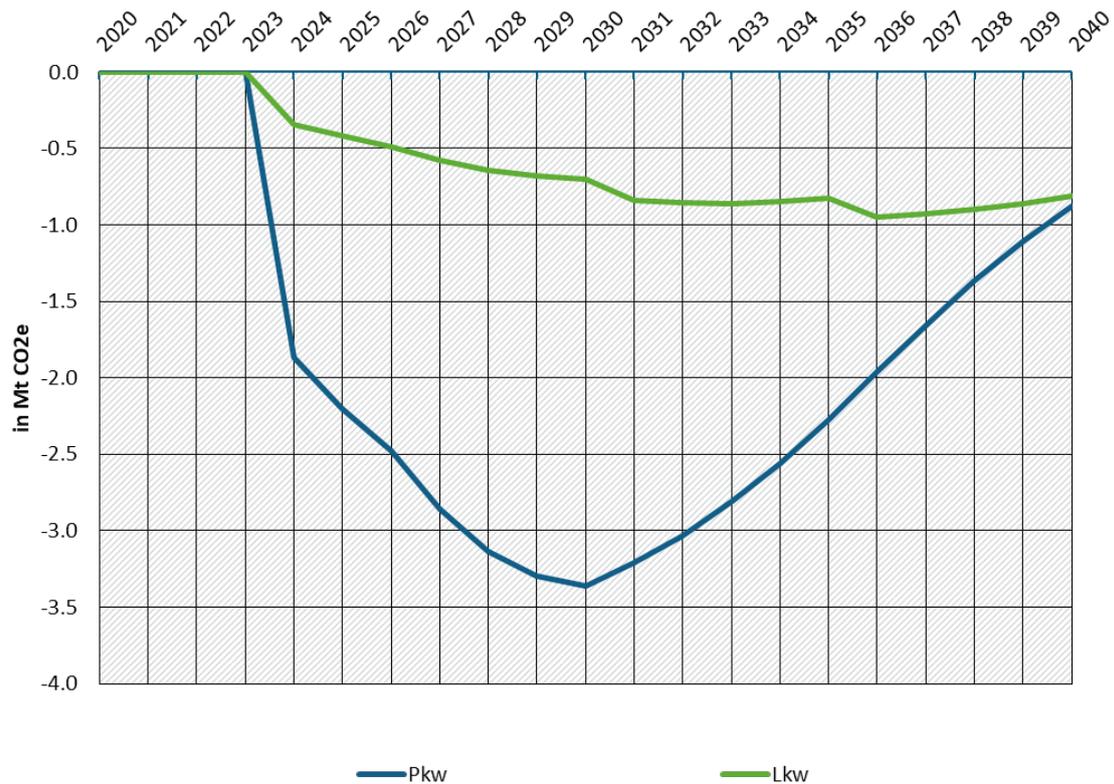
Im Baseline-Szenario wird erwartet, dass der Bestand an BEV-Pkw bis 2030 auf über 10 Mio. steigt, was einem Anteil von 21 % am Fahrzeugbestand entspricht. Bis 2040 sollen knapp 70 % der Pkw elektrifiziert sein. In den Sensitivitäten ist der Anstieg der BEV-Pkw-Zulassungen stärker ausgeprägt, insbesondere in den Sensitivitäten 2 und 4 mit den beschleunigten Austauschraten (verkürzte Lebensdauer). In Sensitivität 2 werden bis 2030 rund 1,3 Millionen zusätzliche BEV-Pkw zugelassen, während es in Sensitivität 4 rund 1,5 Millionen sind. Die Effekte in Sensitivität 1 (+0,2 Millionen BEV-Pkw) und 3 (+0,3 Millionen BEV-Pkw) sind dagegen deutlich geringer. In den folgenden Jahren bleibt der Abstand zum Baseline-Szenario in Bezug auf den Bestand an BEV-Pkw in absoluten Zahlen nahezu unverändert.

Aufgrund der unterschiedlichen Technologieentwicklung beim Pkw-Bestand ergibt sich auch eine abweichende Pkw-Nutzung (Fahrleistung) nach Antriebstechnologien. Aus der Fahrleistung der mit fossilen Kraftstoffen betriebenen Fahrzeugen werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen für das Baseline-Szenario sowie für die untersuchten Sensitivitäten bestimmt. In der folgenden Abbildung 15 wird der THG-Effekt aus der Kaufentscheidungsmodellierung der Sensitivitäten als Differenz zum Baseline-Szenario dargestellt.

**Abbildung 15: THG-Effekt der Sensitivitäten aus der Kaufentscheidung als Differenz zum Baseline-Szenario**

Quelle: Eigene Berechnungen mit TEMPO

Bei der Sensitivität 4, bei der sowohl die höheren CO<sub>2</sub>-Preise, perfect foresight sowie die höheren Austauschraten angenommen werden, liegen die jährlichen Emissionseinsparungen mit bis zu 4,5 Mt CO<sub>2</sub>e im Jahr 2034 am höchsten. Bei der Sensitivität 2 (ohne perfect foresight) ist die Emissionseinsparungswirkung nur geringfügig kleiner als in Sensitivität 4. Sofern keine höheren Austauschraten angenommen werden, wie in den Sensitivitäten 1 und 3, bleibt der THG-Reduktionseffekt aufgrund der Pkw-Kaufentscheidung pro Jahr unter einer Megatonne.

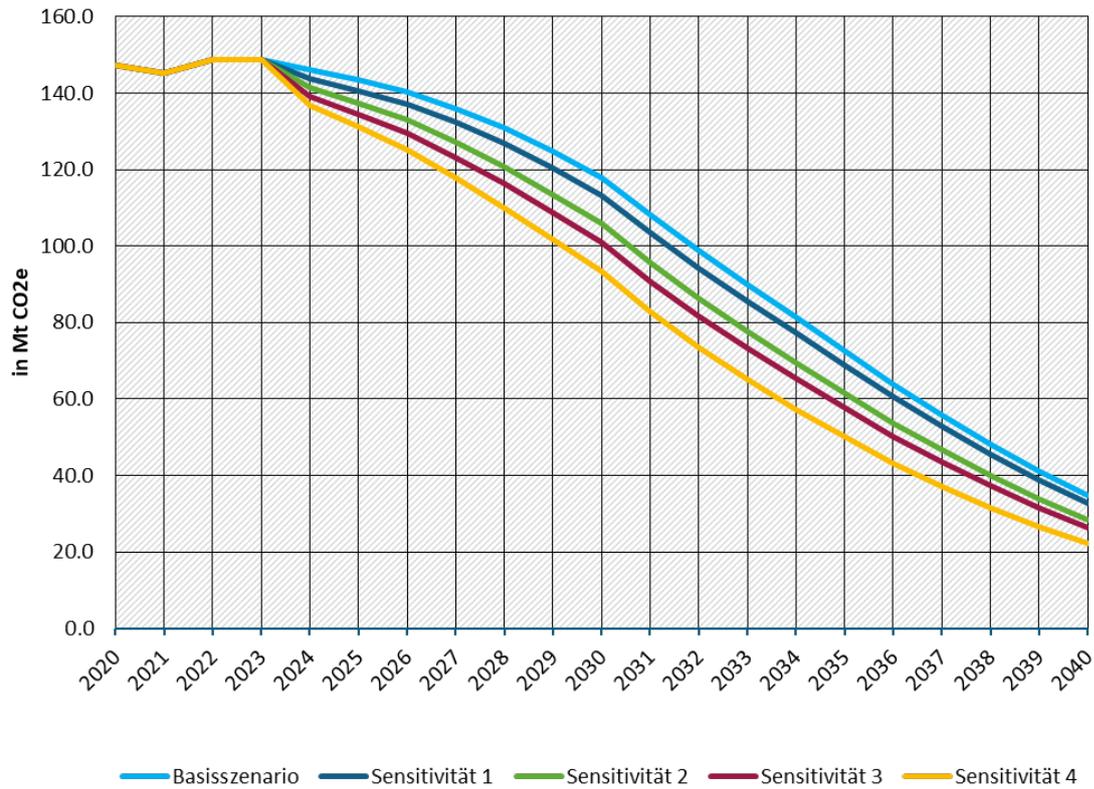
**Abbildung 16: THG-Effekt auf der Nachfrageänderung für Pkw und Lkw aufgrund höherer Kraftstoffpreise als Differenz zur Baseline**

Quelle: Eigene Berechnungen mit TEMPO

Mit den angenommenen – aufgrund des höheren CO<sub>2</sub>-Preises – höheren Kraftstoffpreisen sinkt die Nachfrage bei der Pkw- und Lkw-Nutzung. Diese Fahrleistungsänderung wird proportional auf die Emissionsentwicklung umgerechnet. Es wird aus der Fahrleistung und den Emissionen im Baseline-Szenario ein Emissionsfaktor für Pkw und Lkw berechnet. Über die verwendeten Elastizitäten (siehe Kapitel 3.2.2) wird die Fahrleistungsänderung aufgrund höherer Kraftstoffpreise abgeschätzt. Diese wird anschließend mit dem Emissionsfaktor in CO<sub>2</sub>e-Emissionen umgerechnet.

