

# ENTWICKLUNGSSZENARIEN FÜR NEUE KLIMAZIELE

## AKTUALISIERUNG KLIMASCHUTZZIELSZENARIO (SZENARIO B)

AUFTRAGGEBERIN: BEHÖRDE FÜR UMWELT, KLIMA, ENERGIE UND AGRARWIRTSCHAFT  
DER FREIEN UND HANSESTADT HAMBURG; LEITSTELLE KLIMA

Dr. Matthias Sandrock, Dr. Veit Bürger, Nico Jaeschke | Hamburg | 18.06.2025

# Inhalt

Methodik und Datengrundlagen

Sektor Industrie

Sektor Private Haushalte

Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Sektor Verkehr

Bereich Abfallwirtschaft

Zusammenfassung

# Inhalt

Methodik und Datengrundlagen

Sektor Industrie

Sektor Private Haushalte

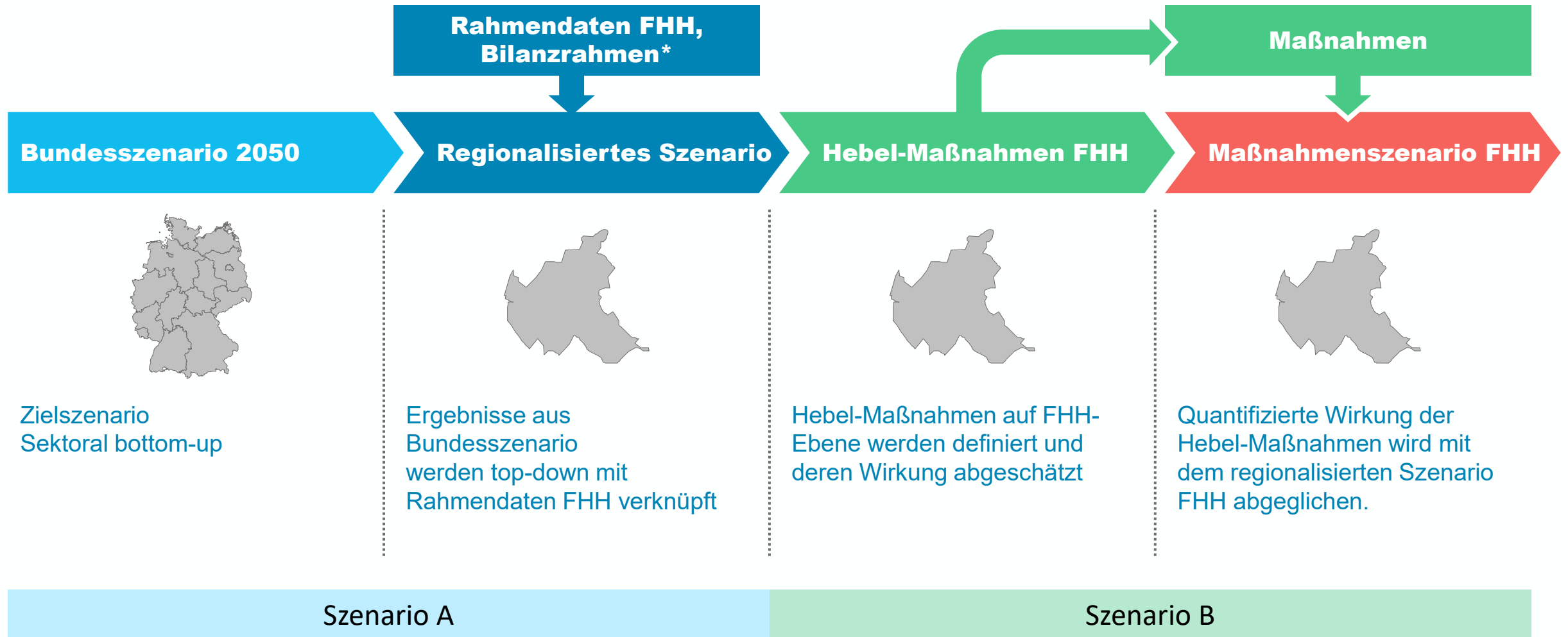
Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Sektor Verkehr

Bereich Abfallwirtschaft

Zusammenfassung

# Gegenüberstellung der Szenarien A und B (Auftrag 2021 – 2022)



# Gegenüberstellung der Szenarien A und B (Auftrag 2021 – 2022)

## Szenario A

- Szenario A ist ein „Top-down-Szenario“ das auf einem aktuellen Ziel-Szenario der Prognos AG für Deutschland aus dem Jahr 2021 aufbaut.
- Das Szenario zeigt einen Pfad zur Zielerreichung der in der Novelle des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG 2021) formulierten Treibhausgasreduktionsziele auf.
- Dieses bundesweite Szenario wurde regionalisiert, indem aus dem Szenario sektorale Aktivitäten, Energiebedarfe und CO<sub>2</sub>-Emissionen für Hamburg herausgelöst wurden.
- Detaillierte Angaben zur Herangehensweise, Berechnungsmethodik und den Ergebnissen finden sich bei den entsprechenden Ausarbeitungen von Szenario A.

## Szenario B

- Bei Szenario B handelt es sich um ein „Bottom-up-Szenario“, aufbauend auf dem heutigen Status Quo in der FHH.
- Es beschreibt eine mögliche Entwicklung von Energiebedarfen, Energieträgern und CO<sub>2</sub>-Emissionen in den jeweiligen Energieverbrauchssektoren.
- Die getroffenen Annahmen und Ergebnisse sind in der Darstellung des Szenario B umfassend dargelegt.
- Teilweise wurden hierbei angenommene Entwicklungen aus Szenario A übernommen oder adaptiert. Auch dies ist bei der Darstellung von Szenario B an den entsprechenden Stellen vermerkt.

# Update: Wesentliche Änderungen zu Szenario B 2022

- Gegenüber dem Jahr 2022 wurden aktuelle Daten, Studien und regulatorische Änderungen berücksichtigt
- Kalibrierung auf die vorläufige Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz 2023 des Statistischen Landesamts
- Neue Prognosen für zukünftige Emissionsfaktoren Strom und Fernwärme
- Berücksichtigung der Vorgaben des aktualisierten Hamburgischen Klimaschutzgesetzes
- Der internationale Flugverkehr ist in den Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen nicht mehr integriert
- Emissionen aus der Verbrennung von Abfällen werden künftig in einem eigenen Bereich erfasst und bei der Fernwärme nurmehr nachrichtlich ausgewiesen

# Datengrundlagen

- Wichtigste Datengrundlage sind die nach § 4 des Hamburgischen Klimaschutzgesetzes anzuwendenden **amtlichen Verursacherbilanzen** des Statistikamts Hamburg.
- Die aktuellste verfügbare Version bezieht sich auf das Jahr 2023 (Stand Feb. 2025). Diese Bilanz ist noch vorläufig, jedoch nach den Erfahrungen des Statistischen Landesamts hinreichend belastbar.
- Im Gegensatz zum Bundes-Klimaschutzgesetz bezieht sich die Verursacherbilanz der FHH nicht auf alle Treibhausgase, sondern **nur** auf **Kohlendioxid-Emissionen** (CO<sub>2</sub>).
- Hierbei werden **nur energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen** betrachtet, prozessbedingte Emissionen (z.B. in der Metallherstellung) bleiben unberücksichtigt.
- In der Verursacherbilanz werden **vier Endenergieverbrauchssektoren** bilanziert:
  - Industrie
  - private Haushalte
  - Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
  - Verkehr



Behörde für Umwelt,  
Klima, Energie und  
Agrarwirtschaft

Statistisches Amt  
für Hamburg und Schleswig-Holstein

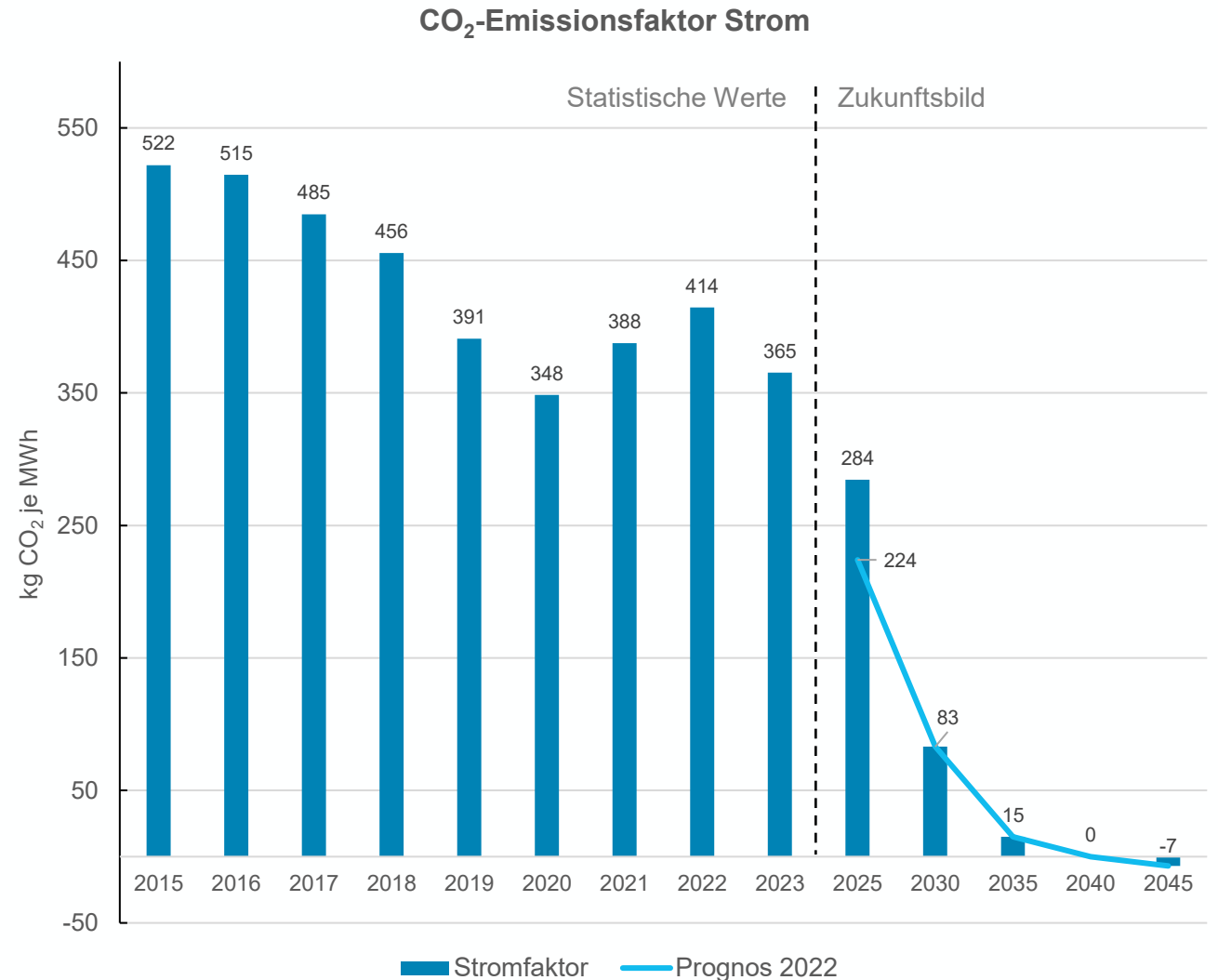


## Energiebilanz und CO<sub>2</sub>-Bilanzen für Hamburg 2023

ERARBEITET IM AUFTRAG DER BEHÖRDE FÜR UMWELT, KLIMA, ENERGIE UND  
AGRARWIRTSCHAFT DER FREIEN UND HANSESTADT HAMBURG

# Emissionsfaktor Strom

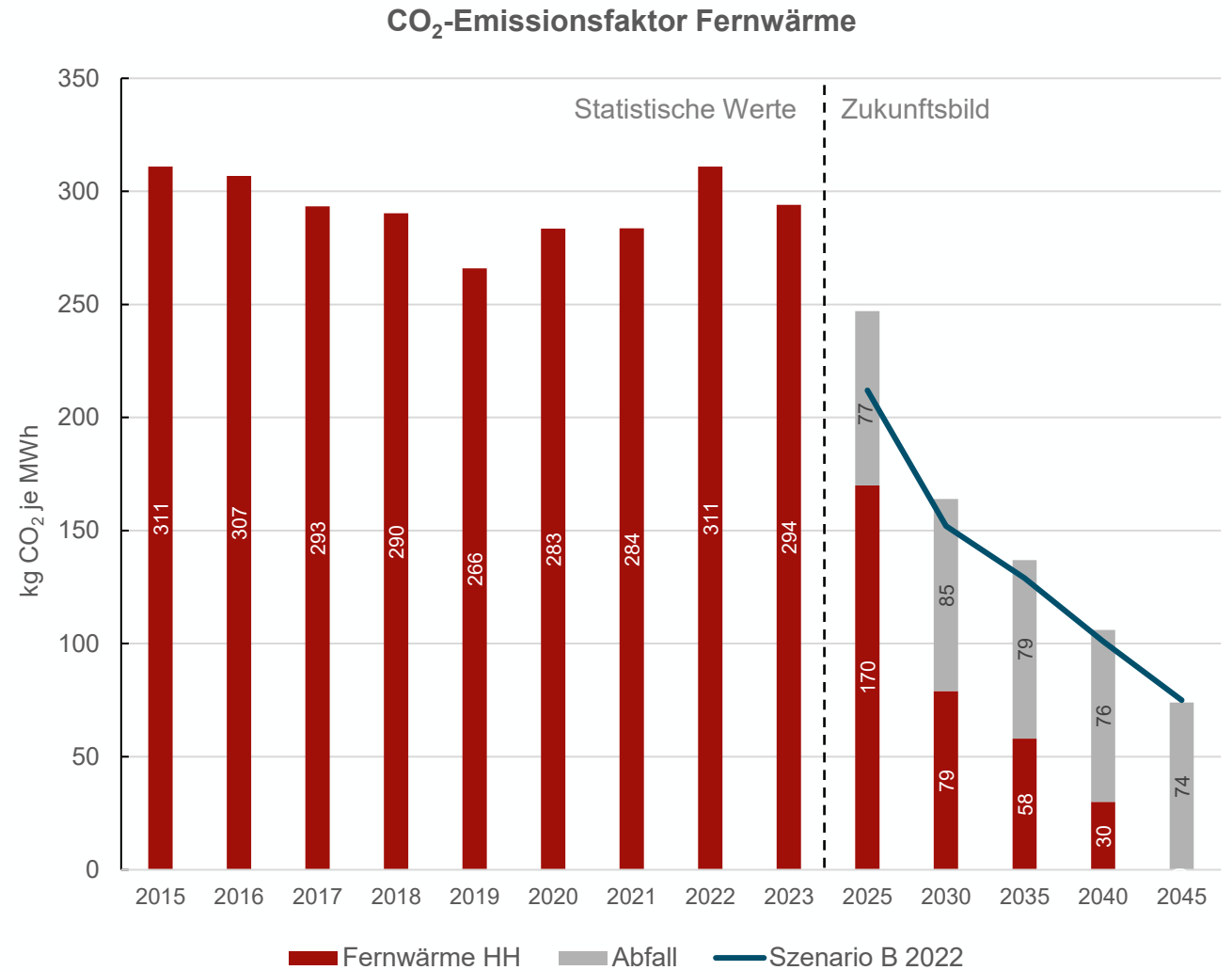
- Der **Emissionsfaktor für den Strombezug** ist die wichtigste Stellschraube für den CO<sub>2</sub>-Minderungspfad in allen Sektoren. Dieser basiert auf den **bundesweit in Betrieb befindlichen Erzeugungsanlagen**. Im Zuge der Transformation zu erneuerbaren Energien hat sich der Faktor in den letzten 20 Jahren deutlich vermindert.
- Mit Umsetzung des **im EEG fixierten Ausbaupfades** erneuerbarer Energien (80% Anteil an der Erzeugung bis 2030) wird dieser Wert auch zukünftig weiter stark sinken.
- Der Minderungstrend wurde u.a. durch den **Ukraine-Krieg** und dessen Auswirkungen auf die Stromerzeugung (mehr Kohleeinsatz) in den letzten drei Jahren unterbrochen. Für das Jahr 2023 gilt ein Faktor von 365 g CO<sub>2</sub>/MWh.
- Die aktuellen **Zubauraten** und Genehmigungen für EE-Stromerzeugung lassen es jedoch erwarten, dass das 80%-Ziel für 2030 erreicht werden kann.
- Vor diesem Hintergrund wird die **Projektion** für das Jahr 2025 gegenüber dem Ansatz von Prognos aus dem Jahr 2022 (Szenario A) leicht **angepasst**.



Datenquellen: Stromfaktor: Prognos AG; Umweltbundesamt; eigene Annahmen

# Emissionsfaktoren Fernwärme und Brennstoffe

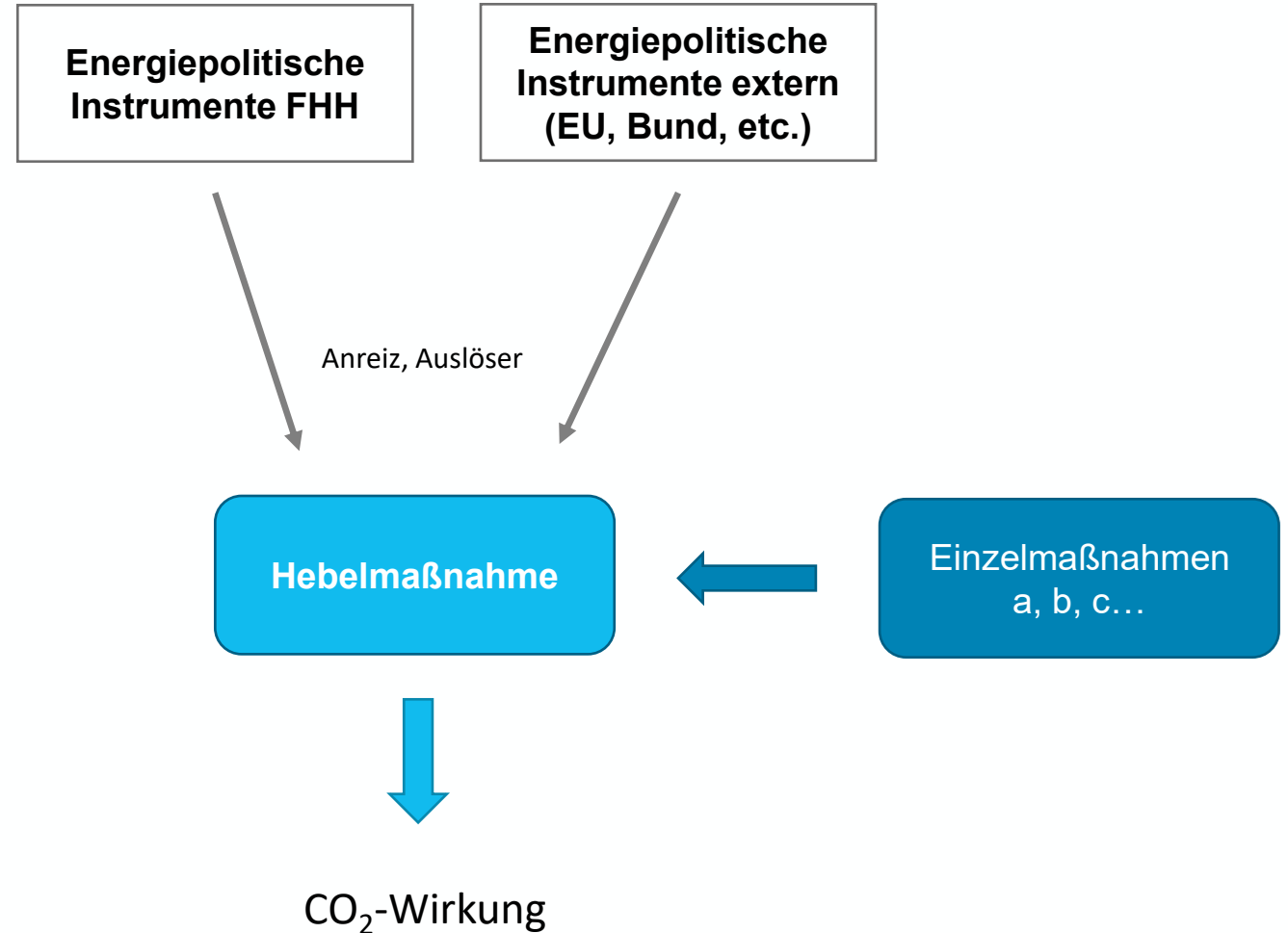
- Der künftige **Emissionsfaktor Fernwärme** ergibt sich aus Zwischenergebnissen der Planungen für die Fernwärmeversorgung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung. Methodik und Ergebnisse wurden mit der BUKEA und Hamburger Fernwärmeversorgern abgestimmt.
- Gegenüber den Ansätzen in 2021/22 konnte die Datenbasis verbessert werden. Die Faktoren ergeben sich aus Annahmen zum künftigen Pfad von **Dekarbonisierung** der Erzeugung und dem **Fernwärmeabsatz**.
- Entsprechend dem Prüfauftrag des aktuellen Hamburger Klimaplanes sind in den Werten ab 2025 die Emissionen aus der **Abfallverbrennung** in der Grafik nachrichtlich getrennt aufgeführt.
- Für die **Emissionsfaktoren anderer Energieträger** werden die vom Umweltbundesamt veröffentlichten Werte nach "CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe", Stand 6/2022 verwendet.
- Zukünftig ist die Bereitstellung von **e-Fuels und Wasserstoff** als Energieträger geplant. Diese werden zum überwiegenden Teil in die FHH importiert werden. Hierfür wird in Übereinkunft mit dem Statistikamt Hamburg ein Emissionsfaktor von 0 kg CO<sub>2</sub> je MWh verwendet.



Datenquellen: Statistikamt, BUKEA Hamburg, sonstige Emissionsfaktoren: Umweltbundesamt

# Quantifizierung von Hebelmaßnahmen

- Die mögliche **CO<sub>2</sub>-Reduktion** mit Blick auf die Hamburger Bilanz wird auf **Ebene von Hebelmaßnahmen** (Maßnahmenbereichen) abgeschätzt
- Die Hebelmaßnahmen wurden in 2022 mit den betroffenen **Behörden** in der AG Klimaplan **abgestimmt**
- Einige Hebelmaßnahmen bewirken **keine unmittelbare CO<sub>2</sub>-Reduktion** im Sinne der Verursacherbilanz
- Es erfolgt **keine Wirkungsabschätzung** der Einzelmaßnahmen
- **Energiepolitische Instrumente** werden **qualitativ** beschrieben



# Inhalt

Methodik und Datengrundlagen

Sektor Industrie

Sektor Private Haushalte

Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Sektor Verkehr

Bereich Abfallwirtschaft

Zusammenfassung

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Identifizierung der maßgeblichen Branchen
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990
- Abgleich Szenario A

## Branchenbezogenes Zukunftsbild

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für die maßgeblichen Branchen
- Mögliche Veränderungen Produktionsumfang und Märkte
- Abgleich Szenario A

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Bereitstellung e-Fuels / H<sub>2</sub>
- Energiepolitische Instrumente
- Abgleich Szenario A

## Hebelmaßnahmen

- Energetische Optimierung
- Abwärmennutzung (intern)
- Einsatz EE-Wärme
- Ausbau lokaler Wärmespeicher
- Einsatz EE-Strom (Eigenstrom)
- Elektrifizierung von Produktionsprozessen
- Umstellung auf Fernwärme
- Einsatz e-Fuels / H<sub>2</sub>

## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emission
- Zielwert 2030 / 2040
- Abgleich Szenario A

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Identifizierung der maßgeblichen Branchen
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990
- Abgleich Szenario A

## Branchenbezogenes Zukunftsbild

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für die maßgeblichen Branchen
- Mögliche Veränderungen Produktionsumfang und Märkte
- Abgleich Szenario A

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Bereitstellung e-Fuels / H<sub>2</sub>
- Energiepolitische Instrumente
- Abgleich Szenario A

## Hebelmaßnahmen

- Energetische Optimierung
- Abwärmenutzung (intern)
- Einsatz EE-Wärme
- Ausbau lokaler Wärmespeicher
- Einsatz EE-Strom (Eigenstrom)
- Elektrifizierung von Produktionsprozessen
- Umstellung auf Fernwärme
- Einsatz e-Fuels / H<sub>2</sub>

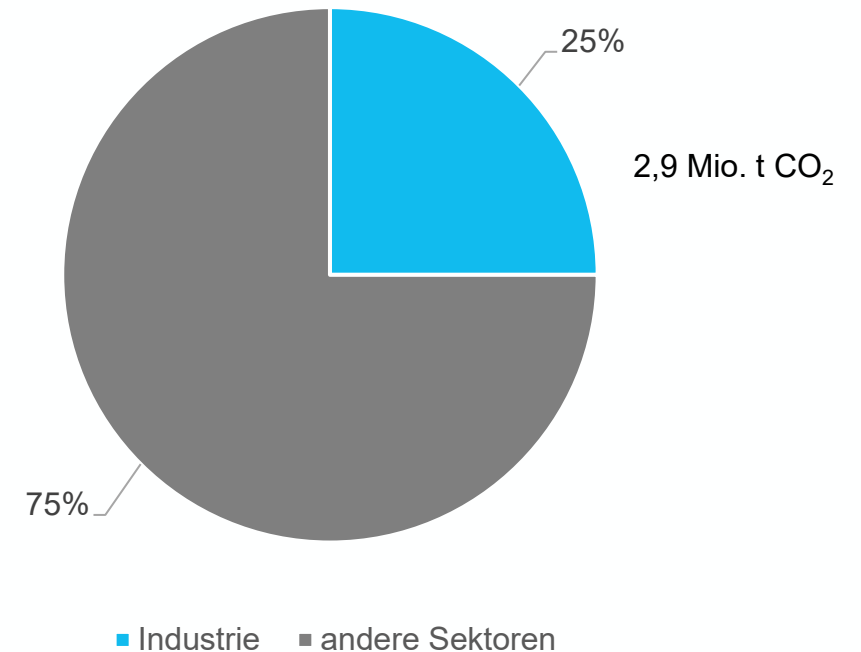
## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emission
- Zielwert 2030 / 2045
- Abgleich Szenario A

# Bedeutung des Sektors Industrie für den Klimaplan

- Die Freie und Hansestadt Hamburg ist historisch geprägt als Großstadt mit einem vergleichsweise **hohen Anteil an industrieller Produktion** (verarbeitendes Gewerbe).
- Der durch die Industrie in Hamburg induzierte **Energieverbrauch** lag im Jahr 2023 bei 38,6 PJ und damit bei einem **Anteil von 24%** am Gesamtverbrauch.<sup>1</sup>
- Die darauf basierende **energiebedingte<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>-Emission** der Industrie in Hamburg betrug im Jahr 2023 etwa 2,9 Mio t. Das entspricht einem **Anteil am Gesamtausstoß von 25 %**.
- Diese Zahlen basieren auf der **Verursacherbilanz** des Statistikamts Hamburg, die als hier anzuwendende Methodik im Hamburger Klimaschutzgesetz fixiert ist.
- In diesen Zahlenwerten sind neben den üblicherweise betrachteten Branchen der Industrie zusätzlich aus dem Umwandlungssektor die **Eigenverbräuche aus der Mineralölwirtschaft** inkludiert. Diese sind für die FHH nicht unerheblich.

Anteil Sektor Industrie  
an der CO<sub>2</sub>-Emission der FHH im Jahr 2023



<sup>1</sup> Neben dem industriellen Endenergieverbrauch ist hier auch der Eigenverbrauch der Mineralölindustrie enthalten

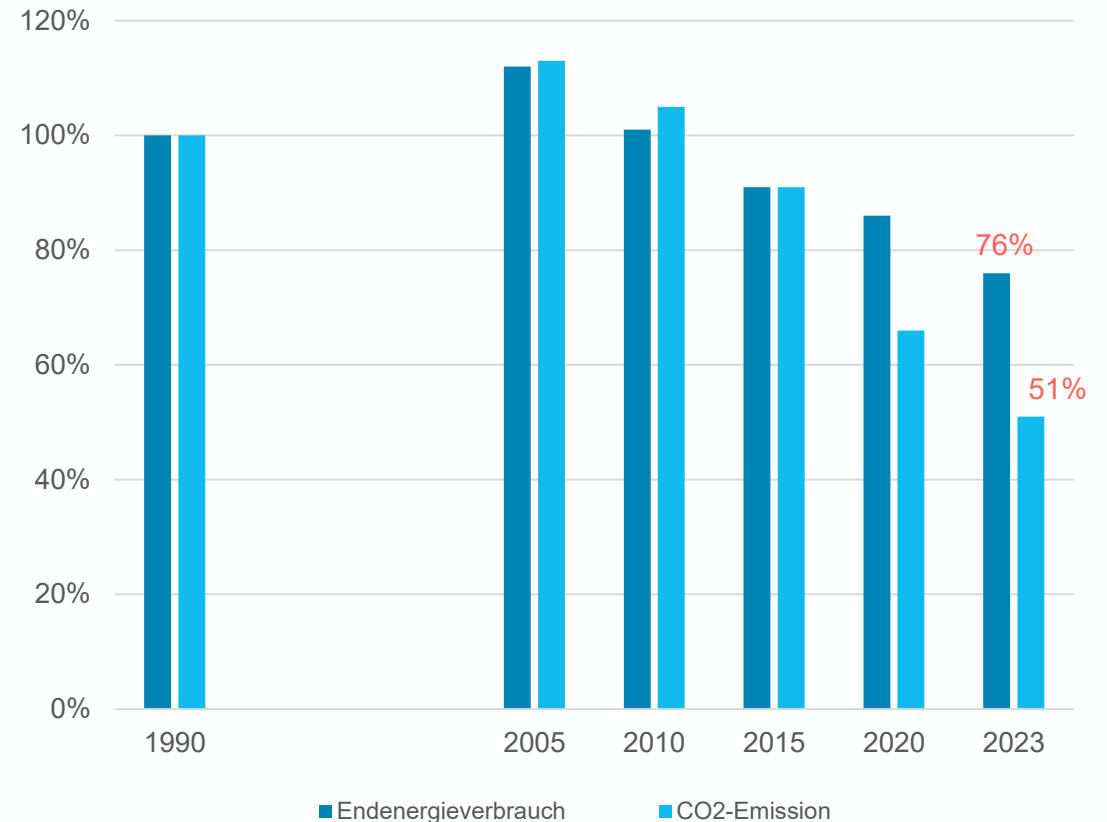
<sup>2</sup> Prozessbedingte Emissionen der Industrie werden bislang in der Verursacherbilanz nicht berücksichtigt

Datenquelle: Vorl. Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz des Statistikamts Hamburg 2023, Stand 12/2024

# Relative Entwicklung Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission

- Gegenüber dem Referenzjahr 1990 war **Anfang der 2000er Jahre** ein **Zuwachs** an Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission zu verzeichnen. Neben allgemeinen **Produktionszuwächsen** spielen hier auch **Einzeleffekte** wie die Wiederinbetriebnahme einer Raffinerie in Harburg eine Rolle.
- In den letzten 18 Jahren sind sowohl der **Endenergieverbrauch** als auch die **CO<sub>2</sub>-Emission** kontinuierlich **gesunken**.
- Der industrielle **Endenergieverbrauch** ist im Jahr 2023 gegenüber dem Basisjahr 1990 um **etwa 25 % vermindert**.
- Die der Industrie zuzurechnende **CO<sub>2</sub>-Emission** hat sich im Jahr 2023 gegenüber dem Jahr 1990 **etwa halbiert**.
- Deutlich zu bemerken ist in den letzten Jahren auch eine zunehmende **Entkopplung von Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission**.
- Dies ist das Ergebnis eines veränderten **Brennstoffmixes**, eines sinkenden **Emissionsfaktors** für CO<sub>2</sub> bei der Stromerzeugung, sowie **Dekarbonisierungsmaßnahmen** der Hamburger Industrie.

Entwicklung Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission der Industrie in Hamburg

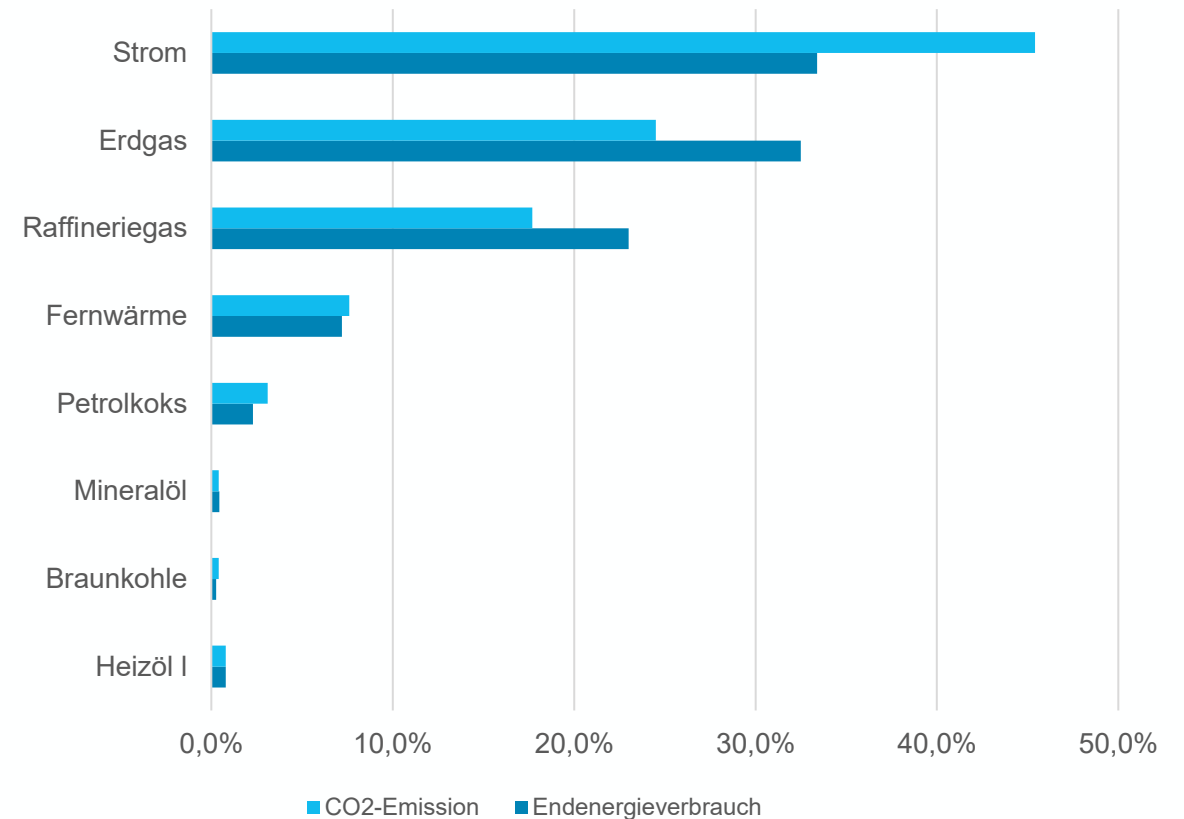


Datenquelle: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen des Statistikamts Hamburg 1990 – 2023, Stand 12/2024

# Energieträgermix und deren Anteile an der CO<sub>2</sub>-Emission

- Der Energieträger **Strom** hat in der Hamburger Industrie den **größten Anteil** an Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission.
- Der **hohe Strom-Anteil** in Hamburg resultiert auf dem **Branchenmix** und den eingesetzten **Produktionsprozessen**.
- Mit dem **Stromeinsatz** ist derzeit noch ein vergleichsweise **hoher spezifischer Emissionsfaktor** für CO<sub>2</sub> verbunden.
- Jedoch schreitet die **Dekarbonisierung im Strombereich** rasch fort und erschließt damit ein großes **Minderungspotenzial**.
- Fossiles **Erdgas** ist der zweitwichtigste Energieträger, insbesondere für die Bereitstellung von Prozesswärme.
- Im Bereich der **Mineralölverarbeitung** kommen spezielle Energieträger wie **Raffineriegas** und **Petrolkoks** zum Einsatz.
- **Fernwärme** trägt in Form von Dampf und Heißwasser derzeit einen Anteil von etwa 7 % am Endenergieverbrauch.

Anteile der Energieträger an Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission der Industrie im Jahr 2023

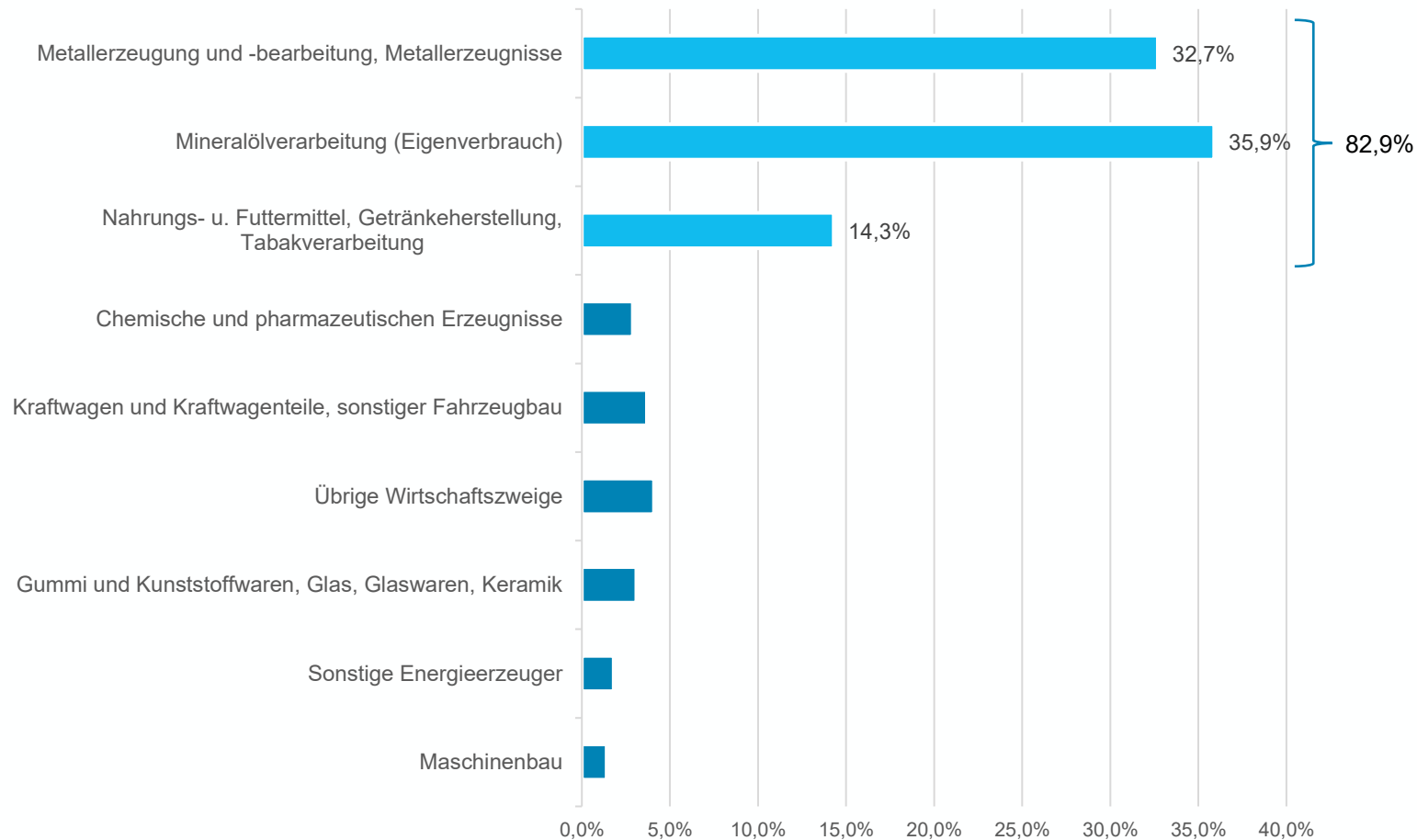


Datenquelle: Vorl. Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz des Statistikamts Hamburg 2023, Stand 12/2024  
Energieträger mit Anteilen < 0,1 % sind nicht dargestellt

# Anteile der CO<sub>2</sub>-Emission nach Branchen

- Die **branchenbezogene Struktur** des verarbeitenden Gewerbes in der FHH **unterscheidet sich prägnant vom Bundesdurchschnitt**.
- Größter CO<sub>2</sub>-Emittent im Bereich Industrie ist die Branche der **Mineralölverarbeitung** dicht gefolgt von der **Metallerzeugung und -bearbeitung**.
- Gemeinsam mit dem Bereich Nahrungs- und Futtermittel, Getränkeherstellung und Tabakverarbeitung decken diese **drei Branchen etwa 83% der industriellen CO<sub>2</sub>-Emission** in Hamburg ab.
- Das **Zukunftsbild** dieser **drei Branchen** mit deren spezifischen Rahmenbedingungen bestimmt in hohem Maß die **künftige Entwicklung** der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Hamburger Industrie. Sie werden nachfolgend **detaillierter** betrachtet.

Anteile der Branchen an der CO<sub>2</sub>-Emission in 2023



Datenquelle: Vorl. Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz des Statistikamts Hamburg 2023, Stand 12/2024

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Identifizierung der maßgeblichen Branchen
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990
- Abgleich Szenario A

## Branchenbezogenes Zukunftsbild

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für die maßgeblichen Branchen
- Mögliche Veränderungen Produktionsumfang und Märkte
- Abgleich Szenario A

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Bereitstellung e-Fuels / H<sub>2</sub>
- Energiepolitische Instrumente
- Abgleich Szenario A

## Hebelmaßnahmen

- Energetische Optimierung
- Abwärmenutzung (intern)
- Einsatz EE-Wärme
- Ausbau lokaler Wärmespeicher
- Einsatz EE-Strom (Eigenstrom)
- Elektrifizierung von Produktionsprozessen
- Umstellung auf Fernwärme
- Einsatz e-Fuels / H<sub>2</sub>

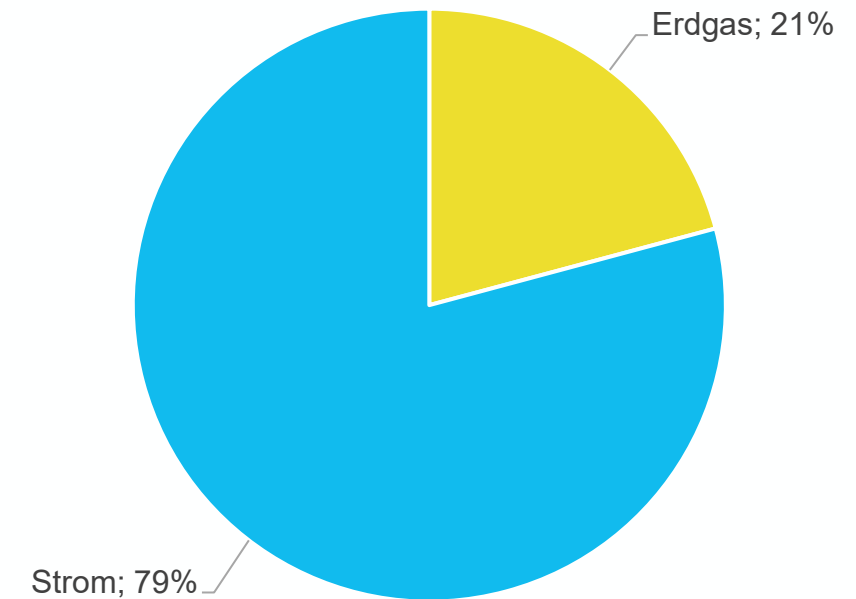
## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emission
- Zielwert 2030 / 2045
- Abgleich Szenario A

# Branche Metallerzeugung und -bearbeitung

- Im Jahr 2023 umfasste die Branche „*Metallerzeugung und – bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen*“ 28 Betriebe mit ca. 6.000 Beschäftigten und einem Umsatz von mehr als 10,8 Mrd. Euro.
- Sie war im Jahr 2023 mit einem Endenergieverbrauch von 10,8 PJ für etwa **0,9 Mio. t CO<sub>2</sub>** und damit **33%** der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Sektors Industrie in Hamburg verantwortlich.
- Wichtige **Einzel-Unternehmen** sind:
  - Kupferproduktion Aurubis AG
  - Stahlproduktion ArcelorMittal Hamburg GmbH
  - Aluminiumproduktion TRIMET Aluminium SE
  - Speira GmbH (früher: Norsk Hydro Aluminium)
- Kennzeichnend für die Branche ist ein mit 68 % **sehr hoher Strom-Anteil** bei den für die Produktion eingesetzten Energieträgern. Der Stromanteil an der CO<sub>2</sub>-Emission liegt bei 79 %. Der restliche Energieeinsatz erfolgt über fossiles Erdgas.
- Die **Aluminiumproduktion** ist hierbei grundsätzlich auf Elektrolyse angewiesen. Eine **Besonderheit** ist die strombasierte **Stahlproduktion** in Kombination mit Direktreduktionsverfahren (DRI) bei ArcelorMittal.

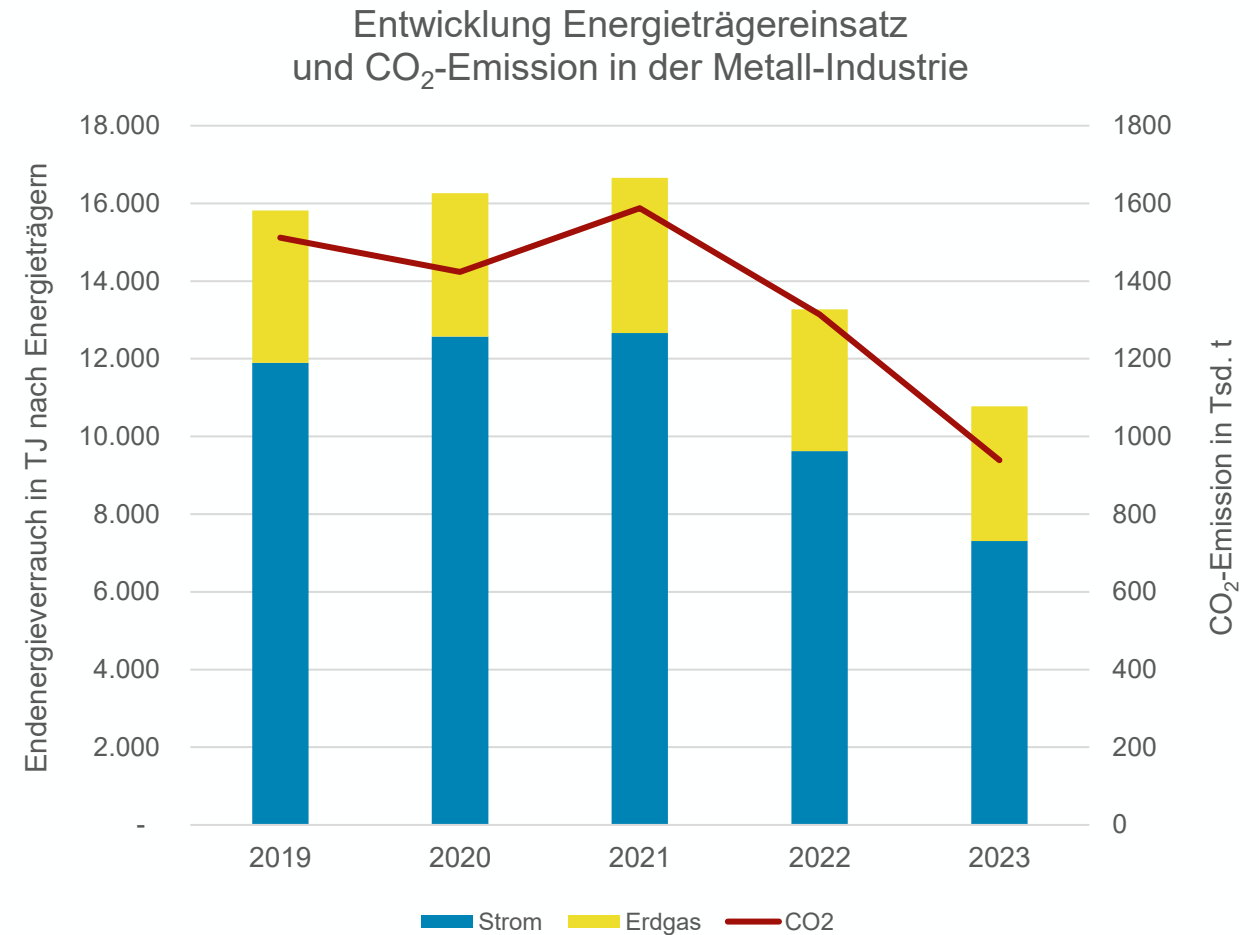
Anteile Energieträger an der CO<sub>2</sub>-Emission 2023



Datenquellen:  
Statistikamt Hamburg: Vorl. Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz 2023, Stand 12/2024  
Statistikamt Hamburg: Statistische Berichte 2023, Stand 4/2024

# Branchen-Entwicklung der letzten fünf Jahre

- Im Bereich der Metallerzeugung und –bearbeitung sowie der Metallerzeugnisse ist eine **prägnante Entwicklung** in den letzten fünf Jahren festzustellen.
- Im Zeitraum von **2019 bis 2021** ist eine geringe **Zunahme des Endenergieverbrauchs** erfolgt. Hierbei blieb das Verhältnis zwischen Strom und Erdgaseinsatz weitgehend gleich. Die Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Emission im Jahr 2021 ist auf den höheren Emissionsfaktor Strom zurückzuführen.
- Durch die stark gestiegenen Strompreise als Folge des russischen Angriffskrieges auf die Ukraine haben sich im Jahr 2022 die Produktionsmengen in der Stahl- und Aluminiumherstellung deutlich vermindert. Im Hamburger Stahlwerk ArcelorMittal wurde der strombetriebene **Elektrolichtbogenofen** und die **Direktreduktionsanlage** über **längere Zeiträume nicht betrieben**. Dies hat sich im Jahr 2023 fortgesetzt.
- Im Ergebnis hat sich der **Endenergieverbrauch** der Branche in den Jahren **2019 bis 2023 um 32% drastisch vermindert**.
- Bei der **CO<sub>2</sub>-Emission** beträgt die **Reduktion** sogar **38%**.



Datenquelle: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen des Statistikamts Hamburg 2019 – 2023, Stand 12/2024

# Zukunftsbild Metallerzeugung und -bearbeitung

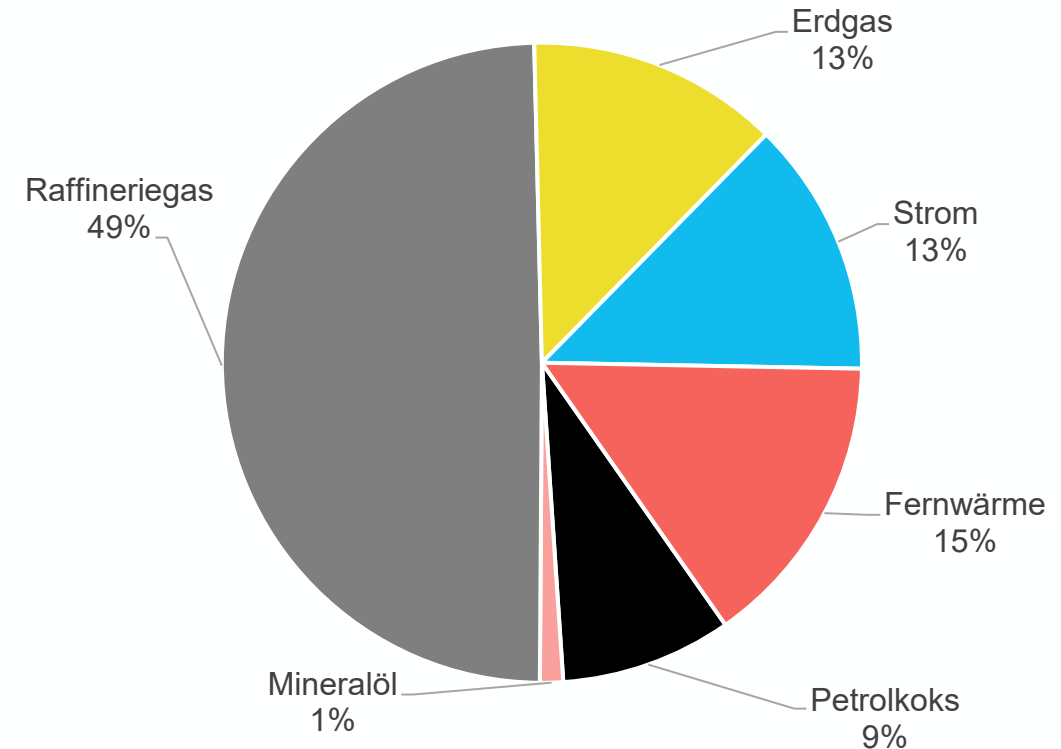
- Die CO<sub>2</sub>-Emission der Branche in der FHH wird in erster Linie geprägt durch die Anlagen zur Erzeugung von **Stahl, Aluminium und Kupfer**. Diese Anlagen sind durch **hohe** spezifische **Effizienzwerte** gekennzeichnet, was deren **Wettbewerbsfähigkeit** im Markt stärkt.<sup>1</sup> In der Branche basiert der eingesetzte **Energieträgermix** bereits heute zu etwa **68 %** auf **Strom**. Unter Berücksichtigung der temporären Außerbetriebnahme von strombetriebenen Anlagen in der Stahlproduktion würde dieser Wert noch deutlich höher ausfallen. Vor dem Hintergrund der energiepolitisch fixierten Dekarbonisierung des Stromsektors stärkt dies die Zukunftsfähigkeit der Branche in Hamburg.
- Die aus bundesdeutscher Perspektive sehr wesentliche künftige Änderung in der Stahlproduktion vom Hochofen-Konverter-Verfahren auf **Direktreduktionsverfahren** (DRI) wirkt sich jedoch in Hamburg nicht aus, da die Stahlwerke ArcelorMittal als einzige Anlage in Westeuropa bereits heute auf diese Art produzieren.
- Der restliche Einsatz von fossilem Erdgas kann mittelfristig durch **Wasserstoff** ersetzt werden, dies betrifft nicht nur die energetisch induzierten CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern auch die Prozessemissionen (z.B. bei der Reduktion von Eisenschwamm). Dieser Pfad wird in der FHH mit großer Ernsthaftigkeit bereits vorbereitet: Unter anderem wurde eine umfangreiche Förderung von Bund und FHH für die Transformation der Stahlerzeugung von der EU genehmigt und der Kupferproduzent Aurubis hat im Jahr 2024 neue wasserstofffähige und energieeffiziente Anodenöfen installiert. Auch diese Maßnahmen stärkt die Zukunftsfähigkeit der Branche am Standort.
- Die derzeit hohen **Strompreise** und die angekündigten **Einfuhrzölle** der USA auf Stahl und Aluminium werden jedoch die inländische Erzeugung weiterhin in den nächsten Jahren wettbewerbsmäßig stark belasten. Hier wird es darauf ankommen, dass der geplante CO<sub>2</sub>-Grenzausgleich **CBAM** (Carbon Border Adjustment Mechanism) und der **europäische Aktionsplan für Stahl und Metalle** Wirkung entfalten. ArcelorMittal hat kürzlich eine zeitliche Verschiebung der Umstellung auf Wasserstoff bei der Stahlherstellung in Hamburg angekündigt.
- Für die künftige Entwicklung wird angenommen, dass die **Produktionsmengen bis** zum Jahr **2030** auf dem Niveau des Jahres 2023 **verharren**. Im Zeitraum bis 2040 wird angenommen, dass die Produktionsmengen aufgrund wettbewerbsmäßiger Strompreise und weiterer Marktmechanismen wie CBAM wieder auf das Niveau des Jahres 2020 **anwachsen**.