Die Kraftstoffpreise erhöhen sich durch den höheren CO<sub>2</sub>-Preis, der in den Sensitivitätsrechnungen angenommen wurde, im Jahr 2030 bei Benzin um rund 17 % und beim Diesel um über 22 %. Langfristig sind die Preisunterschiede bei Benzin und Diesel zwischen der Baseline und den Sensitivitätsrechnungen noch ausgeprägter (fast 40 % im Jahr 2040 beim Diesel, vgl. Abbildung 11). Die Verkehrsleistung der mit fossilen Kraftstoffen betriebenen Pkw reduziert sich im Jahr 2030 um über 5 % und entsprechend reduzieren sich auch die THG-Emissionen in den Sensitivitätsrechnungen der Pkw im Jahr 2030 um rund 3,5 Mt CO<sub>2</sub>e. Die Reduktionswirkung nach 2030 ist geringer, da mit steigendem Anteil elektrifizierter Fahrzeuge, die Reduktionswirkung von Verkehrsnachfrageänderungen – bei steigenden Preisen für fossile Kraftstoffe – abnimmt.

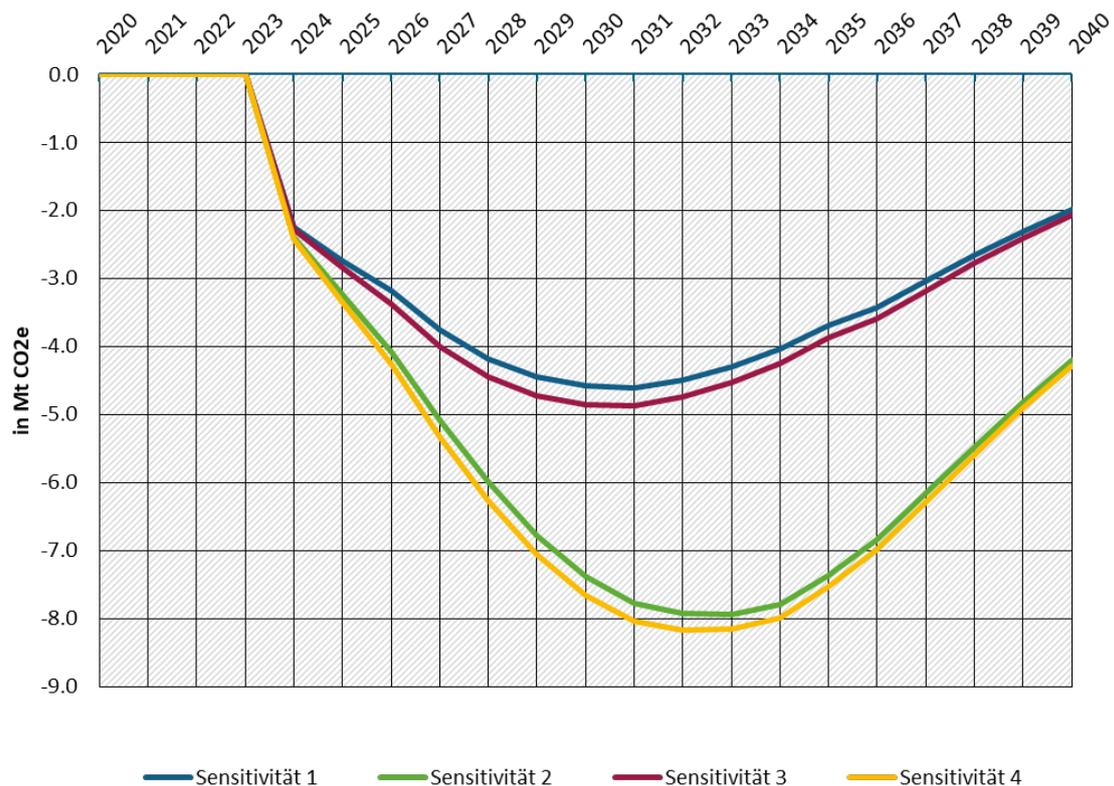
Die Verkehrsleistung im Straßengüterverkehr wird durch die Dieselpreiserhöhung reduziert. Im Vergleich zur Baseline sinkt die Verkehrsleistung bei höheren CO<sub>2</sub>-Preisen im Jahr 2030 um 2 % und im Jahr 2040 um 2,3 %. Bei den Lkw wird der steigende Anteil der Elektrifizierung bei der Berechnung des THG-Effektes aufgrund der Nachfrageänderung nicht berücksichtigt.

**Abbildung 17: Entwicklung der THG-Emissionen im Verkehrssektor, Baseline-Szenario und Sensitivitäten**

Quelle: Eigene Berechnungen mit TEMPO

Im Basisszenario sinken die Emissionen von 149 Mt CO<sub>2e</sub> im Jahr 2023 auf 143 Mt CO<sub>2e</sub> im Jahr 2025 und auf 118 Mt CO<sub>2e</sub> im Jahr 2030. Bis zum Jahr 2040 können die Emissionen im Sektor Verkehr weiter auf rund 35 Mt CO<sub>2e</sub> reduziert werden, was vor allem auf die zunehmende Elektrifizierung von Pkw und Lkw zurückzuführen ist.

Der THG-Effekt der Sensitivitäten ergibt sich aus der Summe des Effekts der Kaufentscheidung und des Effekts der veränderten Fahrzeugnutzung. Der resultierende THG-Effekt der vier untersuchten Sensitivitäten als Differenz zum Baseline-Szenario ist in der folgenden Abbildung 18 dargestellt.

**Abbildung 18: THG-Effekt der Sensitivitäten im Sektor Verkehr als Differenz zum Baseline-Szenario**

Quelle: Eigene Berechnungen mit TEMPO

Im Jahr 2030 wird für die Sensitivität 4 eine Gesamtreduktion von 7,7 Mt CO<sub>2</sub>e im Vergleich zur Baseline erwartet. Bei der Sensitivität 2 liegen die Einsparungen in einer vergleichbaren Größenordnung. Über den Zeitraum bis 2030 ergibt sich eine kumulierte Reduktionswirkung von etwa 36 Mt CO<sub>2</sub>e bei Sensitivität 4.

Aufgrund des im Zeitverlauf ansteigenden Anteils an Elektrofahrzeugen im Baseline-Szenario nehmen die THG-Emissionen im Baseline-Szenario kontinuierlich ab. Der zusätzliche CO<sub>2</sub>-Effekt durch höhere Kraftstoffpreise wird deshalb langfristig wieder geringer.

Selbst ohne eine Erhöhung der Austauschraten werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Sensitivitäten 1 und 3 im Vergleich zum Baseline-Szenario deutlich reduziert. Dies ist hauptsächlich auf die reduzierte Nutzung der fossil betriebenen Fahrzeuge zurückzuführen. In der Sensitivität 3 werden jährliche CO<sub>2</sub>-Einsparungen von knapp 5 Mt CO<sub>2</sub>e im Jahr 2030 erzielt, die bis zum Jahr 2030 kumulierte Einsparung beläuft sich auf rund 26 Mt CO<sub>2</sub>e.

### 3.4 Wirkung des BEHG im Gebäudesektor

Der höhere CO<sub>2</sub>-Preis verteuert fossile Energieträger. Dadurch wird der Betrieb von Wärmeerzeugern auf Basis fossiler Energieträger weniger wirtschaftlich, während die Wirtschaftlichkeit von Effizienzmaßnahmen zunimmt (Sensitivität 1). Ein höherer CO<sub>2</sub>-Preis und höhere Austauschraten führen dazu, dass sich der Bestand an Wärmeerzeugern schneller verändern kann (Sensitivität 2). In Sensitivität 3 wird perfect foresight angenommen, wodurch die zukünftig weiter ansteigenden Preise für fossile Energieträger in die Kaufentscheidung für neue Wärmeerzeuger einfließen. Der kombinierte Effekt auf die Sanierungsaktivität, der

Kaufentscheidung für Wärmeerzeuger und die daraus resultierende Beheizungsstruktur wird in Sensitivität 4 betrachtet.

Im diesem Unterkapitel wird der Einfluss der vier Sensitivitäten auf die THG-Emissionen im Gebäudesektor beschrieben. Dazu wird zuerst die Veränderung der Beheizungsstruktur in den Sensitivitäten beschrieben. Anschließend wird der Effekt der höheren Energiepreise auf die Sanierungsaktivität dargestellt. Die beiden Effekte werden addiert, der Einfluss auf die Entwicklung der THG-Emissionen berechnet und als Abweichung gegenüber dem Baseline-Szenario dargestellt.<sup>26</sup>

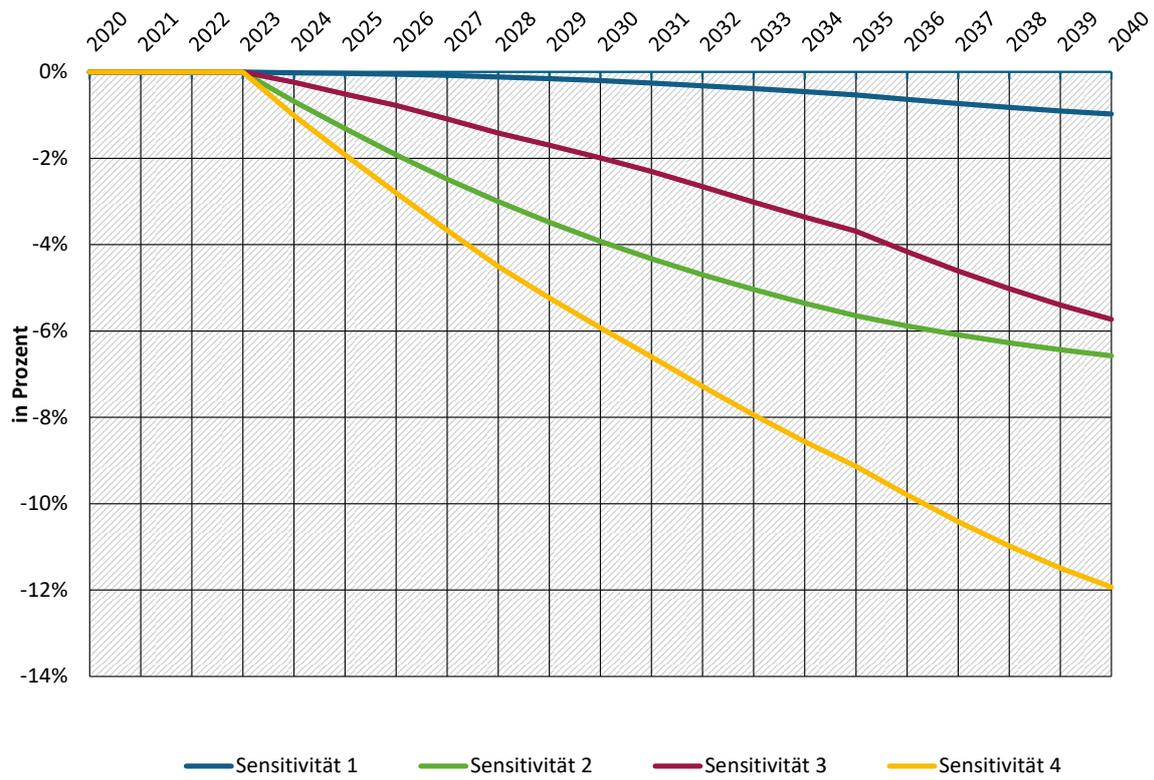
In den nachfolgenden Abbildungen ist die Abweichung in der Beheizungsstruktur vom Baseline-Szenario in Prozent dargestellt. Ausgewiesen wird die Differenz des Anteils fossiler Heizsysteme an den beheizten Gebäuden (Summe aus Erdgas und Heizöl). Negative Werte bedeuten einen geringeren Anteil an fossilen Heizungen. Die Darstellung erfolgt nach den unterschiedenen Gebäudetypen EZFH (Abbildung 19), MFH (Abbildung 20) sowie NWG (Abbildung 21).

Die Effekte auf die Beheizungsstruktur unterscheiden sich zwischen den Gebäudetypen nicht wesentlich. Bei allen drei Gebäudetypen ist die Abweichung vom Baseline-Szenario in der Sensitivität 1 am geringsten und in der Sensitivität 4 mit dem kombinierten Effekt am größten. Der Unterschied zwischen der Sensitivität 2 (höhere Austauschrate) und Sensitivität 3 (perfect foresight) ist bei den MFH und NWG gering, wobei bis etwa 2035/2037 der Effekt durch die Austauschrate stärker wiegt, danach wird der Effekt durch das perfect foresight stärker. Bei den EZFH ist der Effekt durch die höhere Austauschrate über den gesamten Zeitraum bis 2040 leicht stärker als durch perfect foresight.

---

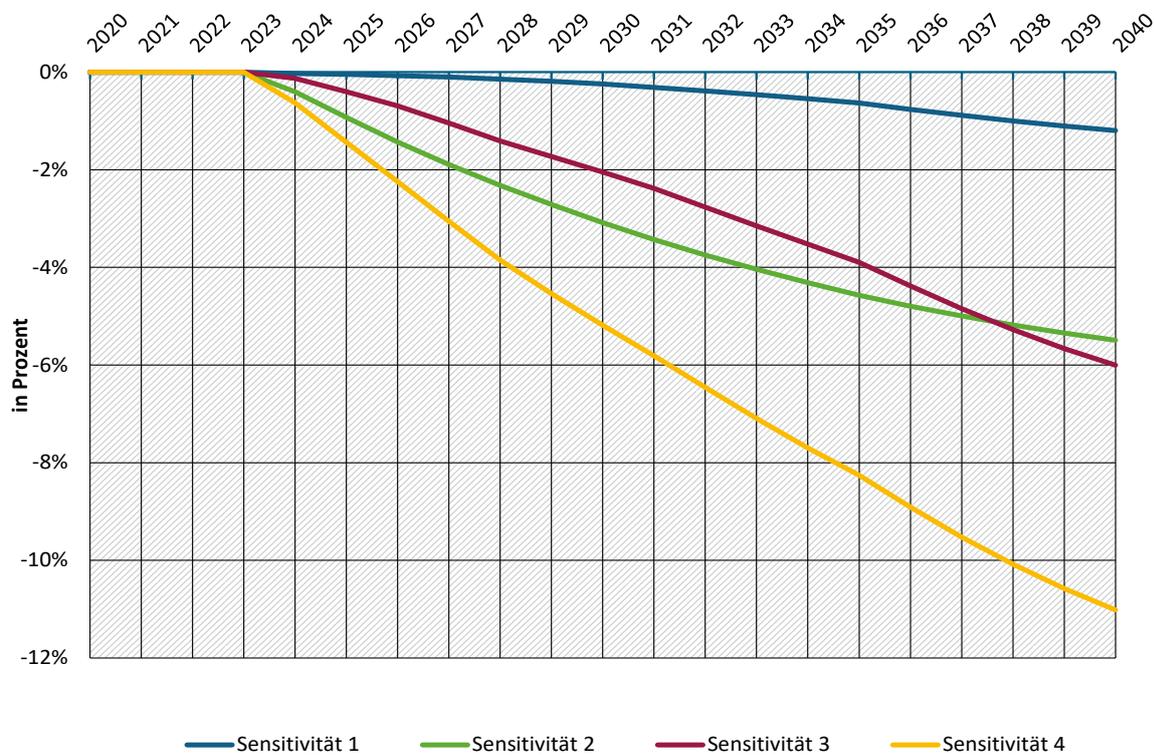
<sup>26</sup> In Realität besteht oftmals eine gewisse Abhängigkeit zwischen den Wirkkanälen Sanierung Gebäudehülle und Umstellung der Wärmeerzeugung. Beispielsweise verringert eine energetische Sanierung den Wärmebedarf, infolgedessen können kleinere und billigere Heizungen eingesetzt werden. Relevant ist dies insbesondere bei den Wärmepumpen. Für die Berechnung der Sensitivitäten wurde lediglich eine vereinfachte Modellierung des Gebäudesektors durchgeführt und diese Wechselwirkung vernachlässigt. Da der Effekt auf die Sanierungsaktivität in den Sensitivitäten nur gering ist, dürfte die vereinfachte Schätzung ohne Berücksichtigung der Wechselwirkung zu keiner relevanten Verzerrung der Ergebnisse führen.