<sup>1</sup> OECD (2024): Reaching climate neutrality for the Hamburg economy by 2040

# Branche Mineralölverarbeitung

- Die Branche der Mineralölverarbeitung umfasste im Jahr 2023 in Hamburg 12 Betriebe mit ca. 3.000 Beschäftigten und einem Umsatz von etwa 75 Mrd. Euro.
- Der bei der Mineralölverarbeitung entstehende **Eigenverbrauch** an Endenergie wird im Rahmen der Verursacherbilanz bei der Industrie mit bilanziert. Er betrug im Jahr 2023 etwa 15,5 PJ und verursachte damit etwa **1,0 Mio. t CO<sub>2</sub>**. Das entspricht rund **36%** der industriebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hamburg.
- Wichtige **Einzel-Unternehmen** sind:
  - Holborn Europa Raffinerie GmbH
  - Nynas GmbH & Co. KG
  - H&R Ölwerke Schindler GmbH & Co. KG
  - Shell Deutschland Oil GmbH
  - Sasol Wax GmbH
- Kennzeichnend für die Branche ist ein diversifizierter Energiemix mit einem hohen Anteil **raffinerie-spezifischer Energieträger** wie Raffineriegas und Petrolkoks. Daneben kommen Erdgas, Strom und Fernwärme (in Form von Dampf) zum Einsatz.

Anteile Energieträger an der CO<sub>2</sub>-Emission 2023

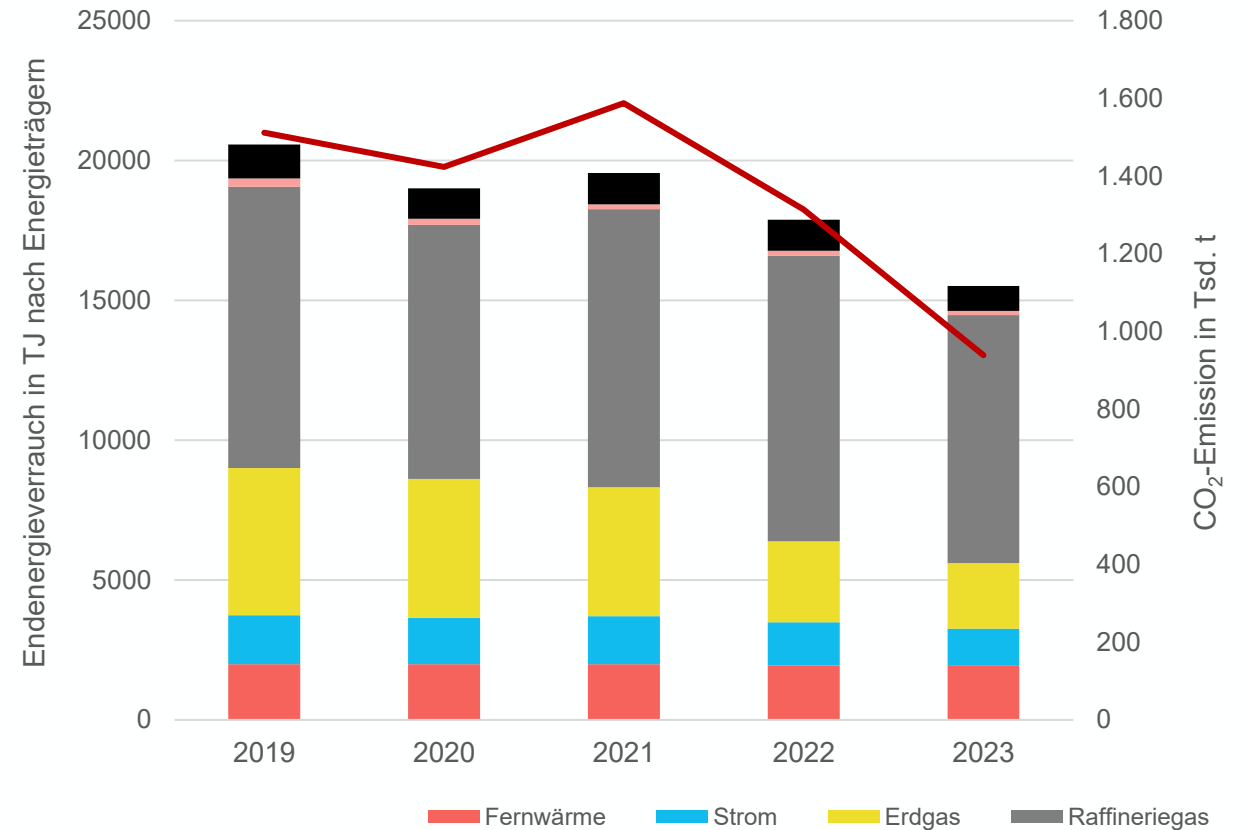


Datenquellen:  
Statistikamt Hamburg: Vorl. Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz 2023, Stand 12/2024  
Statistikamt Hamburg: Statistische Berichte 2023, Stand 4/2024

# Branchen-Entwicklung der letzten fünf Jahre

- Im Bereich der Mineralölverarbeitung sind in den letzten fünf Jahren ebenfalls **starke Veränderungen** festzustellen. Hierbei dürften neben dem sich verändernden Absatzmarkt auch preisliche Hemmnisse beim Bezug von Rohöl (z.B. Embargo von russischem Rohöl) eine Rolle spielen. Der Umsatz sank in 2023 ggü. dem Vorjahr um etwa 18%.
- In den Unternehmen hat sich der Einsatz von fossilem **Erdgas** vom Jahr 2019 bis zum Jahr 2023 um **56% reduziert**.
- Im gleichen Zeitraum hat sich der Einsatz von **Strom** und **Petrolkoks** um **25% vermindert**.
- Der Einsatz des wichtigsten Energieträgers **Raffineriegas** hat sich um etwa **12% vermindert**.
- Dampf aus **Fernwärme** als Energieträger ist **unverändert** auf gleichem Niveau.
- Insgesamt ist der **Endenergiebedarf** in der Branche im Zeitraum 2019 bis 2023 **um etwa 25% gesunken**.
- Auch bei der **CO<sub>2</sub>-Emission** ist mit etwa **24 % Minderung** eine ähnliche Auswirkung zu verzeichnen.

Entwicklung Energieträgereinsatz und CO<sub>2</sub>-Emission



Datenquelle: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen des Statistikamts Hamburg 2019 – 2023, Stand 12/2024

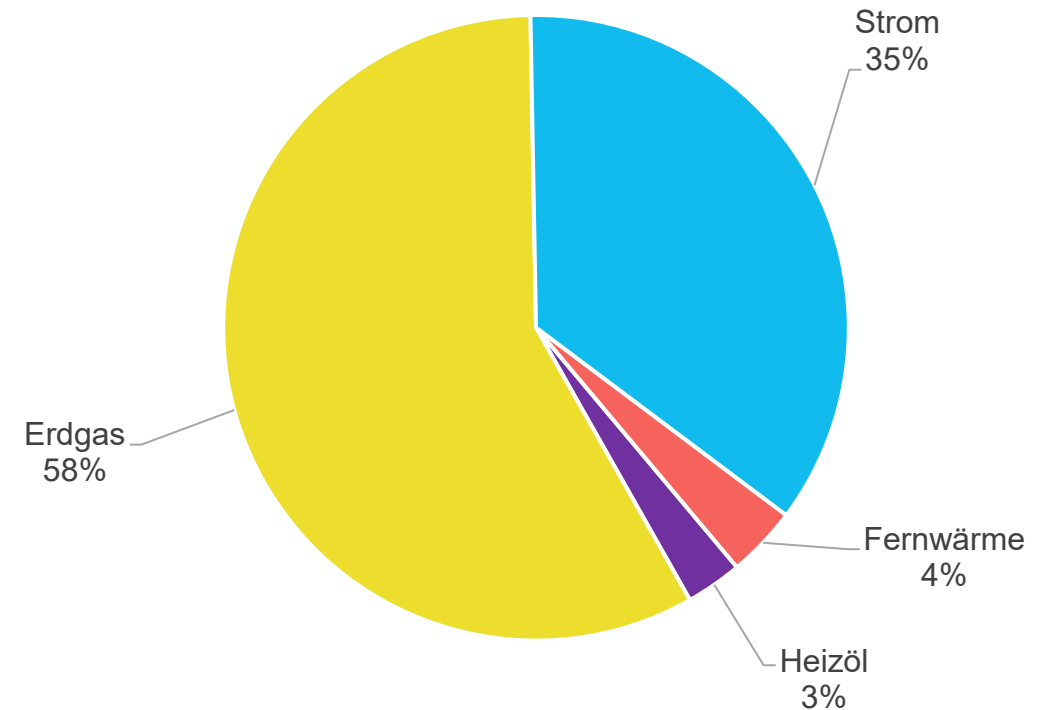
# Zukunftsbild Mineralölverarbeitung

- Hamburg ist historisch ein wichtiger Standort der Mineralölverarbeitung. Von den ehemals drei Rohöl-Raffinerien ist heute jedoch nur noch die **Holborn Europa Raffinerie** im klassischen Sektor der Umwandlung von Rohöl zu **Kraftstoffen**, Heizöl und Flüssiggas aktiv. Daneben werden dort jedoch auch **Vorprodukte** für die **chemische Industrie** wie Propylen oder Cyclohexan produziert. Die Raffinerie ist mit einem Durchsatz von etwa 5 Mio. Tonnen Rohöl jährlich ein **wesentlicher Faktor** für die Branche in Hamburg.
- Die anderen Unternehmen der Branche am Standort Hamburg fokussieren sich in der Produktion vornehmlich auf den Bereich der verschiedenen **Schmierstoffe, Spezialöle, Paraffine, Wachse und Bitumen**.
- Vor dem Hintergrund der zunehmenden Verdrängung fossiler Kraftstoffe im Verkehrssektor und des Heizöls aus der Gebäudewärme steht die **Mineralölwirtschaft** vor einem **tief greifenden Strukturwandel**. Es wird erwartet, dass sich die Absatzmengen dieser Produkte und auch der Einsatz von Rohöl künftig stark reduzieren. Langfristig verbleibende Märkte dürften im Bereich der **(synthetischen) Kraftstoffe** für den Schiffs- und Luftverkehr bestehen, daneben **Schmierstoffe** und **synthetisches Naphtha** als Vorprodukt für die chemische Industrie.
- Eine Verschiebung der Rohstoffversorgung vom Rohöl hin zu **synthetischem Rohöl** (syncrude), grünem **Methanol** oder **biogenen** Rohstoffen ist auch am Standort Hamburg denkbar, setzt jedoch Umrüstungen an den Anlagen voraus (green refinery). Vorteilhaft für den Standort könnte auch die bestehende NDO-Pipeline nach Wilhelmshaven sein, über die auch zukünftig (grüne) Rohstoffe transportiert werden können. Auch die geplante Bereitstellung von grünem **Wasserstoff** ist für die Mineralölverarbeitung ein wichtiger Standortfaktor.
- Das Unternehmen Holborn hat im Jahr 2024 bereits mit der Entwicklung einer Produktion für **grünen Diesel** und **nachhaltigen Flugtreibstoff** aus Abfall- und Reststoffen sowie Wasserstoff begonnen. Es ist jedoch zu beachten, dass wirtschaftliche Kriterien wie der geringe THG-Preis und die wenig kalkulierbaren Kosten für den Bezug von Wasserstoff die Transformation derzeit weiter bremsen.
- Für die zukünftige Entwicklung wird ein **Rückgang der Produktion auf Basis fossiler Rohstoffe** um weitere 20% bis zum Jahr 2030 und um **80 % bis zum Jahr 2045** gegenüber dem Jahr 2023 angenommen. Eine Ausnahme besteht für die Dampflieferung aus Fernwärme, die an die H&R Ölwerke Schindler, die als gleichbleibend angenommen wird.

# Branche Nahrungs- und Futtermittel, Getränke, Tabak

- Die Branche der Nahrungs- und Futtermittel, Getränkeherstellung und Tabakverarbeitung umfasst in Hamburg etwa 62 Betriebe mit ca. 6.500 Beschäftigten und einem Umsatz von etwa 3,9 Mrd. Euro.
- Der Endenergieverbrauch in den Unternehmen der Branche lag im Jahr 2023 bei etwa 6 PJ und verursachte damit etwa **0,41 Mio. t CO<sub>2</sub>**. Das entspricht rund **14,3%** der industriebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Hamburg.
- Wichtige **Einzel-Unternehmen** sind:
  - ADM Hamburg AG
  - Brauereien (z.B. Holsten-Brauerei)
  - Kaffeeröster (z.B. Tschibo, Darboven)
  - Ohly GmbH
  - GoodMills Deutschland GmbH
- Kennzeichnend für die Branche ist ein hoher Anteil von etwa **70%** an fossilem **Erdgas** bei den eingesetzten Energieträgern im Jahr 2023. Der restliche Energieverbrauch entfällt auf Strom, Fernwärme und Heizöl.
- Der Anteil Erdgas am CO<sub>2</sub>-Ausstoß liegt bei **58%**.

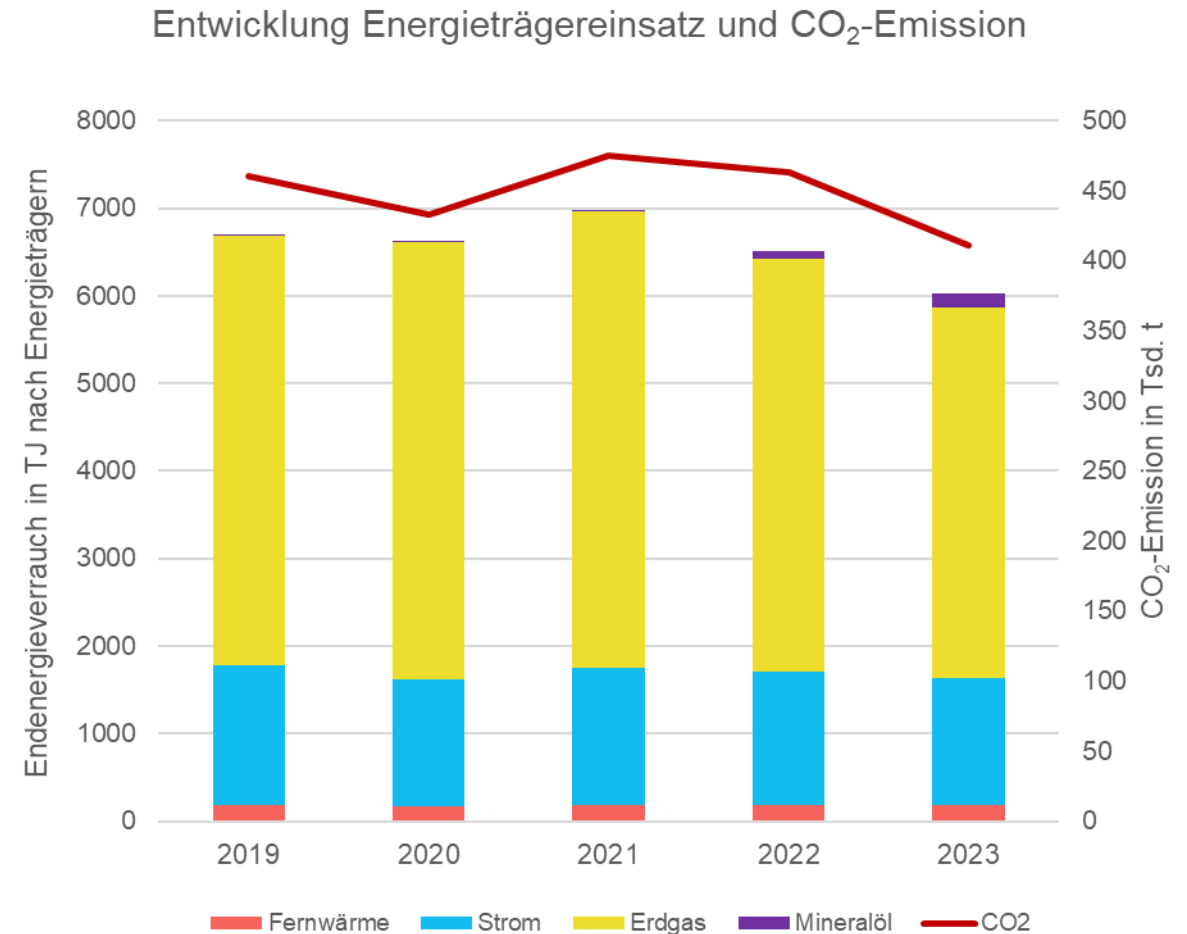
Anteile Energieträger an der CO<sub>2</sub>-Emission 2023



Datenquellen:  
Statistikamt Hamburg: Vorl. Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz 2023, Stand 12/2024  
Statistikamt Hamburg: Statistische Berichte 2023, Stand 4/2024

# Branchen-Entwicklung der letzten fünf Jahre

- Die **Veränderungen** der letzten fünf Jahre in der Branche der Nahrungs- und Futtermittel, Getränkeherstellung und Tabakverarbeitung sind **deutlich geringer** als in den Bereichen Metallerzeugung oder Mineralölverarbeitung.
- Insgesamt ist der **Energieeinsatz** der gezeigten Energieträger vom Jahr 2019 bis zum Jahr 2023 um etwa **10% gesunken**. Insbesondere ab dem Jahr 2022 traten vor dem Hintergrund des Ukrainekriegs Veränderungen ein.
- Dabei wurde insbesondere der Einsatz von **Erdgas** um etwa **14%** und **Strom** um etwa **9 % vermindert**, während der Einsatz von Fernwärme konstant blieb.
- Es zeigt sich auch - wenngleich auf sehr niedrigem Niveau - eine deutliche **Zunahme** beim Einsatz von **Heizöl**.
- Die durch die Branche induzierte **CO<sub>2</sub>-Emission** hat sich vom Jahr 2019 bis zum Jahr 2023 um etwa **11% reduziert**.
- Es ist anzunehmen, dass vor dem Hintergrund der hohen Energiepreise zunehmend auch **Energieeffizienzpotenziale** in den Unternehmen gehoben wurden.



Datenquelle: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen des Statistikamts Hamburg 2019 – 2023, Stand 12/2024

# Zukunftsbild Nahrungs- und Futtermittel, Getränke, Tabak

- Im Gegensatz zu den Branchen der Metallerzeugung und der Mineralölverarbeitung, die in Hamburg durch wenige große Unternehmen geprägt sind, ist der Nahrungs- und Futtermittelbranche in deutlich stärkerem Maß deutlich **diversifiziert** und insgesamt über dem Mix von Produkten und Rohstoffen auch **resilienter** aufgestellt gegenüber exogenen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Tief greifende strukturelle Veränderungen in den Erzeugungstechnologien sind derzeit nicht zu erwarten.
- Der Einsatz an Energieträgern basiert in der Branche zu sehr großen Teilen auf fossilem Erdgas, das für die Bereitstellung von Prozesswärme genutzt wird. Im Gegensatz zu den Branchen Metallerzeugung und Mineralölverarbeitung betrifft dies jedoch in großem Umfang **niederkalorische Prozesswärmeanwendungen**, wie etwa Kochen, Pasteurisieren, Reinigen und Trocknen.
- Für diese niederkalorischen Anwendungsbereiche kann das derzeit eingesetzte Erdgas vorteilhaft durch **erneuerbare Wärmequellen** wie Umweltwärme (über Industrie-Wärmepumpen), Solarthermie oder Geothermie ersetzt werden. Somit stehen grundsätzliche geeignete und kostengünstige Optionen zur Dekarbonisierung zur Verfügung.<sup>1,2</sup>
- Neben den steigenden Erdgaspreisen und den finanziellen Anreizen über staatliche Fördermittel dürften auch die zunehmenden Bemühungen der Unternehmen, selbst klimaneutral zu werden und **klimaneutrale Produkte** anzubieten den Transformationsprozess unterstützen. Dies dürfte insbesondere in dem für Endverbraucher wichtigen Sektor Nahrungsmittel ein wirksamer Treiber sein.
- Für die künftige Entwicklung wird angenommen, dass sich die **Produktionsmengen** in der Branche bis zum Jahr 2045 leicht **um 10 %** gegenüber dem Wert von 2023 **erhöhen**.

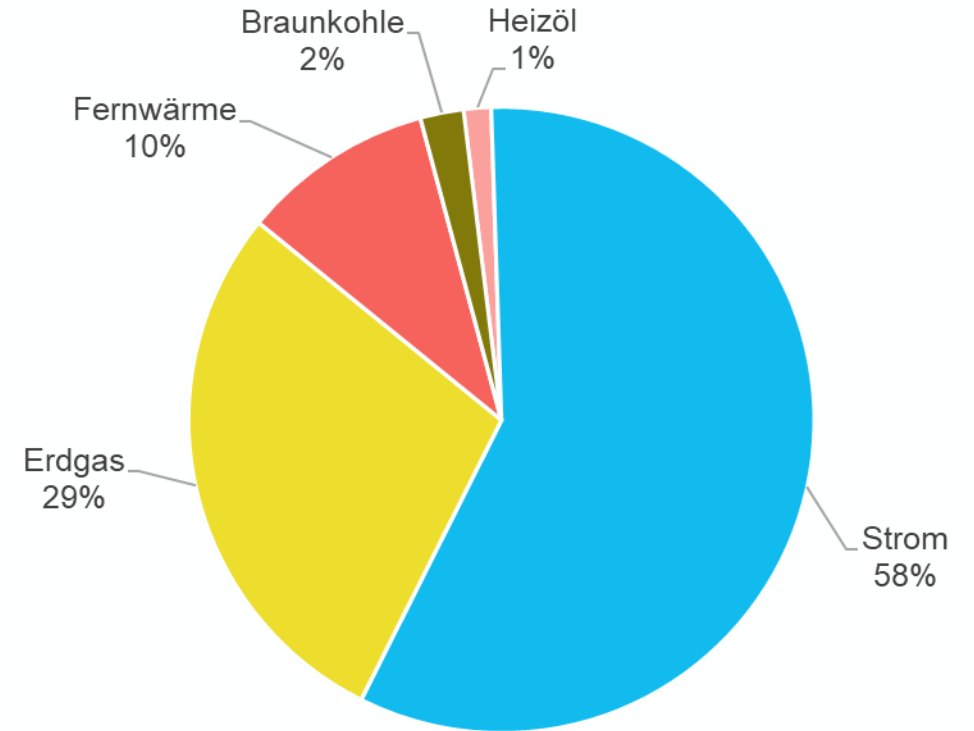
<sup>1</sup> Hamburg Institut (2015): Strategische Optionen zur Dekarbonisierung und effizienteren Nutzung der Prozesswärme und -kälte

<sup>2</sup> IN4Climate.NRW (2022): Prozesswärme für eine klimaneutrale Industrie

# Sonstige Branchen

- Die **sonstigen Branchen** im Hamburger verarbeitenden Gewerbe neben Metallerzeugung, Mineralölverarbeitung und Nahrungsmitteln umfassen im Wesentlichen folgende **Wirtschaftszweige**:
  - Chemische und pharmazeutische Erzeugnisse
  - Fahrzeugbau
  - Gummi- und Kunststoffwaren
  - Maschinenbau
- Im Jahr 2023 waren sie für **6,2 PJ Endenergiebedarf** und **0,49 Mio. t CO<sub>2</sub>-Emissionen** verantwortlich. Prozentual beträgt der Anteil der restlichen Branchen damit 16% am Endenergiebedarf der Industrie und 17% an der CO<sub>2</sub>-Emission.
- Es zeigt sich in den Branchen ein diversifizierter Energiemix. An der hieraus resultierenden **CO<sub>2</sub>-Emission** hat elektrischer **Strom** den weitaus **größten Anteil**, gefolgt von Erdgas und Fernwärme.
- Die **Produktmengenentwicklung der Branchen** bis zum Jahr 2045 gegenüber dem Jahr 2023 wird vor dem Hintergrund der derzeitigen Wirtschaftslage angenommen:  
Chemie + 0%, Fahrzeugbau + 20 %, Gummi und Kunststoff + 10%, Maschinenbau + 20%. Im Ergebnis ergibt sich **gemittelt** über die Branchen ein **Produktionszuwachs** von **+ 15 %**.

Anteile Energieträger an der CO<sub>2</sub>-Emission 2023

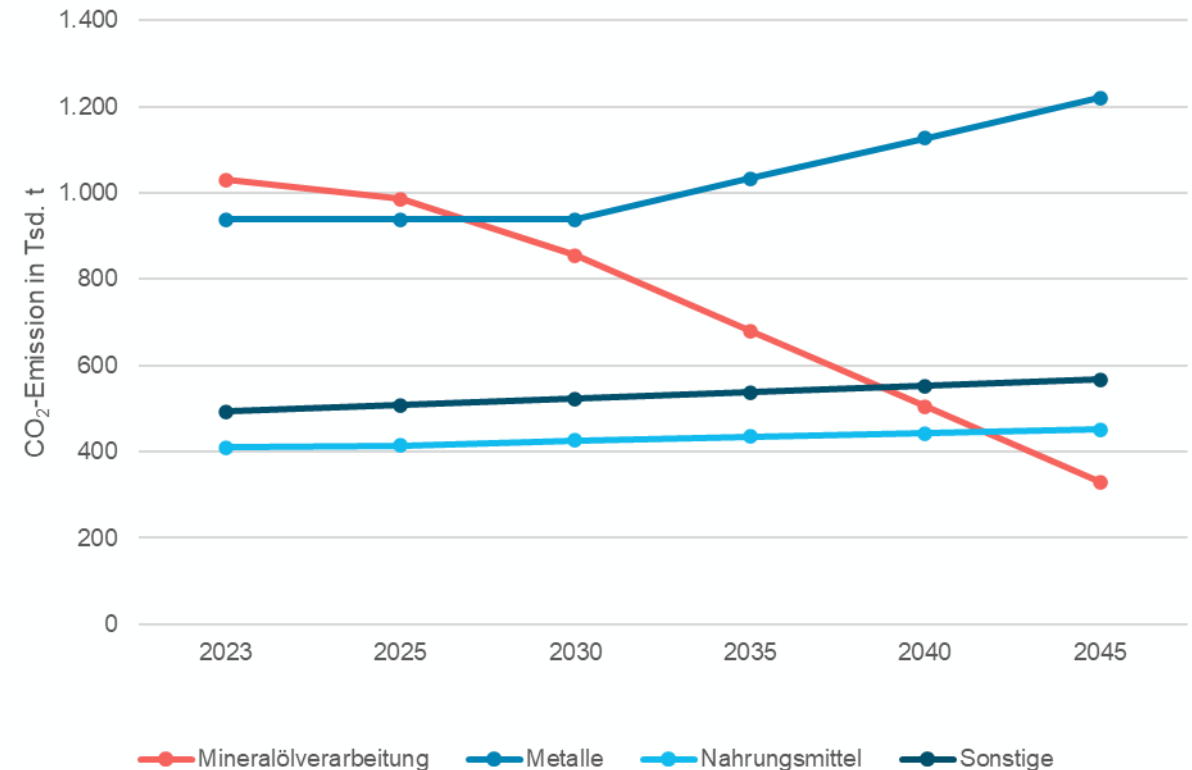


Datenquellen:  
Statistikamt Hamburg; Vorl. Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz 2023, Stand 12/2024

# Künftige Produktionsmengen als rechnerische Basis

- Das jeweilige **Zukunftsbild** der jeweiligen **Branche** verbunden mit den Annahmen über die künftige Entwicklung der Produktionsmengen bildet die **rechnerische Basis** für die nachfolgende Abschätzung der Wirkung von **Hebelmaßnahmen**.
- Um hierbei die **Wirkung** der jeweiligen nachfolgenden Hebelmaßnahmen möglichst genau voneinander **abgrenzen** zu können, wird hier angenommen, dass sich mit der Veränderung der Produktionsmengen auch die jeweiligen Endenergiebedarfe und die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen linear verändern.
- Etwaige Änderungen des **Brennstoffmixes**, der **Emissionsfaktoren** oder **Effizienzgewinne** in der Produktion werden dann in den nachfolgenden Hebelmaßnahmen quantifiziert.
- Eine **Ausnahme** gilt für die Branche der **Mineralölverarbeitung**. Hier ändern sich mit dem Ausphasen der rohölbasierten Einsatzstoffe die Produktionsschritte einschließlich des Brennstoffmixes und die damit korrespondierende CO<sub>2</sub>-Emission.
- In der Summe ergibt sich für die Branchen ohne Mineralölverarbeitung eine produktionsmengenbezogene Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Emission **von 22%** bis zum Jahr 2045 gegenüber 2023. Mit Einbezug der Mineralölwirtschaft ergeben sich **- 11%**.

Branchenspezifische Produktentwicklung und CO<sub>2</sub>-Emission



# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Identifizierung der maßgeblichen Branchen
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990
- Abgleich Szenario A

## Branchenbezogenes Zukunftsbild

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für die maßgeblichen Branchen
- Mögliche Veränderungen Produktionsumfang und Märkte
- Abgleich Szenario A

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Bereitstellung e-Fuels / H<sub>2</sub>
- Energiepolitische Instrumente
- Abgleich Szenario A

## Hebelmaßnahmen

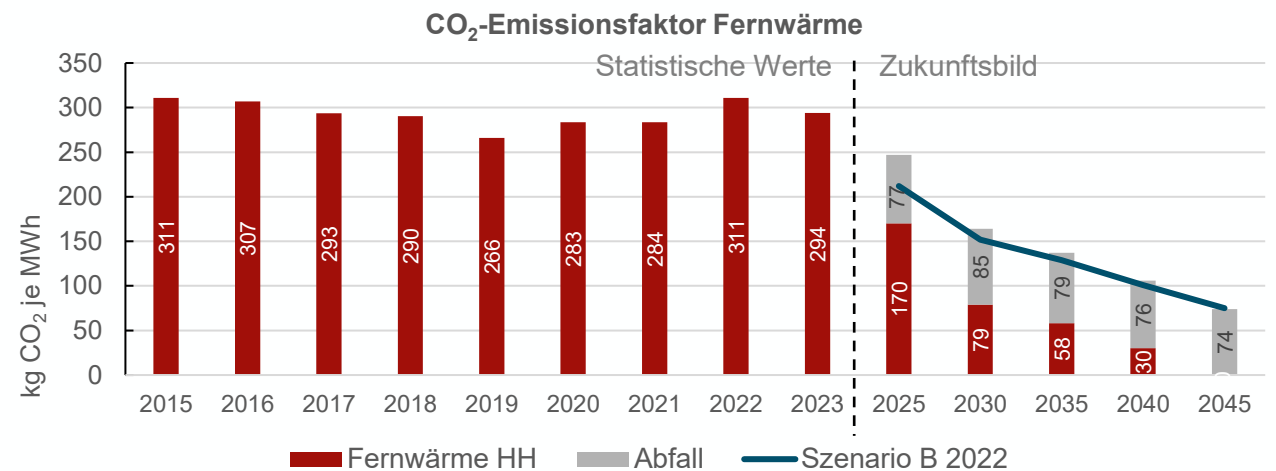
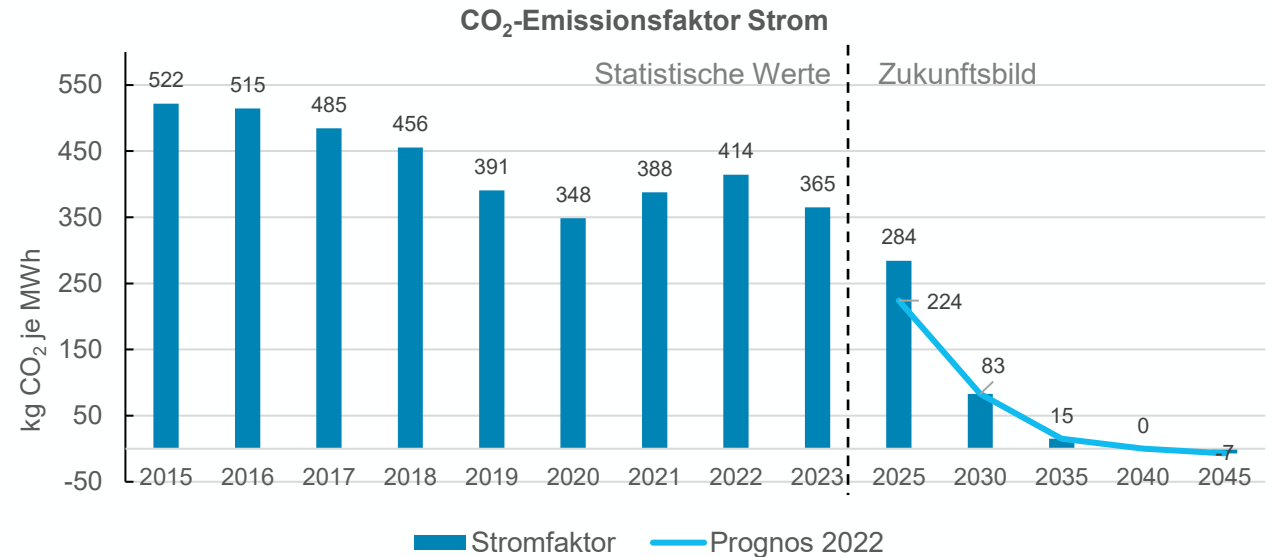
- Energetische Optimierung
- Abwärmennutzung (intern)
- Einsatz EE-Wärme
- Ausbau lokaler Wärmespeicher
- Einsatz EE-Strom (Eigenstrom)
- Elektrifizierung von Produktionsprozessen
- Umstellung auf Fernwärme
- Einsatz e-Fuels / H<sub>2</sub>

## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emission
- Zielwert 2030 / 2045
- Abgleich Szenario A

# Exogene Stellschrauben und Emissionsfaktoren

- Die wichtigste Stellschraube für den CO<sub>2</sub>-Minderungspfad in der Hamburger Industrie ist der **Emissionsfaktor für den Strombezug**. Dieser basiert auf den bundesweit in Betrieb befindlichen Erzeugungsanlagen.
- Der künftige **Emissionsfaktor Fernwärme** ergibt sich aus Zwischenergebnissen der Planungen für die Fernwärmeversorgung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung. Ab dem Jahr 2025 sind hier die Emissionen aus der Abfallverbrennung nachrichtlich getrennt ausgewiesen.
- Die **Emissionsfaktoren anderer Energieträger** basieren auf der vom Umweltbundesamt herausgegebenen Veröffentlichung "CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktorenliste 1990-2022", die auch das Statistikamt Hamburg verwendet.
- Für die Zukunft ist die Bereitstellung von **e-Fuels und Wasserstoff** als Energieträger geplant. Dieser wird zum überwiegenden Teil in die FHH importiert werden. Hierfür wird in Übereinkunft mit dem Statistikamt ein Emissionsfaktor von 0 kg CO<sub>2</sub> je MWh verwendet.



Datenquellen: Stromfaktor: Prognos AG, eigene Berechnungen; Fernwärmefaktor: BUKEA Hamburg, sonstige Emissionsfaktoren: Umweltbundesamt

# Energiepolitische Instrumente EU-Ebene

Insbesondere für den Sektor der Industrie sind neben den bundespolitischen Rahmensetzungen und den flankierenden Maßnahmen der Freien und Hansestadt Hamburg die derzeitigen und geplanten Regelungen auf Ebene der EU sehr bedeutsam. Diese gewinnen vor dem Hintergrund der von der US-Regierung angekündigten Zölle und anderen außenpolitischen Herausforderungen ein besonderes Gewicht.

Mit dem im Februar 20225 von der EU vorgestellten „[Clean Industrial Deal](#)“ soll hier ein für die Weiterentwicklung und Dekarbonisierung der Industrie – auch in Deutschland – eine wirtschaftliche Basis geschaffen werden. Wichtige Elemente sind:

- schneller Zuwachs an [Stromabnahmeverträgen \(PPAs\)](#) und [Differenzverträgen \(CfDs\)](#) in der Privatwirtschaft
- ein neues [EU-Förderprogramm](#) für mehr [PPAs](#) durch die Europäische Investitionsbank (EIB)
- [Rückgarantien](#) („counter guarantees“) für Stromabnahmeverträge von Unternehmen
- europäisches [Netzpaket](#) („European Grid Package“) u.a. zur Verbindung nationaler Stromsysteme durch Interkonnektoren
- Beschleunigung von [Genehmigungsverfahren](#) beim Ausbau von Netzen, Energiespeichern und bei Erneuerbare-Projekten
- „Industrial Decarbonisation Accelerator Act“ u.a. zur Straffung von Genehmigungsverfahren bei der [Elektrifizierung der Schwerindustrie](#)
- Schaffung von [Labeln für die CO<sub>2</sub>-Intensität](#) von Industrieprodukten wie Stahl und Zement
- Begrenzung der Berichtspflichten bei den EU-Klimazöllen ([CBAM](#)) auf wenige Importeure
- Schaffung von Leitmärkten bei [Wasserstoff](#) (H<sub>2</sub>) durch Festlegung von Regeln für die „CO<sub>2</sub>-arme“ Produktion

# Energiepolitische Instrumente Bundesebene

Das Szenario B setzt hinsichtlich der prognostizierten Entwicklungen teilweise auf dem regionalisierten Bundesszenario der Prognos AG auf. In diesem **Szenario A** sind folgende energiepolitische Instrumente der Bundesebene **bereits berücksichtigt**:

- Alle Instrumente aus dem Klimaschutzplan der Bundesregierung, sowie **zusätzlich**:
- Förderung **grüner Wasserstoff** (H<sub>2</sub>Global, H<sub>2</sub>-Förderrichtlinie)
- Einführung eines **Weiß-Zertifikate-Systems** zur Umsetzung von Art. 7-EED zur Förderung von Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz.
- Anpassung der **Energie- und CO<sub>2</sub>-Besteuerung**
- Weiterentwicklung **EU-ETS**
- **Grenzausgleichsmechanismus** (CBAM)
- Instrumente zur Steigerung der **Energieeffizienz**
- Instrumente zur **Technologieentwicklung**
- **Investitionsförderprogramm Stahlindustrie**

Als Anreiz und Auslöser für die nachfolgend dargestellten Hebelmaßnahmen in **Szenario B** sind **zusätzlich** folgende **energiepolitischen Instrumente** auf Bundesebene von besonderer Bedeutung:

- Alle Instrumente, die das Ziel zum **Ausbaupfad der erneuerbaren Energien** im Stromsektor (80% EE-Anteil an der Stromerzeugung bis 2030) unterstützen. Die damit verbundene Minderung des Emissionsfaktors Strom ist für die Klimaziele der Hamburger Industrie von **herausragender Bedeutung**.
- Die Umsetzung des Förderprogramms **EEW Energieeffizienz in der Industrie** sowie eine ausreichende finanzielle Ausstattung des Programms ist bedeutsam, um die Potenziale im Bereich energetische Optimierung der Produktionsprozesse, Abwärmenutzung und Einsatz erneuerbarer Wärme zu heben.
- Ferner sollten auf der Bundesebene **Sonderabschreibungen** für Investitionen in nachhaltige Technologien sowie **Klimaschutzverträge** (carbon contracts for difference) eingeführt werden, um die Mehrkosten treibhausgasneutraler Alternativen im Vergleich zur vor Carbon-Leakage geschützten fossilen Referenztechnologien auszugleichen.

# Energiepolitische Instrumente der FHH

Im Bereich der Industrie sind die **rechtlichen Kompetenzen** der Bundesländer mit Blick auf das Ziel einheitlicher Verhältnisse im Bundesgebiet sehr **beschränkt**. Die FHH kann aber die vorgenannten energiepolitischen Instrumente des Bundes über **eigene energiepolitische Instrumente flankieren** und in deren Wirkung maßgeblich verstärken.

- Nach der im Klimaschutzgesetz fixierten Verursacherbilanz wird der Energiebezug von **elektrischem Strom** aus dem Stromnetz über den **bundesweit einheitlichen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor** einberechnet. Der Ausbau der erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung mit der damit verbundenen Absenkung des CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktors ist für die Erreichung der Klimaziele im Sektor Industrie von herausragender Bedeutung. Die **Errichtung von EE-Stromerzeugung** (z.B. Windkraftanlagen, PV-Anlagen) **auf dem Gebiet der FHH** hat somit im Verhältnis zur Stromerzeugung im gesamten Bundesgebiet Einfluss auf diesen Faktor.
- Das Ziel, einen Anteil von 80% erneuerbarer Energien in der Stromerzeugung bis 2030 zu erreichen, ist eine große Herausforderung für die Bundesrepublik insgesamt. Dies kann nur gelingen, wenn alle Bundesländer im Rahmen ihrer Möglichkeiten mit dazu beitragen und die vorhandenen Potenziale ausschöpfen. Im Jahr 2023 lag der Anteil Hamburgs an der bundesweiten EE-Stromerzeugung nur bei 0,2 %<sup>1</sup>. Die FHH kann den Ausbau der EE-Stromerzeugung auf Hamburger Gebiet durch das Instrument der **Ausweisung geeigneter Flächen** für Windkraft- und PV-Anlagen maßgeblich unterstützen.
- Im Bereich der **Energieeffizienz** stellt der Bund mit dem EEW ein attraktives Förderprogramm als Anreiz zu Investition bereit. Ein zentrales energiepolitisches Instrument der FHH wäre die **Bereitstellung zusätzlicher Beratungskapazitäten** für die Unternehmen im Rahmen des bewährten Programms „UfR Unternehmen für Ressourcenschutz“, um das EEW-Programm zu nutzen.
- Auch die **Bereitstellung von e-fuels / Wasserstoff** wird sich vermutlich zukünftig als ein wichtiges Element in den Teilbereichen entwickeln, in denen keine kostengünstigeren Alternativen zur Dekarbonisierung zur Verfügung stehen. Der überwiegende Teil des benötigten Wasserstoffs wird jedoch importiert werden müssen. Ein wichtiges energiepolitisches Instrument der FHH wäre hier die **Schaffung guter Infrastrukturvoraussetzungen**.

<sup>1</sup> Die bundesweite Stromerzeugung aus EE lag nach Angaben der AGEEStat im Jahr 2023 bei 275.104 GWh, in Hamburg wurden lt. Statistikamt Hamburg 519 GWh erzeugt. Das entspricht einem Anteil von 0,19 %.

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Identifizierung der maßgeblichen Branchen
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990
- Abgleich Szenario A

## Branchenbezogenes Zukunftsbild

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für die maßgeblichen Branchen
- Mögliche Veränderungen Produktionsumfang und Märkte
- Abgleich Szenario A

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Bereitstellung e-Fuels / H<sub>2</sub>
- Energiepolitische Instrumente
- Abgleich Szenario A

## Hebelmaßnahmen

- Energetische Optimierung
- Abwärmenutzung (intern)
- Einsatz EE-Wärme
- Ausbau lokaler Wärmespeicher
- Einsatz EE-Strom (Eigenstrom)
- Elektrifizierung von Produktionsprozessen
- Umstellung auf Fernwärme
- Einsatz e-Fuels / H<sub>2</sub>

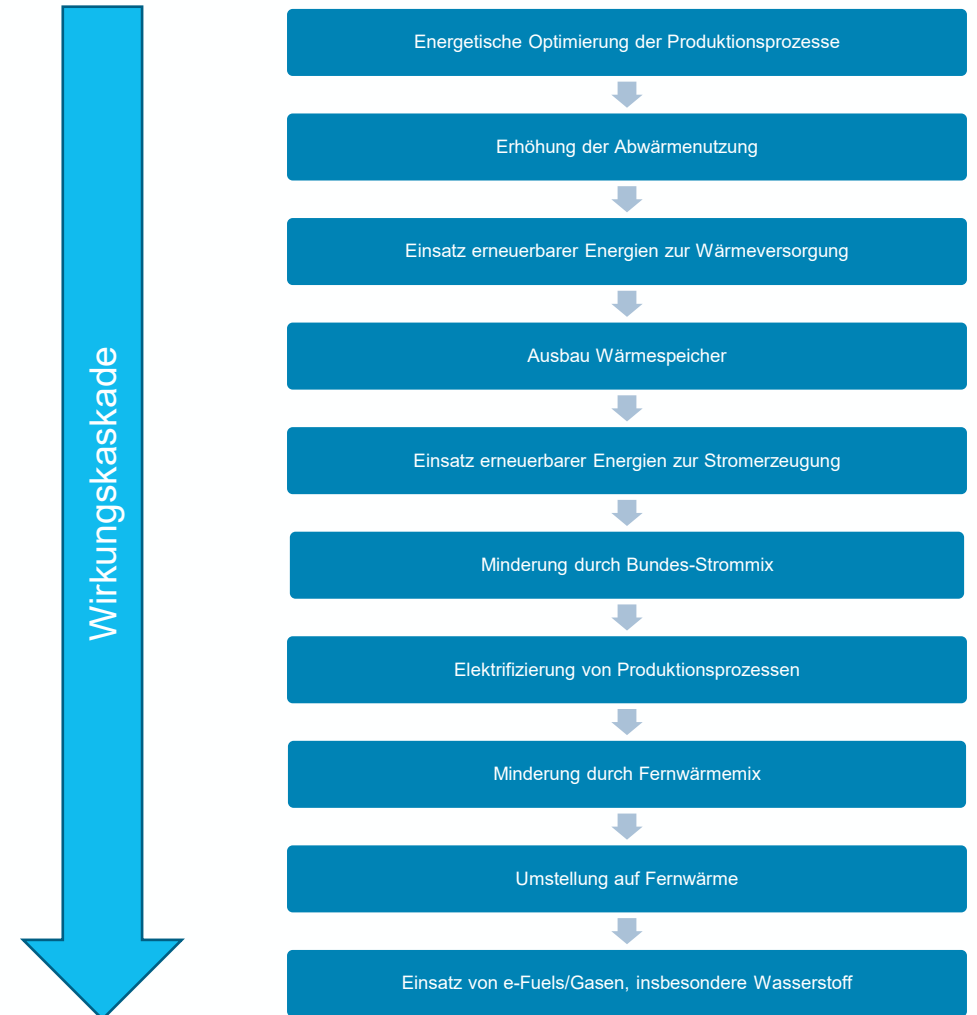
## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emission
- Zielwert 2030 / 2045
- Abgleich Szenario A

# Wirkung der Hebelmaßnahmen

- Um die Wirkung der einzelnen Hebelmaßnahmen voneinander separieren und quantifizieren zu können, erfolgt eine **sequentielle Betrachtung**. Dies erfolgt unter **Konstanthaltung der jeweils flankierenden Stellgrößen**.
- Die **Kaskadierung** erfolgt grundsätzlich\* nach folgendem Schema:
  - Im **ersten Schritt** werden die Hebelmaßnahmen quantifiziert, die eine **Veränderung des Energiebedarfs** nach sich ziehen (wie etwa Effizienzmaßnahmen). Hierzu gehört auch die Veränderung der Produktionsmengen, die als Basis für die darauf folgenden Hebelmaßnahmen dient.
  - Im **zweiten Schritt** werden die Hebelmaßnahmen quantifiziert, die durch den vermehrten **Einsatz erneuerbarer Energien** eine Veränderung des Energiemix bewirken.
  - Der **dritte Schritt** umfasst die Hebelmaßnahmen (aggregiert auf der Ebene der Stellschrauben), deren Wirkung auf den **Veränderungen** der spezifischen **Emissionsfaktoren** der Energieträger basiert.
  - Der **vierte Schritt** sind dann Hebelmaßnahmen auf der Grundlage des zunehmenden Einsatzes der sukzessive dekarbonisierten Energieträger.
- Die **Quantifizierung** erfolgt **spezifisch** nach den maßgeblichen **Branchen** in 5-Jahres-Schritten, bezogen auf :
  - a) Endenergiebedarf
  - b) Brennstoffmix
  - c) CO<sub>2</sub>-Emission

\* Die Reihenfolge der Kaskadierung erfolgt nicht streng nach diesem Schema, sondern folgt den spezifischen Erfordernissen im jeweiligen Sektor. So wird z.B. die Elektrifizierung von Produktionsprozessen nur erfolgen, wenn sich der Bundesstrommix weiter verbessert hat.



# Energetische Optimierung der Produktionsprozesse

- Die Energieeffizienz der Prozesse im Bereich der Industrie konnte in den vergangenen Jahren stetig gesteigert werden. Jedoch bestehen in allen Industriezweigen noch erhebliche **Potenziale im Bereich der Energieeffizienz**, die noch nicht ausgeschöpft wurden und den Endenergieverbrauch in vielen Anwendungen senken können.
- **Wirtschaftlich erschließbare Effizienzpotenziale** finden sich insbesondere bei Einsatz effizientester **Querschnittstechnologien**, wie Antrieben, Pumpen, Druckluftanlagen, Ventilatoren, Kompressoren und Beleuchtung. Auch im Bereich der Wärmeerzeugung und Wärmerückgewinnung, Einsatz effizienter Hallenbeheizungs- und Kältesysteme sowie Gebäudeautomation für Büro- und Fabrikgebäude lassen sich erhebliche Potenziale erschließen. Schließlich kann auch eine konsequente **Digitalisierung** sowie damit verbundene Prozessoptimierung und –automatisierung zur Hebung der Effizienzpotenziale beitragen.
- Nach dem Szenario A sinkt der industrielle Endenergiebedarf (ohne Mineralölverarbeitung) im Jahr 2045 auf 22,6 PJ. Das entspricht einer **Einsparung** gegenüber dem Jahr 2020 von **25 %** und unter Berücksichtigung des Produktionszuwachses von **38%**. Der Minderbedarf an Endenergie teilt sich in Szenario B auf die Hebelmaßnahmen a) energetische Optimierung der Produktionsprozesse und b) Abwärmenutzung auf.
- **Quantifizierte Potenzialanalysen** zur energetischen Optimierung von Produktionsprozessen bezogen auf **Hamburg** und die hier relevanten Branchen **liegen bisher nicht vor**. Nach der Studie „Integrierte Energiewende“ wird das **jährlich erschließbare Effizienzpotenzial** in der Industrie im Zeitraum 2015 bis 2050 im Szenario mit 95% THG Reduktion mit **1,12 % jährlich** beziffert.<sup>1</sup> Dies entspräche einer Minderung zwischen 2023 und 2045 von etwa 25%. Nach der Studie „Klimapfade 2.0“ des BDI beträgt das **Effizienzpotenzial 19 %** im Zeitraum 2020 bis 2045.<sup>2</sup> Im aktualisierten Szenario B wird ein **Mittelwert** für die tatsächlich realisierten **Effizienzgewinne** in Höhe von **15 %** bis 2045 angenommen.
- **Im Ergebnis** ergibt sich für die Hebelmaßnahme rechnerisch eine **Einsparung von 165 Tsd. t CO<sub>2</sub> bis zum Jahr 2030**. Wirkungen, die auf einer Änderung des Energieträgermixes und der Emissionsfaktoren basieren, sind hierbei nicht mit einbezogen.

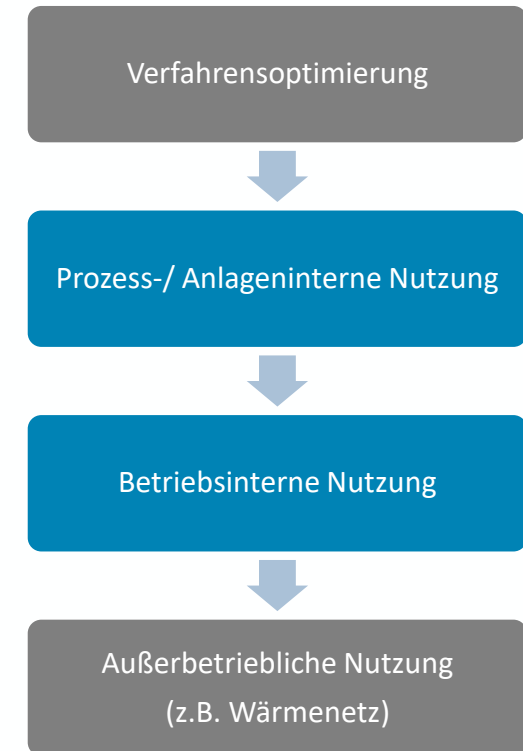
<sup>1</sup> EWI (2018): Integrierte Energiewende, im Auftrag der dena

<sup>2</sup> BCG (2021): Klimapfade 2.0, im Auftrag des BDI

# Erhöhung der Abwärmenutzung

- Die mögliche Abwärmenutzung kann über eine **Nutzungskaskade** beschrieben werden:
  - Im ersten Schritt erfolgt eine Optimierung der Verfahren mit dem Ziel, dass Abwärme nicht (mehr) entsteht. Dies wäre der vorherigen Hebelmaßnahme „Energetische Optimierung der Produktionsprozesse“ zuzuordnen.
  - Im zweiten Schritt wird die vorhandene Abwärme intern im Prozess oder der Anlage verwertet
  - Der dritte Schritt beschreibt die Abwärmenutzung in einer anderen Anlage oder zu einem anderen Zweck (z.B. zur Heizung) auf dem Betriebsgelände
  - Im vierten Schritt wird die Abwärme außerhalb des Betriebsgeländes genutzt, z.B. über ein Fernwärmenetz
- Die hier im Fokus stehende **Hebelmaßnahme** betrifft **nur** die **interne Abwärmenutzung** (Schritte b und c), die Wirkung der außerbetrieblichen Nutzung wird bei der Fernwärme bilanziert.
- Das technisch-wirtschaftlich nutzbare **Abwärmepotenzial** der Industrie in Deutschland ist sehr **branchenabhängig**. Für die Metallerzeugung wird ein besonders hohes Potenzial an hochkalorischer Abwärme ( $>140^{\circ}\text{C}$ ) in Höhe von 30 % des Energieeinsatzes ausgewiesen. Für die Mineralölverarbeitung liegen keine Zahlen vor, hier werden 20 % angesetzt. Für die anderen in Hamburg relevanten Branchen wird dieser Wert auf 3 % beziffert. Hinzu kommt jeweils ein Potenzial an niederkalorischer Abwärme mit etwa dem 0,5-fachen der hochkalorischen Abwärme.<sup>1,2</sup>
- Der **Anteil intern nutzbarer Abwärme** kann mit etwa 50 % des Potenzials abgeschätzt werden.<sup>3</sup>
- Für die Quantifizierung der Hebelmaßnahme wird angenommen, dass bis zum Jahr 2045 die o.a. Potenziale der internen Abwärmenutzung vollumfänglich gehoben werden können.  
**Im Ergebnis** resultiert daraus eine Einsparung in Höhe von **136 Tsd. t CO<sub>2</sub>** bis zum Jahr 2030.