**Abbildung 19: Beheizungsstruktur EZFH: Abweichung im Anteil fossiler Heizungen**

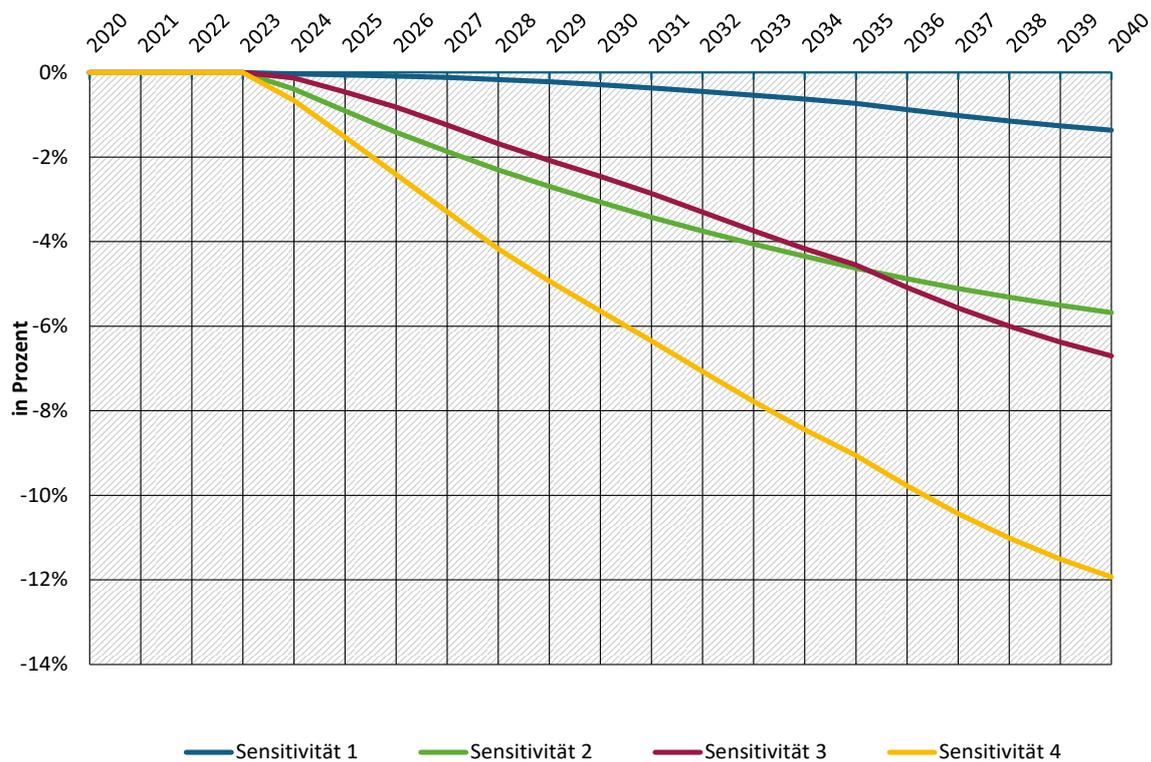


Quelle: Eigene Berechnungen

**Abbildung 20: Beheizungsstruktur MFH: Abweichung im Anteil fossiler Heizungen**



Quelle: Eigene Berechnungen

**Abbildung 21: Beheizungsstruktur NWG: Abweichung im Anteil fossiler Heizungen**

Quelle: Eigene Berechnungen

Im Jahr 2030 ergeben sich folgende Effekte:

- ▶ In der Sensitivität 1 liegt die Abweichung in Bezug auf den Anteil fossiler Heizungen an der Beheizungsstruktur bei 0,2 % (EZFH) bis 0,3 % (NWG).
- ▶ In der Sensitivität 2 beträgt der Rückgang fossiler Heizungen rund 3,1 % bei MFH und NWG und 3,9 % bei den EZFH.
- ▶ In der Sensitivität 3 zeigt sich bei den Wohngebäuden (EZFH, MFH) eine Differenz von 2 %, bei den NWG von 2,5 %.
- ▶ In der Sensitivität 4 ist die Abweichung wie erwartet bei allen Gebäudetypen am größten: EZFH 5,9 %, MFH 5,2 %, NWG 5,6 %.

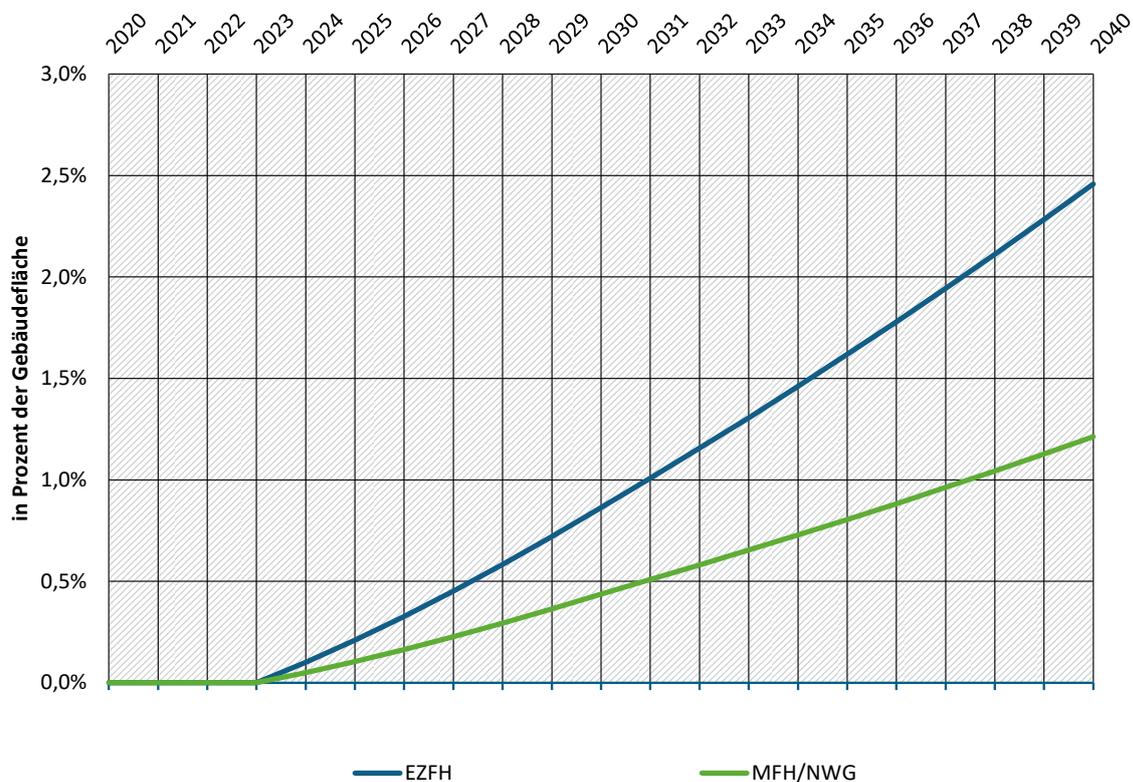
Nach 2030 wachsen die Differenzen beim Anteil fossiler Heizungen bei allen Gebäudetypen und bei allen Sensitivitäten weiter an. Relevant sind hier zwei Faktoren:

- ▶ Die Differenz der Energiepreise zwischen dem Baseline-Szenario und den Sensitivitäten wächst im Zeitverlauf weiter an.
- ▶ Jedes Jahr wird nur ein geringer Teil der Heizungen ersetzt. Je länger der Betrachtungszeitraum ausfällt, desto stärker fällt die Auswirkung der veränderten Absatzstruktur auf die Beheizungsstruktur aus.

Durch die Erhöhung der Energiepreise werden Effizienzmaßnahmen wirtschaftlicher und es werden mehr energetische Sanierungen durchgeführt. Bei den EZFH werden im Vergleich zum Baseline-Szenario jedes Jahr rund 0,1 % der Gebäudefläche zusätzlich saniert, bei den MFH und

NWG sind es etwa 0,05 %/Jahr. Kumuliert bis zum Jahr 2030 werden so bei den EZFH rund 0,9 % der Gebäudefläche zusätzlich saniert (bis 2040: 2,5 %), bei den MFH und NWG rund 0,4 % (bis 2040: 1,2 %; Abbildung 22). Bei den sanierten Gebäuden wird der Energieverbrauch um rund 50-65 % verringert (angenommen wurden jeweils Gesamtsanierungen).

**Abbildung 22: In den Sensitivitäten zusätzlich energetisch sanierte Gebäudefläche, im Vergleich zum Baseline-Szenario (über den Zeitverlauf kumulierte Flächen)**



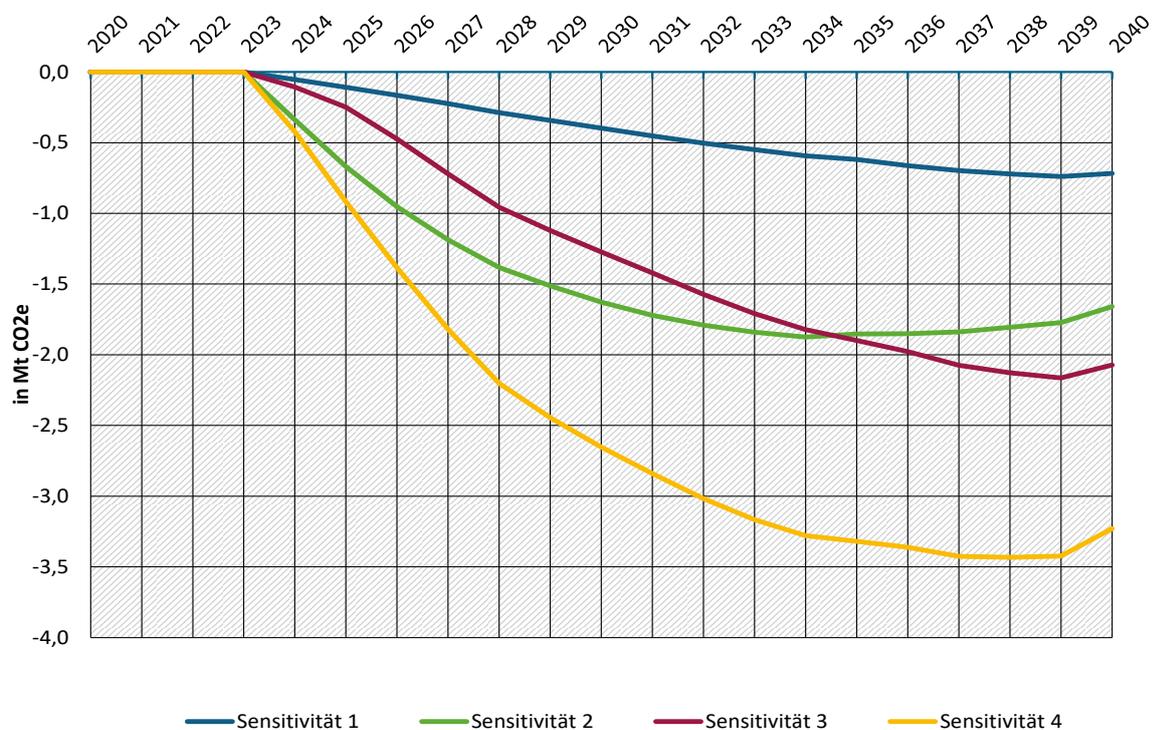
Quelle: Eigene Berechnungen

Für die Berechnung der Abweichung der THG-Emissionen in den Sensitivitäten vom Baseline-Szenario werden die Effekte auf die Beheizungsstruktur und die Sanierungsaktivität addiert. Die resultierenden Differenzen in Bezug auf die THG-Emissionen sind in Abbildung 23 dargestellt. Zusätzlich ist in Abbildung 24 die Entwicklung der jährlichen THG-Emissionen im Zeitverlauf bis zum Jahr 2040 für das Baseline-Szenario und die Sensitivitäten abgebildet. Im Baseline-Szenario verringern sich die THG-Emissionen bis zum Jahr 2030 auf rund 77 Mt CO<sub>2e</sub> (2040: 41 Mt CO<sub>2e</sub>). Das Baseline-Szenario basiert auf nahezu identischen Rahmendaten und grundsätzlichen gleichen Annahmen bezüglich der Instrumentierung wie das MMS des PB24. Gleichwohl unterscheidet sich die Entwicklung der THG-Emissionen, der Rückgang fällt im MMS stärker aus (MMS: 68 Mt CO<sub>2e</sub> im Jahr 2030 und 22 Mt CO<sub>2e</sub> im Jahr 2040). Zum einen hängt dies mit der Entwicklung der Sanierungsaktivität zusammen. Im MMS steigt die Sanierungsrate stark an, bis auf 1,9 %/Jahr in Wohngebäuden (ERK, 2024). Im Baseline-Szenario steigt die Sanierungsrate ebenfalls an, mit einem Anstieg auf 1,4 % im Jahr 2030 (2040: rund 1,5 %) fällt der Anstieg jedoch deutlich schwächer aus. Entsprechend nimmt auch der Energieverbrauch im Baseline-Szenario weniger stark ab. Eine weitere wichtige Ursache für die stärkere Abnahme der THG-Emissionen im MMS liegt an der unterstellten Annahme der Klimaerwärmung und der Art, wie diese in die Modellierung implementiert wurde. Wie sich die Klimaerwärmung auf die Entwicklung des Raumwärmebedarfs auswirkt, ist mit großen Unsicherheiten verbunden. Das

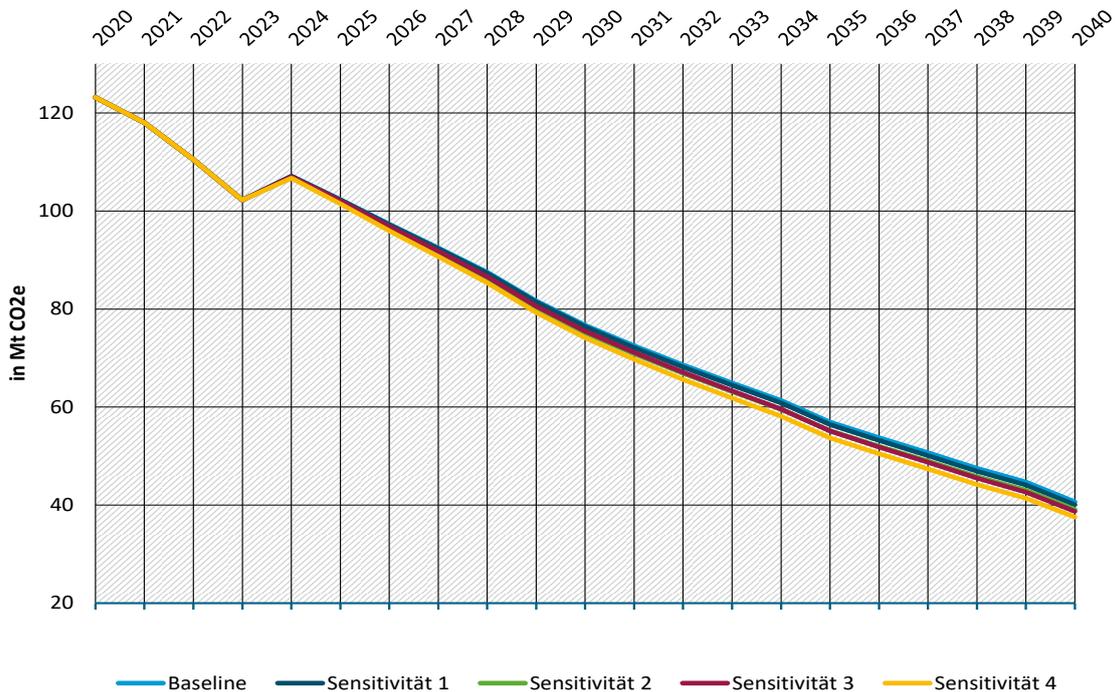
MMS unterstellt bereits bis zum Jahr 2030 einen erheblichen Einfluss auf die Nachfrage nach Raumwärme (starker Rückgang der mittleren, jährlichen Heizgradtagen), das Baseline-Szenario ist diesbezüglich konservativer und geht von einer langsameren Veränderung der Heizgradtage aus. Die unterschiedliche Methode zur Berücksichtigung der Klimaerwärmung dürfte im MMS im Vergleich zum Baseline-Szenario im Jahr 2030 zu einem rund 8-9 % geringeren Verbrauch für Raumwärme führen (Prognos und ifeu 2024), entsprechend verringern sich auch die THG-Emissionen aus der Erzeugung von Raumwärme um zusätzliche 8-9 %.

In allen Sensitivitäten werden im Vergleich zum Baseline-Szenario zusätzliche THG-Einsparungen erzielt. Das Ergebnis spiegelt das Muster der Differenz bei der Beheizungsstruktur wider. Am geringsten fällt die zusätzliche Einsparung in der Sensitivität 1 aus. Allein aufgrund des höheren CO<sub>2</sub>-Preises werden im Jahr 2030 im Gebäudesektor die THG-Emissionen im Vergleich zum Baseline-Szenario um 0,3 Mt CO<sub>2</sub>e zusätzlich reduziert (bis 2040: 0,6 Mt CO<sub>2</sub>e). Durch den höheren CO<sub>2</sub>-Preis kombiniert mit der erhöhten Austauschrate (Sensitivität 2) ergibt sich im Jahr 2030 im Vergleich zum Baseline-Szenario eine zusätzliche Reduktion um 1,6 Mt CO<sub>2</sub>e. Dieser Effekt verändert sich nach 2030 nicht mehr wesentlich und liegt auch im Jahr 2040 bei weiterhin rund 1,6 Mt CO<sub>2</sub>e. In der Sensitivität 3 wächst die Differenz zum Baseline-Szenario durch den höheren CO<sub>2</sub>-Preis und das foresight kontinuierlich an, bis 2030 auf 1,2 Mt CO<sub>2</sub>e, im Jahr 2040 beträgt die Differenz 2 Mt CO<sub>2</sub>e. Gegen Ende der Betrachtungsperiode stagniert die Differenz, respektive nimmt wieder leicht ab. Bei der Kombination aus höherem CO<sub>2</sub>-Preis, höherer Austauschrate und foresight ergibt sich der stärkste Effekt (Sensitivität 4). Im Jahr 2030 beträgt die Abweichung vom Baseline-Szenario 2,6 Mt CO<sub>2</sub>e, bis zum Jahr 2035 wächst die Differenz auf annähernd 3,3 Mt CO<sub>2</sub>e an. Nach 2035 wächst die Differenz nicht weiter an und wird im Jahr 2040 wieder kleiner. Die bis zum Jahr 2030 kumulierten Differenzen belaufen sich in der Sensitivität 4 auf 11,6 Mt CO<sub>2</sub>e (bis 2040: 43,2 Mt CO<sub>2</sub>e).