## Nutzungskaskade Abwärme



<sup>1</sup> Pehnt, M. et al (2010): Die Nutzung industrieller Abwärme – technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung;

<sup>2</sup> Papapetrou, M. et al (2018): Industrial waste heat. Applied Thermal Engineering

<sup>3</sup> Aydemir, A. et al (2019): Abwärmenutzung in Unternehmen

# Einsatz erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung

- Neben den Effizienzmaßnahmen, die zu einer Senkung des industriellen Endenergieverbrauchs beitragen, ist der **Ersatz fossiler Brennstoffe durch erneuerbare Wärmequellen** ein wichtiger Bestandteil der Transformation. Die Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Optionen erneuerbarer Wärmequellen (EE-Wärme) wie etwa Umweltwärme (über Wärmepumpen), Solarthermie, Geothermie oder Biomasse sind hierbei stark branchenabhängig.
- Die Prozesse im Bereich der **Metallerzeugung** erfordern sehr hohe Temperaturen > 1.000°C. Hier kommen die o.a. Wärmequellen nicht in Betracht. Auch in der **Mineralölverarbeitung** sind die erforderlichen Temperaturen in der Regel für EE-Wärme zu hoch.
- Dagegen ist der Bereich **Nahrungs- und Futtermittel** gut geeignet für den Einsatz von erneuerbarer Wärme. Die dort erforderlichen Prozesse wie etwa Kochen, Pasteurisieren, Reinigen, Sterilisieren und Waschen laufen zum größten Teil in einem Temperaturkorridor zwischen 40 und 140°C ab, die über EE-Wärme gut darstellbar sind.<sup>1</sup> Auch im Bereich der **sonstigen Branchen** kann fossile Prozesswärme durch EE-Wärme ersetzt werden, bei höherkalorischen Prozessen kann in den vorgenannten Branchen Biomasse zum Einsatz kommen.<sup>2,3</sup>
- Neben der Prozesswärme fallen im Sektor Industrie auch Wärmebedarfe zur **Gebäudebeheizung und Warmwasser** an. Bundesweit liegt dieser Anteil über alle Branchen bei 6,5 % des Endenergiebedarfs.<sup>4</sup> In der FHH dürfte jedoch dieser Anteil durch den hier vorliegenden Branchenmix mit wenig Gebäuden (Metallerzeugung, Mineralöl) deutlich geringer ausfallen. Auch diese Wärme kann problemlos über EE-Wärmequellen bereit gestellt werden.
- Für die künftige Entwicklung wird angenommen, dass in den Sektoren Metallerzeugung und Mineralölverarbeitung kein Einsatz von EE-Wärme erfolgt. In den übrigen Branchen wird angenommen, dass **Braunkohle** bis zum Jahr 2030 und **Heizöl** bis zum Jahr 2035 vollständig durch EE-Wärme **ersetzt** werden. Der Einsatz von **Erdgas** wird bis zum Jahr 2045 um **75%** gegenüber 2023 **reduziert**.
- **Im Ergebnis** errechnet sich im Jahr 2030 ein Endenergieeinsatz EE-Wärme in Höhe von 0,9 PJ und **64 Tsd. t CO<sub>2</sub>-Einsparung**.

<sup>1</sup> Lauterbach, C. et al (2011): Das Potenzial solarer Prozesswärme in Deutschland

<sup>2</sup> Hamburg Institut (2015): Strategische Optionen zur Dekarbonisierung und effizienteren Nutzung der Prozesswärme und -kälte

<sup>3</sup> Fraunhofer ISI (2024): Direkte Elektrifizierung von industrieller Prozesswärme

<sup>4</sup> BMWK Energiedaten 2022

# Ausbau lokaler Wärmespeicher

- Die Einsatzmöglichkeiten verschiedener erneuerbarer Wärmequellen als Ersatzoption fossiler Brennstoffe zur Erzeugung von Wärme im Bereich des verarbeitenden Gewerbes können durch den Ausbau lokaler Wärmespeicher verbessert werden.
- Dies trifft insbesondere zu für den Einsatz von **Solarthermie**, deren Dargebot an Wärme vorrangig im Sommerhalbjahr und nur tagsüber bereit steht.
- Gegenüber dem **Lastprofil** der Wärmenachfrage im Gebäudesektor mit einer Konzentration in der Heizperiode hängt jedoch der Bedarf an Prozesswärme in der Regel von der Führung der Prozesse selbst und den unternehmensspezifischen Anforderungen ab. Eine jahreszeitliche Abhängigkeit liegt in der Regel nicht vor.
- Vor diesem Hintergrund kann der Ausbau von Wärmespeicherkapazitäten zwar für die Nutzung einiger Wärmequellen **technisch hilfreich** sein, er ist **aber nicht** für die Erreichung der in der Hebelmaßnahme „Einsatz erneuerbarer Wärme“ zugrunde gelegten Zielkorridore **notwendig**, da im Einzelfall auch Wärmequellen wie etwa Biomasse eingesetzt werden können, die keinen Wärmespeicher benötigen.
- Somit wird trotz der im Einzelfall grundsätzlichen technischen Vorteilhaftigkeit von Wärmespeichern **im Ergebnis** die CO<sub>2</sub>-Einsparung dieser Hebelmaßnahme in Bezug auf die Verursacherbilanz mit **0** bewertet.

# Einsatz erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung

- Der Energiebezug von elektrischem Strom aus dem **Stromnetz** wird in der Verursacherbilanz über den **bundesweit** einheitlichen **CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor** einberechnet. Die Errichtung von EE-Stromerzeugung (z.B. Windkraftanlagen, PV-Anlagen) auf dem Gebiet der FHH hat somit im Verhältnis zur Stromerzeugung im gesamten Bundesgebiet Einfluss auf diesen Faktor. Im Jahr 2020 lag der **Anteil Hamburgs an der bundesweiten EE-Stromerzeugung** jedoch nur bei **0,2 %**<sup>1</sup>.
- Eine direkte **Wirkung auf die Verursacherbilanz** entsteht nur dann, wenn EE-Anlagen errichtet werden, die den erzeugten Strom nicht vollumfänglich in das Netz einspeisen, sondern teilweise oder vollständig für den eigenen Strombedarf verwenden (**Eigenstrom**). Diese Option ergibt sich insbesondere für die Installation von PV-Anlagen<sup>2</sup> auf Gebäudedächern und Fassaden.
- Eine auf das verarbeitende Gewerbe in Hamburg ausgerichtete Potenzialanalyse für PV-Anlagen und die hierdurch jeweils erzielbaren Anteile zur Deckung des Eigenverbrauchs liegt nicht vor. Grundsätzlich **hängt** die mögliche **Eigenverbrauchsquote** hier sehr maßgeblich vom **Einzelfall** ab, sodass sich keine allgemein gültigen Werte angeben lassen.<sup>3,4</sup>
- Das Modell zum Anlagenbetrieb mit einem hohen Eigenverbrauchsanteil ist jedoch in der Industrie aufgrund der dortigen vergleichsweise **niedrigen** üblichen **Strombezugspreise** wesentlich weniger attraktiv als für Haushalts-Stromkunden.
- Für die künftige Entwicklung im Szenario B wird zugrunde gelegt, dass in den Branchen **Metallerzeugung** und **Mineralölverarbeitung** aufgrund der hohen Stromverbräuche und der in Relation sehr wenigen Flächen **keine EE-Eigenstromversorgung** erfolgt. In den **übrigen Branchen** wird eine aufwachsende Eigenverbrauchsquote von **EE-Strom** bis zu einem Wert von **15%** bis 2045 angenommen.
- Dies führt im **Ergebnis** zu einer Einsparung von **108 Tsd. t CO<sub>2</sub>** bis 2030.

<sup>1</sup> Die bundesweite Stromerzeugung aus EE lag nach Angaben der AGEESTat im Jahr 2020 bei 251.076 GWh, in Hamburg wurden lt. Statistikamt Hamburg 632 GWh erzeugt

<sup>2</sup> Die auf den Betriebsgeländen von ArcelorMittal und der Nynas-Raffinerie installierten Windkraftanlagen speisen vollständig in das Stromnetz ein. Bei Aurubis wird Eigenstrom aus Abwärme genutzt.

<sup>3</sup> Solar Cluster Baden-Württemberg (2022): Photovoltaik in Gewerbe und Industrie

<sup>4</sup> <https://www.sma.de/partner/expertenwissen/gewerblicher-eigenverbrauch-von-solarstrom.html>

# Minderung durch den Emissionsfaktor Strom

- Der **bei weitem größte Einfluss** auf die CO<sub>2</sub>-Emission resultiert durch den stark zunehmenden Anteil an erneuerbaren Energien bei der Strombereitstellung und den dadurch **sinkenden Emissionsfaktor des Stroms**.
- Zugrunde gelegt wird hier der bundesweite Stromfaktor, der auf der Summe aller Stromerzeugungsanlagen in Deutschland basiert. Für die Zukunft wird ein **Anteil an erneuerbaren Energien** bei der Stromerzeugung in Höhe von **80 % bis zum Jahr 2030** zugrunde gelegt.
- **Im Ergebnis** führt die Berücksichtigung des sinkenden Emissionsfaktor beim Strom bis zum Jahr 2030 zu einer Minderung in Höhe von **866 Tsd. t CO<sub>2</sub>**.

# Elektrifizierung von Produktionsprozessen

- Werden fossile Brennstoffe zur Erzeugung von Prozesswärme durch eine **Elektrifizierung** der Prozesse ersetzt, können bei einer **emissionsarmen Stromerzeugung** CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden. Dies setzt jedoch voraus, dass der Emissionsfaktor des Stroms einen niedrigeren Emissionswert aufweist als der zu ersetzende Brennstoff (z.B. Erdgas). Bei dem angenommenen Dekarbonisierungspfad der Stromerzeugung dürfte dies Ende der 2020er Jahre der Fall sein.
- Eine weitere Voraussetzung aus Unternehmenssicht ist ein gegenüber der fossilen Brennstoffversorgung **wettbewerbsfähiger Strompreis**. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dass erhebliche Investitionen in den **Anlagenumbau** notwendig sind. In Betracht kommt eine Elektrifizierung vor allem bei **Prozessen im Hochtemperaturbereich** (> 500°C) und **Mitteltemperaturbereich** (> 130°C und < 500°C), für Prozesse auf vergleichsweise niedrigem Temperaturniveau bietet sich eher der Einsatz von EE-Wärme an.<sup>1,2,3</sup>
- Aus bundesdeutscher Perspektive sind insbesondere die Potenziale durch die Elektrifizierung der **Stahlherstellung** relevant. Dieses Potenzial ist jedoch für Hamburg bereits ausgeschöpft. Die **Aluminiumproduktion** basiert ebenfalls bereits heute weitgehend auf Strom. Potenziale zur Elektrifizierung von Prozessen könnten noch bei der **Kupferherstellung** bestehen.
- Im Bereich der **Mineralölverarbeitung** wäre eine teilweise Umrüstung der fossil betriebenen Anlagen auf elektrisch betriebene Prozesse denkbar. Erste derartige Anlagen entstehen in der Chemieindustrie. In den **sonstigen Branchen** dürften die Potenziale zur Elektrifizierung von Prozesswärme unerheblich sein (Hinweis: Hochtemperatur-Wärmepumpen sind bei EE-Wärme inkludiert).
- Im aktualisierten Szenario B wird angenommen, dass beginnend mit dem Jahr 2030 im Sektor Metallerzeugung je 10 % der eingesetzten Erdgasmenge durch Strom ersetzt wird. Im Sektor Mineralölverarbeitung werden ab 2035 je 10 % des Einsatzes von Erdgas und Raffineriegas durch Strom ersetzt. **Im Ergebnis** führt diese Hebelmaßnahme im Jahr 2030 durch die späte Umsetzung der Hebelmaßnahme nur zu einer geringen Reduzierung der **CO<sub>2</sub>-Emission** in Höhe von **25 Tsd. t**.

<sup>1</sup> Agora Thinktanks et al. (2024): Klimaneutrales Deutschland. Vertiefung der Szenariopfade

<sup>2</sup> Fraunhofer ISI (2024): Direkte Elektrifizierung von industrieller Prozesswärme

<sup>3</sup> KEI (2024): Flexibilisierung elektrifizierter Industrieprozesse

# Minderung durch Dekarbonisierung der Fernwärme

- Durch den vorgesehenen Dekarbonisierungspfad der Fernwärmeerzeugung ändert sich entsprechend die CO<sub>2</sub>-Emission des verarbeitenden Gewerbes in Hamburg in Bezug auf die dort als Sekundärenergieträger eingesetzte Fernwärme.
- **Im Ergebnis** führt die emissionsärmere Fernwärme (unter Einbezug der Emissionen aus der Müllverbrennung) zu einer Minderung der Emission im Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2023 in Höhe von **84 Tsd. t CO<sub>2</sub>**.
- Werden die Emissionen aus der **Abfallverbrennung** entsprechend dem Prüfauftrag des aktualisierten Hamburger Klimaplanes bei den Emissionen der Fernwärme künftig **nicht weiter berücksichtigt** und in einem neuen Bereich Abfallwirtschaft bilanziert, vermindert sich die Emission aus der Fernwärme bis zum Jahr 2030 um **weitere 60 Tsd. t CO<sub>2</sub>**.

# Umstellung auf Fernwärme

- Im Gegensatz zu den Sektoren Private Haushalte und Gewerbe, Handel Dienstleistungen (GHD) mit dem hohen Anteil an Wärmebedarf zur Beheizung von Gebäuden und Deckung des häuslichen Warmwasserbedarfs bietet der Sektor **Industrie** nur **sehr begrenzte Möglichkeiten** für einen **Fernwärmeausbau** oder die Umstellung auf Belieferung mit Fernwärme.
- Ein wichtiges Hemmnis gegenüber Erhöhung von Fernwärmeanteilen in der Industrie ist das für die Prozesswärme erforderliche **Temperaturniveau**, das in den meisten Fällen oberhalb des üblichen Temperaturkorridors der Fernwärme liegt.
- Weiterhin wird auch in den Fällen mit vergleichsweise niederkalorischen Anwendungen in der Regel **Dampf** als Übertragungsmedium eingesetzt. In der Hamburger Fernwärme werden jedoch nur noch geringe Anteile an Dampfnetzen betrieben. Diese werden zudem sukzessive wegen zu hoher Kosten zurück gebaut und durch Heißwassernetze ersetzt. Eine Ausnahme ist hier die existierende Dampfleitung von der Müllverbrennungsanlage Rugenberger Damm zur Versorgung der H&R Ölwerke Schindler.
- Ein wichtiges Kriterium ist auch die **räumliche Verfügbarkeit** der Fernwärme an den jeweiligen Industriestandorten. Die Industriebetriebe mit hohem Energiebedarf sind vornehmlich im Hafengebiet zu finden, wo derzeit kaum Wärmenetzinfrastrukturen zur Versorgung mit Fernwärme vorhanden sind.
- **Im Ergebnis** wird in Szenario B davon ausgegangen, dass im Bereich der Industrie zukünftig **keine Umstellung** der Belieferung **auf Fernwärme** in einem quantitativ nennenswerten Umfang erfolgen wird.

# Einsatz von e-Fuels/Gasen, insbesondere Wasserstoff

- **Grüne Brennstoffe**, die auf Basis erneuerbarer Energien hergestellt werden (**E-Fuels/PtX**), könnten in Zukunft ein wichtiger Bestandteil der Dekarbonisierungsstrategie werden. Ein möglicher Energieträger ist **Wasserstoff**, der elektrolytisch mittels grünem Strom hergestellt wird. Auch andere Energieträger wie **synthetisches Methan**, **Methanol** oder **Ammoniak** könnten hier eine Rolle spielen.
- Da diese Brennstoffe auch in Zukunft **knapp** und vergleichsweise **kostenintensiv** sein werden, wird sich deren Anwendungsbereich auf die Sektoren fokussieren, in denen keine kostengünstigeren Alternativen zur Dekarbonisierung zur Verfügung stehen. Dies ist für Teile des **industriellen Prozesswärmebedarfs** nach Einschätzung vieler Studien der Fall.<sup>1,2</sup>
- Im aktualisierten **Szenario B** wird angenommen, dass Wasserstoff und e-fuels insbesondere für die Hochtemperaturprozesse in der Hamburger **Metallindustrie** und in der **Mineralölindustrie** frühzeitig zum Einsatz kommen. Ab 2030 werden dort 20% der restlichen Erdgasmenge ersetzt, im Jahr 2035 40% und im Jahr 2040 80% bis zum vollständigen Ersatz in 2045. Im Bereich der **Mineralölverarbeitung** betrifft dies auch den Ersatz von Raffineriegas. In den **restlichen Branchen** wird ein sukzessiver Ersatz von Erdgas ab dem Jahr 2035 angenommen. Der angenommene Anteil beträgt 20 % in 2035, 60 % in 2040 und 100% in 2045.
- **Im Ergebnis** führt dies zu einer Einsparung im Jahr 2030 in Höhe von **120 Tsd. t CO<sub>2</sub>** gegenüber dem Jahr 2023.
- Ein wichtiger Anwendungsbereich für Wasserstoff in der Hamburger Industrie besteht neben dem energiebedingten Einsatz auch beim Ersatz von Erdgas zur Reduktion des Eisenschwamms bei der **Stahlherstellung**. Hier handelt es sich jedoch um eine Reduzierung **prozessbedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen**, die in der energiebedingten Verursacherbilanz für Hamburg nicht mit bilanziert wird und somit **für den Klimaplan bisher nicht relevant** ist. Ähnliches gilt auch für die Produktion von Anoden bei der **Kupferherstellung** und beim Hydrotreating im Raffinerieprozess der **Mineralölverarbeitung**.

<sup>1</sup> Ariadne-Report (2021): Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 – Szenarien und Pfade im Modellvergleich

<sup>2</sup> IREES (2021): Prozessemissionen in der deutschen Industrie und ihre Bedeutung für die nationalen Klimaschutzziele

# Weitere Hebelmaßnahmen ohne direkte Auswirkung auf die Verursacherbilanz

Im Rahmen des Projekts wurden **weitere Hebelmaßnahmen** benannt, deren Umsetzung jedoch **keine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emission nach** der derzeit in der FHH maßgeblichen **Verursacherbilanz** nach sich ziehen würde. Aus diesem Grund werden diese Hebelmaßnahmen nicht quantifiziert, auch wenn diese klimapolitisch sinnvoll sein können. Im Bereich Industrie sind dies folgende Hebelmaßnahmen:

- **Erzeugung grünen Wasserstoffs**

Die Erzeugung von Wasserstoff auf dem Gebiet der FHH (beispielsweise am Standort Moorburg) hätte keine direkten CO<sub>2</sub>-Einsparungen in der Verbraucherbilanz zur Folge. Nur die Nutzung von grünem Wasserstoff anstelle von fossilen Brennstoffen würde sich entsprechend auswirken. Im Gegenteil würde der bei einer elektrolytischen Erzeugung von Wasserstoff eingesetzte Strom die Verbraucherbilanz negativ beeinflussen.

- **Bereitstellung der Tank-, Speicher- und Transportinfrastruktur für Wasserstoff**

Auch die Bereitstellung der Infrastruktur für Wasserstoff schlägt sich nicht in der Verbraucherbilanz nieder. Hier zählt nur die energetische Nutzung des Energieträgers.

- **Optimierung der Ressourcen- und Materialeffizienz sowie Materialkreisläufe**

Verbesserungen im Bereich der Ressourcen- und Materialeffizienz sowie bei Materialkreisläufen wirken sich in der energiebezogenen Verbraucherbilanz nicht aus. Nur im Fall einer direkten Beeinflussung des Energiebezugs erfolgt eine Auswirkung auf die Verursacherbilanz (siehe auch: Hebelmaßnahmen „Energetische Optimierung der Produktionsprozesse“ bzw. „Erhöhung der Abwärmenutzung“).

- **Errichtung eines nachhaltigen Kohlenstoffkreislaufs, inkl. CCU- Technologien**

Da die dem Klimaplan zugrunde liegende Verursacherbilanz nur auf die energiebezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen abstellt, hat die etwaige Errichtung eines nachhaltigen Kohlenstoffkreislaufs inkl. CCU Technologien im Rahmen dieser Bilanz keine Einsparung zur Folge. Im Gegenteil würde sich der für die CCU-Anlagen erforderliche Energieaufwand grundsätzlich steigernd auswirken.

# Weitere Hebelmaßnahmen ohne direkte Auswirkung auf die Verursacherbilanz (Fortsetzung)

- **Einsatz von Direct Air Capture und anderer Technologien zur Erzielung von Negativemissionen**

Die Verursacherbilanz stellt nur auf die energiebezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen ab, daher hat der Einsatz von Direct Air Capture und anderer Technologien zur Erzielung von Negativemissionen im Rahmen dieser Bilanz keine Einsparung zur Folge. Im Gegenteil würde sich der erforderliche Energieaufwand für die Direct Air Capture-Anlagen oder anderer Technologien zur Erzielung von Negativemissionen grundsätzlich steigend auswirken.

- **Errichtung von CO<sub>2</sub>-Transportinfrastrukturen**

Auch die etwaige Errichtung von Transportinfrastrukturen hat keinen Einfluss auf die energiebezogene Verursacherbilanz.

- **Einsatz von Carbon Direct Avoidance in industriellen Prozessen**

Bisher diskutierte Anwendungen von Carbon Direct Avoidance zielen auf den stofflichen Ersatz fossiler Einsatzstoffe, beispielsweise durch den Ersatz von Erdgas durch Wasserstoff im Rahmen des Reduktionsprozesses bei der Stahlerzeugung. Diese Emissionen sind bisher nicht von der Verursacherbilanz erfasst und somit führt die Anwendung dieser Technologien nicht zu einer Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen nach dieser Bilanzierungsmethodik

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2020

- Analyse des status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Identifizierung der maßgeblichen Branchen
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990
- Abgleich Szenario A

## Branchenbezogenes Zukunftsbild

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für die maßgeblichen Branchen
- Mögliche Veränderungen Produktionsumfang und Märkte
- Abgleich Szenario A

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Bereitstellung e-Fuels / H<sub>2</sub>
- Energiepolitische Instrumente
- Abgleich Szenario A

## Hebelmaßnahmen

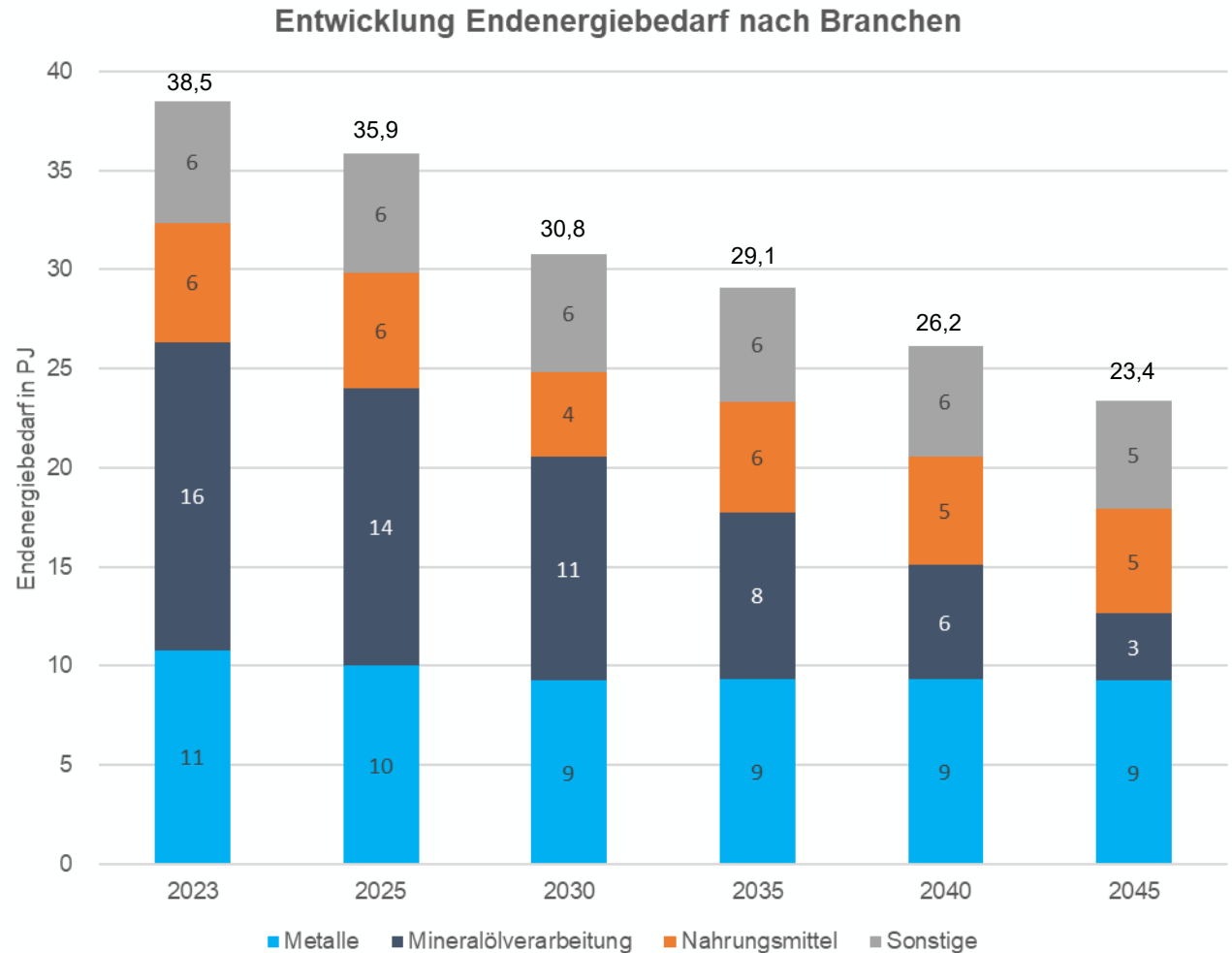
- Energetische Optimierung
- Abwärmennutzung (intern)
- Einsatz EE-Wärme
- Ausbau lokaler Wärmespeicher
- Einsatz EE-Strom (Eigenstrom)
- Elektrifizierung von Produktionsprozessen
- Umstellung auf Fernwärme
- Einsatz e-Fuels / H<sub>2</sub>

## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emission
- Zielwert 2030 / 2045
- Abgleich Szenario A

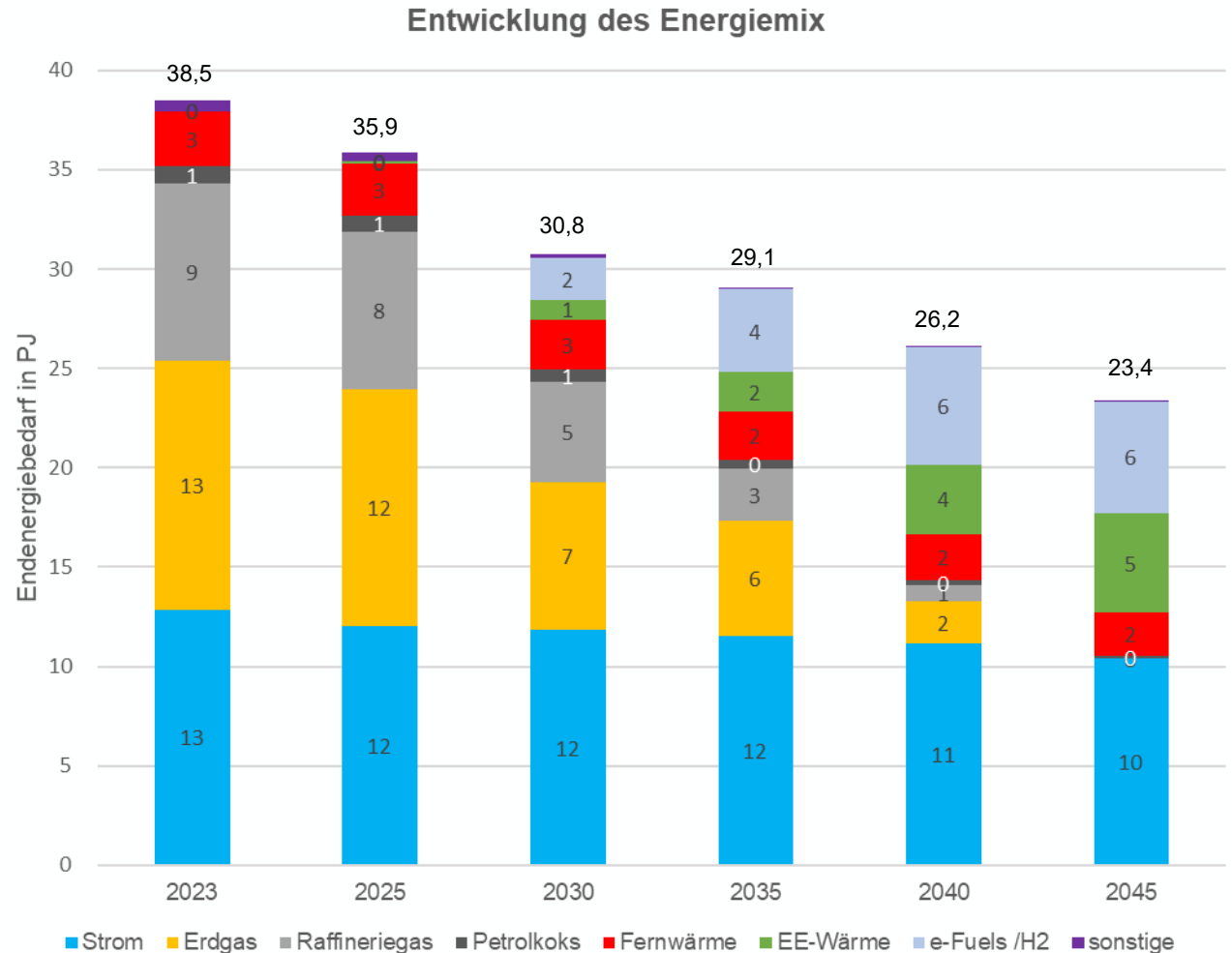
# Entwicklung des Endenergiebedarfs nach Branchen

- Der **Endenergiebedarf** des verarbeitenden Gewerbes in Hamburg **verringert** sich in **Szenario B** vom Bezugsjahr 2023 bis zum Jahr 2045 von 38,5 PJ auf **23,5 PJ**.
- Die **prozentuale Minderung** des Endenergiebedarfs im Jahr 2045 beträgt **39%** gegenüber dem Jahr 2023. Die Minderungsquote im Jahr 2030 beträgt 20%.
- In den **Minderungspfad** gehen ein:
  - Entwicklung der Produktionsmengen je Branche
  - Energetische Optimierung der Prozesse
  - Abwärmenutzung
  - Einsatz erneuerbaren Stroms (Eigenstrom)
- Der **größte Faktor** bei der Minderung des Gesamt-Endenergiebedarfs ist die zu erwartende Produktionsentwicklung im Bereich der **Mineralölverarbeitung**.



# Entwicklung des Energiemix

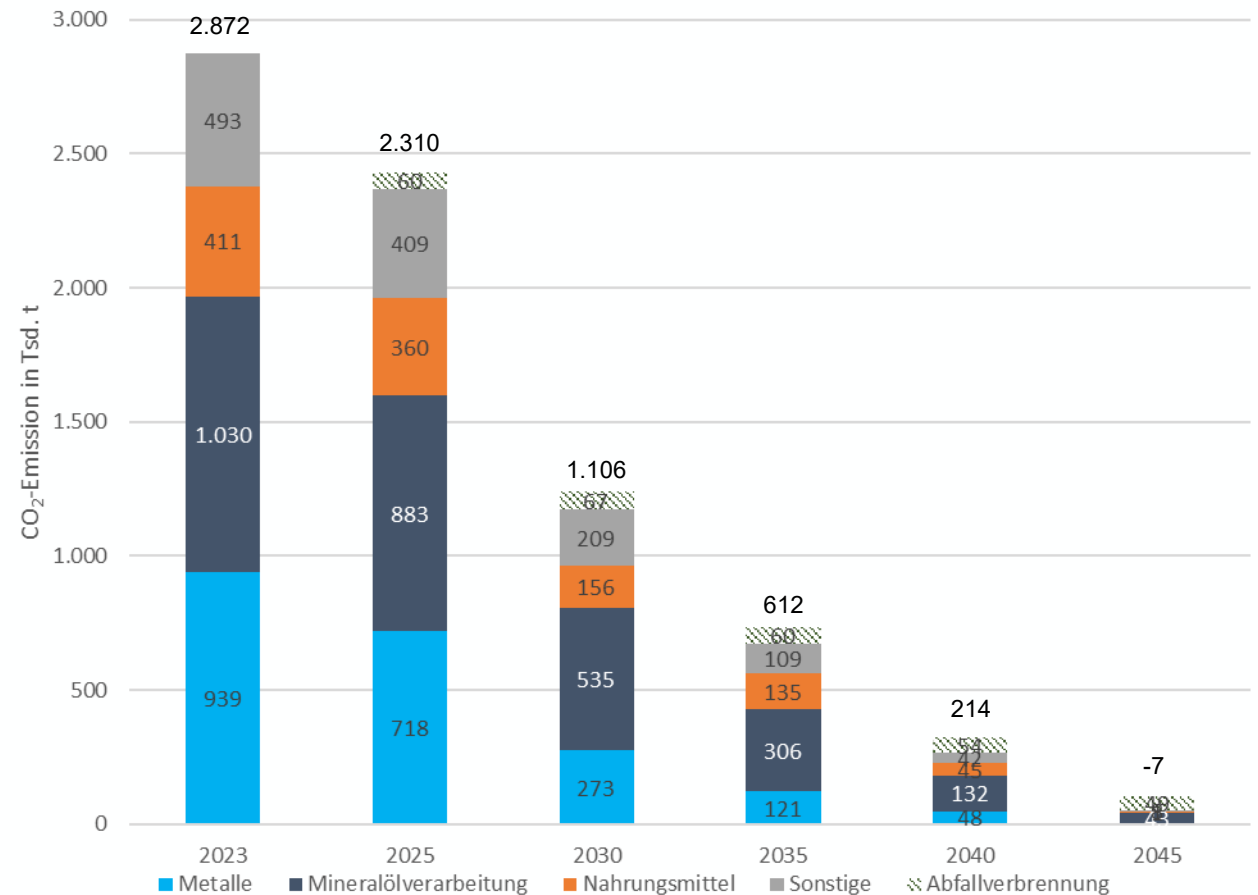
- Neben der Minderung des Endenergiebedarfs ist eine **deutliche Veränderung** im **Mix** der eingesetzten Energieträger zu erwarten.
- **Elektrischer Strom** ist in der Hamburger Industrie einer der **wichtigsten Energieträger**. Auch wenn der absolute Energiebedarf an Strom insgesamt abnimmt, wird sein **Anteil** am Energiemix künftig noch **weiter ausgebaut**.
- **Erdgas** ist derzeit ebenfalls ein wichtiger Energieträger. Seine Bedeutung nimmt jedoch künftig sukzessive stark ab.
- Auch die **raffinerietypischen Energieträger** wie Petrolkoks und Raffineriegas verlieren stark an Bedeutung.
- **Fernwärme** wird nicht ausgebaut, der Absatz sinkt geringfügig in den betroffenen Branchen.
- Es wird einen deutlichen **Zuwachs** geben bei der Integration von **Wärme** auf Basis **erneuerbarer Energien**.
- Ab etwa 2030 beginnt die **Nutzung von e-Fuels / Wasserstoff** für hochkalorische Anwendungen.



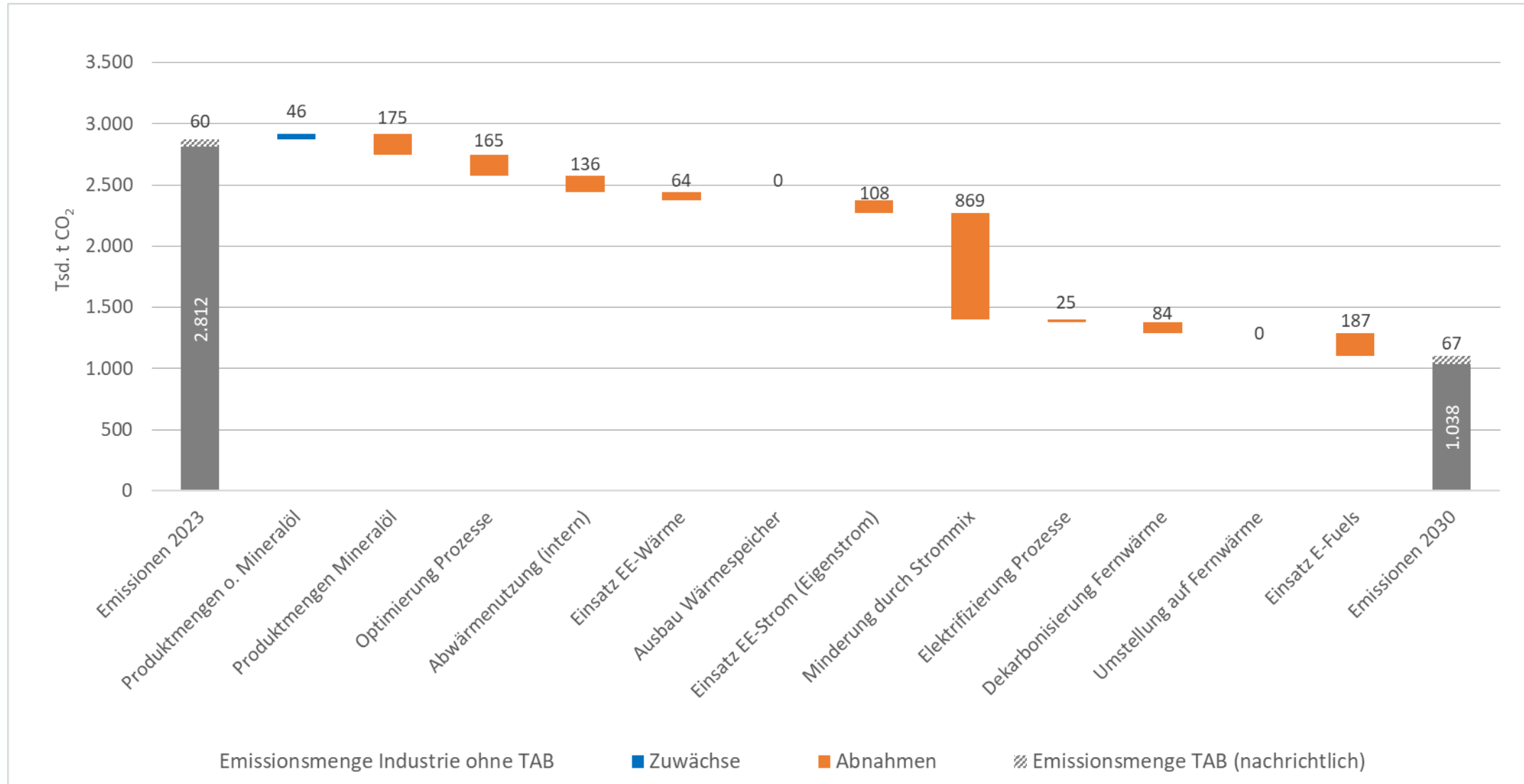
# Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

- Die **energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen** im Sektor der Industrie in Hamburg verringern sich nach dem Szenario von 2.872 Tsd. t im Jahr 2023 auf 1.106 Tsd. t in 2030 und -7 Tsd. t in 2045.
- Die **relative Einsparung** gegenüber dem Jahr 2023 beträgt 61% im Jahr 2030 und 99% im Jahr 2045.
- Im Diagramm nachrichtlich schraffiert dargestellt sind die Emissionen aus der **Abfallverbrennung** in der Fernwärme, die ab 2025 nicht in die Summenwerte mit eingehen, sondern in einem separaten Bereich Abfallwirtschaft bilanziert sind.
- Ursächlich** für die **hohen Einsparquoten** im Sektor Industrie gegenüber anderen Sektoren sind insbesondere
  - der hohe **Anteil an Strom** im Energiemix, der sich über den schnellen Ausbaupfad an erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung stark auswirkt
  - die strukturellen **Änderungen** in der Branche der **Mineralölverarbeitung**
  - die Minderungen der **Produktmengen** im Bereich der **Metallerzeugung**

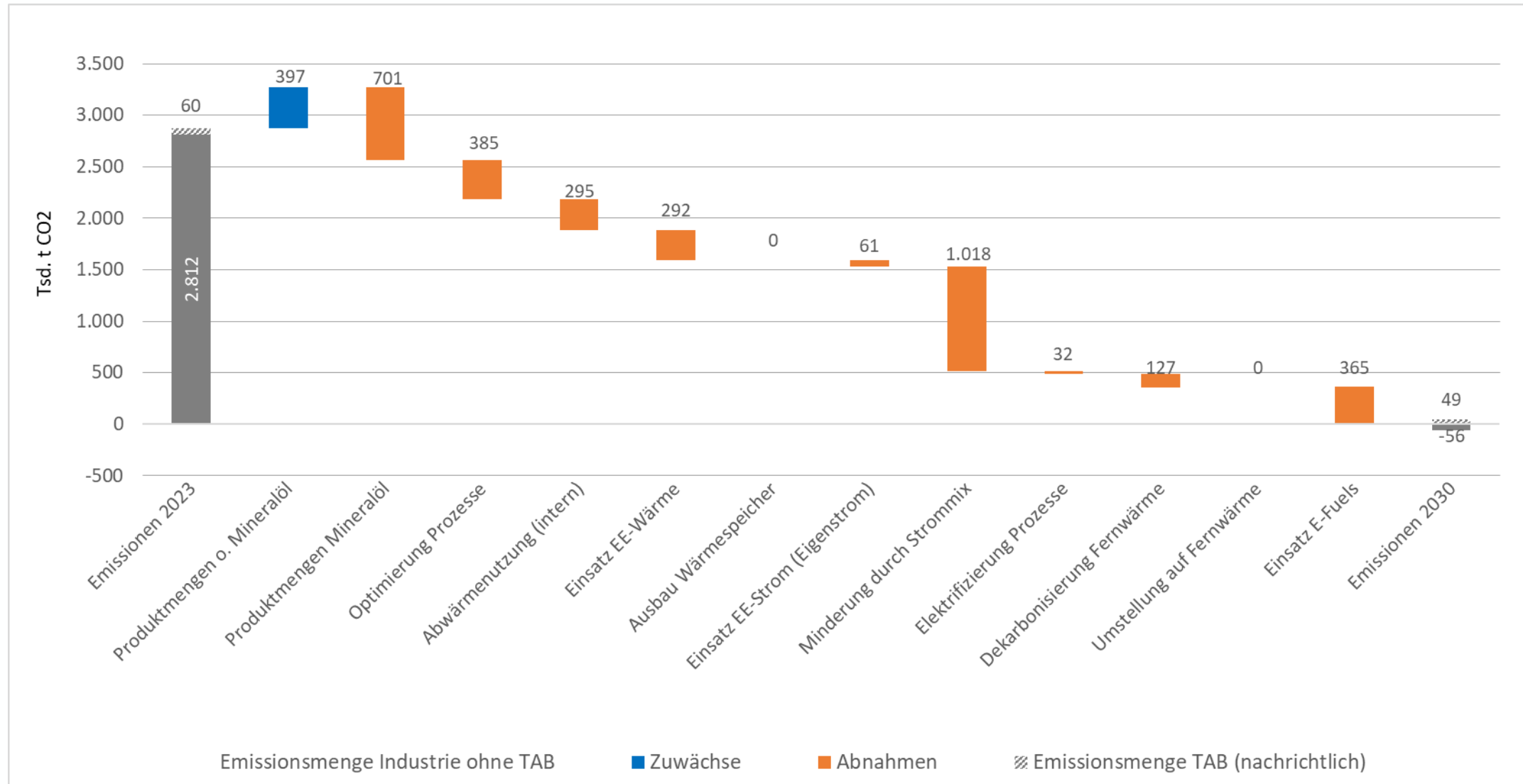
Entwicklung CO<sub>2</sub>-Emission nach Branchen



# Minderungspfad und Hebelmaßnahmen bis 2030



# Minderungspfad und Hebelmaßnahmen bis 2045



# Inhalt

Methodik und Datengrundlagen

Sektor Industrie

Sektor Private Haushalte

Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Sektor Verkehr

Bereich Abfallwirtschaft

Zusammenfassung

# Update: Wesentliche Änderungen zu Szenario B 2022

- Das vorliegende Klimaschutzzielszenario ist eine Aktualisierung des Szenarios B aus dem Jahr 2022. Die Kalibrierung des aktualisierten Szenarios erfolgt anhand der vorläufigen Energiebilanz des Statistikamtes Nord für das Jahr 2023. Die Einsparungen der Hebelmaßnahmen werden ab dem Jahr 2024 abgeschätzt.
- Im Gegensatz zum Szenario aus 2022 wurde auf Wunsch der BUKEA im Bereich der Wärmeversorgung der Wohngebäude der Klimateffekt berücksichtigt (Temperaturanstieg aufgrund des Klimawandels). Dieser führt zu einer Abnahme des Endenergiebedarfs für die Wärmeversorgung sowie zu einem verstärkten Bedarf an Klimatisierung.
- Gegenüber 2020 steigt der Endenergieverbrauch im Jahr 2021 um knapp 2%. In den beiden Folgejahren 2022 und 2023 sinkt er wieder. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Jahre 2020, 2022 und 2023 im Vergleich zum langjährigen Mittel (abgeleitet aus der Anzahl der Heizgradtage in Hamburg) deutlich wärmer waren, während das Jahr 2021 kälter war. In der Entwicklung des Endenergieverbrauchs spiegeln sich auch die Einsparmaßnahmen der Hamburger Privathaushalte als Reaktion auf den Gaspreisanstieg infolge des Krieges in der Ukraine wider. Eine Quantifizierung dieses Einzeleffektes ist jedoch nicht möglich.
- Für die Parametrisierung der zukünftigen Sanierungstätigkeit im Hamburger Wohngebäudebestand wurden in Abstimmung mit der BUKEA die Annahmen der BSW-Machbarkeitsstudie (Szenario 2) zugrunde gelegt.<sup>1)</sup> Im Vergleich zum Szenario B aus dem Jahr 2022 führt dies zu etwas geringeren Sanierungsraten und -tiefen.
- Gegenüber dem Szenario B aus dem Jahr 2022 wurden auch die Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme aktualisiert und insbesondere die Projektion bis 2030 leicht angepasst. Der zukünftige Emissionsfaktor für Fernwärme ergibt sich aus Zwischenergebnissen der Planungen für die netzgestützte Wärmeversorgung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung. Die Emissionen aus der Abfallverbrennung (konkret die Emissionen aus der Verbrennung der nicht biogenen Abfallfraktion) werden in einem neuen „(Teil-)Sektor Abfallwirtschaft“ bilanziert und nachfolgend nachrichtlich getrennt ausgewiesen.
- Im Ergebnis sinken die CO<sub>2</sub>-Emissionen im aktualisierten Klimaschutzzielszenario (Szenario B) auf ca. 1,1 Mio. t bis 2030 und ca. 0,3 Mio. t bis 2040 (ohne TAB-Emissionen). Im Szenario B aus dem Jahr 2022 lagen die entsprechenden Emissionswerte bei 1,4 (2030) bzw. 0,6 (2040) Mio. t (inkl. TAB-Emissionen). Die Differenzen resultieren vorwiegend aus der Umstellung des Emissionsfaktors der Fernwärme.

<sup>1)</sup> BSW (2023): Umsetzungsorientierte Machbarkeitsstudie zur Erreichung der Klimaschutzziele im Bereich der Wohngebäude in Hamburg

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des Status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Aufbau eines Mengengerüsts sowie Abgleich mit der vorl. Energiebilanz 2023
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Entwicklung eines Zukunftsbilds

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für den Bereich der Wohngebäude (dabei Berücksichtigung der aktuellen und angekündigten energiepolitischen Instrumente)
- Differenzierung zwischen Neubau und Gebäudebestand

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Energiepolitische Instrumente (v.a. Instrumente des Bundes)

## Hebelmaßnahmen

- Energiesparender Neubau
- Sanierungsrate
- Sanierungstiefe
- Energiesparendes Verhalten
- Optimierung Anlagentechnik
- Erneuerbare Wärme dezentral
- Ausbau Anteil Wärmenetze
- Dekarbonisierung Wärmenetze
- Dekarbonisierung Bundesstrommix

## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des Status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Aufbau eines Mengengerüsts sowie Abgleich mit der vorl. Energiebilanz 2023
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Entwicklung eines Zukunftsbilds

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für den Bereich der Wohngebäude (dabei Berücksichtigung der aktuellen und angekündigten energiepolitischen Instrumente)
- Differenzierung zwischen Neubau und Gebäudebestand

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Energiepolitische Instrumente (v.a. Instrumente des Bundes)

## Hebelmaßnahmen

- Energiesparender Neubau
- Sanierungsrate
- Sanierungstiefe
- Energiesparendes Verhalten
- Optimierung Anlagentechnik
- Erneuerbare Wärme dezentral
- Ausbau Anteil Wärmenetze
- Dekarbonisierung Wärmenetze
- Dekarbonisierung Bundesstrommix

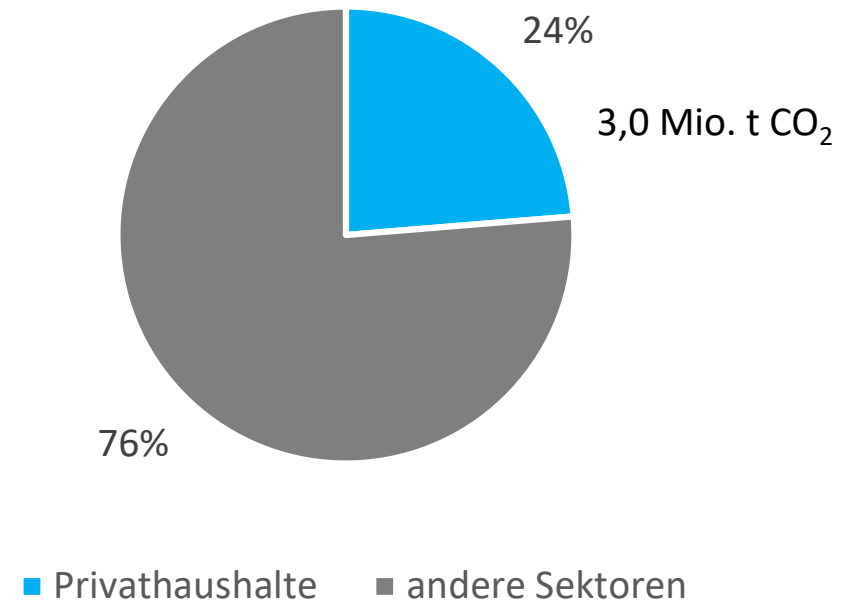
## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

# Bedeutung des Sektors Privathaushalte für den Klimaplan

- Der durch die Privathaushalte in Hamburg induzierte Endenergieverbrauch lag im Jahr 2023 bei rund 40 PJ und damit bei einem Anteil von rund 26% am Gesamtverbrauch.
- Die darauf basierenden energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Privathaushalte in Hamburg betragen im Jahr 2023 etwa 3,0 Mio. t. Das entspricht einem Anteil am Gesamtausstoß von rund 24%.
- Diese Zahlen basieren auf der Verursacherbilanz des Statistikamts Hamburg, die im Hamburger Klimaschutzgesetz als anzuwendende Methodik festgeschrieben ist.
- Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Privathaushalte umfassen hauptsächlich die thermische Konditionierung (Raumwärme und Warmwasser) der Wohngebäude sowie den gesamten Stromverbrauch (z.B. zum Betrieb von Haushaltsgeräten).
- Strom- und Fernwärmeverbräuche der Privathaushalte, die in der Quellbilanz im Umwandlungssektor bilanziert werden, werden in der Verursacherbilanz den Privathaushalte zugeordnet.