**Abbildung 23: THG-Effekt der Sensitivitäten im Gebäudesektor als Differenz zum Baseline-Szenario**



Quelle: Eigene Berechnungen

**Abbildung 24: Entwicklung der THG-Emissionen im Gebäudesektor, Baseline-Szenario und Sensitivitäten**

Quelle: Werte bis 2023 basierend auf UBA (2024b), Fortschreibung eigene Berechnungen.

Hinweis: Beim Übergang von den statischen Werten zur Fortschreibung im Jahr 2024 ergibt sich ein „Knick“ nach oben, dieser ist im Wesentlichen auf die im Baseline-Szenario unterstellte Witterung im Jahr 2024 zurückzuführen. Das Jahr 2023 und auch das Jahr 2022 waren sehr warm (tiefe Anzahl an Heizgradtagen und geringer Verbrauch für Raumwärme). Die Witterung des Jahres 2024 und der Folgejahre waren zum Zeitpunkt der Berechnung nicht bekannt. Für die Fortschreibung ab dem Jahr 2024 wurde aufgrund der Klimaerwärmung bei den Heizgradtagen von einem abnehmenden Trend ausgegangen (bezogen auf die Witterung in den letzten 30 Jahren), ansonsten jedoch von einer durchschnittlichen Jahreswitterung. Mit diesem Ansatz ergibt sich bei der Berechnung für das Jahr 2024 eine höhere Anzahl Heizgradtage als im warmen Jahr 2023. Dadurch steigt in der Modellierung auch der Raumwärmeverbrauch im Jahr 2024 im Vergleich zum Jahr 2023 an.

### 3.5 Fazit

Im PB24 ergibt sich im Jahr 2030 insgesamt eine Einsparwirkung durch das BEHG von 9,2 Mt CO<sub>2e</sub> im Vergleich zu einer Entwicklung ohne BEHG. Davon entfallen rund 7,1 Mt CO<sub>2e</sub> auf die Sektoren Verkehr und Gebäude. Sowohl ein höherer CO<sub>2</sub>-Preis (Sensitivität 1) als auch eine erhöhte Austauschrate (Sensitivität 2) und perfect foresight (Sensitivität 3) verstärken die Wirkung des BEHG, im Verkehrs- und im Gebäudesektor (Tabelle 8) nachhaltig. Der zusätzliche Emissionsminderungseffekt von höheren CO<sub>2</sub>-Preisen im Verkehrssektor ist mit der Annahme einer erhöhten Austauschrate stärker als mit perfect foresight. Bei einer erhöhten Austauschrate wird unterstellt, dass die Akteure aufgrund der energiepreisbedingten höheren Betriebskosten ihre Investitionsentscheidungen frühzeitiger treffen und verstärkt auf klimafreundlichere Alternativen setzen. Dadurch ist die erhöhte Austauschrate auch durch den CO<sub>2</sub>-Preis bedingt und damit nicht vollständig exogen. Im Gebäudesektor ist der Effekt durch die erhöhte Austauschrate in etwa gleich stark wie der Effekt durch perfect foresight. Hier wird die Austauschrate zwar exogen angenommen, in der Realität dürfte sie aber (wie oben argumentiert) ebenfalls vom CO<sub>2</sub>-Preisniveau beeinflusst werden. Eine trennscharfe Abgrenzung

zwischen diesen Kanälen ist nach der verwendeten Modelllogik zwar möglich, in ihrer tatsächlichen Aussagekraft allerdings begrenzt und daher mit Vorsicht zu genießen.

**Tabelle 8: THG-Effekte der untersuchten Sensitivitäten gegenüber dem Baseline-Szenario in den Sektoren Verkehr und Gebäude sowie insgesamt, in Mt CO<sub>2</sub>e**

Sensitivität	Verkehr	Gebäude	Insgesamt
Sensitivität 1: Hoher CO <sub>2</sub> -Preisfad			
im Jahr 2030	-4,6	-0,3	-4,9
im Jahr 2040	-2,0	-0,6	-2,6
kumuliert [2024-2030]	-25,1	-1,3	-26,5
kumuliert [2031-2040]	-34,5	-5,4	-39,9
Sensitivität 2: Hoher CO <sub>2</sub> -Preisfad und erhöhte Austauschraten			
im Jahr 2030	-7,4	-1,6	-9,0
im Jahr 2040	-4,2	-1,6	-5,8
kumuliert [2024-2030]	-35,0	-7,4	-42,4
kumuliert [2031-2040]	-66,3	-17,1	-83,4
Sensitivität 3: Hoher CO <sub>2</sub> -Preisfad und perfect foresight			
im Jahr 2030	-4,9	-1,2	-6,1
im Jahr 2040	-2,1	-2,0	-4,0
kumuliert [2024-2030]	-26,5	-4,6	-31,2
kumuliert [2031-2040]	-36,3	-17,9	-54,2
Sensitivität 4: Hoher CO <sub>2</sub> -Preisfad, erhöhte Austauschraten und perfect foresight			
im Jahr 2030	-7,7	-2,6	-10,2
im Jahr 2040	-4,3	-3,1	-7,4
kumuliert [2024-2030]	-36,4	-11,6	-47,9
kumuliert [2031-2040]	-68,0	-31,6	-99,5

Quelle: eigene Darstellung (Prognos)

Der Effekt auf die Kaufentscheidungen durch den höheren CO<sub>2</sub>-Preis ohne perfect foresight und erhöhte Austauschraten allein ist im Vergleich zu den anderen Sensitivitäten am geringsten, sowohl im Verkehrs- als auch im Gebäudesektor. Ausgehend von dem im PB24 ausgewiesenen Minderungseffekt im Gebäude- und Verkehrsbereich für 2030 (7,1 Mt CO<sub>2</sub>e) würde die Minderungsleistung um 4,9 Mt CO<sub>2</sub>e bzw. 70 % zulegen. Ein relevanter Teil der Einsparungen durch den höheren CO<sub>2</sub>-Preis ergibt sich im Modell durch eine reduzierte Nutzung fossil betriebener Pkw und Lkw und den Umstieg auf umweltfreundlichere Verkehrsträger wie die Schiene. Hier ergibt sich zwischenzeitlich eine Einsparung von rund 3 Mt CO<sub>2</sub>e. Diese Wirkung nimmt jedoch nach 2030 trotz des weiter steigenden Preises wieder ab, da mit steigendem

Anteil elektrifizierter Fahrzeuge der Einfluss des CO<sub>2</sub>-Preises auf die Verkehrsnachfrage abnimmt.

Werden alle Effekte kombiniert (Sensitivität 4), ist der Effekt erwartungsgemäß in beiden Sektoren am höchsten. In Summe ergibt sich in den beiden Sektoren im Jahr 2030 gegenüber dem Baseline-Szenario eine zusätzliche Einsparung von 10,2 Mt CO<sub>2</sub>e bzw. 144 % – der Effekt würde sich also mehr als verdoppeln (Tabelle 8). Im Verkehrssektor ist der Effekt größer als im Gebäudesektor – was auch auf die höheren absoluten THG-Emissionen zurückzuführen ist (2023: Verkehrssektor 146 Mt CO<sub>2</sub>e; Gebäudesektor 102 Mt CO<sub>2</sub>e (UBA 2024b)). Zusätzliche Einsparungen im Vergleich zum Baseline-Szenario lassen sich vor allem mittelfristig (bis 2030/2035) erzielen, danach stagniert die Differenz gegenüber der Baseline (Gebäude) oder nimmt wieder ab (Verkehr). Dies basiert u. a. auf der kontinuierlichen Abnahme der THG-Emissionen im Baseline-Szenario.

Die Sensitivitäten legen nahe, dass sich die Wirkung des BEHG allein durch eine Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Preises nur begrenzt steigern lässt (Sensitivität 1). Um die Wirkung effektiv zu steigern, sollte eine aktive politische Kommunikation genutzt werden, damit die steigenden CO<sub>2</sub>-Preise bei Kaufentscheidungen nachhaltig und mit spürbarem Effekt berücksichtigt werden (Sensitivität 3). Wenn die gestiegenen Betriebskosten etwa infolge einer aktiv kommunizierten steigenden CO<sub>2</sub>-Bepreisung zu vorzeitigen Ersatzinvestitionen führen (Sensitivität 2), erhöht dies die Reduktionswirkung des BEHG zusätzlich.