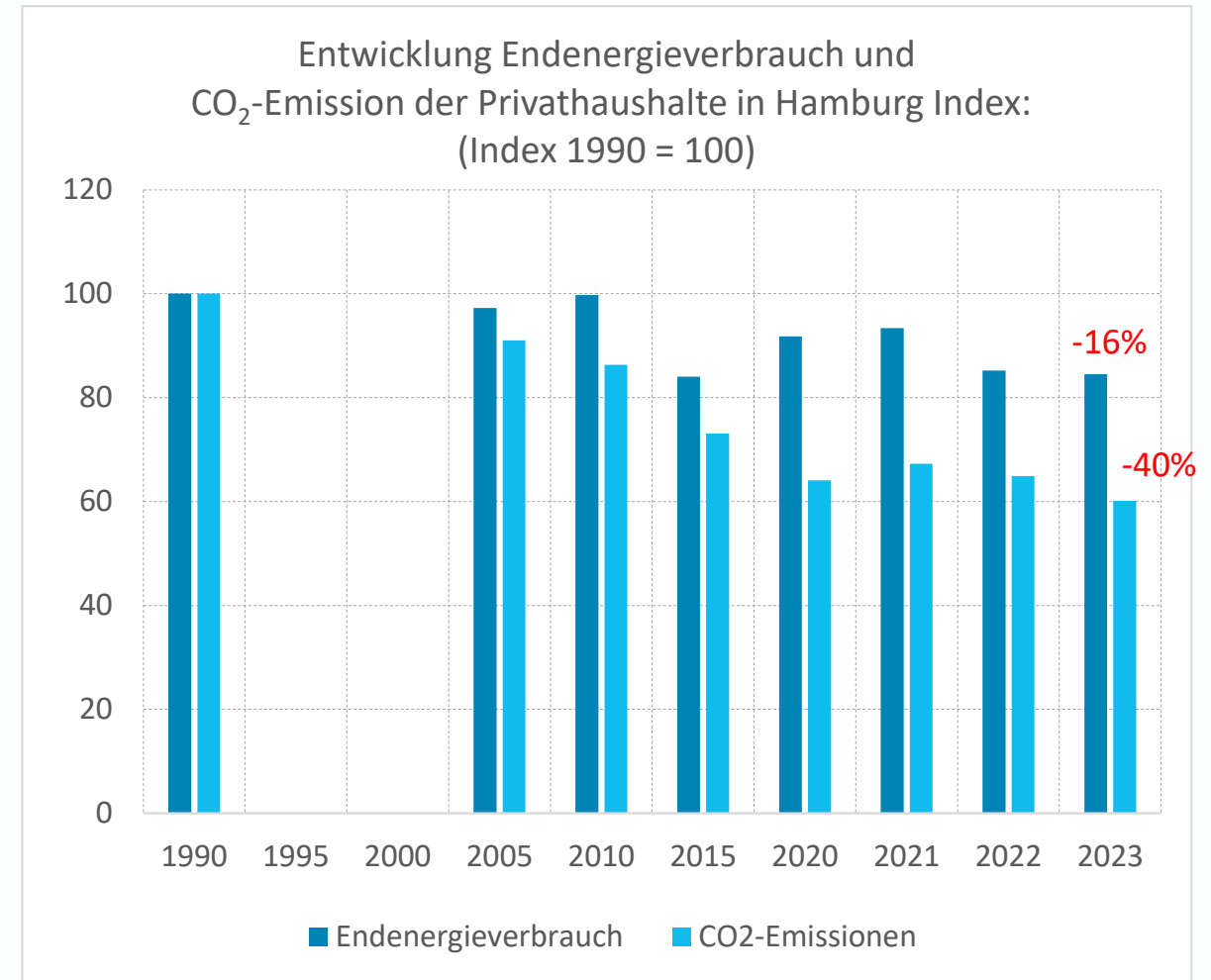
Anteil Sektor PHH an den CO<sub>2</sub>-Emissionen Hamburgs im Jahr 2023



Datenquelle: Vorl. Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz (Verursacherbilanz) des Statistikamt Nord 2023 (Stand 01/2025)

# Relative Entwicklung Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen

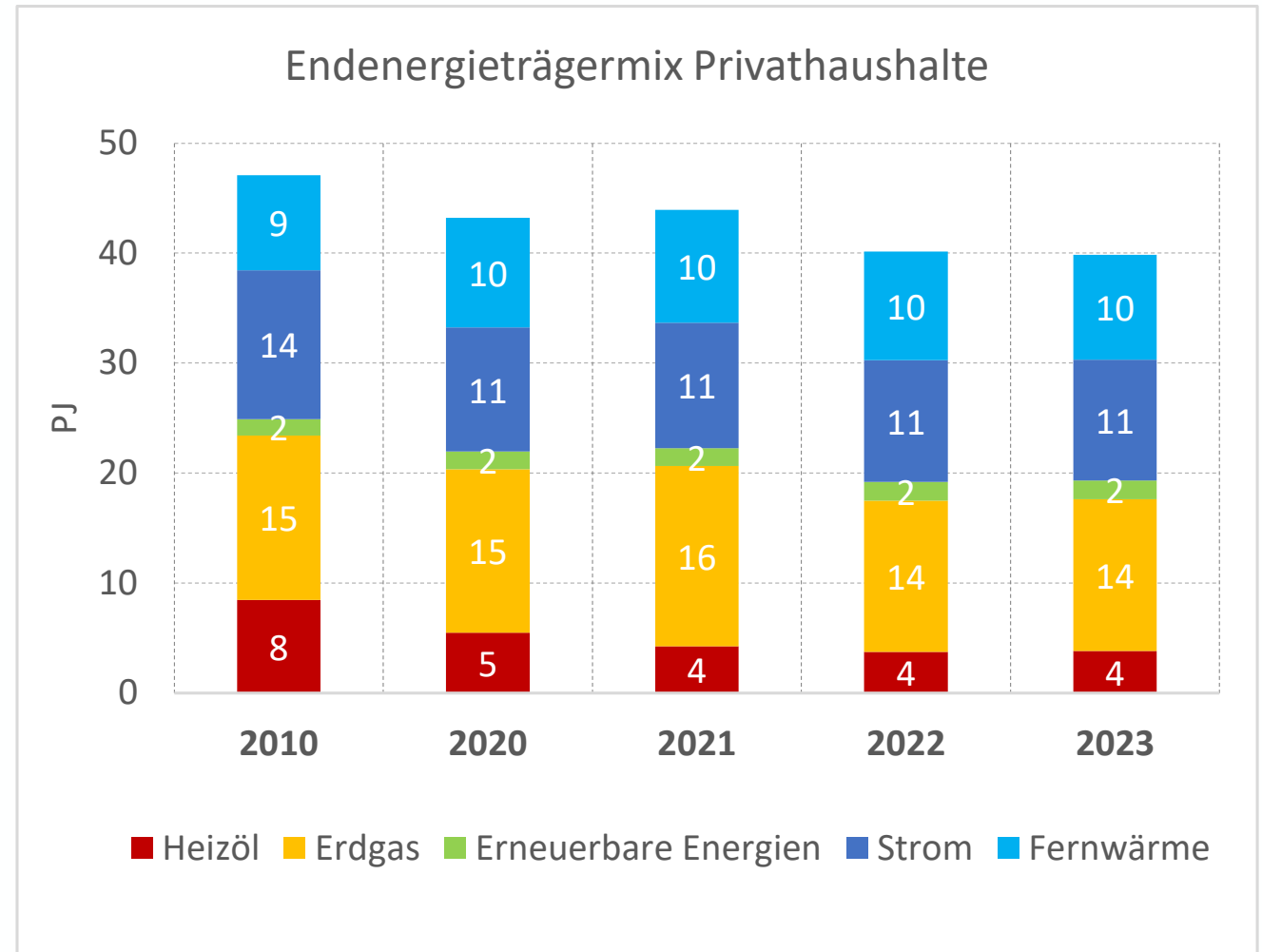
- Gegenüber dem Referenzjahr 1990 sank der Endenergieverbrauch bis 2023 um rund 16%. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sanken mit rund 40% hingegen deutlich stärker.
- Einsparenerfolgen durch die energetische Sanierung von Wohngebäuden steht eine Zunahme der beheizten Wohnfläche gegenüber. Die Wohnfläche in Hamburg wuchs zwischen 2015 und 2022 um rund 5,4 Mio. m<sup>2</sup> und damit um 7,1% an. Im gleichen Zeitraum wuchs die Bevölkerung um rund 104 Tausend Einwohner mit entsprechenden Wirkungen auf den Warmwasserverbrauch.
- Während in den letzten 15 Jahren die CO<sub>2</sub>-Emission kontinuierlich gesunken sind, stieg der Endenergieverbrauch zwischen 2015 und 2021 wieder an. In den letzten beiden Jahren sank er wieder. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Jahre 2020, 2022 und 2023 gegenüber dem langjährigen Mittel deutlich wärmer, das Jahr 2021 hingegen kälter waren (abgeleitet aus der Anzahl an Heizgradtagen in Hamburg).
- Die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen resultiert neben den Einsparungen aus der Gebäudesanierung und dem Einsatz effizienterer Heizungstechnik aus einem deutlichen Rückgang der Verbräuche an Heizöl und Strom sowie dem steigenden EE-Anteil an der Stromerzeugung.



Datenquelle: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen (Verursacherbilanzen) des Statistikamt Nord 1990 - 2023

# Entwicklung des Endenergeträgermixes in der Gebäudewärme

- Der Endenergieverbrauch der Hamburger Privathaushalte wurde in 2023 durch Erdgas (34%), Strom (27%) und Fernwärme (24%) dominiert. Im Vergleich zu 2010 sanken insbesondere der Strom- und Heizölverbrauch.
- Die Verursacherbilanz Hamburgs nimmt keine Differenzierung der Energieverbräuche nach Anwendungen vor. Nach der Anwendungsbilanz der AG Energiebilanzen für Gesamtdeutschland gehen der Fernwärme- und Heizölverbrauch komplett und der Erdgasverbrauch zu 99,5% in die Gebäudewärme (die verbleibenden 0,5% Erdgasverbrauch werden zum Kochen verwendet).<sup>1)</sup> Beim Strom liegt der Anteil der Gebäudewärme bei rund 17%.



<sup>1)</sup> AEGB (2023): Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland

Datenquelle: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen (Verursacherbilanzen) des Statistikamt Nord 2010, 2020-2023 (Stand 01/2025)

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des Status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Aufbau eines Mengengerüsts sowie Abgleich mit der vorl. Energiebilanz 2023
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Entwicklung eines Zukunftsbilds

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für den Bereich der Wohngebäude (dabei Berücksichtigung der aktuellen und angekündigten energiepolitischen Instrumente)
- Differenzierung zwischen Neubau und Gebäudebestand

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Energiepolitische Instrumente (v.a. Instrumente des Bundes)

## Hebelmaßnahmen

- Energiesparender Neubau
- Sanierungsrate
- Sanierungstiefe
- Energiesparendes Verhalten
- Optimierung Anlagentechnik
- Erneuerbare Wärme dezentral
- Ausbau Anteil Wärmenetze
- Dekarbonisierung Wärmenetze
- Dekarbonisierung Bundesstrommix

## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

# Zielbild

## Methodisches Vorgehen

- Aktualisierung des Szenario B aus 2022 im Hinblick auf geänderte Grundannahmen z.B. zum regulatorischen Umfeld sowie Politikinstrumenten auf Bundes- und EU-Ebene sowie zur Sanierungsaktivität der GebäudeeigentümerInnen.
- Grundlage: Mengengerüst für den Hamburger Wohngebäudebestand sowie für den Stromverbrauch der Privathaushalte, beides kalibriert auf die Werte der vorl. Energiebilanz Hamburgs in 2023<sup>1)</sup> sowie Daten aus der Zensusdatenbank des statistischen Bundesamtes
- Datengrundlage
  - Gebäudedaten aus dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) + veröffentlichtes Datengerüst der BSW Machbarkeitsstudie<sup>2)</sup>; Ausgangspunkt ist für 2020 eine Gesamtwohnfläche von rund 75,7 Mio m<sup>2</sup> (inkl. Wohnfläche in NWG).
  - Weitere Datengrundlagen sind die Anwendungsbilanz auf Bundesebene<sup>3)</sup>, die Bautätigkeitsstatistik des Statistischen Bundesamts, die Bevölkerungsprognose von Statistik Nord sowie die Studie Ecofys (2018) „Optionen und Instrumente der Freien und Hansestadt Hamburg zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudesektor“<sup>4)</sup>
- Jahresscharfe Fortschreibung des Wohngebäudebestandes unter Einbezug verschiedener Aktivitätsgrößen (Sanierungsaktivität, Sanierungsstandards, Umstellungsraten bei den Heizungstechnologien, Einsparungen durch Verhaltensänderungen und Anlagenoptimierung usw.); dabei auch Abschätzung des Mehrverbrauchs durch Neubau sowie Anwachsen der Stromnachfrage (infolge des Bevölkerungswachstums)
- Im Gegensatz zum Szenario aus 2022 wurde auf Wunsch der BUKEA im Bereich der Wärmeversorgung der Wohngebäude der Klimaeffekt berücksichtigt (Temperaturanstieg aufgrund des Klimawandels). Dieser führt zu einer Abnahme des Endenergiebedarfs für die Wärmeversorgung sowie zu einem verstärkten Bedarf an Klimatisierung.

<sup>1)</sup> Statistik Nord: vorl. Energiebilanz Hamburgs in 2023 (Stand 01/2025)

<sup>2)</sup> BSW (2023): Umsetzungsorientierte Machbarkeitsstudie zur Erreichung der Klimaschutzziele im Bereich der Wohngebäude in Hamburg

<sup>3)</sup> AGEB (2023): Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz

<sup>4)</sup> Ecofys (2019): Optionen und Instrumente der Freien und Hansestadt Hamburg zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudesektor

# Zielbild

Das Zielbild für die Privathaushalte lässt sich durch folgende Entwicklungen und Eigenschaften charakterisieren:

- Neue Gebäude erfüllen ambitionierte Effizienzstandards während die Gebäudewärme ohne fossile Brennstoffe erzeugt wird. Bestehende Gebäude werden – im Sinne von „worst first“ – beginnend mit den ineffizientesten Gebäuden sukzessive energetisch modernisiert. In Anlehnung an die Machbarkeitsstudie der BSW (Szenario 2) ist der Leitstandard für Vollsanierungen zunächst der EH-100-Standard, später der EH-70-Standard. Neben der Reduktion des Energieverbrauchs dient die Hüllflächensanierung auch dazu, Gebäude fit zu machen für einen effizienten Einsatz von Wärmepumpen.
- Weitere Einsparpotenziale werden durch energiesparendes Verhalten sowie die Optimierung der Anlagentechnik erschlossen.
- Schlüsseltechnologie der dezentralen Wärmeversorgung ist die Wärmepumpe. Biomasse und Solarthermie liefern ebenfalls kleinere Beiträge. Der Einsatz von Holz erfolgt dabei insbesondere in effizienten Anwendungen (z.B. Pelletkessel) und in den Gebäudesegmenten, für die keine alternativen erneuerbaren Wärmetechnologien zur Verfügung stehen und auch der Anschluss an ein Wärmenetz nicht möglich ist (z.B. denkmalgeschützte Gebäude außerhalb der Eignungsgebiete für Wärmenetze).
- Die Wärmeversorgung über Wärmenetze wird deutlich ausgebaut. Hierfür werden deutlich mehr Gebäude an Wärmenetze angeschlossen. Dies erfolgt durch eine Verdichtung der Anschlussrate in bestehenden Wärmenetzgebieten sowie die Ausweitung dieser. Gleichzeitig findet eine Dekarbonisierung der netzgestützten Wärmeerzeugung statt, um die Abnehmer mit klimafreundlicher Wärme zu versorgen.
- Wasserstoff oder andere strombasierte Brennstoffe spielen in der dezentralen Wärmeversorgung weder mittel- noch langfristig eine spürbare Rolle. Die begrenzte Verfügbarkeit macht es erforderlich, Wasserstoff vorzugsweise in der Industrie, im Verkehrssektor und in der Energiewirtschaft einzusetzen. Daraus folgt auch die Notwendigkeit, die heutigen Gasverteilnetze sukzessive stillzulegen. Hierfür entwickelt die Bundesregierung den entsprechenden Regulierungsrahmen.
- Der Pro-Kopf-Stromverbrauch für den Betrieb von Haushaltsgeräten, IKT, Unterhaltungselektronik, Heizungspumpen usw. nimmt durch den Einsatz effizienterer Geräte ab. Diese Reduktion wird allerdings gedämpft durch höhere Ausstattungsraten. Ferner steigt der Stromverbrauch infolge eines höheren Klimatisierungsbedarf.

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des Status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Aufbau eines Mengengerüsts sowie Abgleich mit der vorl. Energiebilanz 2023
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Entwicklung eines Zukunftsbilds

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für den Bereich der Wohngebäude (dabei Berücksichtigung der aktuellen und angekündigten energiepolitischen Instrumente)
- Differenzierung zwischen Neubau und Gebäudebestand

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Energiepolitische Instrumente (v.a. Instrumente des Bundes)

## Hebelmaßnahmen

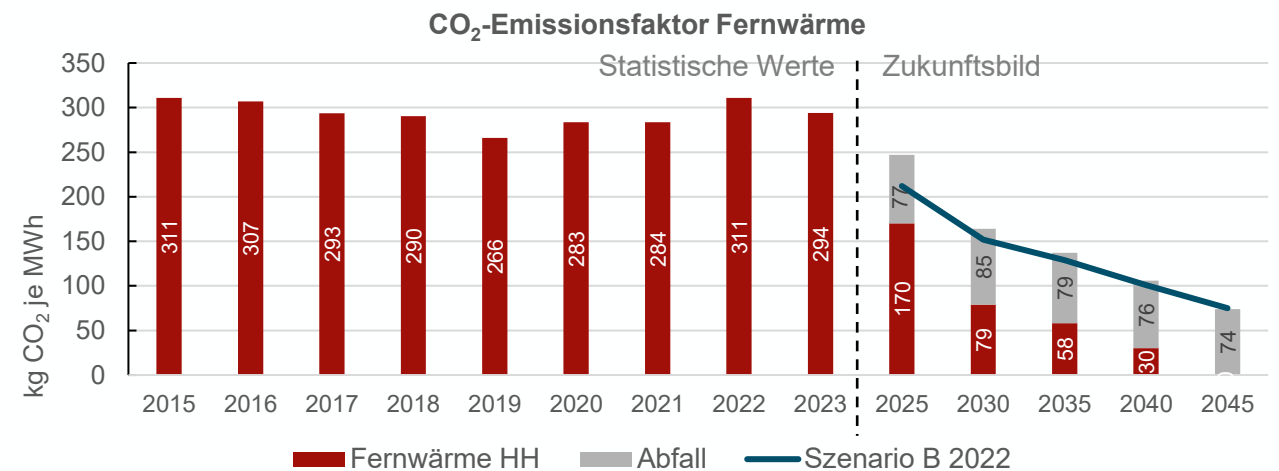
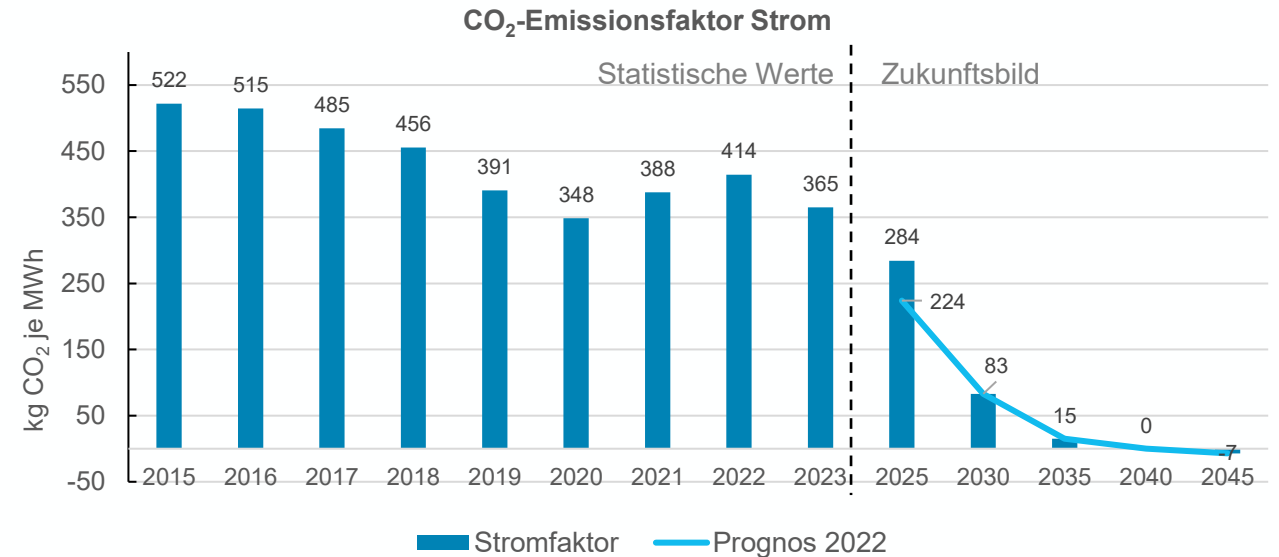
- Energiesparender Neubau
- Sanierungsrate
- Sanierungstiefe
- Energiesparendes Verhalten
- Optimierung Anlagentechnik
- Erneuerbare Wärme dezentral
- Ausbau Anteil Wärmenetze
- Dekarbonisierung Wärmenetze
- Dekarbonisierung Bundesstrommix

## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

# Exogene Stellschrauben und Emissionsfaktoren

- Eine wichtige Stellschraube für den CO<sub>2</sub>-Minderungspfad bei den Hamburger Privathaushalten ist der **Emissionsfaktor für den Strombezug**. Dieser basiert auf den bundesweit in Betrieb befindlichen Erzeugungsanlagen.
- Der künftige **Emissionsfaktor Fernwärme** ergibt sich aus Zwischenergebnissen der Planungen für die Fernwärmeversorgung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung. Ab dem Jahr 2025 sind hier die Emissionen aus der Abfallverbrennung nachrichtlich getrennt ausgewiesen.
- Die **Emissionsfaktoren anderer Energieträger** basieren auf der vom Umweltbundesamt herausgegebenen Veröffentlichung "CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktorenliste 1990-2022", die auch das Statistikamt Hamburg verwendet.
- Im Gegensatz zum Szenario aus 2022 wurde auf Wunsch der BUKEA im Bereich der Wärmeversorgung der Wohngebäude der Klimateffekt berücksichtigt (Temperaturanstieg aufgrund des Klimawandels). Dies schlägt sich in einer Reduktion der Gradtagszahl von rund 12% zwischen den Jahren 2022 und 2045 nieder.



Datenquellen: Stromfaktor: Prognos AG, eigene Berechnungen; Fernwärmefaktor: BUKEA Hamburg, eigene Berechnungen; Klimateffekt: BBR/DWD

# Energiepolitische Instrumente

- Bei Szenario B handelt es sich um ein normatives Zielszenario. Die Zielerreichung setzt eine entsprechende politische Instrumentierung voraus. Zum Gelingen der Wärmewende sind insbesondere die Instrumente auf Ebene des Bundes relevant. Diese müssen durch spezifische Hamburger Instrumente unterstützt bzw. in ihrer Wirkung verstärkt werden.
- Instrumente zum Ausbau der Wärmenetzinfrastruktur, zur Erhöhung der Anschlussdichte (z.B. Senkung der Anschlusshürden für Wärmenetze bei Mietgebäuden) und zur Dekarbonisierung der netzgestützten Wärmeversorgung (z.B. Bundesförderung effiziente Wärmenetze) werden in diesem Abschnitt nicht explizit betrachtet. Aus Sicht der Verursacherbilanz geht die Fernwärme für den Sektor der Privathaushalte vielmehr in Form des Generalfaktors Fernwärme (= Emissionsfaktor Fernwärme) ein. Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass die Dekarbonisierung des Strommixes in der Form voranschreitet, dass – entsprechend dem EEG-Ziel – bis 2030 der EE-Anteil am Bruttostromverbrauch auf 80% ansteigt und in 2040 bei 100% liegt. Dies ist erforderlich, um die Emissionen aus dem Stromverbrauch, der aus dem starken Hochlauf an Wärmepumpen resultiert, einzudämmen. Dabei ist aber auch zu berücksichtigen, dass durch den sukzessiven Austausch von Nachtspeicherheizungen und elektrischer Warmwasserboiler Stromverbrauch wegfällt.
- Die zügige Umsetzung der Wärmewende wird durch den bestehenden Fachkräftemangel gehemmt. Es wird unterstellt, dass der Bund durch eine umfangreiche Fachkräfteoffensive ausreichend Installateure, Dachdecker, Elektriker, Stuckateure, Fensterbauer, Planer usw. mobilisiert, um den auch in Hamburg bestehenden Flaschenhals aufzulösen. Gleiches gilt für die personelle Ausstattung in den Verwaltungseinheiten. Denn auch hier wächst infolge zusätzlicher Planungs- und Vollzugsaufgaben der Personalbedarf.
- Gleichzeitig wird unterstellt, dass der Bund seine Anstrengungen im Bereich des seriellen Sanierens deutlich ausweitet (insbesondere zur Erhöhung des Industrialisierungsgrades). Mit den von der dena koordinierten Aktivitäten zur Umsetzung des seriellen Sanierens werden bereits erste Pilotprojekte realisiert und zahlreiche Vernetzungsaktivitäten zur Bündelung von Nachfrage und zur Entwicklung von Lösungen umgesetzt. Ziel der Aktivitäten ist es, einfachere, schnellere und wirtschaftlichere Lösungen für ambitionierte energetische Sanierungen zu entwickeln, um eine Steigerung der seit vielen Jahren stagnierenden Sanierungsrate zu erreichen. Durch die Verwendung von industriell vorgefertigten Bauteilen kann zudem dem derzeit bestehenden Fachkräftemangel begegnet werden.

# Energiepolitische Instrumente auf Bundesebene

- Die scheidende Ampelkoalition hat eine Reihe von Maßnahmen beschlossen, insbesondere die Novellierung des Gebäudeenergiegesetzes (u.a. 65% Anforderung für erneuerbare Wärmeerzeuger), das Wärmeplanungsgesetz (WPG) sowie Änderungen an der Bundesförderung effizienter Gebäude (BEG). Diese politischen Instrumente bilden die Grundlage für das überarbeitete Szenario B. Mit Blick auf das Zielszenario werden bestehende Lücken im Instrumentarium durch eigene Instrumentenvorschläge sowie weitere Modifikationen bestehender Instrumente geschlossen. Insgesamt werden für das überarbeitete Szenario B folgende Instrumente angenommen:

Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) und steuerliche Förderung

Änderungen bei den Fördertatbeständen sowie Förderkonditionen bei der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) sowie der steuerlichen Förderung

- Neubewertung des Verhältnisses „Fordern/Fördern“: Das Verhältnis zwischen Fordern und Fördern wird so geregelt, dass es zukünftig prinzipiell zulässig ist, Sanierungsmaßnahmen, die aus dem Ordnungsrecht folgen, zu fördern.
- Sofortiger Stopp der Neubauförderung; Umschichtung der freiwerdenden Fördermittel in die Sanierungs-förderung sowie deutliche Verbesserung der Förderkonditionen für ambitionierte EH-Standards
- Einzelmaßnahmenförderung: Sofortiger Stopp der Förderung aller Hybridanlagen (wenn anteilig auf Basis fossiler Brennstoffe), EE-ready sowie H2-ready Heizanlagen
- Ausschleichen der Förderung für Holzheizungen
- Förderprogramme enthalten stets ausreichend Budget, um alle Förderanträge zu bedienen -> Planungssicherheit auf Seiten der Investoren (Gebäudeeigentümer)
- Stärkere Orientierung des Förderregimes nach sozialen Kriterien
- Verbesserung der Förderkonditionen bei der steuerlichen Förderung

# Energiepolitische Instrumente auf Bundesebene

## Gebäudeenergiegesetz (GEG)

- Umsetzung der 65%-Anforderung: Ab 01.07.2026 gilt beim Tausch der Heizanlage eine Nutzungspflicht für EE-Wärme in Höhe von mind. 65%; restriktive Ausgestaltung im Hinblick auf die Zulässigkeit von Biomasse; Anforderung durch Anschluss an ein Wärmenetz erfüllbar
- Einführung von Mindesteffizienzstandards (MEPS) für Nichtwohngebäude (inkl. öffentliche Gebäude) entsprechend der novellierten EU-Gebäuderichtlinie; Ausweitung der MEPS-Anforderung auf den Bereich der Wohngebäude
- GEG-Bauteilanforderungen für Bestandssanierungen orientieren sich an Mindestanforderungen der Einzelmaßnahmenförderung in der Bundesförderung Effiziente Gebäude (BEG-EM); Streichen der Ausnahmetatbestände bei den bedingten Sanierungsanforderungen (z.B. Ausweitung auf Gebäude mit Baujahr ab 1984) und Nachrüstpflichten (z.B. Dämmung der obersten Geschoßdecke)
- Einbezug von NT- und BW-Kesseln in die Nachrüstpflichten für alte Heizkessel + Ausweitung der Nachrüstpflicht auch auf Kessel in allen EZFH; Reduktion des Höchstalters fossiler Heizkessel auf 25 Jahre

# Energiepolitische Instrumente auf Bundesebene

BEHG (CO <sub>2</sub> -Bepreisung) sowie Verteilung im Mietgebäudesektor	Ambitionierter Preispfad beim CO <sub>2</sub> -Preis auf fossile Brennstoffe Verteilung der aus der CO <sub>2</sub> -Bepreisung resultierenden Kostenbelastung zwischen Vermieter und Mieter in Abhängigkeit vom Effizienzstandard eines Gebäudes analog dem Kohlendioxidkostenaufteilungsgesetz (CO <sub>2</sub> KostAufG)
Reform der Steuern, Abgaben, Umlagen bei den Energiepreisen	WP-Tarife. Es wird angenommen, dass Stromanbieter für den Betrieb von Wärmepumpen dauerhaft vergünstigte Wärmepumpen-Tarife anbieten
Wärmepumpen-Offensive	Zusätzliche Aktivitäten für den Einsatz von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden (gezielter Einsatz von WP in MFH, Verkürzung der Installationszeiten, Einsatz natürlicher Kältemittel, Monitoringanforderungen); ggf. auch andere Förderkonzepte wie Großausschreibungen usw.; weitere Unterstützung eines zügigen Markthochlaufs
Kommunale Wärmeplanung	Entwicklung und pol. Beschluss eines Kommunalen Wärmeplans bis spätestens 30.06.2026 gem. WPG
Warmmietenmodell	Einführung eines Warmmietenmodells, im Rahmen dessen (unter Einbezug finanzieller Förderung des Staates) sichergestellt wird, dass Vermieter ausreichend hohe Anreize für die Gebäudesanierung erhalten und aus Perspektive der Mieter gleichzeitig Warmmietneutralität gewährleistet ist (dafür wird die Modernisierungsumlage abgeschafft).
Sanierungsfahrplan (iSFP)	Ausweitung der Auslösetatbestände für den iSFP (z.B. Verpflichtung zur Ausstellung eines iSFP bei Eigentumsübertrag und/oder Neuvermietung)

# Energiepolitische Instrumente: Die Rolle Hamburger Energiepolitik

- Hamburg setzte eine Vielzahl von Instrumenten um, um vor allem die Wärmewende in den Gebäuden voranzubringen. Hierzu gehören zum Beispiel die im Klimaschutzgesetz verankerte Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien bei der Wärmeversorgung, die Wärme- und Kälteplanung, die Rahmensetzung für die Dekarbonisierung der netzgestützten Wärmeversorgung; des Weiteren die Sanierungsförderung durch die IFB, Beratungsangebote in Form von EnergieChecks oder durch Energielotsen u.v.m.
- Besonders hervorzuheben ist die Kommunale Wärmeplanung. Aufgrund der Kleinteiligkeit und Heterogenität des Gebäudesektors kann die Sektortransformation nur gelingen, wenn die vielen Tausend individuellen Investitionsentscheidungen koordiniert getroffen werden. Grundvoraussetzung hierfür ist eine Orientierung darüber, welche Wärmeversorgung für ein Gebäude bzw. Quartier aus der übergreifenden Dekarbonisierungsperspektive die sinnvollste darstellt (und was dies für die versorgenden Infrastrukturen wie Gasverteiler- Stromverteiler- und Wärmenetze bedeutet). Die Kommunale Wärmeplanung zielt darauf ab, diese Orientierung zu geben. Gemäß Wärmeplanungsgesetz muss der Wärmeplan für Hamburg spätestens zum 30.06.2026 vorliegen.
- In dem Zusammenspiel der verschiedenen Kompetenzebenen EU, Bund, Land, Kommune sind die Interventionsmöglichkeiten eines Bundeslandes wie Hamburg für einige Handlungsfelder durchaus beschränkt. Dies gilt z.B. für das Setzen von energetischen Mindestanforderungen an Neubau und Gebäudebestand. Mit Einführung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) wurde die im Geltungsbereich der EnEV noch geltende Länderöffnungsklausel, die es Bundesländern ermöglichte, schärfere Anforderungen zu stellen, ersatzlos gestrichen. Umso bedeutender wird es, dass sich Hamburg auf Bundesebene aktiv für eine ambitionierte Weiterentwicklung der ordnungsrechtlichen Vorgaben sowie der Förderkulisse einsetzt. Bei Letzterer geht es vor allem um eine auskömmliche Ausstattung sowie die Orientierung an sozialen Kriterien.
- Gleichwohl sind Instrumente Hamburgs für die Zielerreichung unverzichtbar. Dies gilt insbesondere für den auf Landesebene verankerten Vollzug des Gebäudeenergierechts. Regelungen wie die 65%-Anforderung, Mindestenergieeffizienzstandards und verschärfte Sanierungsanforderungen werden ihre volle Wirkung nur dann entfalten, wenn sie durch die zuständigen Behörden kontrolliert werden. Hierzu ist es notwendig, die für die Fachaufsicht zuständigen Behörden personell und mit technischer Kompetenz so auszustatten, dass ein engmaschiger Vollzug sichergestellt werden kann.

# Energiepolitische Instrumente: Die Rolle Hamburger Energiepolitik

- Ein Großteil der Förderung für die Gebäudewende kommt ebenfalls aus Förderprogrammen des Bundes. So lag der Anteil der Zusagen für Hamburger Wohngebäude in der BEG-Heizungsförderung im Zeitraum 03-12/2024 deutlich unter dem Anteil der Hamburger Wohngebäude an allen Wohngebäuden in Deutschland<sup>1)</sup>. Hier besteht eine Aufgabe der Stadt, durch Information und weitere Unterstützungsangebote die Hamburger GebäudeeigentümerInnen anzuregen, einen möglichst größeren Anteil der Fördergelder nach Hamburg zu holen. Hamburg sollte hierfür zusätzliche Beratungskapazitäten und Beratungsformate schaffen.
- Mit der SAGA verfügt Hamburg über das größte kommunale Wohnungsunternehmen Deutschlands. Die SAGA verwaltet rund 130.000 Wohneinheiten, was in etwa 15% der Wohnfläche in Hamburg ausmacht. Auf Ebene der EigentümerInnen ist die SAGA damit ein „Schlüsselakteur“, auf den die Stadt aufgrund der Eigentümerstruktur Einfluss hat.

1) BEG Heizungsförderung, Anzahl Zusagen nach Wärmeerzeuger 27.02.2024 - 31.12.2024 ([https://www.energiewechsel.de/KAENEFF/Redaktion/DE/PDF-Anlagen/BEG/beg-antragszahlen-2024.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=11](https://www.energiewechsel.de/KAENEFF/Redaktion/DE/PDF-Anlagen/BEG/beg-antragszahlen-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=11))

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des Status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Aufbau eines Mengengerüsts sowie Abgleich mit der vorl. Energiebilanz 2023
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Entwicklung eines Zukunftsbilds

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für den Bereich der Wohngebäude (dabei Berücksichtigung der aktuellen und angekündigten energiepolitischen Instrumente)
- Differenzierung zwischen Neubau und Gebäudebestand

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Energiepolitische Instrumente (v.a. Instrumente des Bundes)

## Hebelmaßnahmen

- Energiesparender Neubau
- Sanierungsrate
- Sanierungstiefe
- Energiesparendes Verhalten
- Optimierung Anlagentechnik
- Erneuerbare Wärme dezentral
- Ausbau Anteil Wärmenetze
- Dekarbonisierung Wärmenetze
- Dekarbonisierung Bundesstrommix

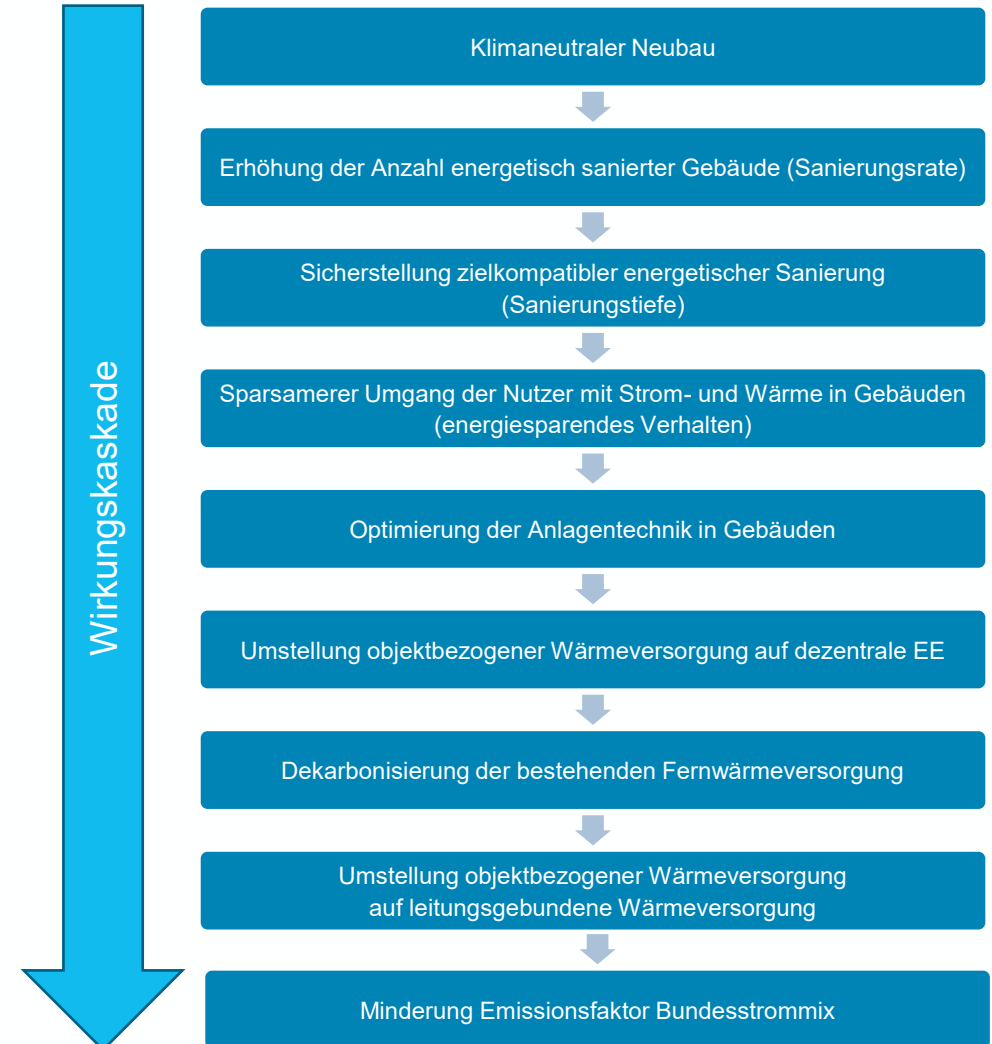
## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

# Wirkung der Hebelmaßnahmen

- Um die Wirkung der einzelnen Hebelmaßnahmen voneinander separieren und quantifizieren zu können, erfolgt eine sequentielle Betrachtung. Dies erfolgt unter Konstanthaltung der jeweils flankierenden Stellgrößen.
- Die Kaskadierung erfolgt grundsätzlich nach folgendem Schema<sup>1)</sup>:
  - Im ersten Schritt werden die Hebelmaßnahmen quantifiziert, die auf eine Reduktion des Energieverbrauchs abzielen (Prinzip „Efficiency First“), insbesondere energetische Sanierung der Gebäudehülle, energiesparendes Verhalten, Optimierung der Anlagentechnik.
  - Im zweiten Schritt werden die Wirkungen quantifiziert, die aus der Umstellung der objektbezogenen Wärmeversorgung auf dezentrale EE-Wärmeenergien sowie aus der Dekarbonisierung des Antriebsstroms von Wärmepumpen folgen.
  - Im dritten Schritt erfolgt eine Abschätzung der Minderungswirkung der Dekarbonisierung der netzgestützten Wärmeversorgung im heute schon an ein Wärmenetz angeschlossenen Wohngebäudebestand sowie der Umstellung bisher dezentral versorgter Wohngebäude auf eine Wärmenetzversorgung.
  - Der vierte Schritt erfasst die Einsparungen, die mit der Dekarbonisierung des deutschen Strommix einhergehen und hauptsächlich mit dem konventionellen Stromverbrauch der Privathauhalte verbunden sind.
- Die Quantifizierung erfolgt in 5-Jahres-Schritten und umfasst Endenergiebedarf, Endenergiemix und CO<sub>2</sub>-Emissionen.

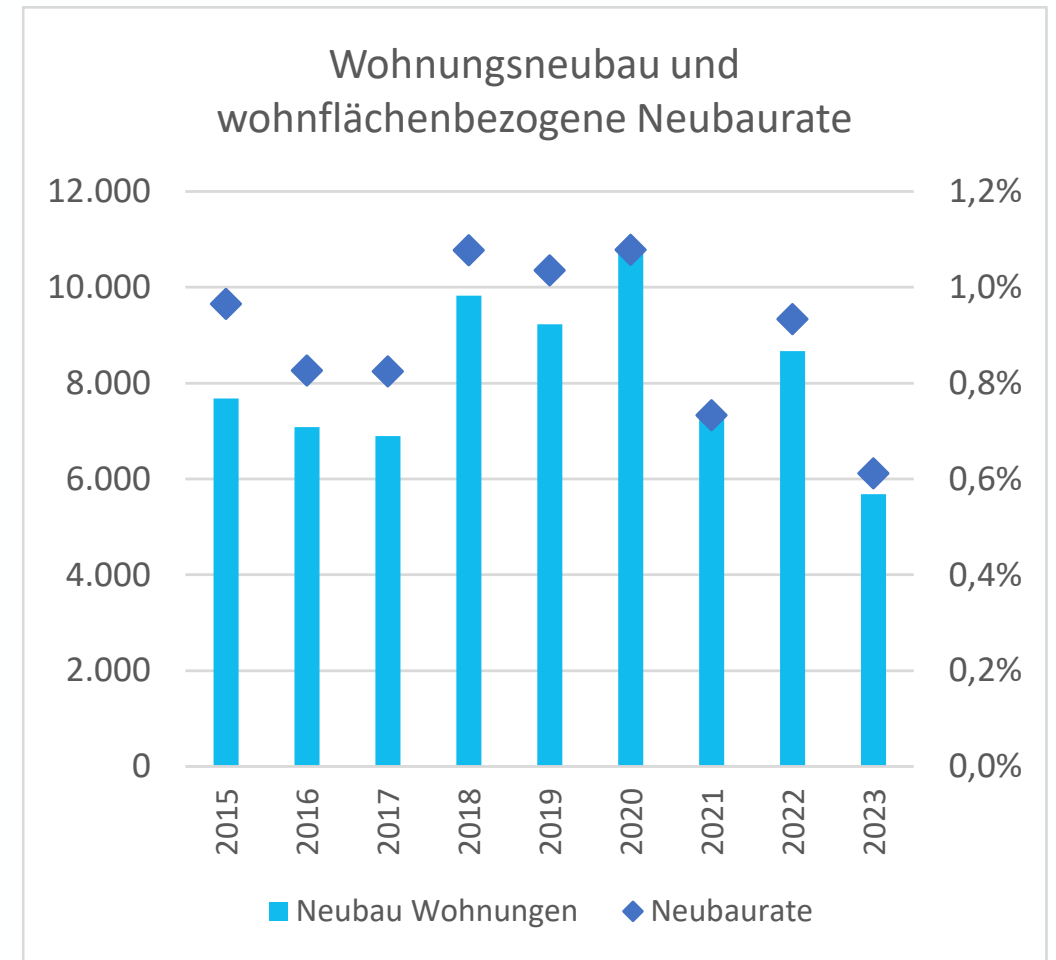
<sup>1)</sup> wichtig: Mit Wahl dieser Reihenfolge geht keine Wertung oder Priorisierung der Maßnahmen (Effizienzmaßnahmen vs. Umstellung der Wärmeversorgung) einher. Im Hinblick auf die Klimaziele sind beide Maßnahmen gleichwertig wichtig. Aus methodischen Gründen muss bei der kaskadierten Betrachtung allerdings eine Reihenfolge gewählt werden.



# Klimaneutraler Neubau

- Die wohnflächenbezogene Neubaurate lag in Hamburg im Zeitraum 2015-2022 bei durchschnittlich 0,9% pro Jahr. In 2023 wurden in Hamburg hingegen nur rund 5.700 neue Wohnungen gebaut, entsprechend einer Neubaurate von 0,6%.
- Laut der Bevölkerungsprognose von Statistik Nord wird Hamburg bis 2040 um rund 83 Tausend Einwohner wachsen. Dies erfordert die Bereitstellung zusätzlichen Wohnraums.
- Im Rahmen der Machbarkeitsstudie der BSW gehen die Autoren bis 2045 von einem Nutzflächenzubau von rund 10,4 Mio m<sup>2</sup> aus. Dies entspricht einer Nettozuwachsrate von rund 0,4%/a (bezogen auf die Wohnfläche).
- Als energetischer Mindeststandard gelten die Mindestanforderungen des aktuellen GEG.
- Hebelmaßnahme „Ressourcenschonender Neubau“: Der Neubau erfolgt in möglichst ressourcenschonender Weise. Dies bezieht sich vor allem auf die eingesetzten Baustoffe (v.a. Holz, nachhaltige Dämmstoffe).<sup>1)</sup> Die Wirkung dieser Hebelmaßnahme hat allerdings keine Wirkung in der Verursacher-Bilanz. Ihre Wirkung wird deswegen nicht quantifiziert.

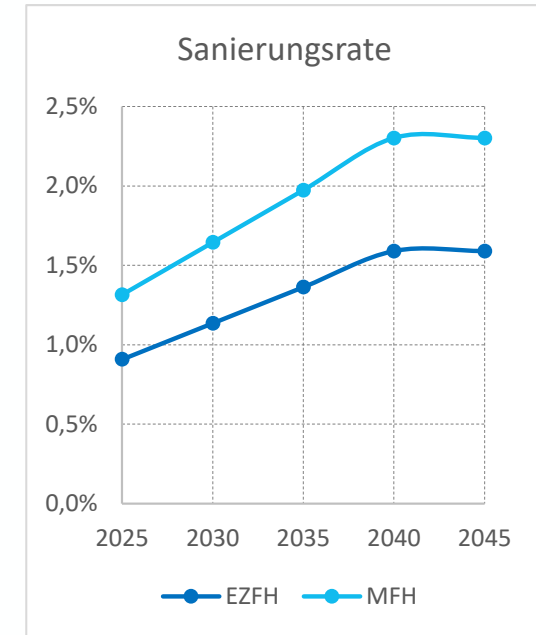
<sup>1)</sup> vgl. z.B. Sobeck (2023): Einbeziehung der CO<sub>2</sub>-Amortisationsdauern von Energieeffizienzmaßnahmen in die Hamburger Machbarkeitsstudie



Datenquelle: Statistisches Bundesamt Neubau und Bestandsstatistik

# Erhöhung der Anzahl energetisch sanierter Gebäude (Sanierungsrate)

- Die Hebelmaßnahme spiegelt die Einsparungen wider, die aus einer Erhöhung der Sanierungsrate resultieren. Dabei geht es um die Sanierung der Hüllfläche der Gebäude (Außenwand, Dach, Boden/Keller, Fenster). Ausgangspunkt ist für 2023 eine Gesamtwohnfläche von rund 75,7 Mio m<sup>2</sup> (Anteil EZFH ca. 30%) sowie ein durchschn. wohnflächenbezogener Endenergieverbrauch von 114 kWh/m<sup>2</sup>\*a (EZFH 127 kWh/m<sup>2</sup>\*a, MFH 109 kWh/m<sup>2</sup>\*a; Werte ohne Witterungsbereinigung).
- Die Sanierungsrate wird aus der BSW Machbarkeitsstudie (Szenario 2) übernommen. Die Sanierungsrate bezieht sich dabei auf die in einem Jahr sanierte Wohnfläche bezogen auf die gesamte Wohnfläche in Hamburg, differenziert nach EZFH und MFH). Teilsanierungen werden dabei in Form einer äquivalenten Vollsanierungsrate subsummiert.<sup>1)</sup> Sanierungen erfolgen im Investitionszyklus der Bauteile (Ausschluss von Vorfälligkeiten). Die Sanierungsrate steigt bis 2030 auf rund 1,5%/a und dann bis 2040 weiter auf rund 2,1%/a (s. Abbildung). Mit den angenommenen Sanierungsraten werden bis 2030 weitere 9% der gesamten Wohnfläche saniert.
- Für die Wirkungsabschätzung der Hebelmaßnahme wird angenommen, dass die Sanierungen durchschnittlich auf ein energetisches Niveau erfolgen, das den Mindestanforderungen des Gebäudeenergiegesetz (GEG) für Vollsanierungen entspricht. Diese Anforderungen sind erfüllt, wenn sowohl der Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Kühlung als auch der Höchstwert des spez. auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts die Grenzwerte für das entsprechende Referenzgebäude um nicht mehr als 40% überschreiten (§50 Abs. 1 GEG). Bezogen auf den Primärenergiekennwert liegt dieses Sanierungsniveau in etwa 2,5 mal höher als der energetische Mindeststandard, der nach dem GEG aktuell für Neubauten gilt.
- Im Ergebnis verbindet sich mit der unterstellten Entwicklung der Sanierungsrate bis 2030 rechnerisch eine Einsparung in Höhe von rund 10 Tsd. t CO<sub>2</sub>. Die verhältnismäßig geringe Einsparung resultiert vor allem aus der kurzen Zeitspanne bis 2030. Bis 2045 ergeben sich deutlich höhere Einsparungen.



<sup>1)</sup> Hierzu werden die (Teil)Sanierungsraten für die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle (z.B. Sanierungsrate Außenwand, Sanierungsrate Dach/Obergeschoßdecke, Sanierungsrate Fenster usw.) über Gewichtungsfaktoren, die die Flächenanteile der Bauteile an der gesamten Hüllfläche widerspiegeln, zu einer äquivalenten Vollsanierungsrate zusammengesetzt.

# Sicherstellung zielkompatibler energetischer Sanierung (Sanierungstiefe)

- Die Hebelmaßnahme spiegelt die Einsparungen wider, die daraus resultieren, dass Sanierungsmaßnahmen auf energetisch ambitioniertere Niveaus erfolgen, als dies heute der Fall ist (Sanierungstiefe).
- Im Rückgriff auf die Annahmen der BSW-Machbarkeitsstudie (Szenario 2) erfolgen Vollsanierungen bis 2030 im Mittel auf das Niveau EH 100 und ab 2030 EH 70. Teilsanierungen erfolgen bis 2030 im Mittel auf EH 115 und danach auf mindestens EH 100. Maßgeblich dabei sind die Anforderungen an die energetische Qualität der Gebäudehülle. Im Zuge dieser Hebelmaßnahme erfolgt noch keine Umstellung der Wärmeversorgung. Allerdings führen viele der Sanierungsmaßnahmen – insbesondere Teilsanierungen – dazu, dass im Heizsystem der Gebäude die Vorlauftemperatur soweit reduziert werden kann, dass ein effizienter Einsatz einer Wärmepumpe auch ohne Umstellung auf eine Flächenheizung möglich wird.<sup>1)</sup>
- Mit den ambitionierteren energetischen Sanierungsniveaus verbinden sich bis zum Jahr 2030 rechnerische Einsparungen in Höhe von rund 45 Tsd. t CO<sub>2</sub>. Die verhältnismäßig geringe Einsparung resultiert vor allem aus der kurzen Zeitspanne bis 2030. Bis 2045 ergeben sich deutlich höhere Einsparungen.

<sup>1)</sup> Diese Eigenschaft bezeichnet man als NT-Readiness (Niedertemperatur-Readiness). Eine ausführliche Untersuchung zur Niedertemperatur-Readiness bestehender Gebäude findet sich in Endres (2024): Präzisierung der Niedertemperaturfähigkeit der Gebäudehülle von Bestandsgebäuden beim Einsatz von Wärmepumpen

# Sparsamerer Umgang der Nutzer mit Strom- und Wärme in Gebäuden

- Die Hebelmaßnahme zielt auf die Einsparpotenziale ab, die sich mit einem sparsamen Umgang mit Wärmeenergie verbinden. Dabei geht es insbesondere um ein sparsames Heizverhalten sowie den sparsamen Umgang mit Warmwasser. Neben den verhaltensbedingten Einsparpotenzialen umfasst die Hebelmaßnahme auch sogenannte geringinvestive Maßnahmen.
- Verhaltensbedingte Einsparmaßnahmen umfassen z.B. die Absenkung der Raumtemperatur (bei unsanierten Gebäuden spezifische Einsparung von 6% pro Grad Temperaturabsenkung<sup>1)</sup>), die Absenkung der Warmwassertemperatur, die Umstellung des Nutzungsverhaltens beim Waschen und Geschirrspülen, richtiges Lüftungsverhalten usw.. Geringinvestive Einsparmaßnahmen umfassen z.B. die Anschaffung von Wasserspararmaturen, die Erneuerung alter Thermostatventile, der Einsatz drehzahl geregelter Heizungspumpen, die Wärmedämmung aller Wärmeverteilungen (in unbeheizten Räumen), die Umstellung der Beleuchtung auf LED.
- Für die Wirkungsabschätzung wird angenommen, dass in Anlehnung an die UBA Studie „Konzept zur absoluten Verminderung des Energiebedarfs“ durch die verschiedenen Maßnahmen pro Haushalt Einsparungen in Höhe von insgesamt 5% erzielt werden können.<sup>2)</sup> Für sanierte Gebäude werden geringere verhaltensbedingte Einsparungen unterstellt. Dabei wurde ein Teil der verhaltensbedingten Einsparungen bereits in den Jahren 2022 und 2023 erzielt, als Folge der Energiesparmaßnahmen aufgrund des Gaspreisanstiegs infolge des Krieges in der Ukraine. Dieser Effekt wird bereits durch die entsprechenden Energiebilanzen erfasst.
- Aus den Annahmen zu den verhaltensbedingten Einsparungen folgen bis zum Jahr 2030 rechnerische Einsparungen in Höhe von rund 41 Tsd. t CO<sub>2</sub>.