## Quellenverzeichnis

- Allcott & Rodgers (2014): The Short-Run and Long-Run Effects of Behavioral Interventions: Experimental Evidence from Energy Conservation. *American Economic Review* 2014, 104(10): 3003–3037.  
<http://dx.doi.org/10.1257/aer.104.10.3003>
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) (2022): Entwicklung der Grenzübergangspreise ab 1999 (Erdgasstatistik). Download unter:  
[https://www.bafa.de/DE/Energie/Rohstoffe/Erdgasstatistik/erdgas\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Rohstoffe/Erdgasstatistik/erdgas_node.html), Stand: 23.2.2022.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2021): Gesamtausgabe der Energiedaten – Datensammlung des BMWi. Download unter:  
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Binaer/Energiedaten/energiedaten-gesamt-xls.html>, Stand: 20.7.2022
- Bundesregierung (2022): Erster Erfahrungsbericht der Bundesregierung zum Brennstoffemissionshandelsgesetz. Download unter: <https://dserver.bundestag.de/btd/20/048/2004861.pdf>, Stand: 21.11.2024
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) (2024): BDEW-Gaspreisanalyse Februar 2024. Download unter: <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-gaspreisanalyse/>, Stand: 19.6.2024
- De Jong, G.; Schrotten, A.; Van Essen, H.; Otten, M.; Bucci, P. (2010): Price sensitivity of European road freight transport – towards a better understanding of existing results - A report for Transport & Environment. Download unter:  
[https://www.transportenvironment.org/uploads/files/2010\\_07\\_price\\_sensitivity\\_road\\_freight\\_significance\\_ce.pdf](https://www.transportenvironment.org/uploads/files/2010_07_price_sensitivity_road_freight_significance_ce.pdf), Stand: 24.10.2024
- Destatis (2024a): Außenhandel – Monatliche Erdgasimporte. Download unter:  
<https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Aussenhandel/Tabellen/erdgas-monatlich.html>, Stand: 19.6.2024
- Destatis (2024b): Außenhandel – Monatliche Rohölimporte. Download unter:  
<https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Aussenhandel/Tabellen/rohoel-monatlich.html>, Stand: 19.6.2024
- Destatis (2024c): VGR des Bundes - Bruttowertschöpfung, Bruttoinlandsprodukt (nominal/preisbereinigt): Deutschland, Jahre. Download unter: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?sequenz=tabelleErgebnis&selectionname=81000-0001#abreadcrumb>, Stand: 25.6.2024
- EBeV 2022: Verordnung über die Emissionsberichterstattung nach dem Brennstoffemissionshandelsgesetz für die Jahre 2021 und 2022 (Emissionsberichterstattungsverordnung 2022 – EBeV 2022). Download unter:  
[http://www.gesetze-im-internet.de/ebev\\_2022/BJNR301600020.html](http://www.gesetze-im-internet.de/ebev_2022/BJNR301600020.html), Stand: 11.8.2022
- EBeV 2030: Verordnung über die Emissionsberichterstattung nach dem Brennstoffemissionshandelsgesetz für die Jahre 2023 bis 2030 (Emissionsberichterstattungsverordnung 2030 - EBeV 2030). Download unter:  
[https://www.gesetze-im-internet.de/ebev\\_2030/BJNR286800022.html](https://www.gesetze-im-internet.de/ebev_2030/BJNR286800022.html), Stand: 24.10.2024
- en2x (Wirtschaftsverband Fuels und Energie e.V.) (2022): Verbraucherpreise nach Komponenten. Download unter: <https://en2x.de/service/statistiken/verbraucherpreise/>, Stand: 21.3.2022
- en2x (Wirtschaftsverband Fuels und Energie e.V.) (2024): Verbraucherpreise. Download unter:  
<https://en2x.de/service/statistiken/verbraucherpreise/>, Stand: 19.6.2024
- Expertenrat für Klimafragen (ERK) (2024): Gutachten zur Prüfung der Treibhausgas-Projektionsdaten 2024 - Sondergutachten gemäß § 12 Abs. 4 Bundes-Klimaschutzgesetz. Download unter: [66](https://expertenrat-</a></p></div><div data-bbox=)

klima.de/content/uploads/2024/06/ERK2024\_Sondergutachten-Pruefung-Projektionsdaten-2024.pdf, Stand: 24.10.2024

Harthan, R.; Repenning, J.; Blanck, R.; Emele, L.; Görz, W.; Kasten, P.; Moosmann, L.; Deurer, J.; Steinbach, J.; Fleiter, T.; Rehfeldt, M. (2022): Klimaschutzbeitrag verschiedener CO<sub>2</sub>-Preispfade in den BEHG-Sektoren Verkehr, Gebäude und Industrie. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Climate Change, 19/2022. Download unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaschutzbeitrag-verschiedener-co2-preispfade-in>, Stand: 22.8.2022

Harthan, R. O.; Förster, H.; Borkowski, K.; Böttcher, H.; Braungardt, S. et al. (2023): Projektionsbericht 2023 für Deutschland. Gemäß Artikel 18 der Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 663/2009 und (EG) Nr. 715/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie §10 (2) des Bundes-Klimaschutzgesetzes. Download unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11740/publikationen/2023\\_08\\_21\\_climate\\_change\\_39\\_2023\\_projektionsbericht\\_2023\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11740/publikationen/2023_08_21_climate_change_39_2023_projektionsbericht_2023_0.pdf), Stand: 24.10.2024

Harthan, R. O.; Förster, H.; Borkowski, K.; Braungardt, S.; Bürger, V.; Cook, V.; Emele, L.; Görz, W. K.; Hennenberg, K.; Jansen, L. L.; Jörß, W.; Kasten, P.; Loreck, C.; Ludig, S.; Matthes, F. C.; Mendelevitch, R.; Moosmann, L.; Nissen, C.; Repenning, J.; Scheffler, M.; Bei der Wieden, M.; Wiegmann, K.; Brugger, H.; Fleiter, T.; Mandel, T.; Rehfeldt, M.; Rohde, C.; Fritz, M.; Yu, S.; Deurer, J. Steinbach, J.; Osterburg, B.; Fuß, R.; Rock, J.; Rüter, S.; Adam, S.; Dunger, K.; Gensior, A.; Rösemann, C.; Stümer, W.; Tiemeyer, B.; Harthan, C. V. (2024a): Technischer Anhang der Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland. Download unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/technischer-anhang-der-treibhausgas-projektionen>, Stand: 24.10.2024

Harthan, R. O.; Förster, H.; Braungardt, S.; Görz, W. K.; Jansen, L. L.; Jörß, W.; Kasten, P.; Loreck, C.; Ludig, S.; Scheffler, M.; Bei der Wieden, M.; Brugger, H.; Fleiter, T.; Mandel, T.; Rehfeldt, M.; Deurer, J.; Osterburg, B. (2024b): Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland – Instrumente. Download unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgas-projektionen-2024-fuer-deutschland-0>, Stand: 24.10.2024

Jacobsen, Mark R.; van Benthem, Arthur A. (2015): Vehicle Scrappage and Gasoline Policy. In: American Economic Review 105 (3), S. 1312–1338. DOI: 10.1257/aer.20130935

Kemmler, A.; Kirchner, A.; Auf der Maur, A.; Ess, F.; Kreidelmeyer, S.; Piégsa, A.; Spillmann, T.; Straßburg, S.; Wünsch, M.; Ziegenhagen, I.; Schломann, B.; Plötz, P.; Lutz, C.; Becker, L.; Fritsch, U. (2021): Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen. Im Auftrag des BMWi. Download unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/energiewirtschaftliche-projektionen-und-folgeabschaetzungen-2030-2050.html>, Stand: 19.8.2022

Ludig, S.; Jörß, W.; Emele, L.; Nissen, C. (2022): Das Konzept von Brennstoffemissionen im nationalen Emissionshandel. CLIMATE CHANGE 42/2022. Download unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc\\_42-2022\\_das\\_konzept\\_von\\_brennstoffemissionen\\_im\\_nationalen\\_emissionshandel.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_42-2022_das_konzept_von_brennstoffemissionen_im_nationalen_emissionshandel.pdf), Stand: 24.10.2024

Mendelevitch, R.; Repenning, J.; Matthes, F. C.; Deurer, J. (2024a): Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland – Rahmendaten. Download unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgas-projektionen-2024-fuer-deutschland>, Stand: 24.10.2024