<sup>1)</sup>Becker, M.; Knoll, P. (2011); Energieeffizienz durch Gebäudeautomation mit Bezug zur DIN V 18599 und DIN EN 15232

<sup>2)</sup> Öko-Institut et al. (2016): Konzept zur absoluten Verminderung des Energiebedarfs: Potenziale, Rahmenbedingungen und Instrumente zur Erreichung der Energieverbrauchsziele des Energiekonzepts (UBA CLIMATE CHANGE 17/2016)

# Optimierung der Anlagentechnik in Gebäuden

- Die Hebelmaßnahme adressiert die Energieeinsparpotenziale, die sich mit der Optimierung des Betriebs der Anlagentechnik (Heizungs- und Lüftungsanlagen) verbinden. Dies gilt sowohl für neue Anlagen als auch für Bestandsanlagen.
- Einsparpotenziale resultieren aus Maßnahmen wie einem regelmäßigen Monitoring der Betriebseffizienz der Heizanlagen (z.B. durch den Schornsteinfeger). Neue Versorgungsanlagen wie Heizkessel oder Wärmepumpen erhalten in Form eines „Effizienz-Cockpits“ für Nutzer leicht verständliche Anzeigen zur aktuellen Effizienz (bei Wärmepumpen z.B. über die aktuelle Arbeitszahl). Heizanlagen werden zukünftig regelmäßig durch Sachverständige geprüft.
- Die Hebelmaßnahmen umfassen auch die Einsparpotenziale, die sich mit dem hydraulischen Abgleich verbinden. Nach einer Studie des ITG lag in 2019 der Anteil der Gebäude in Hamburg mit hydraulischem Abgleich bei rund 15%.<sup>1)</sup>
- Zur Wirkungsabschätzung der Hebelmaßnahme wird angenommen, dass sich mit den verschiedenen Maßnahmen in unsanierten Wohngebäuden durchschnittlich 10% des Endenergiebedarfs einsparen lassen. Dieser Einsparwert wird nicht sofort sondern über einen Zeitraum von 10 Jahren erschlossen. Dieser „Erschließungszeitraum“ resultiert daraus, dass nicht alle der unterstellten Optimierungsmaßnahmen bei allen Heizungsanlagen sofort umgesetzt werden, sondern zum Teil mit der Neuinstallation von Heizanlagen in die Heizungskeller diffundieren. Und auch bei dieser Hebelmaßnahme spielt der aktuelle Fachkräftemangel eine Rolle. Im weiteren Zeitverlauf sind die erzielten Einsparungen durch fortlaufende Optimierung der Anlagentechnik beizubehalten. In sanierten Wohngebäuden wird ein niedrigerer Einsparwert angesetzt.
- Im Ergebnis ergibt sich für die Hebelmaßnahme bis zum Jahr 2030 eine rechnerische Einsparung in Höhe von rund 111 Tsd. t CO<sub>2</sub>.

<sup>1</sup> ITG (2019): Energetische Einsparpotenziale und wirtschaftliche Bewertung des hydraulischen Abgleiches für Anlagen der Gebäudeenergietechnik

# Umstellung objektbezogener Wärmeversorgung aus fossilen Energieträgern auf dezentrale EE

- Die Hebelmaßnahme umfasst den Umstieg der Wärmeversorgung aus dezentralen Heizöl- und Gaskesseln sowie Nachtspeicherheizungen zu Gunsten dezentraler erneuerbarer Wärmetechnologien. Die Umstellung der Heizungsanlagen erfolgt im Investitionszyklus der Anlagen.
- Schlüsseltechnik bei der dezentralen Wärmeversorgung ist die Wärmepumpe. Im Szenario verfügen in 2030 in Hamburg im heutigen Wohngebäudebestand rund 53.000 und in 2045 rund 144.000 Wohngebäude über eine Wärmepumpe (hinzu kommen die Wärmepumpen im Neubau)<sup>1)</sup>. Rund 95% der Wärmepumpen gehen in den Bereich der EZFH. Wärmepumpen werden in den Gebäuden eingesetzt, in denen sie effizient betrieben werden können. Die Voraussetzungen dafür werden im Rahmen der beiden Hebelmaßnahmen „Sanierungsrate“ und „Sanierungstiefe“ geschaffen. In den ersten Jahren werden teilweise auch noch Hybridwärmepumpen installiert. Für die Berechnung der Einsparwirkung wird eine durchschnittliche Jahresarbeitszahl von 3,0 angesetzt. Dies entspricht in etwa dem im Rahmen von Endres (2024) berechneten Wert im Falle einer Sanierung auf den GEG-Mindeststandard.<sup>2)</sup> Die Berechnung der Emissionen erfolgt in zwei Schritten, 1) Umstellung auf dezentrale EE und 2) Dekarbonisierung des Antriebsstroms der Wärmepumpen.
- Der Einsatz biogener Energieträger (insbesondere Holz) bleibt auf nahezu konstantem Niveau. Die Verwendung von Holz erfährt allerdings einen Technik-Shift. Im Szenario wird Holz bevorzugt in effizienten Anwendungen (z.B. Pelletkessel) eingesetzt, ineffiziente Kaminöfen werden stillgelegt. Im Szenario erfolgt die Verwendung von Holz zudem insbesondere in den Gebäudesegmenten, für die keine alternativen erneuerbaren Wärmetechnologien zur Verfügung stehen und auch der Anschluss an ein Wärmenetz nicht möglich ist (z.B. denkmalgeschützte Gebäude außerhalb der Eignungsgebiete für Wärmenetze).
- Aus der Umstellung der objektbezogenen Wärmeversorgung aus fossilen Energieträgern auf dezentrale erneuerbare Wärmeenergien folgen bis zum Jahr 2030 rechnerische Einsparungen in Höhe von rund 95 Tsd. t CO<sub>2</sub>. Hinzu kommen weitere 151 Tsd. t CO<sub>2</sub>., die aus der Dekarbonisierung des Antriebsstroms der Wärmepumpen resultieren.

<sup>1)</sup> Bei den angegebenen Werten handelt es sich um grobe Schätzwerte, s. Anmerkungen dazu auf Folie 83

<sup>2)</sup> Endres (2024): Präzisierung der Niedertemperaturfähigkeit der Gebäudehülle von Bestandsgebäuden beim Einsatz von Wärmepumpen

# Dekarbonisierung der Fernwärme sowie Umstellung objektbezogener Wärmeversorgung aus fossilen Energieträgern auf leitungsgebundene Wärmeversorgung

- Die Hebelmaßnahmen umfassen die Minderungswirkungen, die sich daraus ergeben, dass a) die netzgestützte Wärmeversorgung sukzessive dekarbonisiert wird und b) mehr Gebäude an Wärmenetze angeschlossen werden.
  - a) Die Stellschraube „Dekarbonisierung der Fernwärme“ umfasst die CO<sub>2</sub>-Minderung, die daraus resultiert, dass die Fernwärmeerzeugung in Hamburg sukzessive auf klimafreundliche Quellen umgestellt wird (Groß-Wärmepumpen, industrielle Abwärme, PtH usw.). Die Minderungswirkung erfasst alle Gebäude, die heute schon über Wärmenetze versorgt werden. Die Wirkungsabschätzung erfolgt unter Zugrundelegung einer mit den Hamburger Wärmenetzbetreibern (u.a. HEnW) abgestimmten Entwicklung des Emissionsfaktors für die netzgestützte Wärmeversorgung. In Abstimmung mit der BUKEA werden dabei ab dem Jahr 2025 ohne die Emissionen aus der Müllverbrennung gerechnet (s. Folie 66) bzw. deren Emissionen gesondert ausgewiesen.
  - b) Die Hebelmaßnahme „Umstellung objektbezogener Wärmeversorgung aus fossilen Energieträgern auf leitungsgebundene Wärmeversorgung“ korrespondiert mit der Stellschraube „Ausbau der leitungsgebundenen Wärme“ und erfasst die CO<sub>2</sub>-Reduktionen, die sich daraus ergeben, dass zusätzliche, heute dezentral und überwiegend mit fossilen Brennstoffen versorgte Gebäude, neu an ein Wärmenetz angeschlossen werden. Dabei geht es um die Erhöhung der Anschlussrate in bestehenden Netzversorgungsgebieten und die Erweiterung bestehender Wärmenetze. Auch hier wird die Entwicklung des Emissionsfaktors aus a) angesetzt. Für die Errichtung neuer Wärmenetze wird eine Versorgung unterstellt, die sich überwiegend aus EE und Abwärme speist.
- Im Ergebnis ergibt sich für die Hebelmaßnahme „Dekarbonisierung der Fernwärme“ bis zum Jahr 2030 rechnerisch eine Einsparung in Höhe von rund 252 Tsd. t CO<sub>2</sub>. Aus der Umstellung bisher dezentral versorgter Wohngebäude auf eine wärmenetzgestützte Wärmeversorgung folgen bis 2030 rechnerische Einsparungen in Höhe von rund 99 Tsd. t CO<sub>2</sub>.

# Minderung Emissionsfaktor Bundesstrommix

- Die Stellschraube umfasst die Einsparungen, die mit der Dekarbonisierung des deutschen Strommix einhergehen und hauptsächlich mit dem konventionellen Stromverbrauch der Privathaushalte verbunden sind.
- Die Abschätzung der Einsparwirkung erfolgt in zwei Schritten. Zunächst wird abgeschätzt, wie sich der Stromverbrauch in Folge des Bevölkerungszuwachs entwickeln könnte. In einem zweiten Schritt werden dann die Einsparungen abgeschätzt, die sich daraus ergeben, dass der deutsche Strommix durch den starken Zubau erneuerbarer Energien sukzessive klimafreundlicher wird.
- Die Entwicklung der Stromnachfrage orientiert sich an der Bevölkerungsentwicklung. Laut Bevölkerungsprognose von Statistik Nord wächst die Bevölkerung in Hamburg bis 2040 um rund 83 Tausend Einwohner.<sup>1)</sup> Die Bevölkerungsentwicklung bis 2045 wird anhand dieser Prognose extrapoliert. Gleichzeitig wird angenommen, dass der Pro-Kopf Stromverbrauch bis 2045 um rund 10% sinkt. Grund dafür ist insbesondere der Einsatz effizienterer Geräte. Aber auch Maßnahmen wie der hydraulische Abgleich (s.o.) tragen zu den Stromeinsparungen bei (infolge eines geringeren Strombedarfs für die Heizungspumpe(n)). Schließlich wird eine zusätzliche Stromnachfrage unterstellt, die aus einer verstärkten Gebäudeklimatisierung resultiert, als Folge des Temperaturanstiegs.
- Es ist zu berücksichtigen, dass im Sektor Privathaushalte „nur“ der Stromverbrauch für Haushaltsgeräte, Informations- und Kommunikationstechnologien, Unterhaltungselektronik, Gebäudetechnik, Beleuchtung bilanziert wird. Die Stromnachfrage aus der Elektromobilität wird hier nicht berücksichtigt. Gleiches gilt für die PV-Eigenerzeugung, die ebenfalls nicht berücksichtigt wird, sondern vielmehr in den Emissionsfaktor des Bundesstrommix einfließt. Die Emissionen, die aus dem steigenden Stromverbrauch für den Betrieb von Wärmepumpen resultieren, werden bei der Hebelmaßnahme „Umstellung objektbezogener Wärmeversorgung aus fossilen Energieträgern auf dezentrale EE“ erfasst.
- Für die Entwicklung des Emissionsfaktors Strom wird ein Ausbaupfad der erneuerbaren Energien unterstellt, bei dem der EE-Anteil am Bundesstrommix bis 2030 auf 80% steigt. Der Emissionsfaktor sinkt dabei von 365 g/kWh in 2023 auf 83 g/kWh in 2030. In 2040 liegt der Emissionsfaktor bei 0 g/kWh (s. Folie 7).
- Im Ergebnis ergibt sich für die Hebelmaßnahme bis zum Jahr 2030 rechnerisch eine Einsparung in Höhe von rund 712 Tsd. t CO<sub>2</sub>.

<sup>1)</sup> Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2024): Bevölkerungsentwicklung in den Stadtteilen Hamburgs bis 2040

# Exkurs: Entwicklung der Anzahl an Wärmepumpen und Wärmenetzanschlüssen

- Schlüsseltechnik bei der dezentralen Wärmeversorgung ist die Wärmepumpe. Zudem spielen Wärmenetze für die Dekarbonisierung des Gebäudesektors eine zentrale Rolle. Entsprechend müssen ein Großteil der bestehenden Gas- und Ölkessel zu Gunsten dezentraler Wärmepumpen ausgetauscht oder die entsprechenden Gebäude an Wärmenetze angeschlossen werden.
- Im aktualisierten Klimaschutzzielszenario (Szenario B) werden bis 2030 rund 45.700 und bis 2045 rund 142.600 zusätzliche Wärmepumpen im heutigen Gebäudebestand (Wohn- und Nichtwohngebäude; zu Letzteren siehe Folie 111) installiert (zuzüglich Wärmepumpen im Neubau). Diese Werte sind grobe Schätzwerte, die sich aus der Anzahl der Gebäude und dem Anteil von Umweltwärme an der Wärmeversorgung in den entsprechenden Stützjahren ergeben. In diesem Sinne sind die Werte als grobe Orientierungswerte zu verstehen.

	2023 <sup>1)</sup>	2030	2035	2040	2045
<b>Wärmepumpen</b>					
Wohngebäude	na	52.700	83.200	113.700	144.200
NWG	na	3.000	4.800	6.600	8.400
Summe	ca. 10.000	55.700	88.000	120.300	152.600

- Die Anzahl der Wärmenetzanschlüsse ist im Klimaschutzzielszenario (Szenario B) für die Zieljahre 2030 und 2045 mit sehr großen Unsicherheiten behaftet. Die Zahlen hängen u.a. von der aktuellen Anzahl der Wärmenetzanschlüsse ab. Laut Zensusdatenbank des Statistischen Bundesamtes sind in der FHH derzeit ca. 47.000 Gebäude (Wohn- und Nichtwohngebäude) an ein Wärmenetz angeschlossen. Recherchen im Rahmen der Wärmeplanung lassen eher auf eine Zahl zwischen 25.000 und 30.000 schließen. Die Abschätzungen im aktualisierten Szenario B gehen bis 2045 von mehr als einer Verdoppelung der Anschlusszahlen aus.

<sup>1)</sup> Der Ausgangswert für 2023 ist ein Schätzwert auf Basis amtlicher Statistiken und eigener Annahmen.

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des Status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Aufbau eines Mengengerüsts sowie Abgleich mit der vorl. Energiebilanz 2023
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Entwicklung eines Zukunftsbilds

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für den Bereich der Wohngebäude (dabei Berücksichtigung der aktuellen und angekündigten energiepolitischen Instrumente)
- Differenzierung zwischen Neubau und Gebäudebestand

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Energiepolitische Instrumente (v.a. Instrumente des Bundes)

## Hebelmaßnahmen

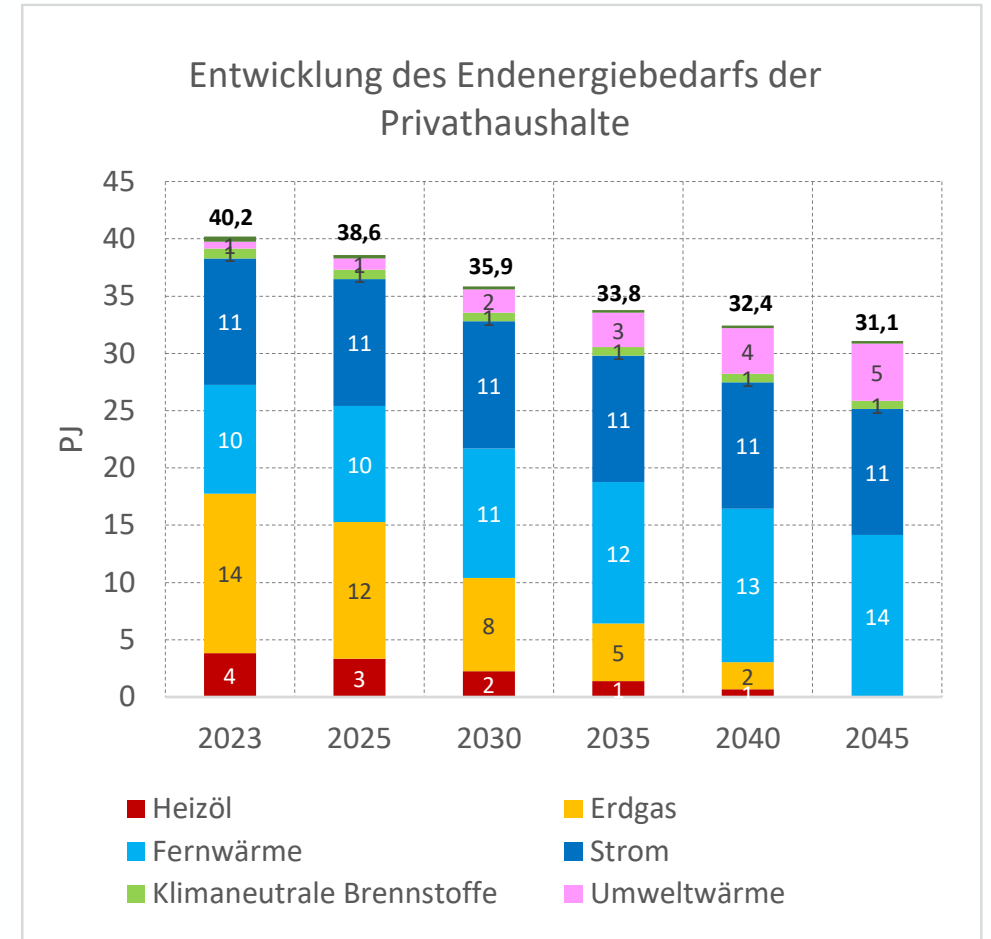
- Energiesparender Neubau
- Sanierungsrate
- Sanierungstiefe
- Energiesparendes Verhalten
- Optimierung Anlagentechnik
- Erneuerbare Wärme dezentral
- Ausbau Anteil Wärmenetze
- Dekarbonisierung Wärmenetze
- Dekarbonisierung Bundesstrommix

## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

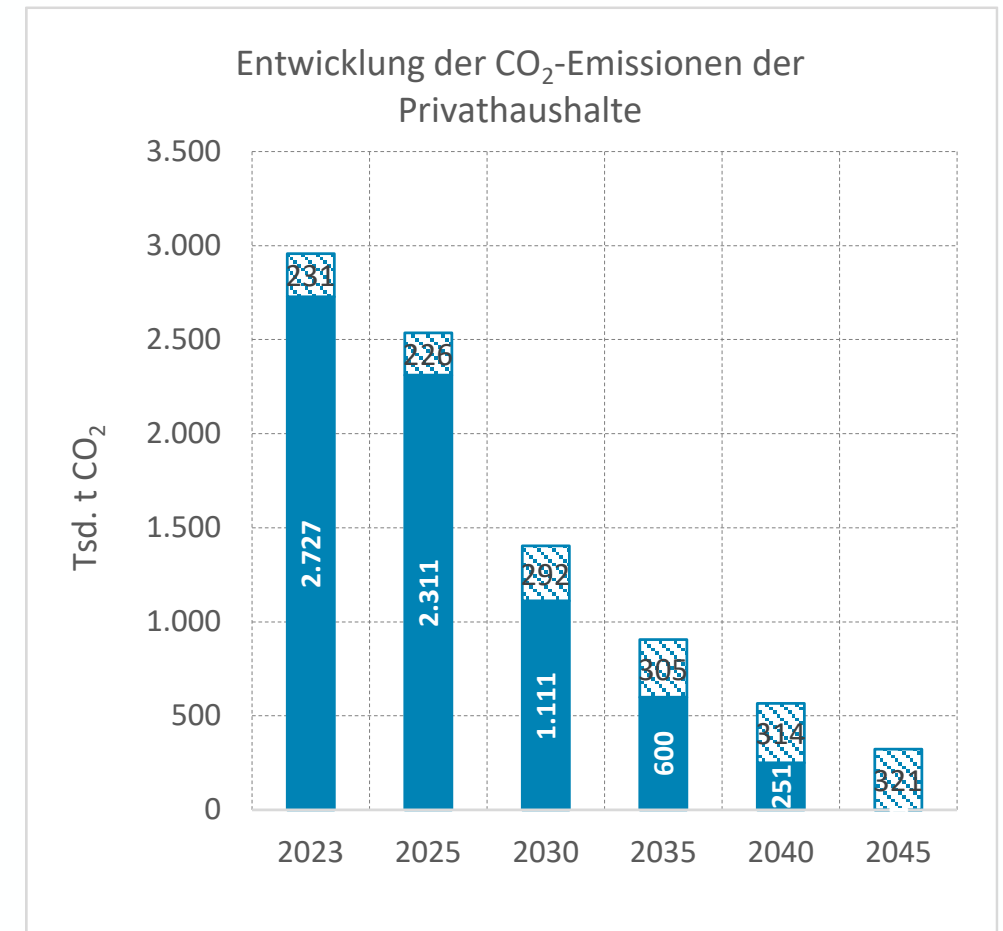
# Entwicklung des Endenergiebedarfs der Privathaushalte

- Der Endenergiebedarf der Privathaushalte reduziert sich in Szenario B vom Bezugsjahr 2023 bis 2030 um rund 11% und bis 2045 um rund 23%. Mehrverbräuche infolge einer steigenden zu beheizenden Wohnfläche sowie einer steigenden Stromnachfrage (als Folge einer steigenden Einwohnerzahl) sind dabei berücksichtigt. Der Endenergieverbrauch nur für die Gebäudewärme (Raumwärme und Warmwasser) geht bis 2045 um rund 29% zurück.
- Der Verbrauch von Heizöl und Erdgas sinkt dabei bis 2045 sukzessive auf null. Der Anteil der Umweltwärme (Wärmepumpen) nimmt deutlich zu. Infolge einer deutlich steigenden Anzahl an Wärmenetzanschlüssen nimmt auch die absolut gelieferte Wärmemenge zu (trotz sinkender spezifischer Verbräuche pro Anschluss). Beim Strombedarf wird die erhöhte Nachfrage durch Wärmepumpen größtenteils durch die Stilllegung direktelektrischer Wärmezeugung kompensiert. Hinzu kommt ein zusätzlicher Stromverbrauch durch eine steigende Nachfrage nach Gebäudeklimatisierung.
- In den Minderungspfad gehen ein:
  - Entwicklung der Wohnfläche und des Stromverbrauchs (in Abhängigkeit von der Bevölkerungsentwicklung)
  - Energetische Sanierung von Wohngebäuden
  - Verhaltensbasierte Einsparpotenziale + Energetische Optimierung der Anlagentechnik

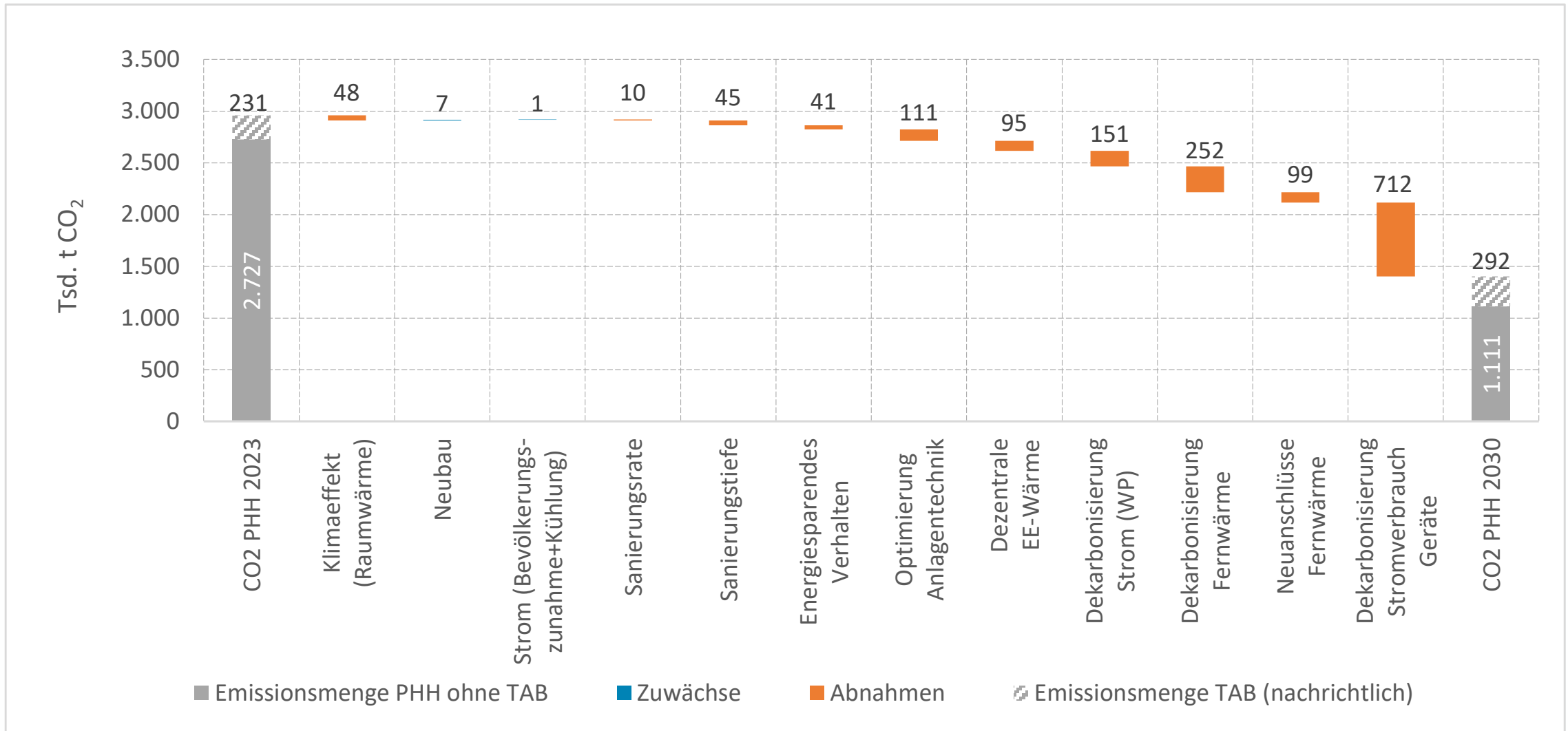


# Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Privathaushalte

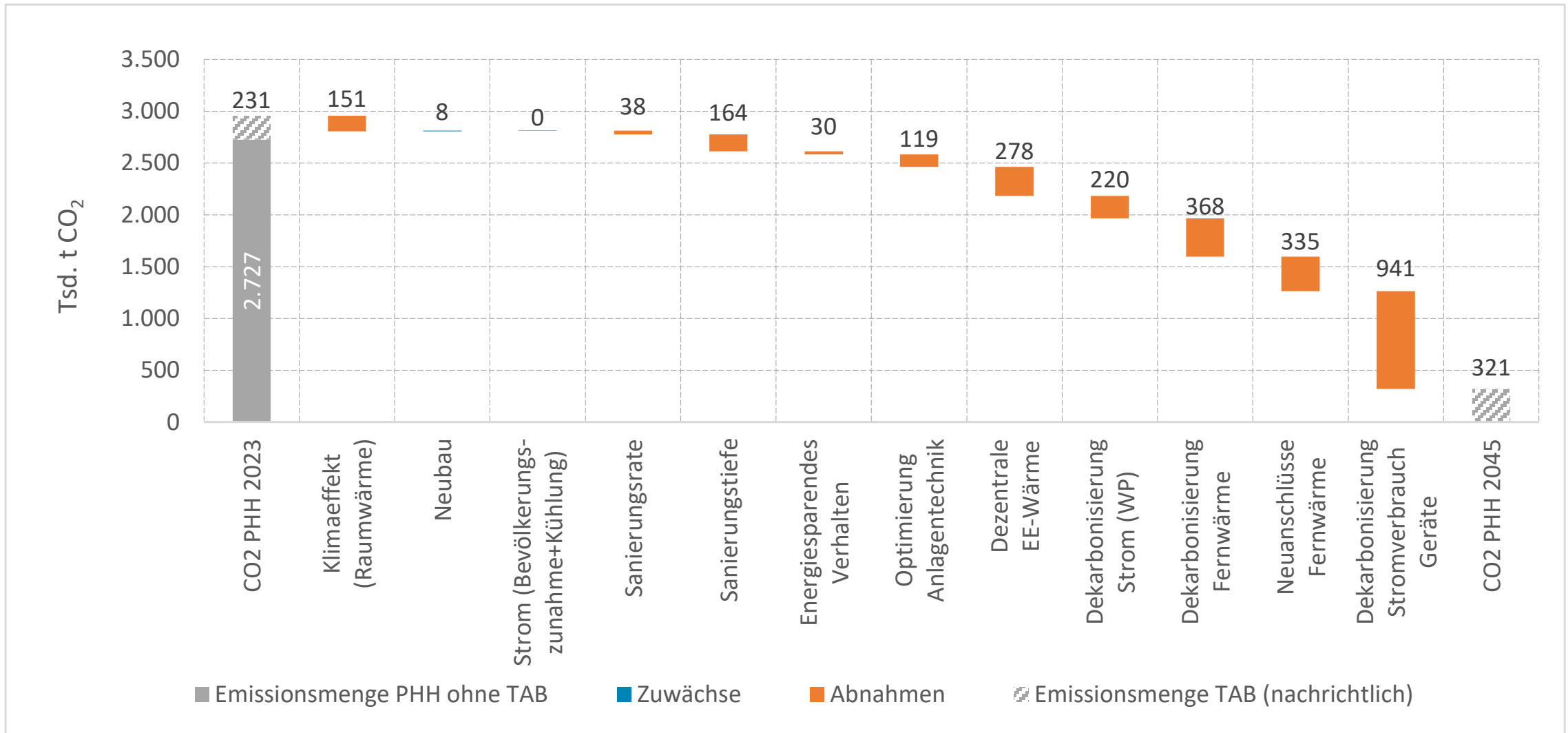
- Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Privathaushalte verringern sich von rund 2,7 Mio. t im Jahr 2023 auf rund 1,1 Mio. t in 2030 und 0,25 Mio. t in 2040 (Werte ohne TAB-Emissionen). In 2045 liegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen bei null.
- Im Diagramm nachrichtlich schraffiert dargestellt sind die Emissionen aus der TAB in der Fernwärme, die nicht in die Summenwerte mit eingehen, sondern in einem separaten Bereich Abfallwirtschaft bilanziert sind.
- Ohne die TAB-Emissionen liegt die relative CO<sub>2</sub>-Einsparung im Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2023 bei rund 59%.
- Die höchsten Reduktionsraten werden im Zeitraum bis zum Jahr 2030 erreicht. Dies liegt am starken Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem sektoralen Stromverbrauch.
- Grund dafür ist der ambitionierte Ausbaupfad der Bundesregierung für den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung (80% EE-Anteil bis 2030). Auch der Emissionsfaktor für die Fernwärme sinkt bis 2030 in absoluten Werten deutlich stärker als in den Folgejahren.



# Minderungspfad und Hebelmaßnahmen bis 2030



# Minderungspfad und Hebelmaßnahmen bis 2045



# Inhalt

Methodik und Datengrundlagen

Sektor Industrie

Sektor Private Haushalte

**Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen**

Sektor Verkehr

Bereich Abfallwirtschaft

Zusammenfassung

# Update: Wesentliche Änderungen zu Szenario B 2022

- Das vorliegende Klimaschutzzielszenario ist eine Aktualisierung des Szenarios B aus dem Jahr 2022. Die Kalibrierung des aktualisierten Szenarios erfolgt anhand der vorläufigen Energiebilanz des Statistikamtes Nord für das Jahr 2023. Die Einsparungen der Hebelmaßnahmen werden ab dem Jahr 2024 abgeschätzt.
- Im Gegensatz zum Szenario aus 2022 wurde auf Wunsch der BUKEA im Bereich der Wärmeversorgung der Nichtwohngebäude der Klimateffekt berücksichtigt (Temperaturanstieg aufgrund des Klimawandels). Dieser führt zu einer Abnahme des Endenergiebedarfs für die Wärmeversorgung sowie zu einem verstärkten Bedarf an Klimatisierung.
- Nach dem u.a. corona-bedingten Rückgang im Jahr 2020 stieg der Endenergieverbrauch im Jahr 2021 wieder an, gefolgt von zwei Jahren, die einen deutlichen Rückgang des Energieverbrauchs (v.a. des Gasverbrauchs) verzeichnen. Dies ist vor allem auf den hohen Gaspreis infolge des Krieges in der Ukraine zurückzuführen. Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs wird auch durch das Klima beeinflusst. So waren im Hamburg die Jahre 2020, 2022 und 2023 im Vergleich zum langjährigen Mittel sehr warm, während das Jahr 2021 kälter war.
- Gegenüber dem Szenario B aus dem Jahr 2022 wurden auch die Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme aktualisiert und insbesondere die Projektion bis 2030 leicht angepasst. Der zukünftige Emissionsfaktor für Fernwärme ergibt sich aus Zwischenergebnissen der Planungen für die netzgestützte Wärmeversorgung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung. Die Emissionen aus der Abfallverbrennung (konkret die Emissionen aus der Verbrennung der nicht biogenen Abfallfraktion) werden in einem neuen „(Teil-)Sektor Abfallwirtschaft“ bilanziert und nachfolgend nachrichtlich getrennt ausgewiesen..
- Im Ergebnis sinken die CO<sub>2</sub>-Emissionen im aktualisierten Klimaschutzzielszenario (Szenario B) auf ca. 0,9 Mio. t bis 2030 und ca. 0,2 Mio. t bis 2040 (ohne TAB-Emissionen). Im Szenario B aus dem Jahr 2022 lagen die entsprechenden Emissionswerte bei 1,1 (2030) bzw. 0,3 (2040) Mio. t (inkl. TAB-Emissionen). Die Differenzen resultieren vorwiegend aus der Umstellung des Emissionsfaktors der Fernwärme.

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des Status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub> (Analyse umfasst Nichtwohngebäude und GHD-Prozessenergien)
- Aufbau eines Mengengerüsts sowie Abgleich mit der vorl. Energiebilanz 2023
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Entwicklung eines Zukunftsbilds

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für den Bereich der Nichtwohngebäude sowie GHD-Prozessenergien (dabei Berücksichtigung der aktuellen und angekündigten energiepolitischen Instrumente)
- Differenzierung zwischen Neubau und Gebäudebestand

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Energiepolitische Instrumente (v.a. Instrumente des Bundes)

## Hebelmaßnahmen

- Energiesparender Neubau
- Sanierungsrate
- Sanierungstiefe
- Energiesparendes Verhalten
- Optimierung Anlagentechnik
- Erneuerbare Wärme dezentral
- Ausbau Anteil Wärmenetze
- Dekarbonisierung Wärmenetze
- GHD-Prozesse: Effizienz
- GHD-Prozesse: Versorgung (Anlagentechnik)
- GHD-Prozesse: Dekarbonisierung Strom+FW

## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des Status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub> (Analyse umfasst Nichtwohngebäude und GHD-Prozessenergien)
- Aufbau eines Mengengerüsts sowie Abgleich mit der vorl. Energiebilanz 2023
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Entwicklung eines Zukunftsbilds

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für den Bereich der Nichtwohngebäude sowie GHD-Prozessenergien (dabei Berücksichtigung der aktuellen und angekündigten energiepolitischen Instrumente)
- Differenzierung zwischen Neubau und Gebäudebestand

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Energiepolitische Instrumente (v.a. Instrumente des Bundes)

## Hebelmaßnahmen

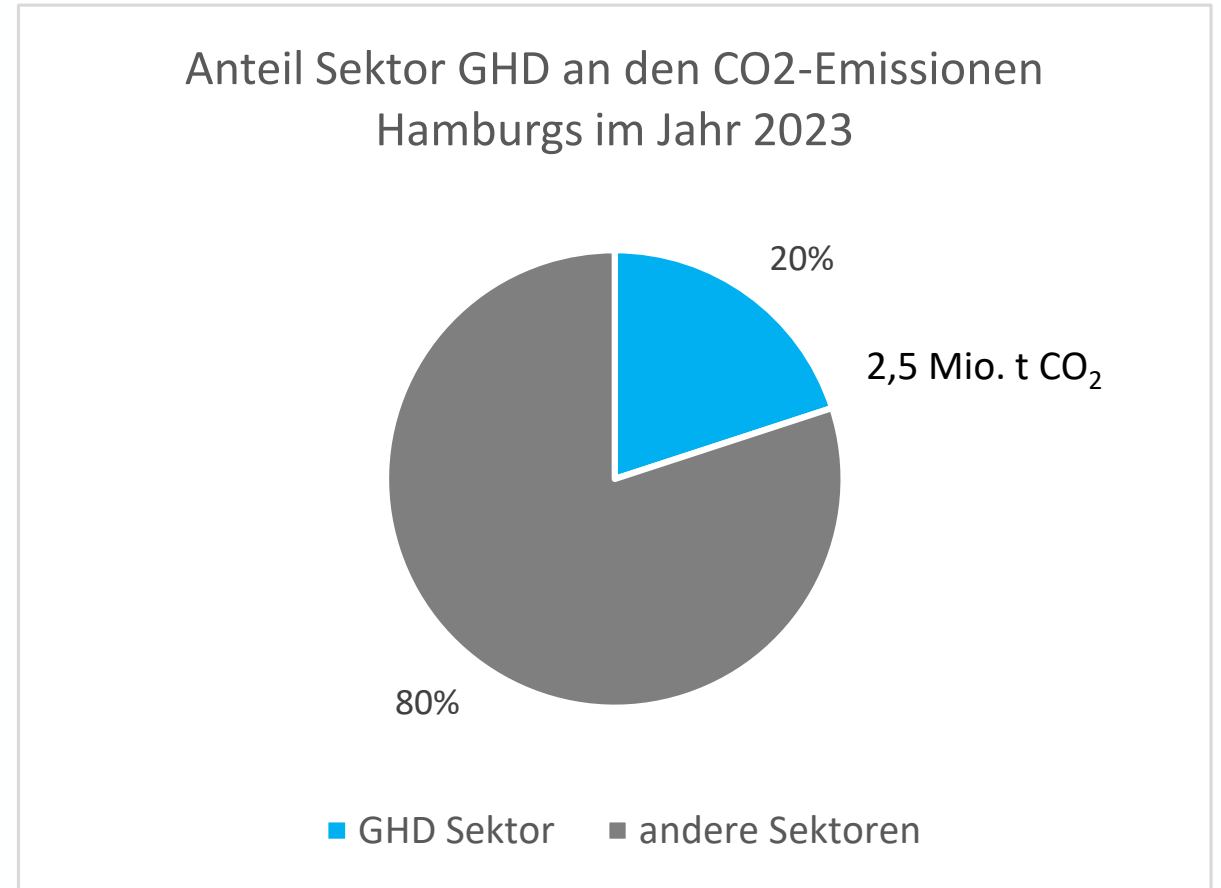
- Energiesparender Neubau
- Sanierungsrate
- Sanierungstiefe
- Energiesparendes Verhalten
- Optimierung Anlagentechnik
- Erneuerbare Wärme dezentral
- Ausbau Anteil Wärmenetze
- Dekarbonisierung Wärmenetze
- GHD-Prozesse: Effizienz
- GHD-Prozesse: Versorgung (Anlagentechnik)
- GHD-Prozesse: Dekarbonisierung Strom+FW

## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

# Bedeutung des Sektors GHD für den Klimaplan

- Der durch den GHD-Sektor in Hamburg induzierte Endenergieverbrauch lag im Jahr 2023 bei rund 33 PJ und damit bei einem Anteil von rund 21% am Gesamtverbrauch.
- Die darauf basierenden energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen des GHD-Sektors in Hamburg betragen im Jahr 2023 etwa 2,5 Mio. t. Das entspricht einem Anteil am Gesamtausstoß von rund 20%.
- Diese Zahlen basieren auf der Verursacherbilanz des Statistikamts Hamburg, die als hier anzuwendende Methodik im Hamburger Klimaschutzgesetz fixiert ist.
- Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen des GHD-Sektors umfassen hauptsächlich die thermische Konditionierung der Nichtwohngebäude (Raumwärme und Warmwasser), deren Stromverbrauch (inkl. Beleuchtung) sowie den gesamten Bereich der brennstoff- und strombasierten Prozessenergien. Die Nichtwohngebäude umfassen auch den Bereich der öffentlichen Gebäude.
- Strom- und Fernwärmeverbräuche des GHD-Sektors, die in der Quellbilanz im Umwandlungssektor bilanziert werden, werden in der Verursacherbilanz dem GHD-Sektor zugeordnet.

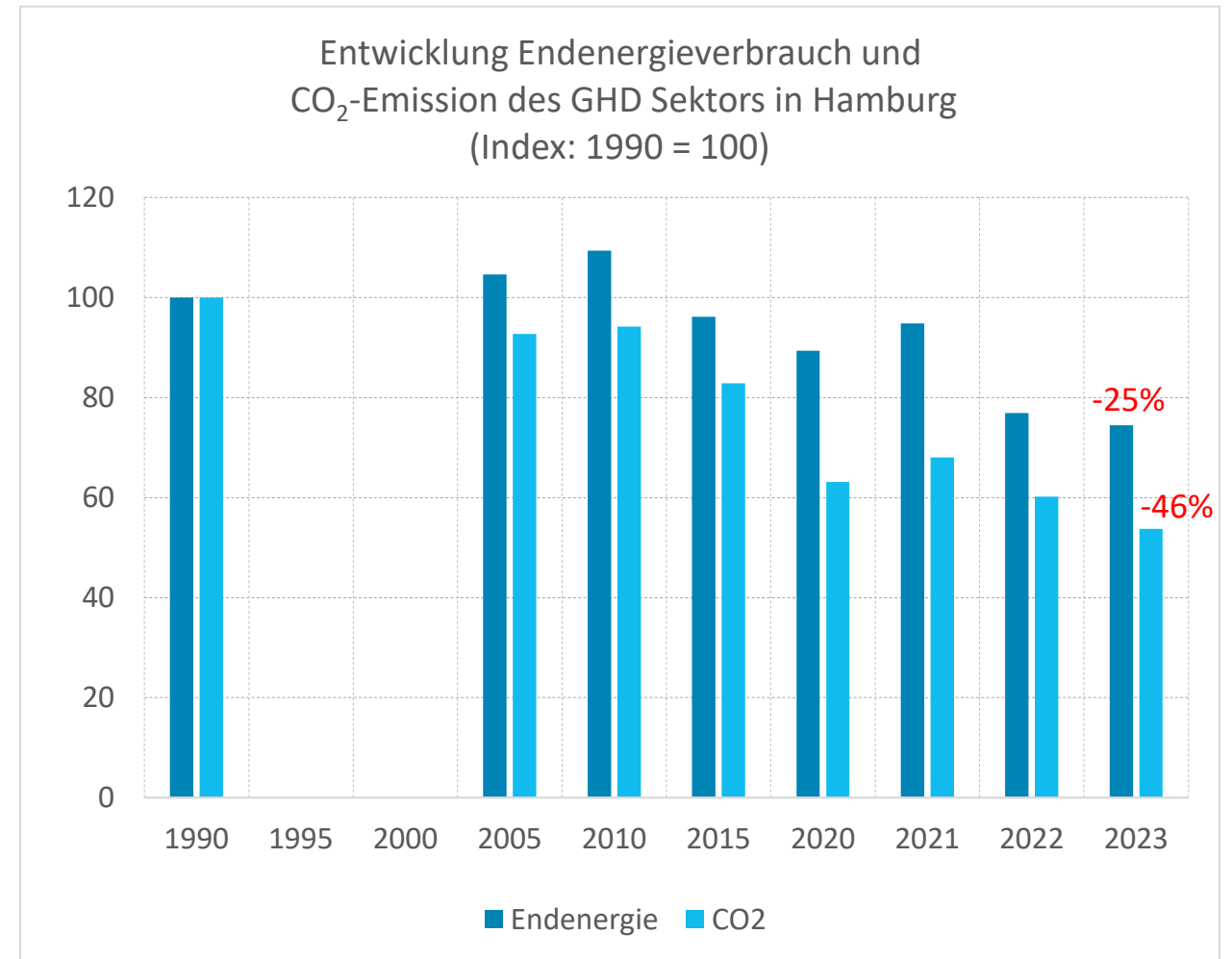


Datenquelle: Vorl. Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz (Verursacherbilanz) des Statistikamt Nord 2023 (Stand 02/2025)

# Relative Entwicklung Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen

- Gegenüber dem Referenzjahr 1990 sank bis 2023 der Endenergieverbrauch um rund 25%. Dabei stieg der Endenergieverbrauch bis 2010 zunächst an. Erst danach kam es zu einem Rückgang. Der (verhältnismäßig niedrige) Verbrauchswert in 2020 spiegelt u.a. den Coronaeffekt wider. Dieser ist allerdings nicht quantifizierbar. In den Jahren 2022 und 2023 sank der Endenergieverbrauch deutlich, trotz starkem Anstieg der Bruttowertschöpfung<sup>1)</sup> in 2022 (im Vergleich zu 2021 stieg die Bruttowertschöpfung in 2022 um 11%).
- Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sanken deutlich stärker als der Endenergieverbrauch. Gegenüber 1990 wurden hier bis 2023 Einsparungen in Höhe von rund 46% erreicht. Die starke Reduktionsminderung liegt v.a. an einem Rückgang der Verbräuche für Heizöl und Erdgas (v.a. in den Jahren 2022 und 2023) sowie einem in den letzten Jahren deutlich sinkenden Emissionsfaktor des Bundesstrommix.

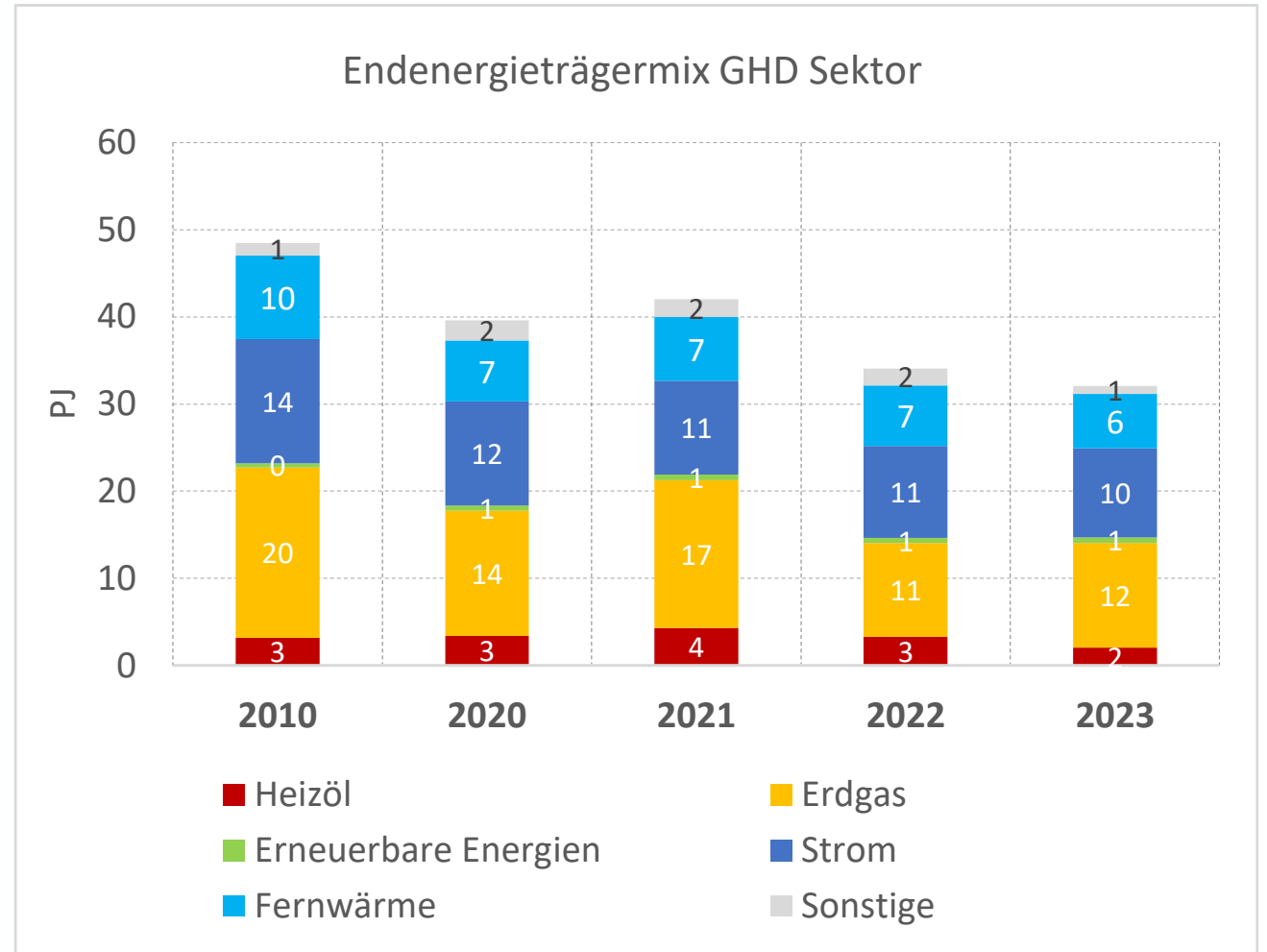
<sup>1)</sup> Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Bruttowertschöpfung auch den gesamten Industriesektor mitefasst.



Datenquelle: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen (Verursacherbilanzen) des Statistikamt Nord 1990 - 2023

# Entwicklung des Endenergeträgermixes im GHD-Sektor

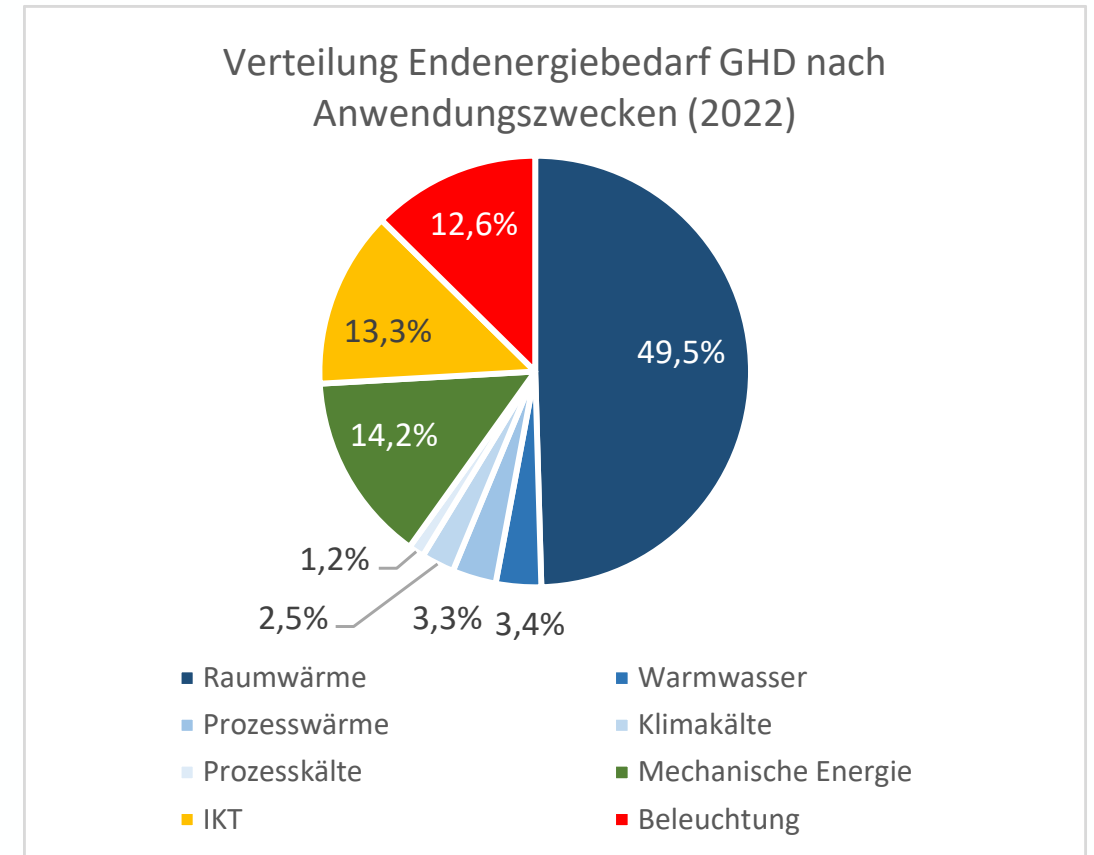
- Nach dem u.a. corona-bedingten Rückgang im Jahr 2020 stieg der Endenergieverbrauch im Jahr 2021 wieder an. Im Jahr 2022 ist ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen. Insbesondere der Gasverbrauch ging um mehr als ein Drittel zurück. Dies ist vor allem auf den hohen Gaspreis infolge des Krieges in der Ukraine zurückzuführen. Im Jahr 2023 stieg der Gasverbrauch wieder um rund 12% an. Bei der Entwicklung des Endenergieverbrauchs ist auch zu berücksichtigen, dass die Jahre 2020, 2022 und 2023 im Vergleich zum langjährigen Mittel (abgeleitet aus der Anzahl der Heizgradtage in Hamburg) deutlich wärmer waren, während das Jahr 2021 kälter war. Dies hat Auswirkungen auf den Heizenergieverbrauch der Nichtwohngebäude.
- Der Endenergieverbrauch des Hamburger GHD-Sektors wurde in 2023 durch Erdgas (37%), Strom (32%), Fernwärme (20%) und Heizöl (6%) dominiert. Im Vergleich zu 2010 sank der Verbrauch für alle vier Energieträger um rund ein Drittel. (Die Kategorie Sonstiges umfasst Kraftstoffverbräuche sowie den Verbrauch an Flüssiggas.)



Datenquelle: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen (Verursacherbilanzen) des Statistikamt Nord 2010, 2020-2023 (Stand 01/2025)

# Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Anwendungszwecken

- Die Verursacherbilanz nimmt keine Differenzierung der Energieverbräuche nach Anwendungen vor, so dass eine Hamburg-spezifische Trennung der Verbräuche auf die Bereiche NWG und Prozessenergien nicht möglich ist.
- Nach der Anwendungsbilanz der AG Energiebilanzen gingen in 2022 auf Bundesebene rund 53% des sektoralen Endenergiebedarfs in die Beheizung sowie den Warmwasserverbrauch der Nichtwohngebäude.<sup>1)</sup> Knapp 13% des Endenergieverbrauchs fielen auf den Bereich der Beleuchtung.
- Bezogen auf die Energieträger gingen in 2022 auf Bundesebene laut Anwendungsbilanz 38% des Mineralöl-, 96% des Erdgas-, 99% des Fernwärme- und 7% des Stromverbrauchs in die Bereiche Heizung und Warmwasser. Die verbleibenden Anteile werden für Beleuchtung, Prozesse und IKT verwendet.  
An dem hohen Wert für Fernwärme sind allerdings Zweifel angebracht. In der Anwendungsbilanz für 2020 lag dieser Wert noch bei 72%. Dieser Werte erscheint deutlich realistischer, da Fernwärme im GHD-Sektor z.B. in Krankenhäusern, Wäschereien usw. auch als Prozesswärme eingesetzt wird.

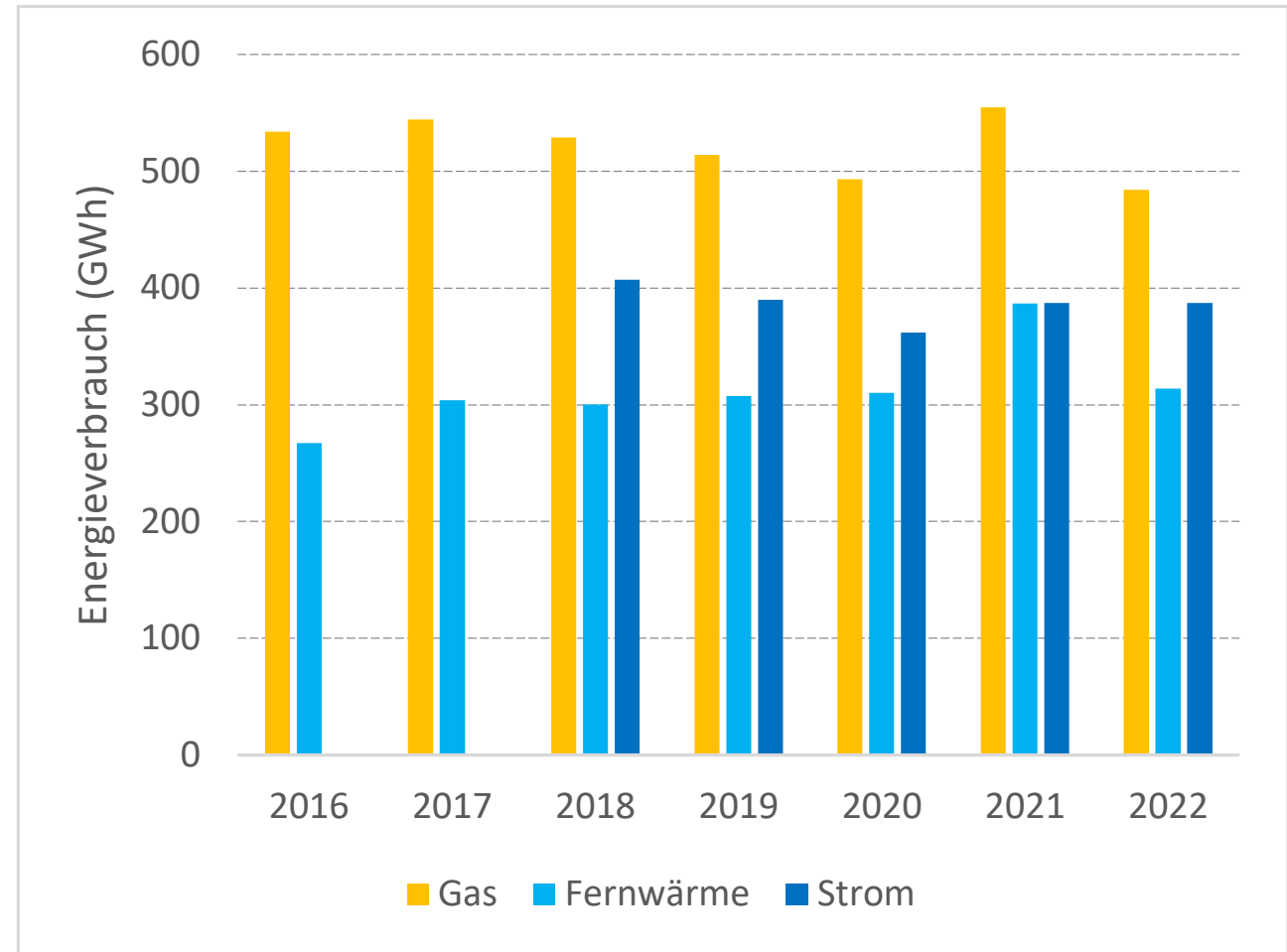


Datenquelle: AGE (2023): Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz

<sup>1)</sup> AGE (2023): Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland (für 2023 liegen noch keine Daten vor)

# Bedeutung öffentlicher Gebäude

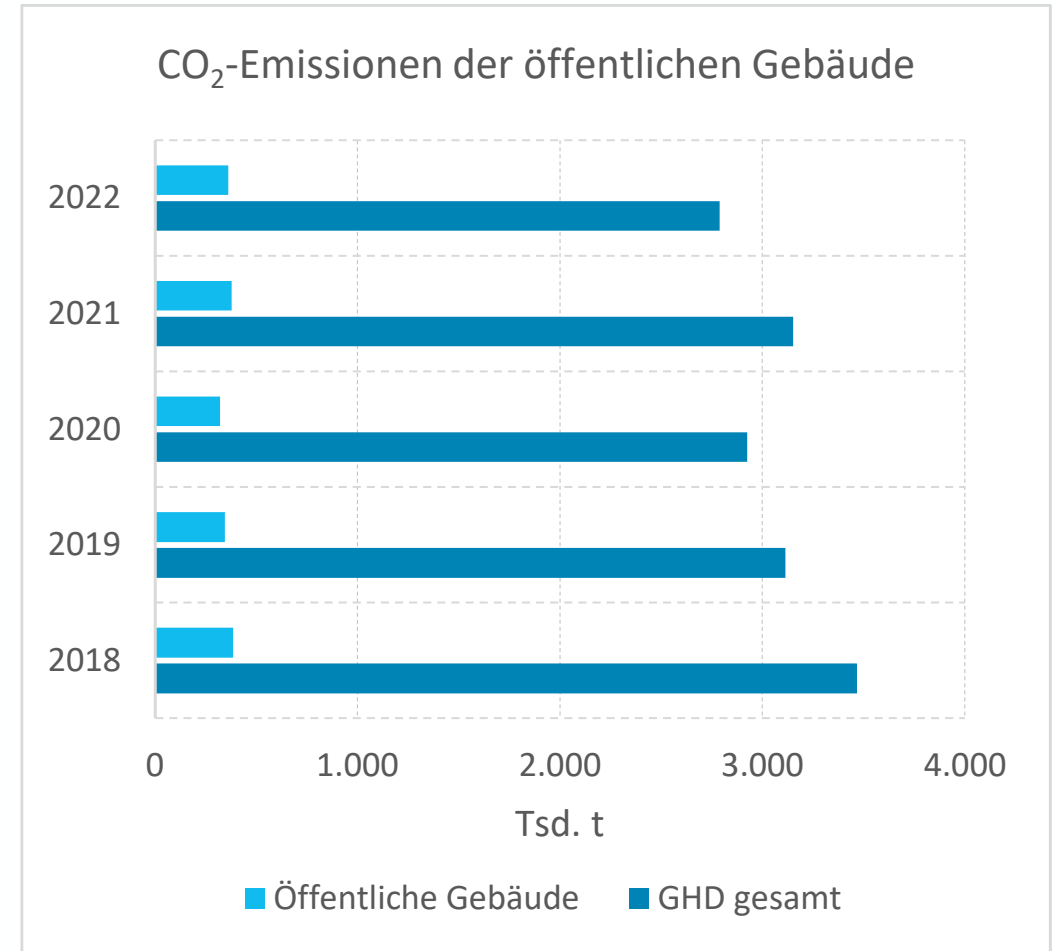
- Laut aktuellem Energiebericht 2023 der Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft verwaltete die Stadt in 2022 1.822 Abnahmestellen für Gas, 488 Abnahmestellen für Fernwärme sowie 5.104 Abnahmestellen für Strom.
- Der Jahresverbrauch an Erdgas lag bei den öffentlichen Nichtwohngebäuden zwischen 2016 und 2022 zwischen 485-555 GWh/a, für Fernwärme lag der Verbrauch zwischen 265-385 GWh/a. Der Stromverbrauch der öffentlichen Nichtwohngebäude lag zwischen 2018 und 2022 zwischen 360-405 GWh/a.
- Die höchsten Verbrauchswerte weisen beim Gas- und Fernwärmeverbrauch die Schulen (inkl. Hochschulen), die Verwaltung und Wohnen (z.B. städtische Unterkünfte) auf. Beim Stromverbrauch sind es die Schulen, die Verwaltung und gewerbliche Nutzungen (z.B. Abfallwirtschaft, städtische Werkstätten usw.).



Datenquelle: Energiebericht 2023 sowie Daten der BUKEA

# Bedeutung öffentlicher Gebäude

- Im Rahmen der Energiebilanz werden öffentliche Gebäude den Nichtwohngebäuden zugerechnet.
- Der Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch die öffentlichen Nichtwohngebäude verursacht werden, lagen zwischen 2018 und 2022 bei durchschnittlich 12% der Gesamtemissionen des GHD-Sektors. Dabei wird im Sinne der Verursacherbilanz (und vergleichbar allen anderen Sektoren) der Stromverbrauch mit dem Generalfaktor Strom bewertet, der den Emissionsfaktor des bundesdeutschen Durchschnittsmix widerspiegelt. In der Logik der Verursacherbilanz spielt es keine Rolle, dass die Stadt für ihre eigenen Liegenschaften Ökostrom bezieht.



Datenquellen: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen (Verursacherbilanzen) des Statistikamts Hamburg + eigene Berechnungen auf Basis der Verbrauchsdaten öffentlicher NWG

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des Status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub> (Analyse umfasst Nichtwohngebäude und GHD-Prozessenergien)
- Aufbau eines Mengengerüsts sowie Abgleich mit der vorl. Energiebilanz 2023
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Entwicklung eines Zukunftsbilds

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für den Bereich der Nichtwohngebäude sowie GHD-Prozessenergien (dabei Berücksichtigung der aktuellen und angekündigten energiepolitischen Instrumente)
- Differenzierung zwischen Neubau und Gebäudebestand

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Energiepolitische Instrumente (v.a. Instrumente des Bundes)

## Hebelmaßnahmen

- Energiesparender Neubau
- Sanierungsrate
- Sanierungstiefe
- Energiesparendes Verhalten
- Optimierung Anlagentechnik
- Erneuerbare Wärme dezentral
- Ausbau Anteil Wärmenetze
- Dekarbonisierung Wärmenetze
- GHD-Prozesse: Effizienz
- GHD-Prozesse: Versorgung (Anlagentechnik)
- GHD-Prozesse: Dekarbonisierung Strom+FW

## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

# Zielbild

## Methodisches Vorgehen

- Aktualisierung des Szenario B aus 2022 im Hinblick auf geänderte Grundannahmen z.B. zum regulatorischen Umfeld sowie Politikinstrumenten auf Bundes- und EU-Ebene sowie zur Sanierungsaktivität der GebäudeeigentümerInnen.
- Grundlage: Wie bei den Wohngebäuden Aufbau eines eigenes Mengengerüsts für den Hamburger Nichtwohngebäudebestand (NWG-Bestand), zusätzlich Aufbau eines Mengengerüsts für den Bereich der Prozessenergien (inkl. Beleuchtung), beides kalibriert auf die Werte der vorl. Energiebilanz Hamburgs in 2023<sup>1)</sup>
- Datengrundlage
  - Auswertung der Gebäudedaten aus dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS); Abgleich des Datengerüsts mit dem parallel laufenden Vorhaben „Strategieentwicklung zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von privaten Nicht-Wohngebäuden in den Sektoren GHD und Industrie“
  - Weitere Datengrundlagen sind die Anwendungsbilanz auf Bundesebene<sup>2)</sup>, die Bautätigkeitsstatistik von Statistik Nord sowie die Tabellen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen Hamburg (Statistik Nord)
- Jahresscharfe Fortschreibung des NWG-Bestands sowie des Prozessenergiebedarfs unter Einbezug verschiedener Aktivitätsgrößen (Sanierungsaktivität, Sanierungsstandards, Umstellungsraten bei den Heizungstechnologien, Einsparungen durch Verhaltensänderungen sowie Anlagen- und Prozessoptimierung, Umstellung auf effizientere Beleuchtung und Querschnittstechnologien usw.); dabei auch Abschätzung des Mehrverbrauchs durch Zubau neuer Gewerbeflächen sowie durch den Anstieg des Prozessenergiebedarfs infolge einer steigenden Bruttowertschöpfung; Berücksichtigung des Klimaeffekts (Temperaturanstieg aufgrund des Klimawandels); dieser führt zu einer Abnahme des Endenergiebedarfs für die Wärmeversorgung sowie zu einem verstärkten Bedarf an Klimatisierung.
- Bei den Nichtwohngebäuden erfolgt eine Bilanzierung des Endenergiebedarfs für die Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung. Der Strombedarf für die Beleuchtung sowie Kühlung der Gebäude wird bei den Prozessenergien mit erfasst. Diese Methodik ist abweichend von der Gebäudebilanzierung nach GEG und DIN 18599.

<sup>1)</sup> Statistik Nord: vorl. Energiebilanz Hamburgs in 2023 (Stand 01/2025)

<sup>2)</sup> AGEB (2023): Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz

# Zielbild

Das Zielbild für den GHD-Sektor lässt sich durch folgende Entwicklungen und Eigenschaften charakterisieren:

- Wie neue Wohngebäude erfüllen auch neue Nichtwohngebäude ambitionierte Effizienzstandards. Im Zieljahr 2045 erfolgt ihre themische Konditionierung (Raumwärme, Warmwasser, Kühlung) ohne fossile Brennstoffe. Bestehende Nichtwohngebäude werden – im Sinne von „worst first“ – beginnend mit den ineffizientesten Gebäuden sukzessive energetisch modernisiert. Analog den Wohngebäuden gilt als Leitstandard EH-100 als Sanierungsstandard. Dieser wird später auf EH-70 abgesenkt. Wie bei den Wohngebäuden gilt auch hier: Die energetische Sanierung der Hüllfläche dient zum einen zur Reduktion des Endenergiebedarfs der Gebäude, zum anderen werden die Gebäude fit gemacht für den effizienten Einsatz von Wärmepumpen. Weitere Einsparpotenziale werden durch energiesparendes Verhalten sowie die Optimierung der Anlagentechnik erschlossen.
- Schlüsseltechnologie der dezentralen Wärmeversorgung ist die Wärmepumpe, allerdings mit geringeren Anteilen als im Bereich der Wohngebäude. Die Wärmeversorgung über Wärmenetze wird deutlich ausgebaut. Infolgedessen werden deutlich mehr Nichtwohngebäude an ein Wärmenetz angeschlossen. Der Ausbau der Wärmenetzinfrastruktur erfolgt durch eine Verdichtung von Anschlussraten in bestehenden Wärmenetzgebieten sowie die Ausweitung der Infrastruktur (insbesondere in Form von Netzerweiterungen). Gleichzeitig findet eine Dekarbonisierung der netzgestützten Wärmeversorgung statt, um die Abnehmer mit klimafreundlicher Wärme zu versorgen. Ein kleiner Restbedarf an gasförmigen Brennstoffen wird durch Biomethan gedeckt.
- Wasserstoff oder andere strombasierte Brennstoffe spielen in der dezentralen Wärmeversorgung nur eine untergeordnete Rolle. Gebäude an Gewerbestandorten, die für den Gewerbebetrieb Wasserstoff beziehen, könnten gegebenenfalls auch über Wasserstoff beheizt werden. Analog den Wohngebäuden ist für alle anderen Nichtwohngebäude kein Wasserstoffeinsatz vorgesehen.
- Der Bedarf an Prozessenergien nimmt infolge einer steigenden Bruttowertschöpfung weiter zu. Allerdings wird auch in diesem Bereich infolge effizienterer Techniken der Endenergieeinsatz reduziert. Der verbleibende Energiebedarf wird ebenfalls auf erneuerbare Energien oder – im Bereich der Niedertemperatur-Prozesswärme – auf eine netzgestützte Wärmeversorgung umgestellt. Stromanwendungen (Beleuchtung, Motoren, Pumpen, IKT-Anwendungen usw.) „profitieren“ davon, dass der Bundesstrommix sukzessive CO<sub>2</sub>-frei wird.

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des Status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub> (Analyse umfasst Nichtwohngebäude und GHD-Prozessenergien)
- Aufbau eines Mengengerüsts sowie Abgleich mit der Energiebilanz vorl. 2023
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Entwicklung eines Zukunftsbilds

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für den Bereich der Nichtwohngebäude sowie GHD-Prozessenergien (dabei Berücksichtigung der aktuellen und angekündigten energiepolitischen Instrumente)
- Differenzierung zwischen Neubau und Gebäudebestand

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Energiepolitische Instrumente (v.a. Instrumente des Bundes)

## Hebelmaßnahmen

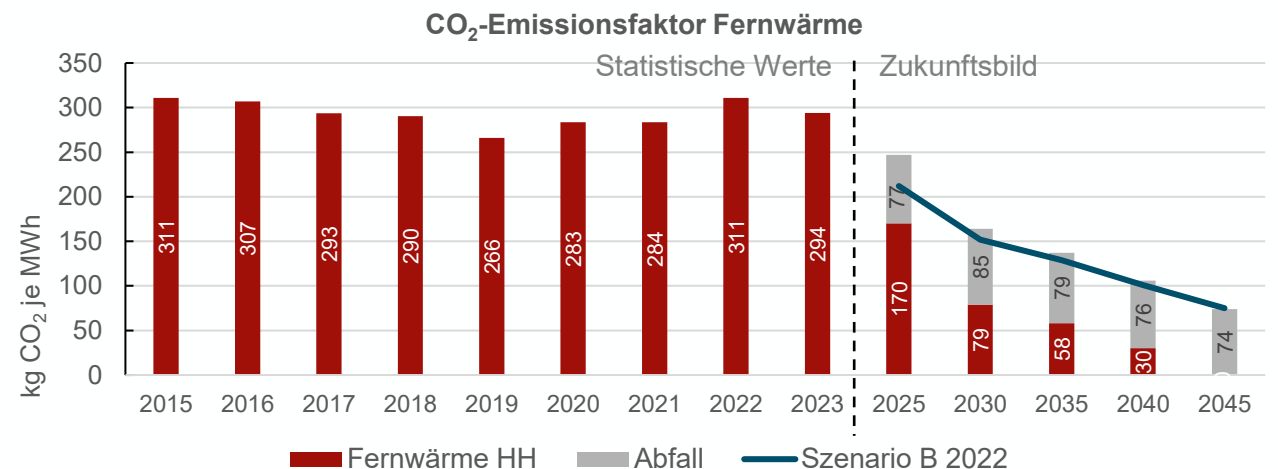
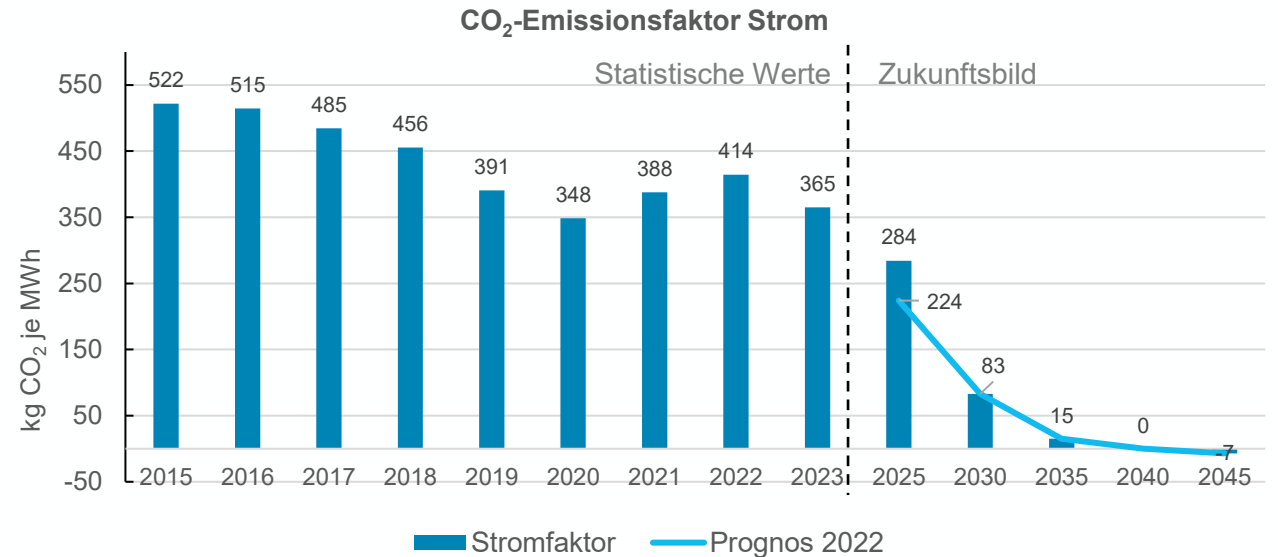
- Energiesparender Neubau
- Sanierungsrate
- Sanierungstiefe
- Energiesparendes Verhalten
- Optimierung Anlagentechnik
- Erneuerbare Wärme dezentral
- Ausbau Anteil Wärmenetze
- Dekarbonisierung Wärmenetze
- GHD-Prozesse: Effizienz
- GHD-Prozesse: Versorgung (Anlagentechnik)
- GHD-Prozesse: Dekarbonisierung Strom+FW

## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

# Exogene Stellschrauben und Emissionsfaktoren

- Eine wichtige Stellschraube für den CO<sub>2</sub>-Minderungspfad im Hamburger GHD-Sektor ist der **Emissionsfaktor für den Strombezug**. Dieser basiert auf den bundesweit in Betrieb befindlichen Erzeugungsanlagen.
- Der künftige **Emissionsfaktor Fernwärme** ergibt sich aus Zwischenergebnissen der Planungen für die Fernwärmeversorgung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung. Ab dem Jahr 2025 sind hier die Emissionen aus der Abfallverbrennung nachrichtlich getrennt ausgewiesen.
- Die **Emissionsfaktoren anderer Energieträger** basieren auf der vom Umweltbundesamt herausgegebenen Veröffentlichung "CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktorenliste 1990-2022", die auch das Statistikamt Hamburg verwendet.
- Für die Zukunft ist die Bereitstellung von **e-Fuels und H<sub>2</sub>** als Energieträger geplant. Dieser wird zum überwiegenden Teil in die FHH importiert werden. Hierfür wird in Übereinkunft mit dem Statistikamt ein Emissionsfaktor von 0 kg CO<sub>2</sub> je MWh verwendet.
- Im Gegensatz zum Szenario aus 2022 wurde auf Wunsch der BUKEA im Bereich der Wärmeversorgung der NWG der Klimateffekt berücksichtigt. Dies schlägt sich in einer Reduktion der Gradtagszahl von rund 12% zwischen den Jahren 2022 und 2045 nieder.



Datenquellen: Stromfaktor: Prognos AG, eigene Berechnungen; Fernwärmefaktor: BUKEA Hamburg, sonstige Emissionsfaktoren: Umweltbundesamt; Klimateffekt: BBR/DWD

# Energiepolitische Instrumente

- Bei Szenario B handelt es sich um ein normatives Zielszenario. Die Zielerreichung setzt eine entsprechende politische Instrumentierung voraus. Analog den Wohngebäuden sind zum Gelingen der Wärmewende auch bei den Nichtwohngebäuden insbesondere die Instrumente auf Ebene des Bundes relevant. In Szenario B wirken auf die Nichtwohngebäude die gleichen Instrumente wie bei den Wohngebäuden (s. Instrumentenliste für den Sektor Privathaushalte). Speziell für den Bereich der Nichtwohngebäude gelten auch die Mindesteffizienzstandards (MEPS), nach denen bis 2030 die 16% und bis 2033 die 26% „schlechtesten“ Nichtwohngebäude energetisch saniert werden müssen.
- Wie bei den Privathaushalten dargestellt, werden auch für den GHD-Sektor die notwendigen Instrumente zum Ausbau der Wärmenetz-Infrastruktur, zur Erhöhung der Anschlussdichte und zur Dekarbonisierung der netzgestützten Wärmeversorgung nicht explizit betrachtet. Ferner wird angenommen, dass der Bundesstrommix – wie von der neuen Bundesregierung anvisiert – sehr schnell dekarbonisiert wird. Konkret wird unterstellt, dass der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung bis 2030 auf 80% ansteigt. Dies ist erforderlich, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die aus dem verhältnismäßig hohen Strombedarf des GHD-Sektors resultieren, zügig zu reduzieren. Um den Strombedarf des GHD-Sektors trotz steigender Bruttowertschöpfung einzudämmen (und damit das EE-Ausbauziel des Bundes nicht durch zu hohe Stromnachfragen zu überstrapazieren), sind aber auch wirkmächtige Effizienzmaßnahmen notwendig.
- Für das Gelingen der Sektortransformation muss unterstellt werden, dass der Bund durch eine umfangreiche Fachkräfteoffensive ausreichend Fachkräfte mobilisiert, um die notwendigen materiellen und organisatorischen Maßnahmen insbesondere im Bereich der Wärmewende umzusetzen. Gleiches gilt für die personelle Ausstattung in den Verwaltungseinheiten, z.B. im Gebäudemanagement der Stadt hinsichtlich der Sanierung der öffentlichen Gebäude oder in den Vollzugsbehörden.
- Effizienzsteigerungen bei GHD-Prozessen, der Beleuchtung, IKT Anwendungen usw. sowie deren Dekarbonisierung werden ebenfalls durch Bundesinstrumente adressiert, z.B. die Einführung von Einsparquoten zur Umsetzung von Art. 8/9 EED zur Förderung von Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz, eine Anpassung der Energie- und CO<sub>2</sub>-Besteuerung, eine Umsetzungspflicht für Maßnahmen aus Energieaudits unter Art. 11 EED, strengere EU-Ökodesign-Standards, beschleunigte Abschreibungen für energieeffiziente Anlagen und Maschinen sowie eine Intensivierung der EEW-Förderung<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Förderung von Energie- und Ressourceneffizienz sowie Prozesswärme aus erneuerbaren Energien in Unternehmen

# Energiepolitische Instrumente der FHH

- Bei der Transformation des Nichtwohngebäudesektors nimmt Hamburg eine sehr ähnliche Rolle ein wie bei den Wohngebäuden (s. deswegen die Ausführungen zur Rolle Hamburger Energiepolitik im Hinblick auf die Sektortransformation der Privathaushalte im Abschnitt der Privathaushalte). Im Bereich des Ordnungsrechts erfolgen die Vorgaben auf Ebene des Bundes. Hamburg nimmt dabei eine sehr wichtige Rolle ein im Hinblick auf den Vollzug der ordnungsrechtlichen Vorgaben (insbesondere im Hinblick auf die Umsetzung der MEPS für Nichtwohngebäude) und im Bereich der Information/Motivation von selbstnutzenden Gebäudeeigentümern. Auch ein Großteil der Fördergelder kommt aus Bundesprogrammen.
- Die Kommunale Wärmeplanung ist sowohl für die Wärme- und Kälteversorgung der Nichtwohngebäude relevant als auch für den Bereich der Prozesswärme und -kälte (Identifizierung und Erschließung von Abwärmequellen, Orientierung für die Zukunft des Gasverteilnetzes usw.). Gemäß Wärmeplanungsgesetz muss der Wärmeplan für Hamburg spätestens zum 30.06.2026 vorliegen.
- Eine sehr wichtige, aktive und direkte Rolle hat die FHH bei den öffentlichen Gebäuden. Viele dieser Gebäude haben Publikumsverkehr. Schulen und Kindergärten sind Orte mit starkem Vorbildcharakter. Durch eine Verstärkung der Sanierungsaktivitäten sowohl hinsichtlich der Anzahl an Sanierungsobjekten pro Jahr als auch dem anvisierten Sanierungsniveau (inkl. Einsatz erneuerbarer Wärme) kann die Stadt nicht nur die CO<sub>2</sub>-Emissionen im direkten eigenen Wirkungsbereich reduzieren, sondern würde auch stärker als bisher ihrer Vorbildrolle gerecht.
- Auch bei den Emissionen aus den Gewerbeprozessen (Prozesswärme, gewerblicher Stromverbrauch für Querschnittstechnologien, Beleuchtung, IKT-Anwendungen usw.) wird der Ordnungsrahmen durch den Bund oder die EU (v.a. Ecodesign, Energielabelling) gesetzt, Fördergelder kommen z.B. aus dem Programm „Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft“ (EEW). Hier kann die Stadt durch Information und weitere Unterstützungsangebote die Hamburger Gewerbebetriebe anregen, einen möglichst großen Anteil der Fördergelder nach Hamburg zu holen. Hamburg sollte hierfür zusätzliche Beratungskapazitäten und Beratungsformate schaffen. Hinzu kommt die bedeutende Rolle der lokalen/regionalen Ebene bei der Motivierung und Mobilisierung von KMU sowie im Hinblick auf die Gestaltungsmöglichkeiten bei der nachhaltigen Weiterentwicklung von bestehenden Gewerbestandorten.

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des Status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub> (Analyse umfasst Nichtwohngebäude und GHD-Prozessenergien)
- Aufbau eines Mengengerüsts sowie Abgleich mit der Energiebilanz vorl. 2023
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Entwicklung eines Zukunftsbilds

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für den Bereich der Nichtwohngebäude sowie GHD-Prozessenergien (dabei Berücksichtigung der aktuellen und angekündigten energiepolitischen Instrumente)
- Differenzierung zwischen Neubau und Gebäudebestand

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Energiepolitische Instrumente (v.a. Instrumente des Bundes)

## Hebelmaßnahmen

- Energiesparender Neubau
- Sanierungsrate
- Sanierungstiefe
- Energiesparendes Verhalten
- Optimierung Anlagentechnik
- Erneuerbare Wärme dezentral
- Ausbau Anteil Wärmenetze
- Dekarbonisierung Wärmenetze
- GHD-Prozesse: Effizienz
- GHD-Prozesse: Versorgung (Anlagentechnik)
- GHD-Prozesse: Dekarbonisierung Strom+FW

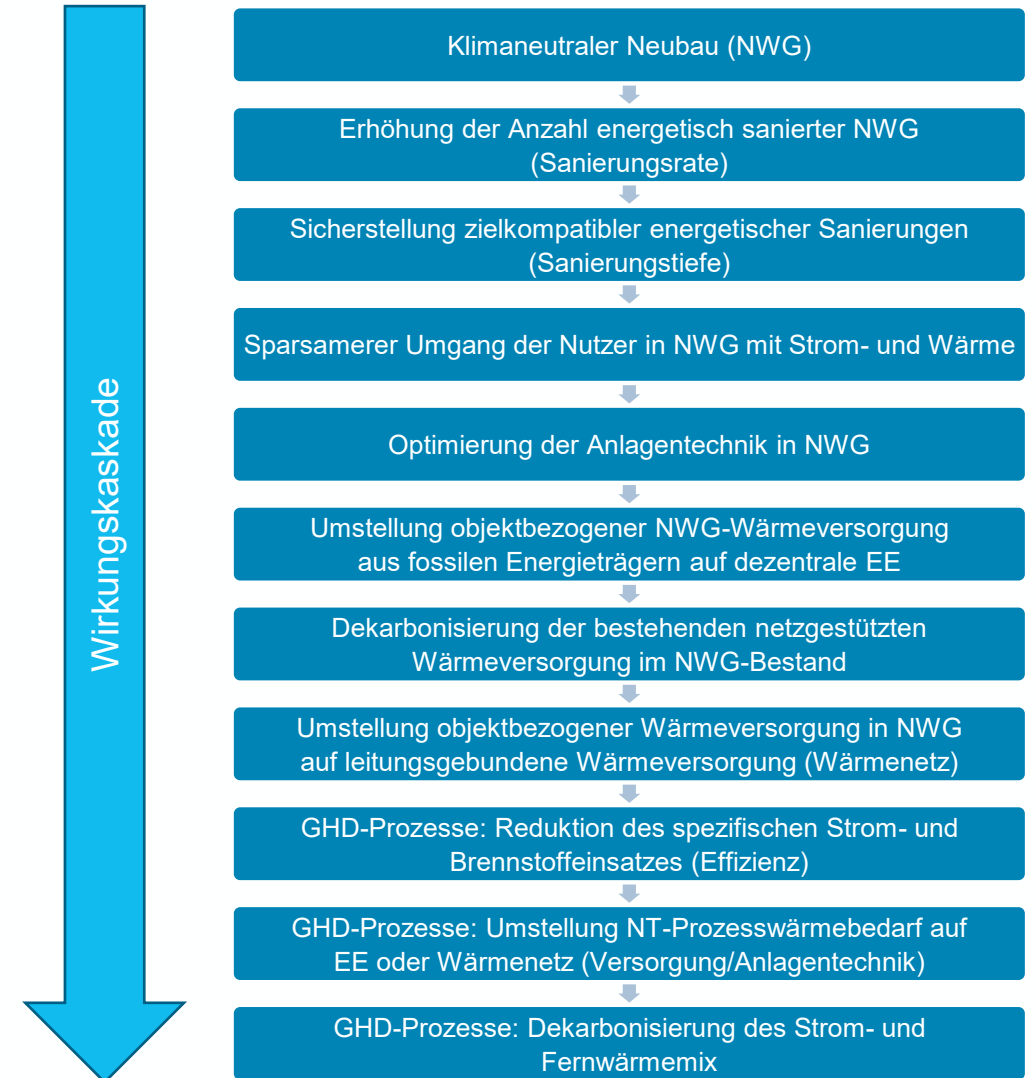
## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

# Wirkung der Hebelmaßnahmen

- Um die Wirkung der einzelnen Hebelmaßnahmen voneinander separieren und quantifizieren zu können, erfolgt eine sequentielle Betrachtung. Dies erfolgt unter Konstanthaltung der jeweils flankierenden Stellgrößen.
- Die Kaskadierung erfolgt grundsätzlich nach folgendem Schema, wobei zunächst die gebäuderelevanten Energieverbräuche (NWG) und danach die brennstoff- und strombasierten Prozessenergien behandelt werden<sup>1)</sup>:
  - Im ersten Schritt werden die Hebelmaßnahmen quantifiziert, die auf eine Reduktion des Energieverbrauchs der NWG abzielen (Prinzip „Efficiency First“).
  - Im zweiten Schritt werden die Wirkungen quantifiziert, die aus der Umstellung der objektbezogenen Wärmeversorgung der NWG auf dezentrale EE-Wärmeenergien sowie aus der Dekarbonisierung des Antriebsstroms von Wärmepumpen folgen.
  - Im dritten Schritt erfolgt eine Abschätzung der Minderungswirkung der Dekarbonisierung der netzgestützten Wärmeversorgung im heute schon an ein Wärmenetz angeschlossenen Nichtwohngebäudebestand sowie der Umstellung bisher dezentral versorgter NWG auf eine Fernwärmeversorgung.
  - Die drei folgenden Schritte umfassen die Hebelmaßnahmen, die auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen abzielen, die aus dem Prozessenergieverbrauch im GHD-Sektor resultieren..
- Die Quantifizierung erfolgt in 5-Jahres-Schritten und umfasst Endenergiebedarf, Endenergiemix und CO<sub>2</sub>-Emissionen.

<sup>1)</sup> wichtig: Mit Wahl dieser Reihenfolge geht keine Wertung oder Priorisierung der Maßnahmen (Effizienzmaßnahmen vs. Umstellung der Wärmeversorgung) einher. Im Hinblick auf die Klimaziele sind beide Maßnahmen gleichwertig wichtig. Aus methodischen Gründen muss bei der kaskadierten Betrachtung allerdings eine Reihenfolge gewählt werden.



# Klimaneutraler Zubau von NWG Nutzfläche sowie Zunahme des Prozessenergiebedarfs

- Zwischen den Jahren 2019-2022 wurde in Hamburg pro Jahr im Durchschnitt eine Nutzfläche von rund 315.000 m<sup>2</sup> fertiggestellt.<sup>1)</sup> Für das Szenario B wird angenommen, dass jährlich eine entsprechende Nutzfläche zugebaut wird.
- Wie bei den Neubauten im Bereich der Wohngebäude werden als energetischer Mindeststandard die Mindestanforderungen des aktuellen GEG unterstellt. Bezogen auf den Bilanzierungsraum Raumwärme und Warmwasser sind dies die gleichen Standards wie für MFH bei den Wohngebäuden.
- Der Neubau erfolgt in möglichst ressourcenschonender Weise. Dies bezieht sich vor allem auf die eingesetzten Baustoffe (v.a. Holz, nachhaltige Dämmstoffe). Die Wirkung der ressourcenschonenden Bauweise schlägt sich allerdings in der Verursacher-Bilanz nicht nieder.
- Im Prognos-Szenario von 2022 steigt die Bruttowertschöpfung der Hamburger Betriebe auf rund 131 Mrd. EUR in 2050 (in realen Preisen). Die Zunahme der Bruttowertschöpfung geht mit einem Anstieg des Prozessenergiebedarfs einher. Das die unterstellte Entwicklung der Bruttowertschöpfung auch die Entwicklung im Industriesektor erfasst, ist die daraus abgeleitete Entwicklung des Prozessenergiebedarfs mit großen Unsicherheiten behaftet.
- Beide Entwicklungen – Zunahme der Gewerbefläche sowie Anstieg des Prozessenergiebedarfs – führen bis 2030 rechnerisch zu zusätzlichen Emissionen in Höhe von rund 0,07 Mio. t. CO<sub>2</sub>. Infolge der weiteren Dekarbonisierung des Bundesstrommix sowie der Hamburger Wärmenetze sinken die zusätzlichen Emissionen allerdings bis zum Jahr 2045 deutlich ab.

<sup>1)</sup> Statistik Nord: Hochbautätigkeit und Wohnungsbestand in Hamburg

# Erhöhung der Anzahl energetisch sanierter NWG (Sanierungsrate) sowie Sicherstellung zielkompatibler energetischer Sanierungen (Sanierungstiefe)

- Wie bei den Wohngebäuden wird die Entwicklung des Endenergiebedarfs der Nichtwohngebäude maßgeblich durch die Sanierungsaktivität/Sanierungsrate sowie die Sanierungstiefe bestimmt. Die Sanierungsrate der NWG wird aus Szenario A von 2022 übernommen. Dort steigt die Sanierungsrate auf 1,6% in 2030, 1,7% in 2035 und 1,8% in 2045 an. Die Sanierungsrate bezieht sich dabei auf die gesamte beheizte Nutzfläche der NWG (inkl. öffentlichen Gebäude). Insbesondere die Umsetzung der MEPS (Pflicht zur energetischen Sanierung von 16% der schlechtesten Nichtwohngebäude bis 2030 sowie 26% bis 2033) wird zu einer Erhöhung der Sanierungsrate führen. Mit den angenommenen Sanierungsraten werden bis 2030 weitere 12% der gesamten beheizten Nutzfläche saniert. Wie bei den Wohngebäuden werden Teilsanierungen in Form einer äquivalenten Vollsanierungsrate subsumiert. Sanierungen erfolgen im Investitionszyklus der Bauteile.
- Für die Sanierung der Nichtwohngebäude wird ein dem Bereich der Wohngebäude vergleichbarer energetischer Sanierungsstandard zu Grunde gelegt. In 2030 führt eine energetische Sanierung zu einer Einsparung des Heizwärme- und Warmwasserbedarfs von etwa 35%. Der Einsparwert steigt bis 2045 auf rund 45%. Neben der Verbrauchsreduktion führen auch hier viele der Sanierungsmaßnahmen dazu, dass im Heizsystem der Gebäude die Vorlauftemperatur soweit reduziert werden kann, dass ein effizienter Einsatz einer Wärmepumpe auch ohne Umstellung auf eine Flächenheizung möglich wird.<sup>1)</sup>
- Im Ergebnis ergibt sich für die unterstellte Entwicklung der Sanierungsrate bis zum Jahr 2030 rechnerisch eine Einsparung von rund 26 Tsd. t CO<sub>2</sub>. Die unterstellte Erhöhung der Sanierungstiefe führt bis 2030 rechnerisch zu weiteren CO<sub>2</sub>-Einsparungen in Höhe von rund 28 Tsd. t.

<sup>1)</sup> Diese Eigenschaft bezeichnet man als NT-Readiness (Niedertemperatur-Readiness).

# Sparsamerer Umgang der Nutzer mit Strom- und Wärme sowie Optimierung der Anlagentechnik in NWG

- Weitere Einsparpotenziale ergeben sich aus einem bewussteren/sparsameren Umgang mit Wärmeenergie sowie einer Optimierung der Anlagentechnik:
  - Beim Verbrauchsverhalten geht es insbesondere um ein sparsames Heizverhalten sowie den sparsamen Umgang mit Warmwasser. Neben den verhaltensbedingten Einsparpotenzialen umfasst die Hebelmaßnahme auch sogenannte kleininvestive Maßnahmen. Bei den Nichtwohngebäuden sind die meisten der verhaltensbedingten Einsparmaßnahmen relevant, die auch bei den Wohngebäuden eine Rolle spielen (z.B. Absenkung der Raumtemperatur, richtiges Lüftungsverhalten, Einsatz von Wasserspararmaturen, Einsatz drehzahl geregelter Heizungspumpen usw.). Wie bei den Wohngebäuden wird für die Wirkungsabschätzung ein Einsparwert in Höhe von insgesamt 5% bezogen auf den sektoralen Endenergieverbrauch im Ausgangsjahr 2023 unterstellt. Dabei wurde ein Teil der verhaltensbedingten Einsparungen bereits in den Jahren 2022 und 2023 erzielt, als Folge der Energiesparmaßnahmen aufgrund des Gaspreisanstiegs infolge des Krieges in der Ukraine. Dieser Effekt wird bereits durch die entsprechenden Energiebilanzen erfasst.
  - Bei der Optimierung der Anlagentechnik geht es bei den Heiz- und Lüftungsanlagen um ähnliche Maßnahmen wie bei den Wohngebäuden. Einsparpotenziale ergeben sich u.a. aus der Implementierung verbindlicher und leicht verständlicher Effizienzanzeigen an den Heizanlagen, dem hydraulischen Abgleich der Heizverteilssysteme sowie der regelmäßigen Überprüfung bestehender Heizanlagen (z.B. im Zuge von Energiemanagementsystemen). Die Optimierung der Anlagentechnik spielt insbesondere auch bei öffentlichen Gebäuden eine große Rolle. Für die Wirkungsabschätzung wird angenommen, dass sich mit den verschiedenen Maßnahmen durchschnittlich 10% des sektoralen Endenergiebedarfs einsparen lassen. Der volle Einsparwert wird nach Ablauf von 10 Jahren erschlossen. Im weiteren Zeitverlauf sind die erzielten Einsparungen durch fortlaufende Optimierung der Anlagentechnik beizubehalten.
- Für die verhaltensbasierten Einsparpotenziale im Bereich der Nichtwohngebäude ergibt sich bis zum Jahr 2030 rechnerisch eine Einsparung von rund 24 Tsd. t CO<sub>2</sub>. Die Optimierung der Anlagentechnik führt bis 2030 rechnerisch zu weiteren CO<sub>2</sub>-Einsparungen in Höhe von rund 64 Tsd. t.

# Umstellung objektbezogener Wärmeversorgung aus fossilen Energieträgern auf dezentrale EE sowie leitungsgebundene Wärmeversorgung + Dekarbonisierung der Fernwärme

- Ein deutliches CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial verbindet sich mit der Umstellung der Wärmeversorgung aus dezentralen Heizöl- und Gaskesseln sowie der direktelektrischen Raumwärme und Warmwassererzeugung zu Gunsten dezentraler erneuerbarer Wärmetechnologien sowie zu Gunsten eines Anschlusses an ein Wärmenetz. Auch hier erfolgt die Umstellung im Investitionszyklus der Heizanlagen.
  - Bei der dezentralen Wärmeversorgung spielen Wärmepumpen und biogene Brennstoffe die größte Rolle. Die unterstellten Anteile der Umweltwärme an der Raumwärmeerzeugung (rund 4,5% in 2030, rund 16% in 2045) entsprechen im Bereich der NWG (inkl. öffentliche Gebäude) in 2030 rund 3.000 Gebäuden, die über eine Wärmepumpe verfügen, in 2045 sind es im Szenario rund 8.400 Gebäude. Hinzu kommen Wärmepumpen in neu zugebauten Gewerbegebäuden. Wärmepumpen werden in den Gebäuden eingesetzt, in denen sie effizient betrieben werden können. Die Voraussetzungen dafür werden durch Wärmeschutzmaßnahmen im Rahmen der beiden Hebelmaßnahmen „Sanierungsrate“ und „Sanierungstiefe“ geschaffen. Die Berechnung der Emissionen der Wärmepumpen (Emissionen des Betriebsstroms) erfolgt unter Berücksichtigung der Dekarbonisierung des Strommix. Gleichzeitig wird unterstellt, dass der sinkende Restbedarf an Gasen sukzessive auf Biomethan umgestellt wird (insbesondere als Folge von Umsetzungsmaßnahmen nach §71 (9) GEG).
  - Bei der netzgestützten Wärmeversorgung geht es sowohl um die Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung als auch eine Erhöhung der Anzahl wärmenetzversorgter Nichtwohngebäude. Die Wirkungsabschätzung erfolgt analog zu den Wohngebäuden. Die Einsparwirkung der Hebelmaßnahme „Dekarbonisierung der Fernwärme“ umfasst die CO<sub>2</sub>-Minderung, die daraus resultiert, dass heute schon an ein Wärmenetz angeschlossene NWG nach und nach durch klimafreundlichere Wärme versorgt werden. Dies umfasst auch die öffentlichen Gebäude. Die Einsparungen aus den neuen zusätzlichen Wärmenetzanschlüssen werden separat bilanziert.
- Im Ergebnis ergibt sich für die Umstellung auf Wärmepumpen und Biomasseheizungen bis zum Jahr 2030 rechnerisch eine Einsparung in Höhe von rund 150 Tsd. t CO<sub>2</sub>. Mit der Dekarbonisierung der bestehenden netzgestützten Wärmeversorgung verbinden sich bis 2030 rechnerische Einsparungen in Höhe von rund 113 Tsd. t CO<sub>2</sub>. Die zusätzlichen Wärmenetzanschlüsse führen bis 2030 zu rechnerischen Einsparungen von rund 42 Tsd. t CO<sub>2</sub>.

# GHD-Prozesse: Reduktion des spezifischen Strom- und Brennstoffeinsatzes + Umstellung NT-Prozesswärmebedarf auf dezentrale EE und Wärmenetze + Minderung Emissionsfaktor Bundesstrommix

- Prozessenergien umfassen v.a. den Energiebedarf für den Betrieb von Querschnittstechnologien (z.B. Pumpen, Motoren usw.), die Beleuchtung, die Erzeugung gewerbliche Prozesswärme- und -kälte sowie IKT-Anwendungen. Der Prozessenergiebedarf wird durch Strom dominiert.
- Für Unternehmen im GHD-Sektor sind die ökonomischen Hemmnisse zur Umsetzung von Effizienzmaßnahmen besonders hoch, da die Energiekosten nur einen geringen Anteil an den Gesamtkosten ausmachen. Im Klimaschutzzielszenario (Szenario B) werden diese Potenziale größtenteils ausgeschöpft.
- Einsparpotenziale ergeben sich durch den Einsatz effizienterer Anwendungen. Bei der Beleuchtung verbinden sich die größten Einsparpotenziale mit der Umstellung auf LED. Im Rahmen der Bestandsumwälzung werden bestehende Anlagen durch effizientere Anlagen ersetzt. Teile der Prozesswärmeerzeugung und Motoren werden sukzessive elektrifiziert. Teile des Bedarfs an Niedertemperaturprozesswärme wird auf dezentrale EE oder netzgestützte Wärmeversorgung umgestellt. Der Anteil fossiler Brennstoffe an den GHD-Prozessen nimmt stetig ab und sinkt bis 2045 auf null.
- Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Strombedarf gehen infolge der hier unterstellten zügigen Dekarbonisierung des deutschen Strommix sehr schnell zurück.
- Die Wirkung der Hebelmaßnahme „Optimierung der Ressourcen- und Materialeffizienz sowie Materialkreisläufe“ hat keine Wirkung in der Verursacher-Bilanz. Ihre Wirkung wird deswegen nicht quantifiziert.
- Die Erschließung der Effizienzpotenziale bei den GHD-Prozessen (Reduktion des spezifischen Strom- und Brennstoffeinsatzes) führt bis zum Jahr 2030 zu rechnerischen Einsparungen in Höhe von rund 119 Tsd. t CO<sub>2</sub>. Die Umstellung des NT-Prozesswärmebedarfs auf dezentrale EE und netzgestützte Wärmeversorgung führt zu zusätzlichen Einsparungen von 66 Tsd. t CO<sub>2</sub>. Die größten rechnerischen Einsparungen folgen aus der Dekarbonisierung des Strommix (bis 2030 rund 634 Tsd. t CO<sub>2</sub>). Die Dekarbonisierung der netzgestützten Wärmeversorgung schlägt bis 2030 mit rechnerischen Einsparungen in Höhe von rund 63 Tsd. t CO<sub>2</sub> zu Buche.