Mendelevitch, R., Förster H., Schumacher, K., Harthan, R.O., Deurer, J. (2024b): Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland. Erstellung der Endverbrauchspreise für Energieträger –Methodik und Daten. Download unter:

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/projektionen\\_2024\\_rahmendaten\\_endverbrauchspreise\\_.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/projektionen_2024_rahmendaten_endverbrauchspreise_.pdf)

Prognos AG (2024): Transport Energy and Emissions Model for Policy Optimisation TEMPO. Download unter: <https://www.prognos.com/de/tempo>, Stand: 24.10.2024

Prognos AG; ifeu (2024): Gutachten THG-Projektionen 2024. Überprüfung der Methoden und Daten. Download unter: [https://www.prognos.com/sites/default/files/2024-05/Prognos%20ifeu\\_Gutachten%20Projektionen%202024\\_24-05-2024.pdf](https://www.prognos.com/sites/default/files/2024-05/Prognos%20ifeu_Gutachten%20Projektionen%202024_24-05-2024.pdf), Stand: 24.10.2024

Repenning, J.; Harthan, R. O.; Blanck, R.; Böttcher, H.; Braungardt, S. et al. (2021): Projektionsbericht 2021 für Deutschland. Gemäß Artikel 18 der Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 663/2009 und (EG) Nr. 715/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie §10 (2) des Bundes-Klimaschutzgesetzes. Download unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/dokumente/projektionsbericht\\_2021\\_uba\\_website.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/dokumente/projektionsbericht_2021_uba_website.pdf), Stand: 24.10.2024

Schade W.; Krail M. (2015): Analyse der Effekte niedriger Ölpreise auf aktuelle Verkehrsszenarien. Arbeitspapier von M-Five/ISI im Auftrag der Stiftung Mercator. Download unter: [https://m-five.de/wp-content/uploads/M\\_Five\\_ISI\\_Niedrige\\_Oelpreise\\_Arbeitspapier\\_151106.pdf](https://m-five.de/wp-content/uploads/M_Five_ISI_Niedrige_Oelpreise_Arbeitspapier_151106.pdf), Stand: 24.10.2024

Schrems, I.; Auf der Maur, A.; Kemmler, A.; Trachsel, T.; Saad, N.; Bach, S.; Knautz, J. (2022): Wirkung des nationalen Brennstoffemissionshandels – Auswertungen und Analysen. CLIMATE CHANGE 45/2022. Download unter: [https://foes.de/publikationen/2022/2022-12\\_FOES\\_Wirkung\\_des\\_nationalen\\_Emissionshandels.pdf](https://foes.de/publikationen/2022/2022-12_FOES_Wirkung_des_nationalen_Emissionshandels.pdf), Stand: 24.10.2024

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (o. J.): Inflation: Energie und Lebensmittel: Auswirkungen auf die Verbraucherpreise 2022. Download unter: <https://www.statistikportal.de/de/inflation>, Stand: 2.8.2024

Umweltbundesamt (UBA) (2024a): Primärenergiegewinnung und -importe. Download unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/primaerenergiegewinnung-importe>, Stand: 22.11.2024

Umweltbundesamt (UBA) (2024b): Treibhausgas-Emissionen: Emissionsübersichten KSG-Sektoren 1990-2023. Download unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2024\\_03\\_13\\_em\\_entwicklung\\_in\\_d\\_ksg-sektoren\\_thg\\_v1.0.xlsx](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2024_03_13_em_entwicklung_in_d_ksg-sektoren_thg_v1.0.xlsx)

Viessmann (2024): Wärmepumpenstrom: Günstige Stromtarife für Umweltwärme. Download unter: <https://www.viessmann.de/de/wissen/infos-und-tipps-zum-kauf/waermepumpenstrom.html>, Stand: 24.10.2024

## A Anhang

**Tabelle 9: CO<sub>2</sub>-Preis im BEHG in Euro/t CO<sub>2</sub>, Basisszenario und Sensitivität, reale und nominale Preise, reale Preise mit Basisjahr 2022**

Jahr	Basisszenario		Sensitivität	
	real	nominal	real	nominal
2020	0	0	0	0
2021	26	25	26	25
2022	30	30	30	30
2023	28	30	28	30
2024	41	45	83	90
2025	49	55	99	110
2026	57	65	114	130
2027	69	80	138	160
2028	80	95	160	190
2029	91	110	182	220
2030	101	125	203	250
2031	111	140	222	280
2032	121	155	241	310
2033	130	170	259	340
2034	138	185	277	370
2035	146	200	293	400
2036	154	215	309	430
2037	162	230	324	460
2038	169	245	338	490
2039	176	260	351	520
2040	182	275	364	550
...				
2045	209	350	419	700
2050	230	425	460	850

Quelle: eigene Berechnung basierend auf Mendelevitch et al. (2024b)

**Tabelle 10: Benzin- und Dieselpreise in Euro<sub>2022</sub>/l, Basisszenario und Sensitivität, inkl. Steuern und Abgaben**

	Benzin		Diesel	
	Basisszenario	Sensitivität	Basisszenario	Sensitivität
2020	1,60	1,60	1,29	1,29
2021	1,86	1,86	1,52	1,52
2022	2,15	2,15	2,00	2,00
2023	1,95	1,95	1,66	1,66
2024	1,81	1,92	1,54	1,67
2025	1,76	1,89	1,49	1,65
2026	1,72	1,87	1,46	1,64
2027	1,70	1,89	1,45	1,66
2028	1,69	1,91	1,44	1,70
2029	1,69	1,93	1,44	1,73
2030	1,69	1,96	1,45	1,77
2031	1,69	1,99	1,47	1,82
2032	1,70	2,03	1,48	1,86
2033	1,71	2,06	1,50	1,91
2034	1,71	2,09	1,51	1,95
2035	1,72	2,11	1,52	1,98
2036	1,72	2,14	1,53	2,02
2037	1,72	2,16	1,54	2,05
2038	1,73	2,18	1,55	2,08
2039	1,73	2,20	1,56	2,11
2040	1,73	2,22	1,57	2,14
...				
2045	1,72	2,29	1,59	2,25
2050	1,71	2,33	1,59	2,32

Quelle: eigene Berechnung basierend auf Mendelevitich et al. (2024b)

**Tabelle 11: Preise für Erdgas und Heizöl in Euro Cents<sub>2022</sub>/kWh, Basisszenario und Sensitivität, inkl. Steuern und Abgaben**

	Erdgas		Heizöl	
	Basisszenario	Sensitivität	Basisszenario	Sensitivität
2020	7,5	7,5	5,5	5,5
2021	7,9	7,9	7,5	7,5
2022	10,1	10,1	13,2	13,2
2023	13,5	13,5	9,6	9,6
2024	13,2	14,2	8,9	10,2
2025	9,9	11,1	8,6	10,1
2026	8,6	10,0	8,4	10,2
2027	8,1	9,8	8,3	10,5
2028	8,0	9,9	8,4	11,0
2029	7,9	10,0	8,5	11,4
2030	7,7	10,1	8,7	11,9
2031	7,9	10,6	9,0	12,5
2032	8,1	11,0	9,2	13,0
2033	8,3	11,4	9,4	13,5
2034	8,4	11,8	9,6	14,0
2035	8,6	12,1	9,8	14,5
2036	8,8	12,5	10,0	14,9
2037	8,9	12,8	10,2	15,3
2038	9,0	13,1	10,4	15,7
2039	9,2	13,4	10,5	16,1
2040	9,3	13,6	10,7	16,5
...				
2045	9,7	14,8	11,2	17,9
2050	10,1	15,6	11,6	18,9

Quelle: eigene Berechnung basierend auf Mendelevitich et al. (2024b)

**Tabelle 12: Strompreise für Haushalte (HH) und Wärmepumpentarif, in Euro Cents<sub>2022</sub>/kWh, inkl. Steuern und Abgaben**

Jahr	Strom HH	Wärmepumpen	Jahr	Strom HH	Wärmepumpen
2020	33,5	27,2	2036	29,6	24,7
2021	34,0	27,3	2037	29,3	24,5
2022	33,2	26,8	2038	29,0	24,2
2023	36,8	29,4	2039	28,7	24,0
2024	36,9	29,7	2040	28,4	23,8
2025	34,2	27,6	2041	28,4	23,8
2026	32,2	26,2	2041	28,4	23,7
2027	30,9	25,4	2043	28,4	23,7
2028	30,4	25,0	2044	28,4	23,7
2029	30,2	25,0	2045	28,4	23,7
2030	30,3	25,1	2046	28,4	23,7
2031	30,3	25,1	2047	28,3	23,6
2032	30,2	25,1	2048	28,3	23,6
2033	30,1	25,0	2049	28,3	23,6
2034	30,0	25,0	2050	28,2	23,5
2035	30,0	25,0			

Quelle: eigene Berechnung basierend auf Mendelevitch et al. (2024b)