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des Status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub> (Analyse umfasst Nichtwohngebäude und GHD-Prozessenergien)
- Aufbau eines Mengengerüsts sowie Abgleich mit der Energiebilanz vorl. 2023
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Entwicklung eines Zukunftsbilds

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für den Bereich der Nichtwohngebäude sowie GHD-Prozessenergien (dabei Berücksichtigung der aktuellen und angekündigten energiepolitischen Instrumente)
- Differenzierung zwischen Neubau und Gebäudebestand

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Emissionsfaktor Fernwärme
- Energiepolitische Instrumente (v.a. Instrumente des Bundes)

## Hebelmaßnahmen

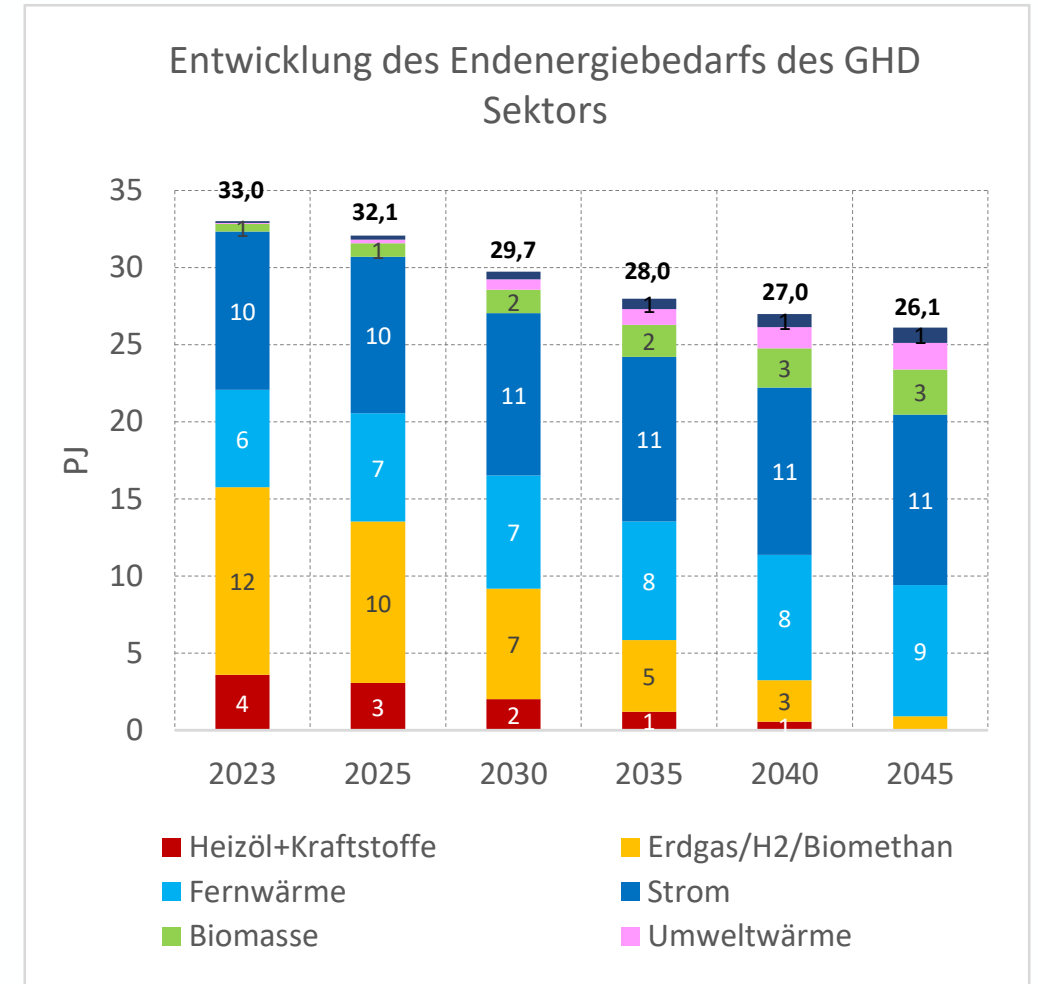
- Energiesparender Neubau
- Sanierungsrate
- Sanierungstiefe
- Energiesparendes Verhalten
- Optimierung Anlagentechnik
- Erneuerbare Wärme dezentral
- Ausbau Anteil Wärmenetze
- Dekarbonisierung Wärmenetze
- GHD-Prozesse: Effizienz
- GHD-Prozesse: Versorgung (Anlagentechnik)
- GHD-Prozesse: Dekarbonisierung Strom+FW

## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Fernwärmefaktor
- Wirkung Stromfaktor
- Energiemix, Endenergiebedarf CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

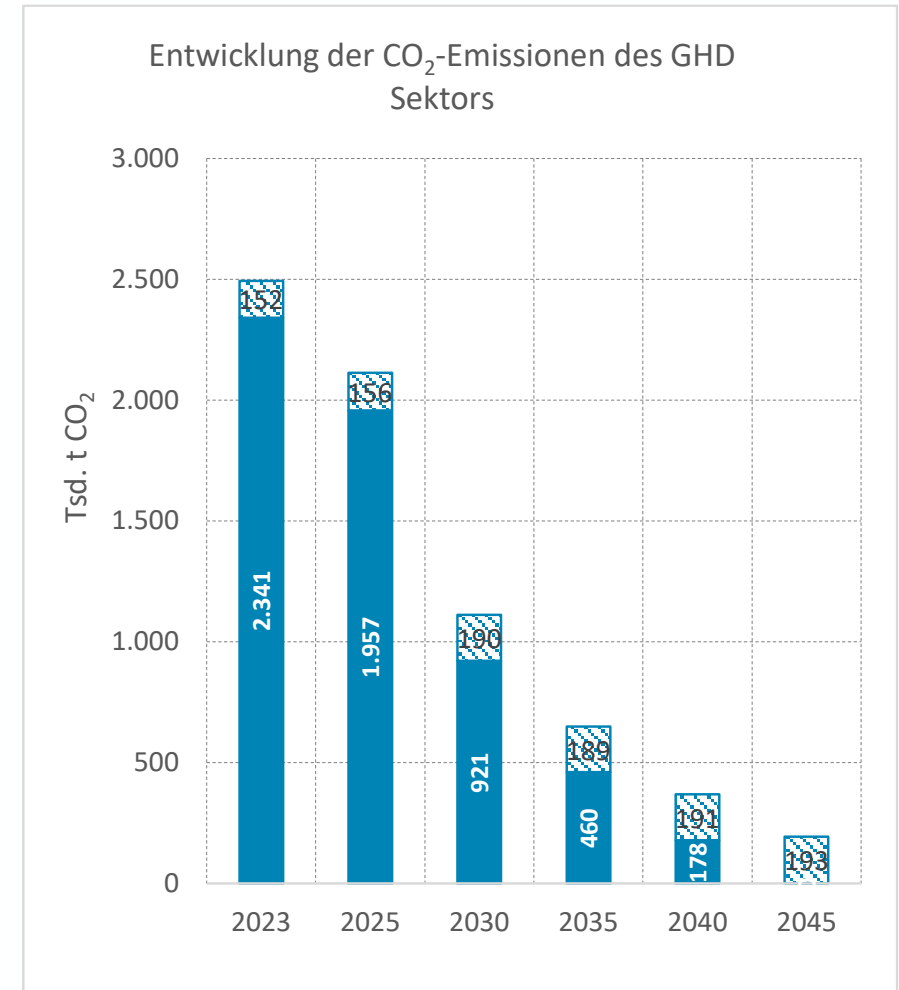
# Entwicklung des Endenergiebedarfs des GHD-Sektors

- Der Endenergiebedarf des GHD-Sektors reduziert sich in Szenario B vom Bezugsjahr 2023 bis 2030 um rund 10% und bis 2045 um rund 21%. Die Auswirkungen des Klimawandels (geringerer Wärmeenergiebedarf, höherer Klimatisierungsbedarf) sind dabei berücksichtigt.
- Die Verbräuche von Heizöl und Erdgas halbieren sich bis 2030 nahezu und sinken bis 2045 auf nahezu null. Die geringen Mengen an Gasen, die ab 2035/2040 noch eingesetzt werden, werden sukzessive auf klimafreundliche Gase umgestellt.
- In den Minderungspfad gehen ein:
  - Entwicklung der Nutzflächen im Bereich der Nichtwohngebäude sowie des Prozessenergiebedarfs in Abhängigkeit von der Entwicklung der Bruttowertschöpfung
  - Energetische Sanierung von Nichtwohngebäuden
  - Verhaltensbasierte Einsparpotenziale
  - Energetische Optimierung der Anlagentechnik, Beleuchtung und Prozesse

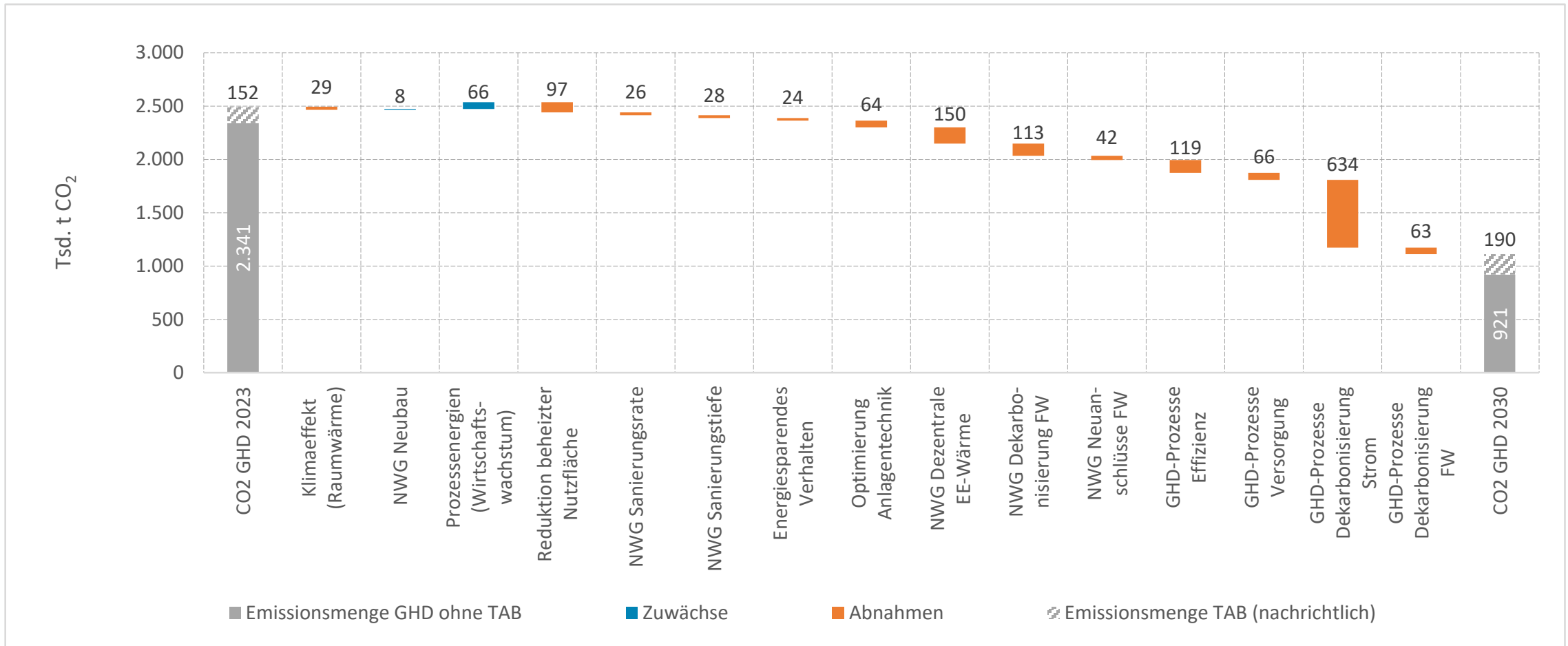


# Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des GHD-Sektors

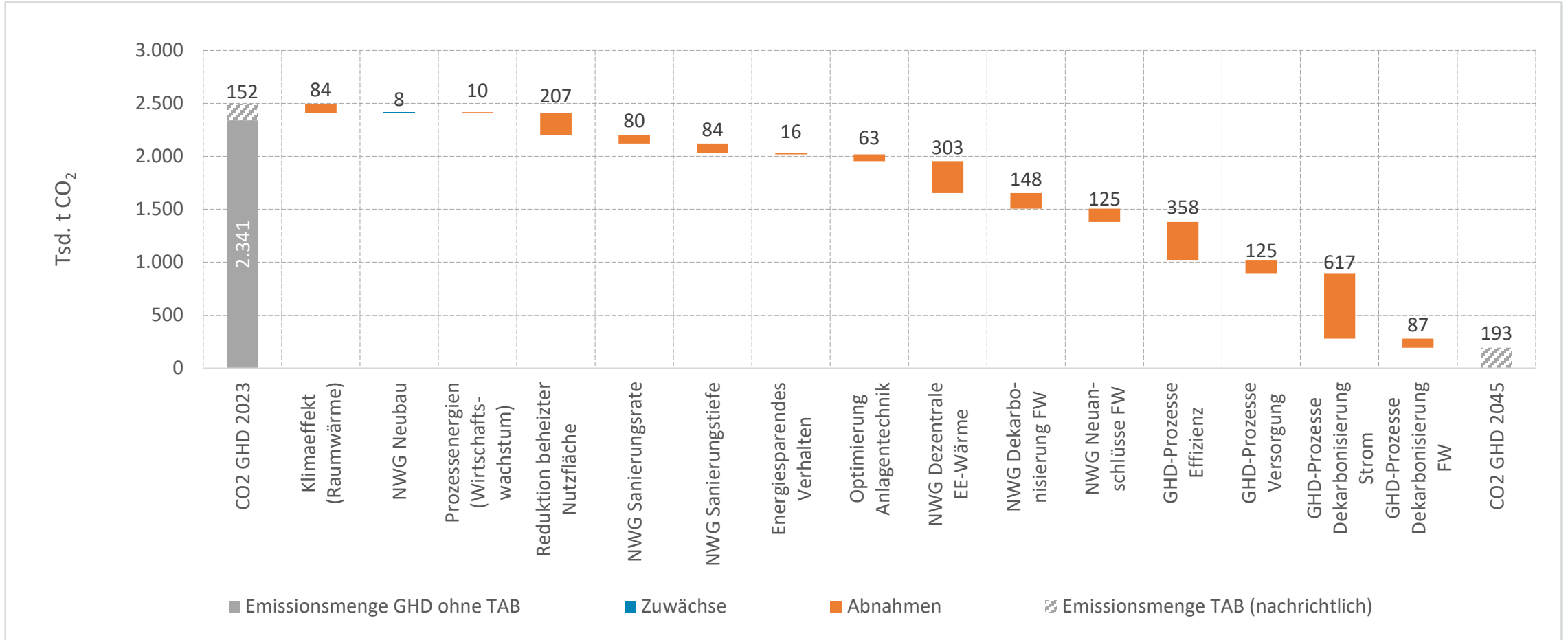
- Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen im GHD-Sektor verringern sich von rund 2,3 Mio. t im Jahr 2023 auf rund 0,9 Mio. t in 2030 und 0,2 Mio. t in 2040 (Werte ohne TAB-Emissionen). In 2045 liegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen bei null.
- Im Diagramm nachrichtlich schraffiert dargestellt sind die Emissionen aus der TAB in der Fernwärme, die nicht in die Summenwerte mit eingehen, sondern in einem separaten Bereich Abfallwirtschaft bilanziert sind.
- Im Diagramm nachrichtlich schraffiert dargestellt sind die Emissionen aus der TAB in der Fernwärme. Ohne die TAB-Emissionen liegt die relative sektorale CO<sub>2</sub>-Einsparung im Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2023 bei rund 61%.
- Die höchsten Reduktionsraten werden im Zeitraum bis zum Jahr 2030 erreicht. Dies liegt am starken Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem sektoralen Stromverbrauch. Grund dafür ist der ambitionierte Ausbaupfad der Bundesregierung für den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung (80% EE-Anteil bis 2030). Auch der Emissionsfaktor für die Fernwärme sinkt bis 2030 in absoluten Werten deutlich stärker als in den Folgejahren.



# Minderungspfad und Hebelmaßnahmen bis 2030



# Minderungspfad und Hebelmaßnahmen bis 2045



# Inhalt

Methodik und Datengrundlagen

Sektor Industrie

Sektor Private Haushalte

Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

**Sektor Verkehr**

Bereich Abfallwirtschaft

Zusammenfassung

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Identifizierung der maßgeblichen Treiber im Verkehrssektor
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Verkehrsträgerbezogenes Zukunftsbild

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für die maßgeblichen Verkehrsträger
- Mögliche Entwicklungen und Veränderungen Modal Split und Treibstoffe
- Abgleich Szenario B (Version 2022)

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Bereitstellung e-Fuels / H<sub>2</sub>
- Modal Shift zum Umweltverbund und Fahrleistungsreduktion im MIV und Wirtschaftsverkehr
- Verstärkung des Einsatzes nachhaltiger Antriebstechnologien
- Energiepolitische Instrumente

## Hebelmaßnahmen

- Attraktivitätssteigerung des Umweltverbundes (Klimafreundlicher „modal shift“ im Individualverkehr)
- Transportmittelwechsel im Wirtschaftsverkehr und Ausbau des klimafreundlichen Wirtschaftsverkehrs
- Elektrifizierung der Fahrzeugflotten
- Nutzung von H<sub>2</sub>/E-Fuels im Schwerlast-, Schiffs- und Flugverkehr
- Infrastrukturmaßnahmen zur Elektrifizierung

## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Stromfaktor
- Modal Split und Treibstoffwahl, CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Identifizierung der maßgeblichen Treiber im Verkehrssektor
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Verkehrsträgerbezogenes Zukunftsbild

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für die maßgeblichen Verkehrsträger
- Mögliche Entwicklungen und Veränderungen Modal Split und Treibstoffe
- Abgleich Szenario B (Version 2022)

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Bereitstellung e-Fuels / H<sub>2</sub>
- Modal Shift zum Umweltverbund und Fahrleistungsreduktion im MIV und Wirtschaftsverkehr
- Verstärkung des Einsatzes nachhaltiger Antriebstechnologien
- Energiepolitische Instrumente

## Hebelmaßnahmen

- Attraktivitätssteigerung des Umweltverbundes (Klimafreundlicher „modal shift“ im Individualverkehr)
- Transportmittelwechsel im Wirtschaftsverkehr und Ausbau des klimafreundlichen Wirtschaftsverkehrs
- Elektrifizierung der Fahrzeugflotten
- Nutzung von H<sub>2</sub>/E-Fuels im Schwerlast-, Schiffs- und Flugverkehr
- Infrastrukturmaßnahmen zur Elektrifizierung

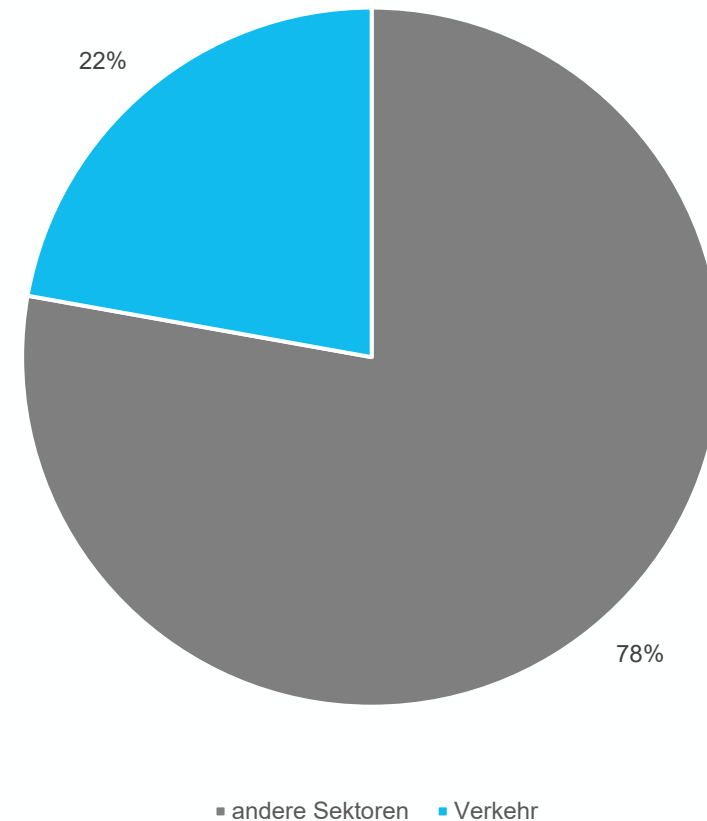
## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Stromfaktor
- Modal Split und Treibstoffwahl, CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

# Bedeutung des Sektors Verkehr für den Klimaplan

- Der Verkehrssektor in Hamburg ist geprägt durch einen hohen Anteil motorisierten Individualverkehr (MIV). Hinzu kommen ein hoher Wirtschaftsverkehr auf Straße, Schiene und in der Schifffahrt, sowie der Flugverkehr.
- Der verkehrsbedingte **Endenergieverbrauch** lag im Jahr 2023 bei **47,38 PJ**.
- Die daraus resultierenden **energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen** des Verkehrs betragen etwa 3,3 Mio t und damit einen **Anteil** am Gesamtausstoß von **22 %**.
- Diese Zahlen basieren auf der **endenergiebasierten Verursacherbilanz** des Statistikamts Nord, die als hier anzuwendende Methodik im Hamburger Klimaschutzgesetz fixiert ist.
- In diesen Zahlen sind neben dem Straßen- und Schienenverkehr die Binnenschifffahrt sowie der nationale Luftverkehr in Hamburg enthalten.

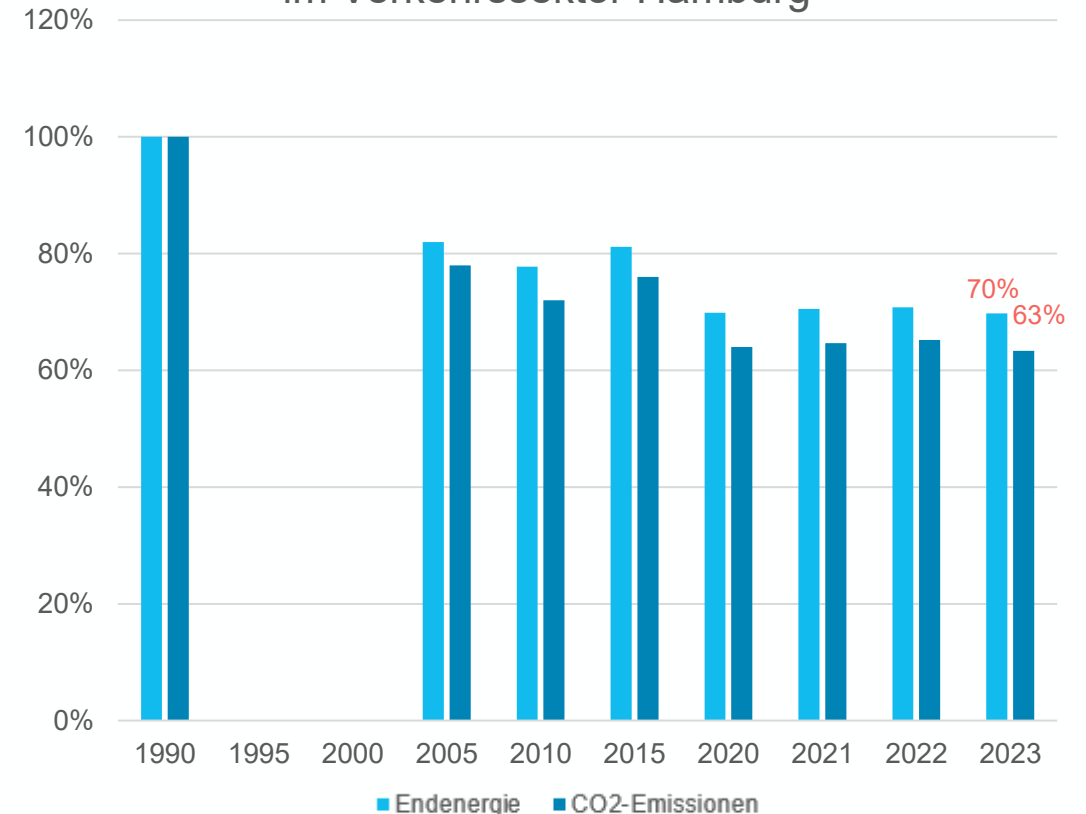
Anteile Sektor Verkehr  
an der CO<sub>2</sub>-Emission der FHH im Jahr 2023



# Relative Entwicklung Endenergiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen

- Gegenüber dem Referenzjahr 1990 entwickeln sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrssektors mit dem Endenergieverbrauch.
- Zwischen 2015 und 2020 sind sowohl Endenergieverbrauch als auch CO<sub>2</sub>-Emissionen **gesunken**. Die Emissionen sanken bis 2020 um **36 %** gegenüber 1990.
- Die Reduktionen sowohl im Endenergieverbrauch als auch in den CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2020 gehen vor allem auf das veränderte Mobilitätsverhalten in der **Corona Pandemie** zurück. Neben einer drastischen Verringerung des Flugreiseverkehrs kam es pandemiebedingt zu einer Verschiebung vom ÖPNV hin zum MIV. Absolut gesehen lag in diesem Jahr auch der MIV unter Normalniveau.
- Es ist zu erkennen, dass sowohl der Endenergieverbrauch als auch die Emissionen seit 2020 **nahezu konstant sind**.

Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehrssektor Hamburg

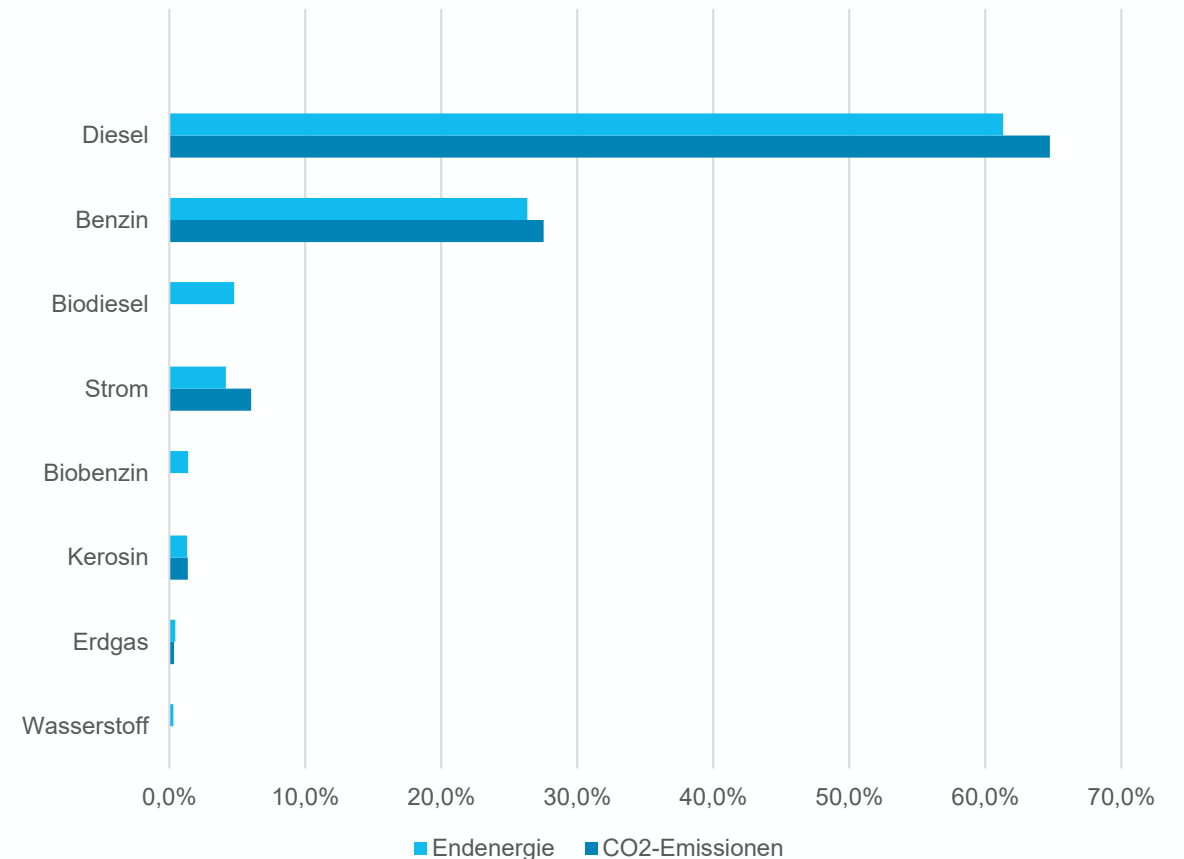


Datenquelle: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen (Verursacherbilanzen) des Statistikamts Hamburg 1990 - 2023

# Energieträgermix und deren Anteile an den CO<sub>2</sub>-Emissionen 2023

- Der Energieträger **Diesel** hat im Hamburger Verkehr den **größten Anteil** an Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission.
- Der hohe Diesel-Anteil in Hamburg geht insbesondere auf den **Wirtschaftsverkehr** sowohl auf der Straße, als auch im Schifffahrts- und Zugverkehr zurück.
- Batterieelektrische Fahrzeuge machen bisher nur einen vergleichsweise geringen Anteil aus. Zudem geht mit dem **Stromeinsatz** derzeit ein noch vergleichsweise **hoher spezifischer Emissionsfaktor** einher.
- Wasserstoff hat bisher lediglich einen sehr geringen Anteil am verkehrsbedingten Endenergieverbrauch.

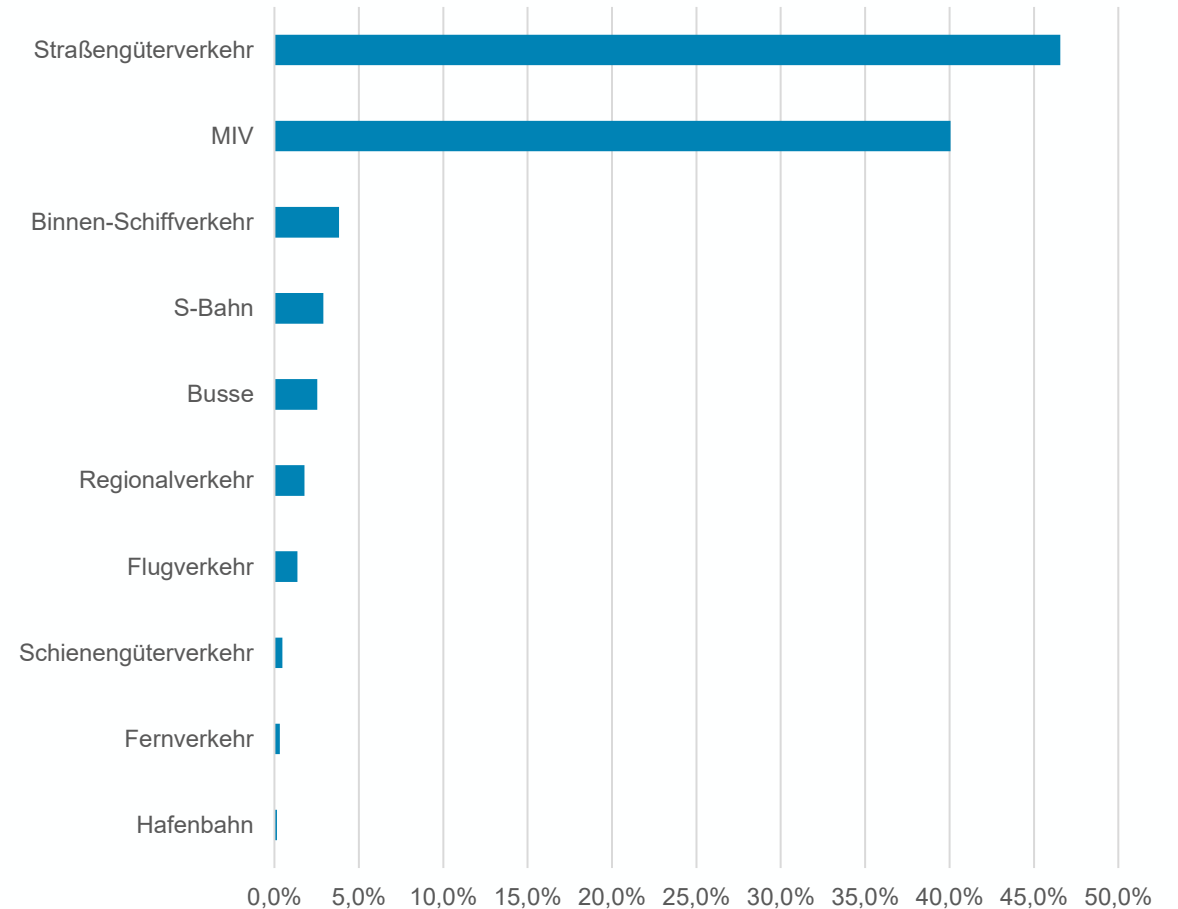
Anteile der Energieträger an Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission im Verkehr im Jahr 2023



# Anteile der CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Verkehrszweig (ohne internationalen Flugverkehr)

- Den größten Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen geht zurück auf den **Straßengüterverkehr** und den motorisierten Individualverkehr (**MIV**) mit zusammen rund 87 %.
- Der **Flugverkehr** trägt nach jetziger Bilanzierungsmethodik (unter Vernachlässigung des internationalen Flugverkehrs) zu rund 1,37 % zu den Gesamtemissionen des Verkehrssektors bei.

Anteile der Verkehrszweige an der CO<sub>2</sub>-Emission



# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Identifizierung der maßgeblichen Treiber im Verkehrssektor
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Verkehrsträgerbezogene Rückschau und Zukunftsbild

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für die maßgeblichen Verkehrsträger
- Mögliche Entwicklungen und Veränderungen Modal Split und Treibstoffe
- Rückschau und Abgleich Szenario B (Version 2022)

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Bereitstellung e-Fuels / H<sub>2</sub>
- Modal Shift zum Umweltverbund und Fahrleistungsreduktion im MIV und Wirtschaftsverkehr
- Verstärkung des Einsatzes nachhaltiger Antriebstechnologien
- Energiepolitische Instrumente

## Hebelmaßnahmen

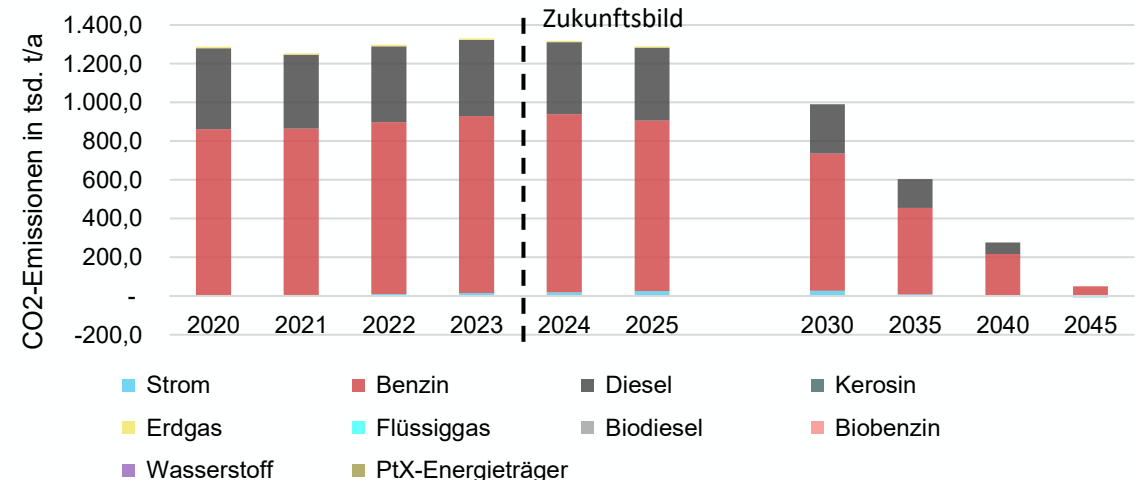
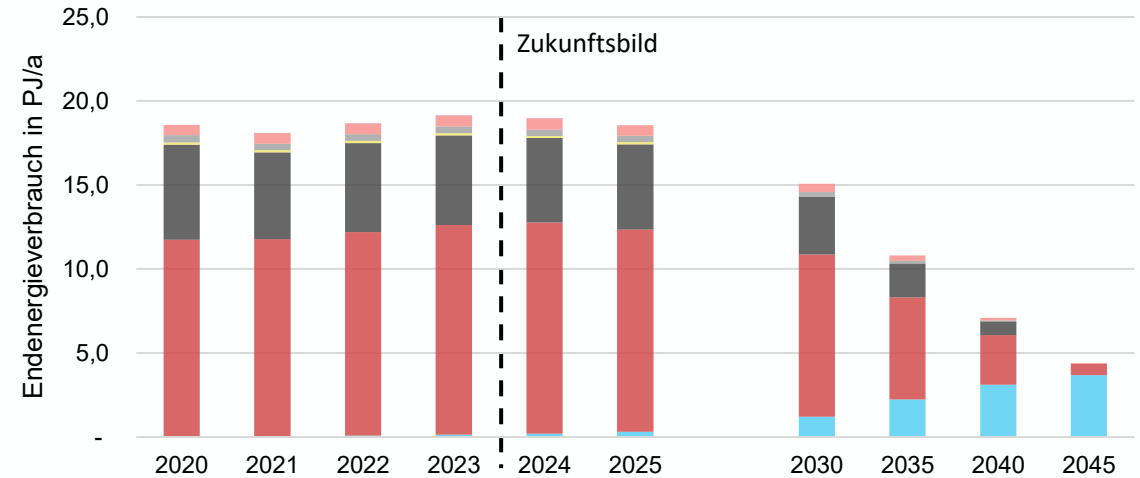
- Attraktivitätssteigerung des Umweltverbundes (Klimafreundlicher „modal shift“ im Individualverkehr)
- Transportmittelwechsel im Wirtschaftsverkehr und Ausbau des klimafreundlichen Wirtschaftsverkehrs
- Elektrifizierung der Fahrzeugflotten
- Nutzung von H<sub>2</sub>/E-Fuels im Schwerlast-, Schiffs- und Flugverkehr
- Infrastrukturmaßnahmen zur Elektrifizierung

## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Stromfaktor
- Modal Split und Treibstoffwahl, CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

# Motorisierter Individualverkehr

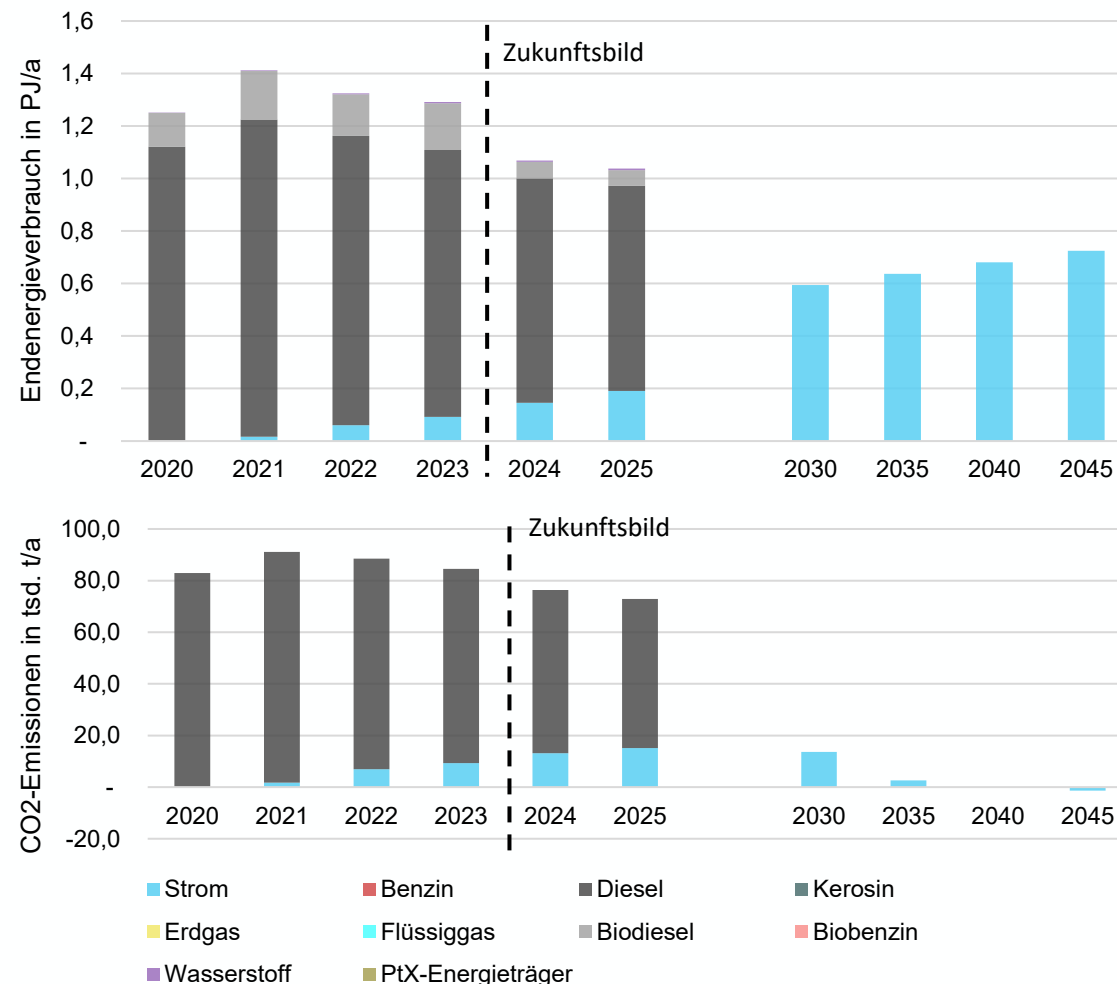
- Bis 2030 wird angenommen, dass sich der langfristige Trend im Straßenverkehr (2000 – 2019) fortsetzt. Die Entwicklung der Fahrleistung ab 2030 basiert auf bundesweiten Analysen von Agora Think Tanks<sup>1</sup>.
- Die **Fahrleistung** steigt bis 2023 ggü. 2020 um 13 % auf 8,3 Mrd. Fahrzeugkilometer.
- Hingegen reduziert sich die **Fahrleistung** im Vergleich zu 2023 bis 2030 um ca. 3 % und bis 2045 um ca. 14 %. Im Jahr 2030 betragen die Fahrzeugkilometer (FZK) ca. 8,0 Mrd. km und im Jahr 2045 ca. 7,1 Mrd. km.
- Der Antriebsmix bis 2024 basiert auf der deutschlandweiten Fahrzeugzulassungen von Personenkraftwagen des **Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA)**<sup>2</sup>. Für die Projektion des Energieträgermixes wurden ebenfalls Analysen von Agora Think Tanks verwendet<sup>1</sup>.
- Im Jahr 2023 beträgt der Anteil rein elektrischer Antriebe ca. 2,5 %. Ab 2025 rechnen wir mit einer deutlichen Zunahme **batterieelektrischer PKW** im Fahrzeugbestand, so dass der Anteil 2030 bei etwa 26 % liegt. Ab 2035 werden auf Basis der geltenden EU-Flottenzielwerte ausschließlich emissionsfreie Fahrzeuge zugelassen.
- Für **Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge (PHEV)** wird angenommen, dass Strom 30 % des Kraftstoffverbrauchs ausmacht<sup>3</sup>.
- **Elektrische Antriebe weisen eine höhere Effizienz als fossile Antriebe auf. Der Endenergieverbrauch sinkt durch die Elektrifizierung und der Reduzierung der Fahrleistung bis 2045 sukzessive ab. Der Anteil elektrischer Antriebe (inkl. PHEV) beträgt im Jahr 2040 ca. 81 % und im Jahr 2045 ca. 98 %.**
- **Auf Grund des sinkenden Emissionsfaktors des Strommix fahren batterieelektrische Fahrzeuge ab 2040 CO<sub>2</sub>-neutral. Gegenüber dem Jahr 2023 können die Emissionen um 97 % reduziert werden.**



1: Agora Think Tanks (2024): Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung  
 2: Kraftfahrt-Bundesamt, Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Bundesländern, Fahrzeugklassen und ausgewählten Merkmalen  
 3: Fraunhofer ISI (2022), Reale Nutzung von Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen in Europa: Ein 2022er Update

# Busse

- Bis 2030 werden Annahmen zur Fahrleistung auf Basis des Hamburger Verkehrsmodells verwendet. Die Entwicklung der Fahrleistung ab 2030 basiert auf bundesweiten Analysen von Agora Think Tanks<sup>1</sup>.
- Gegenüber 2020 steigt die **Fahrleistung** bis 2023 um 6 % auf 88 Mio. Fahrzeugkilometer an.
- Die **Fahrleistung** erhöht sich im Vergleich zu 2023 bis 2030 um ca. 25 % und bis 2045 um ca. 52 %. Im Jahr 2030 betragen die Fahrzeugkilometer ca. 110 Mio. km und im Jahr 2045 ca. 134 Mio. km.
- Zum Bestand der Busflotte in Hamburg (Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein (VHH) und HOCHBAHN) zählen 2024 noch **1.311 Dieselbusse**, die bis Anfang 2030 vollständig auf emissionsfreie Antriebe umgestellt sein sollen. Die Anzahl der emissionsfreien Busse beträgt aktuell 551 (23,71 %, 2024)<sup>2</sup>.
- Seit 2020 sind jährlich durch **140 emissionsfreie Busse** in Betrieb genommen worden. Davon werden weniger als 10 mit Wasserstoff betrieben<sup>2</sup>.
- Aus heutiger Perspektive wird Strom der dominierende Energieträger im Busverkehr im Jahr 2045 sein. Sollten sich die Rahmenbedingungen ändern, könnten **Wasserstoff-Busse** ebenfalls einen Beitrag zur Klimaneutralität leisten.
- **Elektrische Antriebe weisen eine höhere Effizienz als fossile Antriebe auf. Der Endenergieverbrauch sinkt durch die Elektrifizierung bis 2030 sukzessive ab. Ab 2030 steigt der Endenergieverbrauch durch die Erhöhung der Fahrleistung.**
- **Auf Grund des sinkenden Emissionsfaktors des Strommix fahren batterieelektrische Busse ab 2040 CO<sub>2</sub>-neutral.**

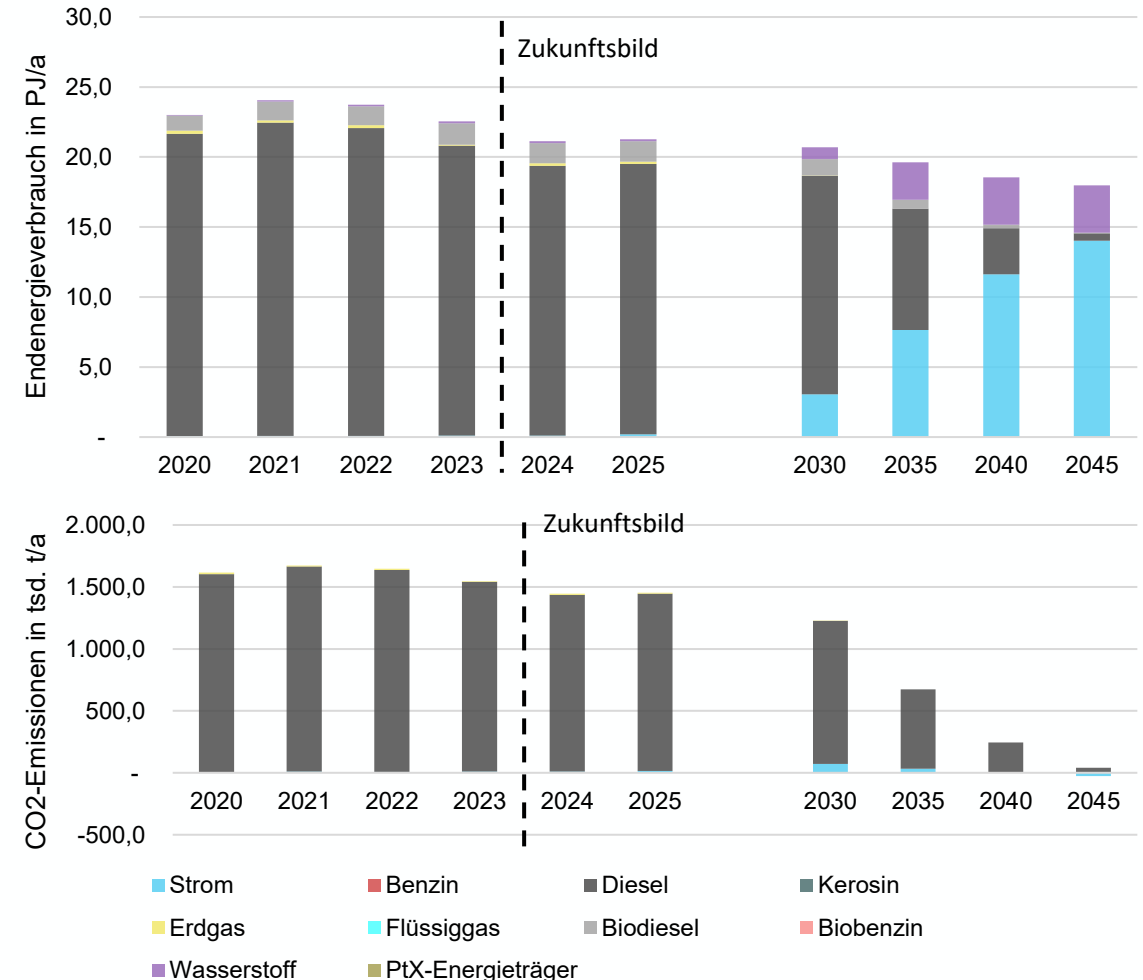


1: Agora Think Tanks (2024): Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung

2: Behörde für Verkehr und Mobilitätswende, persönliche Kommunikation, 04.02.2024

# Straßengüterverkehr

- Die Entwicklung der Fahrleistung basiert bis 2030 auf Annahmen aus der Bundesverkehrsprognose 2040+<sup>1</sup>. Die Entwicklung der Fahrleistung ab 2030 basiert auf bundesweiten Analysen von Agora Think Tanks<sup>2</sup>.
- Gegenüber 2020 reduziert sich die **Fahrleistung** bis 2023 um 4 % auf 623 Mio. Fahrzeugkilometer.
- Die **Fahrleistung** erhöht sich im Vergleich zu 2023 bis 2030 um ca. 2 % und bis 2045 um ca. 7 %. Im Jahr 2030 betragen die Fahrzeugkilometer ca. 635 Mio. km und im Jahr 2045 ca. 665 Mio. km.
- Der Antriebsmix bis 2024 basiert auf der deutschlandweiten Fahrzeugzulassungen von Sattelzügen des **Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA)**<sup>3</sup>. Für die Projektion des Energieträgermixes wurden ebenfalls Analysen von Agora Think Tanks verwendet<sup>2</sup>.
- Der Verbrauch wurde mittels „statistischer Verbrauchsfaktoren“ ermittelt (s. Exkurs).
- Durch den Vergleich des „statistischen Verbrauchsfaktors“ mit dem durch Realverbrauch eines LKWs kann der außerstädtische Verbrauch abgeschätzt werden. Unter der Annahme, dass der ein LKW zwischen 18,6 und 34,5 l/100km<sup>4</sup> verbraucht, liegt der Anteil des **außerstädtischen Verbrauchs zwischen 65 - 80 %**.
- Die Elektrifizierung der Antriebe wird im wesentlichen durch die Differenzierung von CO<sub>2</sub> bzgl. der LKW-Maut und den EU-Flottenzielwerten getrieben. Es wird angenommen, dass ab 2040 nur noch emissionsfreie Antriebe neu zugelassen werden.
- Elektrische Antriebe weisen eine höhere Effizienz als fossile Antriebe auf. Bis 2030 steigt der Endenergieverbrauch durch die Erhöhung der Fahrleistung. Ab 2030 sinkt der Endenergieverbrauch durch die Elektrifizierung trotz einer weiteren Erhöhung der Fahrleistung.**
- Auf Grund des sinkenden Emissionsfaktors des Strommix fahren batterieelektrische Fahrzeuge ab 2040 CO<sub>2</sub>-neutral. Gegenüber dem Jahr 2023 können die Emissionen um 99 % reduziert werden.**



1: Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) (Hrsg.) (2024): Verkehrsprognose 2040

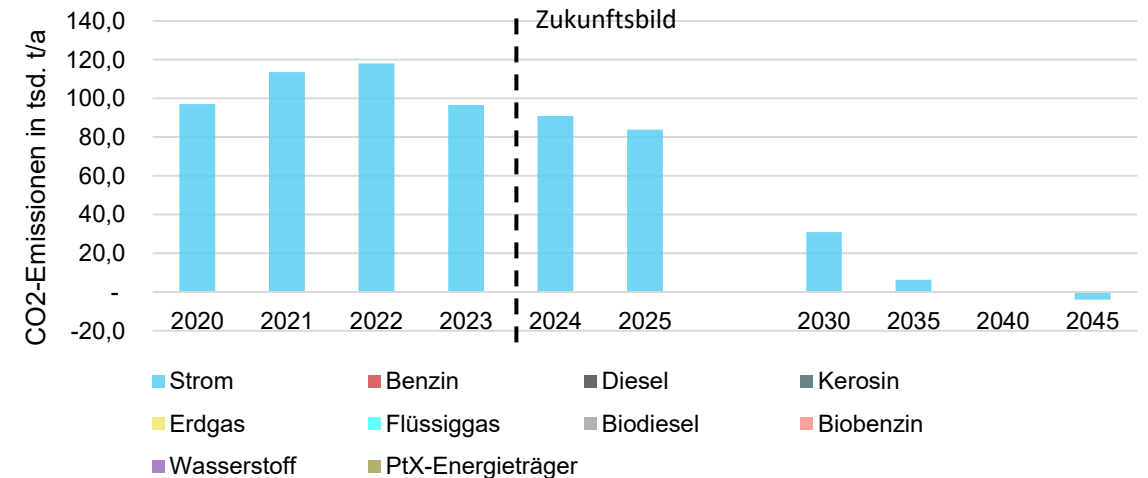
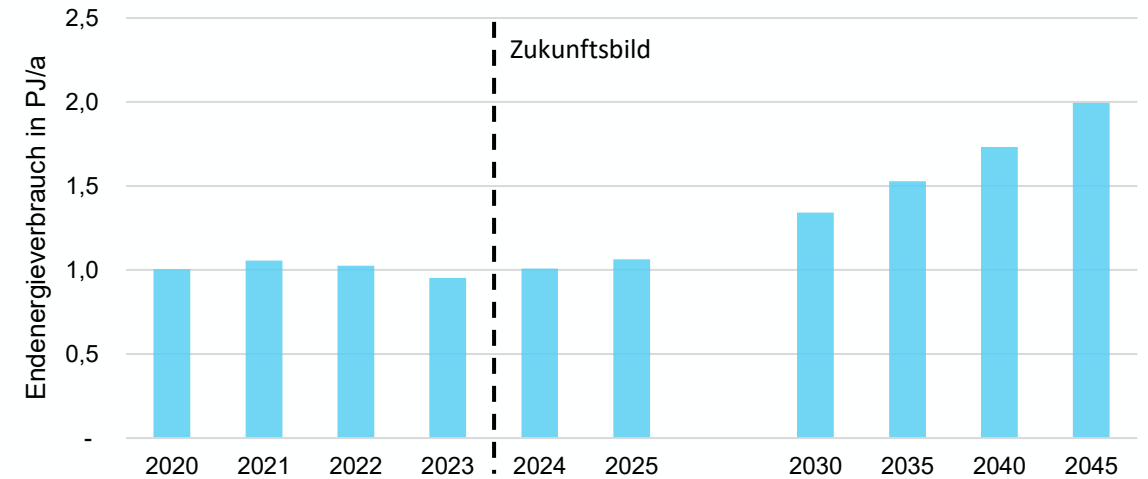
2: Agora Think Tanks (2024): Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung

3: Kraftfahrt-Bundesamt, Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Bundesländern, Fahrzeugklassen und ausgewählten Merkmalen

4: Shell (2016). Shell Nutzfahrzeugstudie

# S-/U-Bahn

- In der amtlichen Statistik wird der Schienenverkehr nicht weiter differenziert. Die **Differenzierung** des Endenergieverbrauch in S-/U-Bahn, Fern-/Regionalverkehr und Schienengüterverkehr fußt auf regionalisierten Annahmen von Prognos<sup>1</sup>.
- Bis 2030 werden Annahmen zur Fahrleistung auf Basis des Hamburger Verkehrsmodells verwendet. Die Entwicklung der Fahrleistung ab 2030 basiert auf bundesweiten Analysen von Agora Think Tanks<sup>2</sup>.
- Gegenüber 2020 reduziert sich die **Fahrleistung** bis 2023 um 5 % auf 21,6 Mio. Fahrzeugkilometer.
- Die **Fahrleistung** erhöht sich im Vergleich zu 2023 bis 2030 um ca. 41 % und bis 2045 um ca. 109 %. Im Jahr 2030 betragen die Fahrzeugkilometer ca. 30,5 Mio. km und im Jahr 2045 ca. 45,3 Mio. km.
- Die S- und U-Bahnen fahren bereits im Jahr 2023 **voll-elektrisch**.
- **Bis 2045 steigt der Endenergieverbrauch durch die Erhöhung der Fahrleistung.**
- **Auf Grund des sinkenden Emissionsfaktors des Strommix fahren die S- und U-Bahnen ab 2040 CO<sub>2</sub>-neutral.**

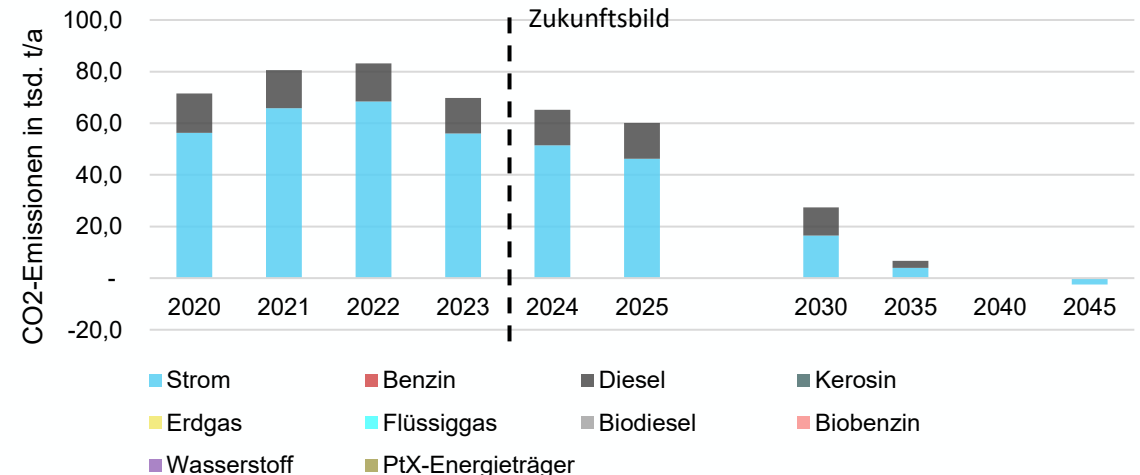
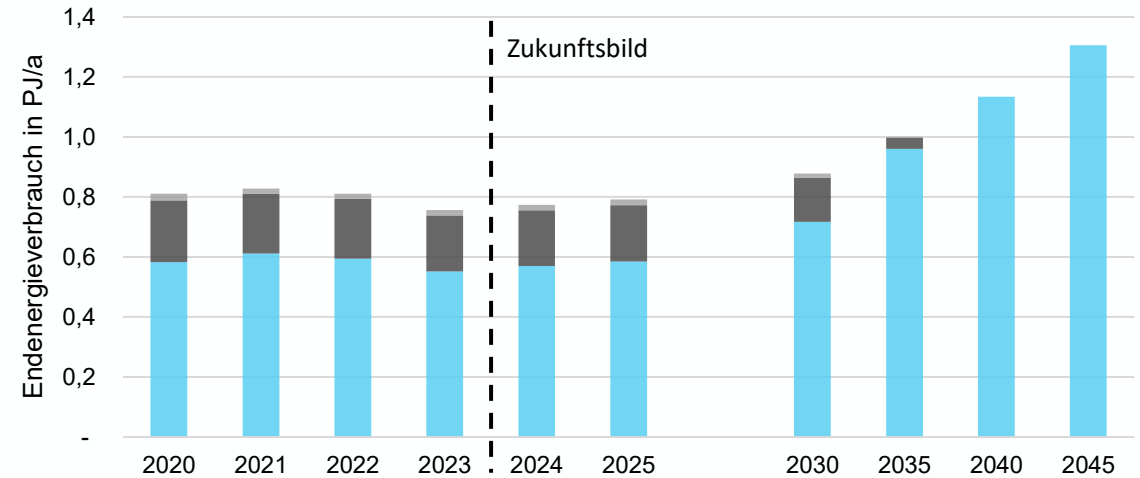


1: Prognos (2022): Verkehr – Regionalisierung der THG-Emissionen für Hamburg

2: Agora Think Tanks (2024): Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung

# Regional-/Fernverkehr

- In der amtlichen Statistik wird der Schienenverkehr nicht weiter differenziert. Die **Differenzierung** des Endenergieverbrauch in S-/U-Bahn, Fern-/Regionalverkehr und Schienengüterverkehr fußt auf regionalisierten Annahmen von Prognos<sup>1</sup>.
- Bis 2030 werden Annahmen zur Fahrleistung auf Basis des Hamburger Verkehrsmodells verwendet. Die Entwicklung der Fahrleistung ab 2030 basiert auf bundesweiten Analysen von Agora Think Tanks<sup>2</sup>.
- Gegenüber 2020 reduziert sich die **Fahrleistung** bis 2023 um 7 % auf 4 Mio. Fahrzeugkilometer.
- Die **Fahrleistung** erhöht sich im Vergleich zu 2023 bis 2030 um ca. 21 % und bis 2045 um ca. 80 %. Im Jahr 2030 betragen die Fahrzeugkilometer ca. 4,9 Mio. km und im Jahr 2045 ca. 7,3 Mio. km.
- Das Ziel der deutschen Bahn ist die Klimaneutralität bis 2040.
- Neben der DB Regio AG wird der Regionalverkehr in Hamburg durch die AKN Eisenbahn GmbH (AKN), Metronom Eisenbahngesellschaft mbH (Metronom) und die NBE Nordbahn Eisenbahngesellschaft mbH & Co. KG (Nordbahn) betrieben.
- **Bis 2045 steigt der Endenergieverbrauch durch die Erhöhung der Fahrleistung.**
- **Ab 2040 wird der Regional-/Fernverkehr komplett elektrisch betrieben. Auf Grund des sinkenden Emissionsfaktors des Strommix fahren die Züge ab 2040 CO<sub>2</sub>-neutral.**

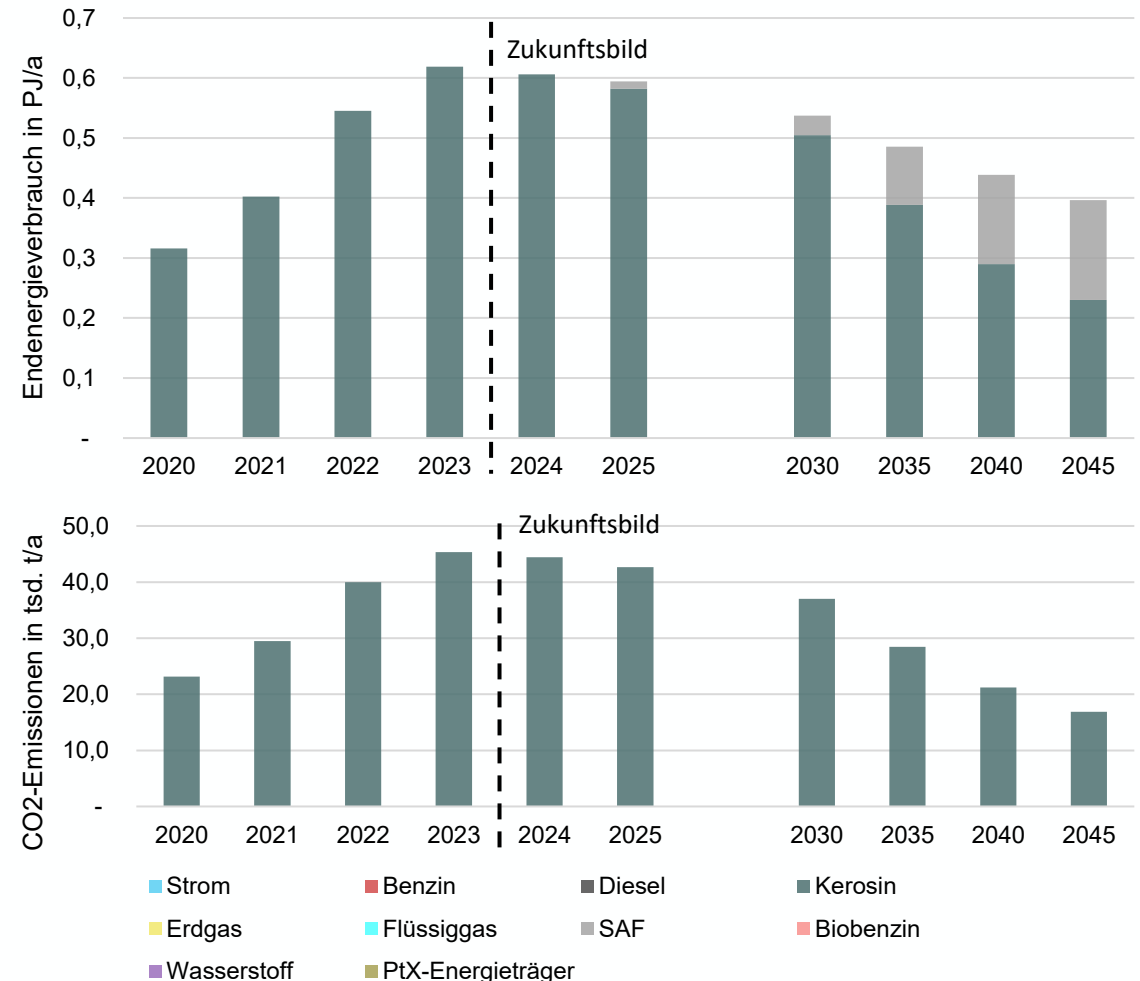


1: Prognos (2022): Verkehr – Regionalisierung der THG-Emissionen für Hamburg

2: Agora Think Tanks (2024): Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung

# Nationaler Flugverkehr

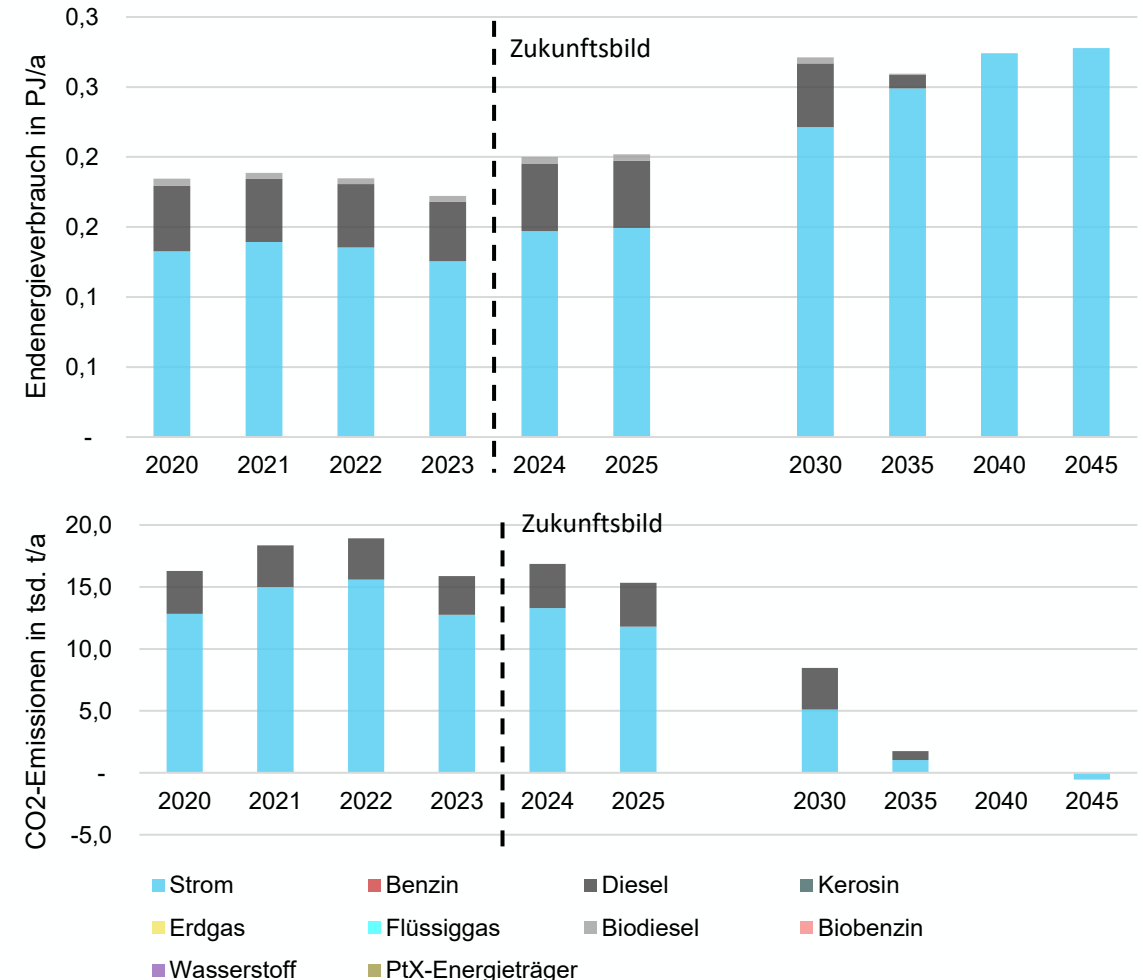
- In der [Verkehrsprognose 2040<sup>1</sup>](#) des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) wird für den nationalen Personenverkehr eine Reduktion von **-0,6 %/a** und für den Cargoverkehr eine Reduktion von **-0,4 %/a** ermittelt. Gründe für die Reisereduktion liegen in der Zunahme von Online-Meetings und steigenden Reise-/Transportkosten aufgrund der CO<sub>2</sub>-Bepreisung und dem Hochlauf von (Sustainable Aircraft Fuels) SAF. Für das aktualisierte Szenario wurde eine Reduktion von **-0,5 %/a** verwendet.
- Es wird angenommen, dass technologische Entwicklungen zu einer [Effizienzverbesserung](#) von 1,5 % pro Jahr beitragen<sup>1</sup>.
- Europäische Verordnung „[ReFuelEU Aviation](#)“ gibt vor, dass an europäischen Flughäfen eine Beimischquote an SAF von **42 % ab 2045** eingehalten werden muss. Über einen EU-Flexibilisierungsmechanismus können die Anteile über mehrere EU-Flughäfen verteilt werden, falls SAF nicht in den Mengen vorhanden ist.
- Der [Endenergieverbrauch](#) verzeichnet in den Jahren 2020 und 2022 corona-bedingt einen niedrigen Wert. Ab 2023 ist der Endenergieverbrauch nahezu konstant bis 2025.
- Die [Flugleistung](#) reduziert sich im Vergleich zu 2023 bis 2030 um ca. 13 % und bis 2045 um ca. 36 %.
- Bis 2045 sinkt der Endenergieverbrauch durch die [Reduktion der Flugleistung](#).**
- Im Jahr 2045 wird weiterhin ca. 58 % mit Kerosin geflogen. Es verbleiben dadurch CO<sub>2</sub>-Emissionen vorhanden, jedoch sinken diese ggü. 2023 um 62 %.**



1: Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) (2024), Verkehrsprognose 2040  
 2: EUROCONTROL Forecast Update 2021-2027

# Schiengüterverkehr

- In der amtlichen Statistik wird der Schienenverkehr nicht weiter differenziert. Die **Differenzierung** des Endenergieverbrauch in S-/U-Bahn, Fern-/Regionalverkehr und Schienengüterverkehr fußt auf regionalisierten Annahmen von Prognos<sup>1</sup>.
- Die Entwicklung der Fahrleistung basiert auf bundesweiten Analysen von Agora Think Tanks<sup>2</sup>. Mit den bundesweiten Studienwerten zur **Transportleistung** und den Endenergieverbräuchen für das Jahr 2019 (Basiswert Agora-Studie) wurde ein Korrelationsfaktor ermittelt. Wird dieser Korrelationsfaktor mit den Projektionswerten aus der Studie von Agora Think Tanks verrechnet, kann daraus der Endenergieverbrauch für Hamburg abgeleitet werden. Eine Aussage über die **gefahrenen Kilometer** in Hamburg ist dadurch nicht möglich.
- Gemäß der Untersuchung von Agora Think Tanks müsste die Transportleistung bis 2025 um 20 % ansteigen ggü. 2019. Diese Steigerung ist gem. der amtlichen Statistik nicht eingetreten und zeigt sogar einen negativen Trend auf. Resultierend wird eine realistischere Steigerung von 1 % ggü. 2019 verwendet.
- Gegenüber 2020 reduziert sich die **Transportleistung** bis 2023 um 7 %.
- Die **Transportleistung** erhöht sich im Vergleich zu 2023 bis 2030 um ca. 37 % und bis 2045 um ca. 40 %.
- Generell steigt die Transportleistung durch Wachstum des Bruttoinlandsprodukts. Da gewisse Gütergruppen (z.B. Braun- oder Steinkohle) weniger transportiert werden, sinkt die Transportleistung zwischen 2030 und 2035.
- Das Ziel der deutschen Bahn (inkl. DB Cargo AG) ist die Klimaneutralität bis 2040.
- Bis 2045 steigt der Endenergieverbrauch durch die Erhöhung der Transportleistung.**
- Ab 2040 wird der Schienengüterverkehr komplett elektrisch betrieben. Auf Grund des sinkenden Emissionsfaktors des Strommix fahren die Züge ab 2040 CO<sub>2</sub>-neutral.**

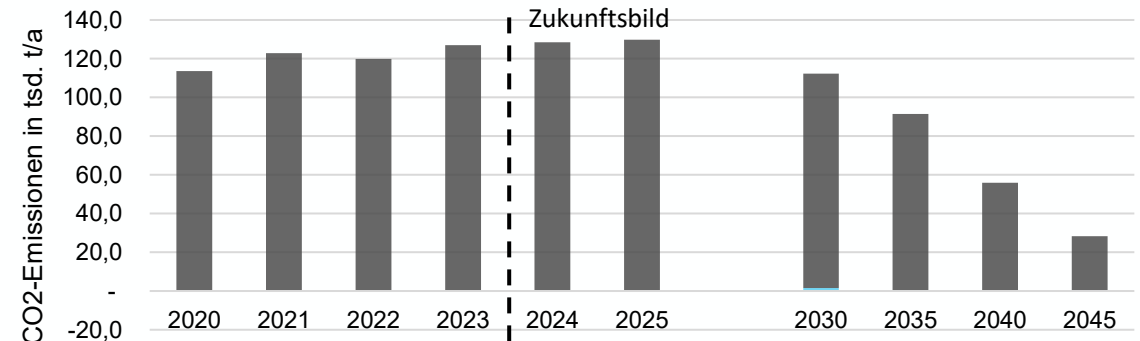
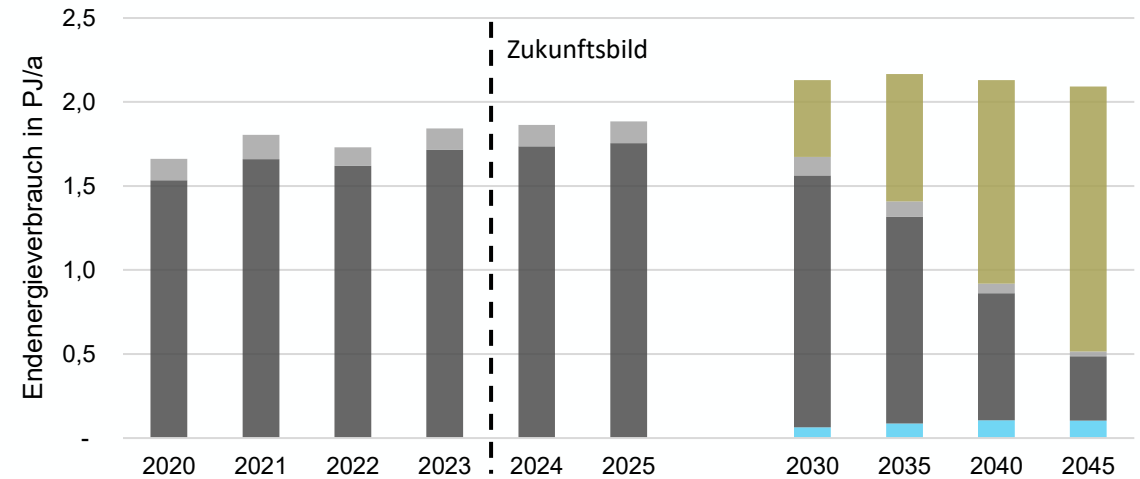


1: Prognos (2022): Verkehr – Regionalisierung der THG-Emissionen für Hamburg

2: Agora Think Tanks (2024): Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung

# Binnenschiffverkehr

- Die Entwicklung der Fahrleistung basiert auf bundesweiten Analysen von Agora Think Tanks<sup>1</sup>. Mit den bundesweiten Studienwerten zur **Transportleistung** und den Endenergieverbräuchen für das Jahr 2019 (Basiswert Agora-Studie) wurde ein Korrelationsfaktor ermittelt. Wird dieser Korrelationsfaktor mit den Projektionswerten aus der Studie von Agora Think Tanks verrechnet, kann daraus der Endenergieverbrauch für Hamburg abgeleitet werden. Eine Aussage über die **gefahrenen Kilometer** in Hamburg ist dadurch nicht möglich.
- Gemäß der Untersuchung von Agora Think Tanks müsste die Transportleistung bis 2025 um 8 % ansteigen ggü. 2019. Diese Steigerung ist gem. der amtlichen Statistik nicht eingetreten. Resultierend wird eine realistischere Steigerung von 1 % ggü. 2019 verwendet.
- Gegenüber 2020 erhöht sich die **Transportleistung** bis 2023 um 9 %.
- Die **Transportleistung** erhöht sich im Vergleich zu 2023 bis 2030 um ca. 14 % und bis 2045 um ca. 12 %.
- Für die Binnenschifffahrt gibt die „Mannheimer Erklärung“ von 2018 die Klimaziele vor. Die Treibhausgase sollen bis 2035 um 15 % ggü. 2015 reduziert werden und bis 2050 sollen alle Treibhausgase weitgehend beseitigt sein.<sup>2</sup>
- Die „Potenzialstudie zu Betankungsinfrastrukturen für kohlenstoffarme und erneuerbare Schiffskraftstoffe in Deutschland“ (2024) gibt einen zielbasierten Entwicklungspfad für den Kraftstoffmix vor. Innerhalb der Studie werden die alternativen Kraftstoffe Bio-/E-Gas, Methanol, Ammoniak und Wasserstoff betrachtet. Es wird erwähnt, dass besonders bei der Binnenschifffahrt erhebliche Unsicherheiten bzgl. der Kraftstoffoptionen vorliegen. Deswegen werden in diesem Szenario die alternativen Kraftstoffoptionen zu Power-to-X (PtX) zusammengefasst.
- Auf Grundlage des emissionsfreien Betriebs der Alsterschiffe sowie der HADAG wird, abweichend zur Potenzialstudie von Ramboll, ein Stromverbrauch von 5 % im Jahr 2045 angenommen<sup>4,5</sup>.
- Bis 2035 steigt der Endenergieverbrauch durch die Erhöhung der Transportleistung. Jedoch reduziert sich die Transportleistung bis 2045, wodurch sich auch der Endenergieverbrauch reduziert.**
- Im Jahr 2045 wird weiterhin ca. 18 % mit Diesel gefahren. Es verbleiben dadurch CO<sub>2</sub>-Emissionen vorhanden, jedoch sinken diese ggü. 2023 um 78 %.**

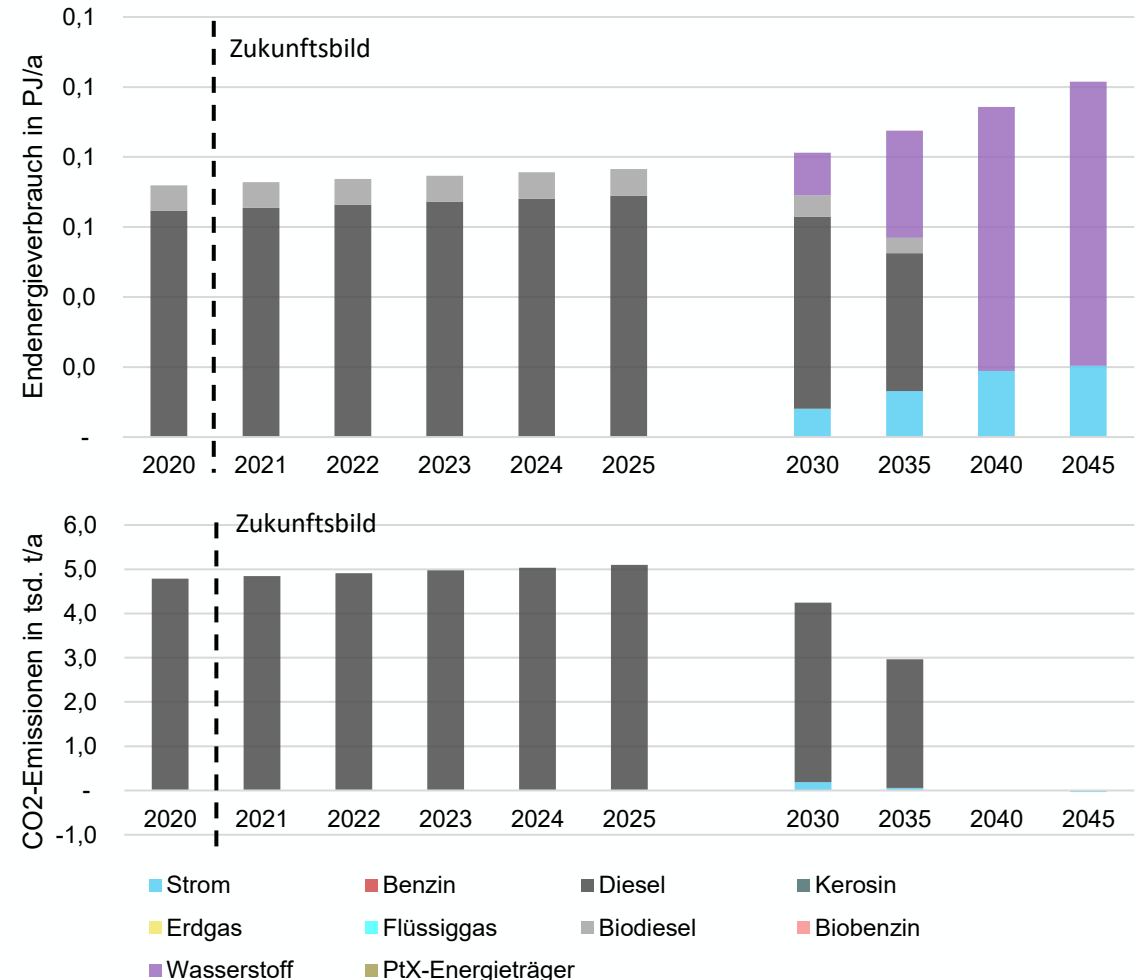


1: Agora Think Tanks (2024): Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung  
 2: Kongress der Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (2018) – Mannheimer Erklärung „150 Jahre Mannheimer Akte – Motor für eine dynamische Rhein- und Binnenschifffahrt“  
 3: Ramboll Deutschland GmbH (2024) – Potenzialstudie zu Betankungsinfrastrukturen für kohlenstoffarme und erneuerbare Schiffskraftstoffe in Deutschland  
 4: <https://hamburg-business.com/de/news/e-mobilitaet-emissionsfreie-schiffe-auf-der-alster-ab-2025>  
 5: <https://regionalverkehr.de/hadag-erste-hybridfaehre-getauft/>

# Hafenbahn

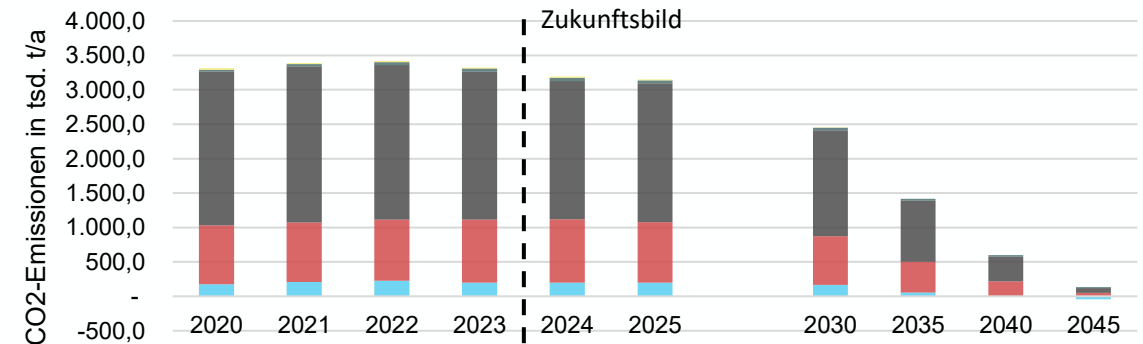
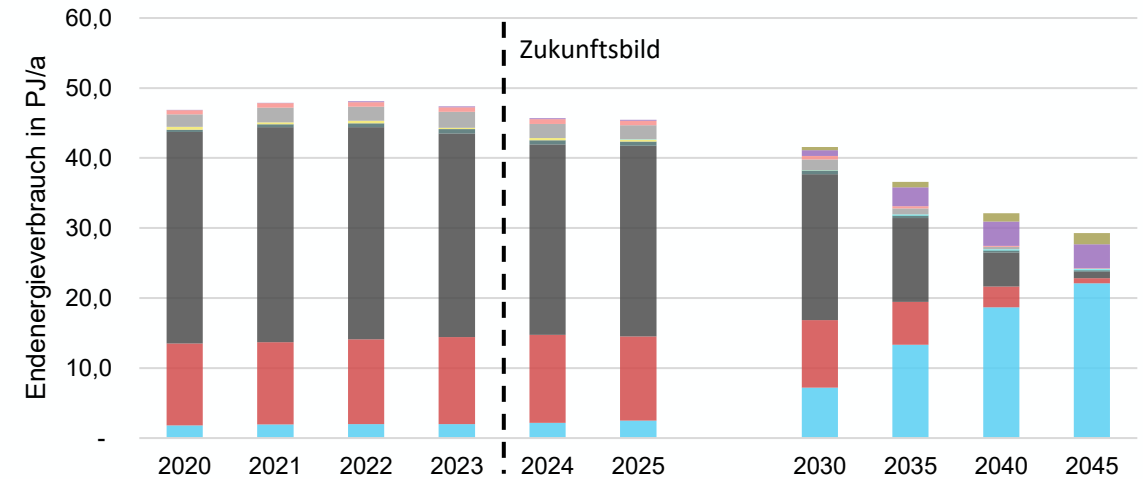
- Zum Schienengüterverkehr im Hamburger Hafen zählt die Hafenbahn. Diese stellt das Schienennetz für die Verladung von Gütern vom Schiff zum Weitertransport auf der Schiene zur Verfügung.
- Das Schienennetz der Hafenbahn ist **weitestgehend elektrifiziert**, lediglich Rangierloks werden vorwiegend mit Diesel betrieben<sup>1</sup>.
- Zur Abgrenzung vom Schienengüterverkehr wird hier lediglich der **Rangierschienenverkehr innerhalb des Hafens** betrachtet, der noch weitestgehend mit Dieselloks betrieben wird.
- Die Angaben zur Fahrleistung basieren auf Rückmeldung der HPA (Hamburg Port Authority). Ab 2030 wird eine Erhöhung der Fahrleistung um 1,5 % pro Jahr angenommen.
- Gegenüber 2020 reduziert sich die **Fahrleistung** bis 2023 um 7 % auf 4 Mio. Fahrzeugkilometer.
- Die **Fahrleistung** erhöht sich im Vergleich zu 2023 bis 2030 um ca. 8 % und bis 2045 um ca. 36 %.
- Gemäß der HPA wird der Rangierbetrieb im Jahr 2024 noch weitestgehend mit Diesel betrieben. Die HPA setzt sich das Ziel der Klimaneutralität bis 2040.
- Das Forschungsprojekt „SH2unter@ports“<sup>2</sup> erforscht, wie sich Rangierloks in Bremischen und Hamburger Hafengebieten klimaneutral betreiben lassen. Wasserstoff erscheint in vielen Bereichen sinnvoll. Vermutlich wird sich ein Mix aus den Energieträgern **Wasserstoff** und **Strom** entwickeln.
- **Bis 2045 steigt der Endenergieverbrauch durch die Erhöhung der Transportleistung. Wasserstoff nimmt eine dominierende Rolle im Rangierbetrieb ein.**
- **Ab 2040 wird der Rangierbetrieb der Hafenbahn komplett emissionsfrei betrieben. Auf Grund des sinkenden Emissionsfaktors des Strommix und der Verwendung von grünem Wasserstoff fahren die Züge ab 2040 CO<sub>2</sub>-neutral.**

1: Technical Memorandum for 2013 through 2020 – Hamburg Port Authority  
 2: <https://sh2unter.com/>



# Gesamtbild Verkehr

- Im Jahr 2023 nehmen der MIV mit ca. 40 % und der Straßengüterverkehr mit ca. 48 % den größten Anteil des Endenergieverbrauchs am gesamten Endenergieverbrauch ein.
- Dominiert wird der Endenergieverbrauch im Jahr 2023 von fossilen Kraftstoffen. Diesel (inkl. Biodiesel) nimmt einen Anteil von 66 % ein und Benzin (inkl. Biobenzin) einen Anteil von 28 %. Strom hingegen weist einen Anteil von ca. 4 % auf.
- Bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen weisen im Jahr 2023 ebenfalls der MIV mit ca. 40 % sowie der Straßengüterverkehr mit 47 % die höchsten Emissionen auf.
- In Summe bleibt der Endenergieverbrauch bis 2025 nahezu konstant und sinkt ab 2030 bis 2045 um 30 %.
- Die Anteile des Endenergieverbrauchs der Verkehrssektoren verschieben sich bis 2045. So sind im Jahr 2045 weiterhin der MIV und der Straßengüterverkehr am stärksten vertreten, jedoch nimmt der MIV nur noch einen Anteil von ca. 15 % und der Straßengüterverkehr einen Anteil von 61 % ein.
- Die Senkung der Anteile des MIV begründet sich durch die Verlagerung des Individualverkehrs auf den Umweltverbund sowie durch die Elektrifizierung der Fahrzeuge, womit eine Effizienzsteigerung im Vergleich zu fossilen Antrieben stattfindet.
- Die größten Anteile am Endenergieverbrauch nehmen der Stromverbrauch mit ca. 76 % und Wasserstoff mit ca. 12 % im Jahr 2045 ein. Die fossilen Kraftstoffe Diesel und Benzin verbleiben in Summe mit ca. 6 %.
- Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sinken gegenüber 2023 bis 2045 um ca. 97 %.
- Im Jahr 2045 ist Benzin für 38 % und Diesel für 50 % der anfallenden CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Den größten Anteil nimmt der MIV mit 47 % sowie der Binnenschiffverkehr mit 30 % ein.



# Was hat sich gegenüber der Version 2022 verändert?

- Das vorliegende Szenario ist eine Aktualisierung des Szenarios B aus dem Jahr 2022. Die Kalibrierung des aktualisierten Szenarios erfolgt anhand der vorläufigen Energiebilanz des Statistikamtes Nord für das Jahr 2023 sowie den Angaben zu den Fahrzeugzulassungen des Kraftfahrt-Bundesamtes.<sup>1</sup>
- Gegenüber 2020 bleibt der Endenergieverbrauch nahezu konstant. Ebenso bleibt der Energieträgermix der einzelnen Kraftstoffe nahezu konstant.
- Beim MIV wurde das Benzin-/Strom-Verhältnis von 20 % Benzin / 80 % Strom auf 70 % Benzin / 30 % Strom angepasst.<sup>2</sup>
- Für das Hamburger Verkehrsmodell, das die Verkehrszweige Busse, S-/U-Bahn, Regional-/Fernverkehr und die Fähren betrifft, wurde eine aktualisierte Variante (August, 2022) verwendet.
- Für den MIV wurde die Fahrleistung bis 2030 auf Basis des langfristigen Trends (2000 – 2019) ermittelt.
- Die Fahrleistung des Straßengüterverkehrs bis 2030 fußt auf der Grundlage der „Verkehrsprognose 2040“<sup>5</sup>.
- Für die Parametrisierung der Verkehrsleistung und dem Energieträgermix wurden an genannter Stelle Aktualisierung auf Basis der Untersuchung „Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung“ von Agora Think Tanks vorgenommen. Dies betrifft alle Verkehrszweige außer den nationalen Flugverkehr und die Hafenbahn.<sup>3</sup>
- Für Busse wird ein durchschnittlicher Fahrzeugverbrauch verwendet. Zuvor wurde ein empirischer Verbrauchsfaktor angewendet (s. Exkurs).
- Der Kraftstoffmix des Flugverkehrs basiert auf Grundlage der EU-Richtlinien „ReFuelEU Aviation“.
- Beim Binnenschiffverkehr wurde der Kraftstoffmix mittels der „Potenzialstudie zu Betankungsinfrastrukturen für kohlenstoffarme und erneuerbare Schiffskraftstoffe in Deutschland“<sup>4</sup> abgeschätzt.
- Für den Flugverkehr wurden für die Flugleistung zusätzlich Analyseergebnisse aus „Verkehrsprognose 2040“ des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) herangezogen.<sup>5</sup>
- Für die Hafenbahn wurden Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt „SH2unter@ports“ herangezogen.<sup>6</sup>
- Gegenüber dem Szenario B aus dem Jahr 2022 wurden auch die Emissionsfaktoren für Strom aktualisiert und insbesondere die Projektion bis 2030 leicht angepasst.

1: Kraftfahrt-Bundesamt, Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Bundesländern, Fahrzeugklassen und ausgewählten Merkmalen

2: Fraunhofer ISI (2022), Reale Nutzung von Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen in Europa: Ein 2022er Update

3: Agora Think Tanks (2024): Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung

4: Ramboll Deutschland GmbH (2024) – Potenzialstudie zu Betankungsinfrastrukturen für kohlenstoffarme und erneuerbare Schiffskraftstoffe in Deutschland

5: Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) (2024), Verkehrsprognose 2040

6: <https://sh2unter.com/>

# Exkurs: Verbrauchsfaktoren (Beispiel Diesel)

## Diesel im Straßenverkehr

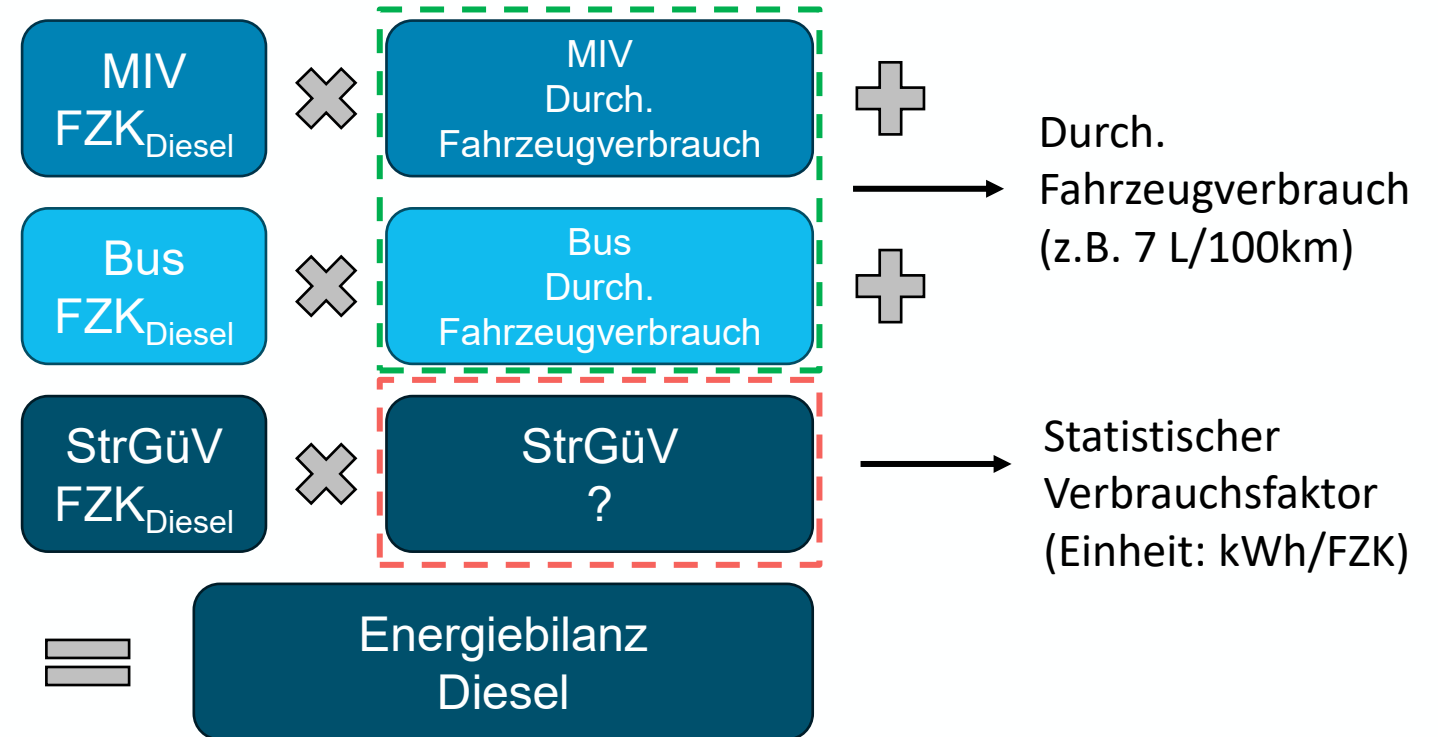
- Diesel wird in Hamburg für den Straßengüterverkehr, Bussen und dem MIV genutzt.
- Für den MIV und Busse kann der **durchschnittliche Fahrzeugverbrauch** verwendet werden, da nahezu alle gefahrenen Kilometer innerhalb der Stadtgrenzen stattfinden.

## Berechnung für Straßengüterverkehr

- In der **Hamburger Energiebilanz** ist die Gesamtmenge Diesel ermittelt worden.
- Davon wird der Dieserverbrauch von MIV und Bussen abgezogen.
- Übrig bleibt der Anteil für den Straßengüterverkehr. Dieser **Anteil** wird durch die **gefahrenen Kilometer** (aus dem Verkehrsmodell) dividiert, womit der statistische Verbrauchsfaktor ermittelt wird.

## Wozu der statistische Verbrauchsfaktor?

- Auch wenn ein Teil **außerhalb der Stadtgrenzen** gefahren wird, zeigt er wieviel Diesel in Hamburg wirklich getankt wird.
- Dadurch können **unterschiedliche Beladungen** berücksichtigt werden.



# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Identifizierung der maßgeblichen Treiber im Verkehrssektor
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Verkehrsträgerbezogenes Zukunftsbild

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für die maßgeblichen Verkehrsträger
- Mögliche Entwicklungen und Veränderungen Modal Split und Treibstoffe
- Abgleich Szenario B (Version 2022)

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Bereitstellung e-Fuels / H<sub>2</sub>
- Modal Shift zum Umweltverbund und Fahrleistungsreduktion im MIV und Wirtschaftsverkehr
- Verstärkung des Einsatzes nachhaltiger Antriebstechnologien
- Energiepolitische Instrumente

## Hebelmaßnahmen

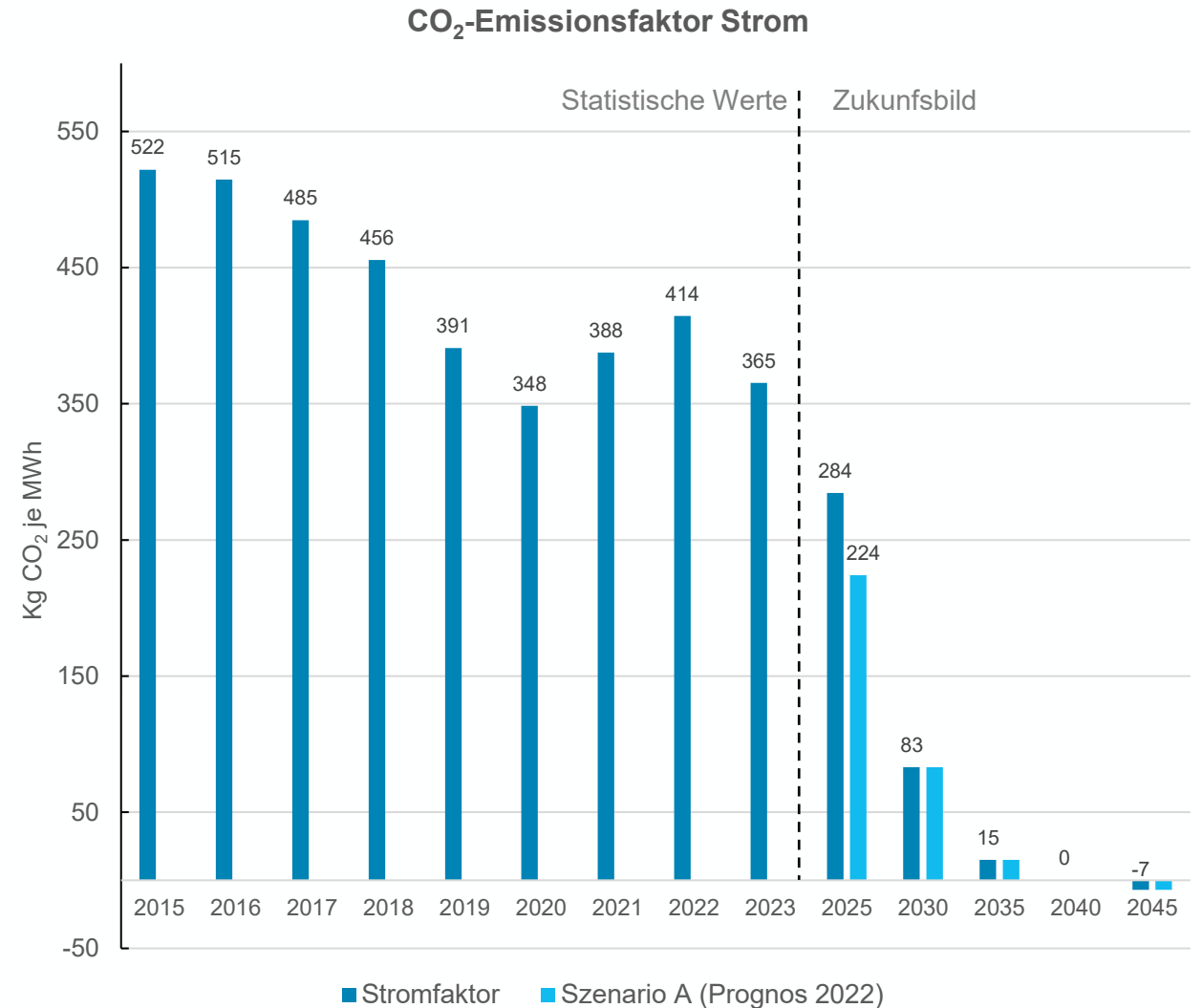
- Attraktivitätssteigerung des Umweltverbundes (Klimafreundlicher „modal shift“ im Individualverkehr)
- Transportmittelwechsel im Wirtschaftsverkehr und Ausbau des klimafreundlichen Wirtschaftsverkehrs
- Elektrifizierung der Fahrzeugflotten
- Nutzung von H<sub>2</sub>/E-Fuels im Schwerlast-, Schiffs- und Flugverkehr
- Infrastrukturmaßnahmen zur Elektrifizierung

## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Stromfaktor
- Modal Split und Treibstoffwahl, CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

# Exogene Stellschrauben

- Die wichtigste Stellschraube für den CO<sub>2</sub>-Minderungs-pfad des Verkehrssektors in Hamburg ist der **Emissionsfaktor des Strombezugs**. Dieser basiert auf dem Strommix der Stromerzeugungsanlagen im Bundesgebiet. Mit Umsetzung des im Koalitionsvertrag der Bundesregierung fixierten **Ausbaupfades** erneuerbarer Energien (80% EE bis 2030 an der Erzeugung) wird der Emissionsfaktor des Strommix zukünftig sehr stark absinken.
- Für die Zukunft ist zudem die Bereitstellung von **e-Fuels und Wasserstoff** als Energieträger geplant. Diese werden zum allergrößten Teil in die FHH importiert werden. Hierfür wird in Übereinkunft mit dem Statistikamt vorerst ein Emissionsfaktor von 0 kg CO<sub>2</sub> je MWh verwendet.
- Der Trend der Minderung des Stromfaktors hat sich u.a. durch den Ukraine-Krieg nach Projektion von Prognos nicht fortgesetzt. Deswegen wird eine angepasste Projektion verwendet, wie diese in der Abbildung dargestellt ist.



# Verkehrspolitische Instrumente der FHH

Im Verkehrssektor sind die **rechtlichen Regelungskompetenzen** der Bundesländer **beschränkt**. Die FHH kann aber die vorgenannten energiepolitischen Instrumente des Bundes über **eigene energiepolitische Instrumente flankieren** und in deren Wirkung maßgeblich verstärken.

- Im **straßengebundenen Personenverkehr** ist ein **Modal Shift** hin zu emissionsärmeren Verkehrsmitteln relevant zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Hebelmaßnahme zur **Attraktivitätssteigerung des Umweltverbundes** ist dafür von zentraler Bedeutung. Dies kann von verkehrspolitischen Instrumenten wie Ausweitung von Fahrradstraßen und Tempo 30 sowie Parkraummanagement begleitet werden. So kann eine **Verlagerung der Fahrleistung** vom Motorisierten Individualverkehr auf den Umweltverbund erreicht und die Emissionen aus dem MIV gesenkt werden.
- Begleitend können weitere **Verkehrspolitische Maßnahmen** zur **autoarmen Stadtgestaltung** umgesetzt werden.
- Im **Güterverkehr** sollte die **Umgestaltung des Hafens** zu einer **nachhaltigen Modellregion** vorangetrieben werden. Die HPA geht hierbei mit der Bekennung zum Ziel der Klimaneutralität bis 2040 voran. Zu Beachten ist, dass Antriebstechnologien, die auf emissionsärmere fossile Energieträger wie Gas oder Hybridantrieben basieren, nur Übergangslösungen darstellen können. Wichtig für die Erreichung der Klimaziele ist die **vollständige Dekarbonisierung des Hafenverkehrs**.

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Identifizierung der maßgeblichen Treiber im Verkehrssektor
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Verkehrsträgerbezogenes Zukunftsbild

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für die maßgeblichen Verkehrsträger
- Mögliche Entwicklungen und Veränderungen Modal Split und Treibstoffe
- Abgleich Szenario B (Version 2022)

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Bereitstellung e-Fuels / H<sub>2</sub>
- Modal Shift zum Umweltverbund und Fahrleistungsreduktion im MIV und Wirtschaftsverkehr
- Verstärkung des Einsatzes nachhaltiger Antriebstechnologien
- Energiepolitische Instrumente

## Hebelmaßnahmen

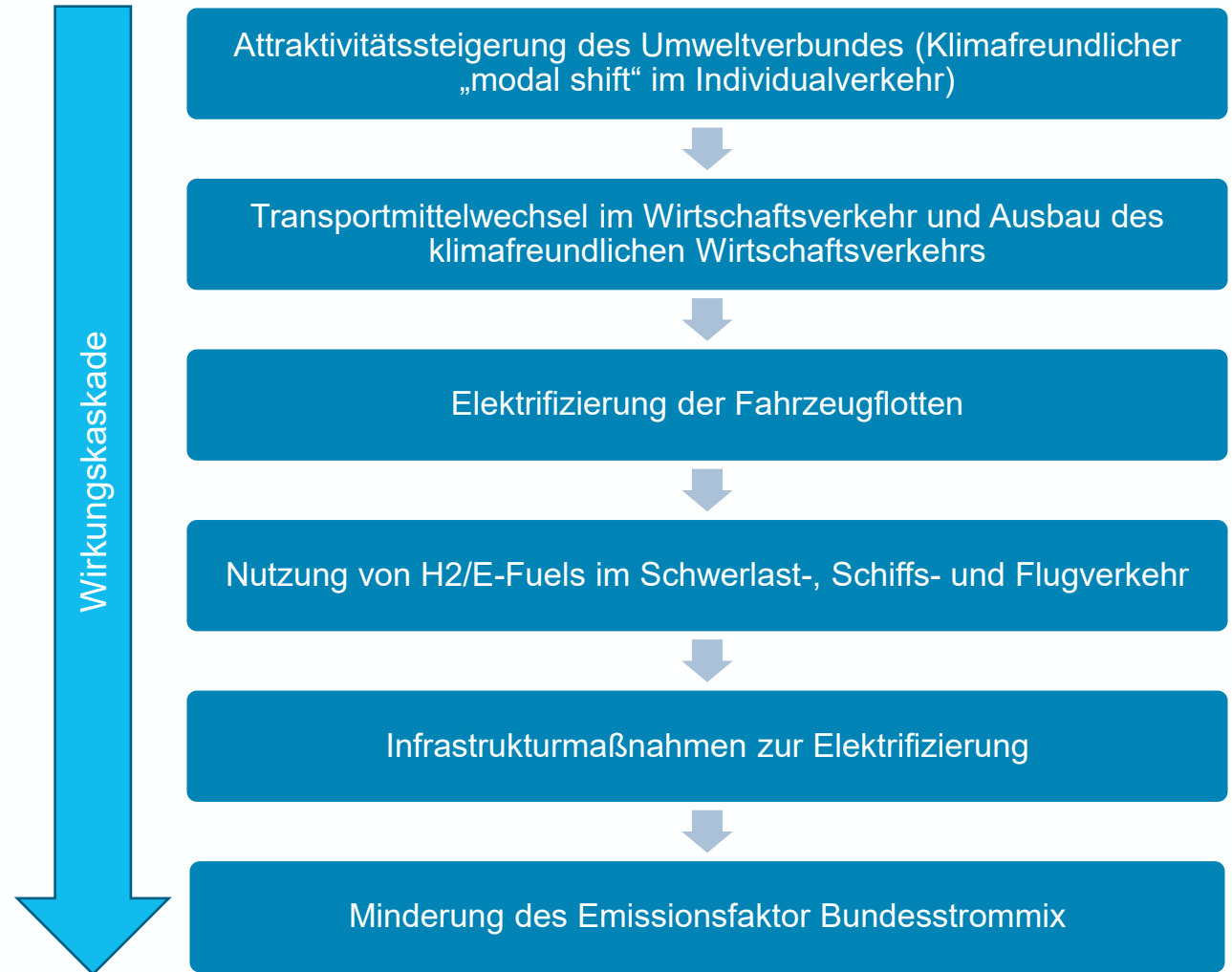
- Attraktivitätssteigerung des Umweltverbundes (Klimafreundlicher „modal shift“ im Individualverkehr)
- Transportmittelwechsel im Wirtschaftsverkehr und Ausbau des klimafreundlichen Wirtschaftsverkehrs
- Elektrifizierung der Fahrzeugflotten
- Nutzung von H<sub>2</sub>/E-Fuels im Schwerlast-, Schiffs- und Flugverkehr
- Infrastrukturmaßnahmen zur Elektrifizierung

## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Stromfaktor
- Modal Split und Treibstoffwahl, CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

# Wirkung der Hebelmaßnahmen

- Die kaskadierte Betrachtung dient der quantitativen Darstellung der Wirkung der einzelnen Hebelmaßnahme. Um jede Hebelmaßnahme für sich betrachten zu können,
  - wird zuerst die Wirkung jeder einzelnen Hebelmaßnahme dargestellt.
  - Dabei werden die jeweils flankierenden Stellgrößen konstant gehalten, um die spezifischen Effekte der einzelnen Hebelmaßnahmen zu berechnen
  - im Anschluss wird die Gesamtwirkung der Stellschraube „Minderung des Emissionsfaktor des Bundesstrommix“ betrachtet und auf den Gesamtsektor Verkehr kumuliert.
- Die spezifische Wirkungsabschätzung erfolgt für die einzelnen Verkehrsträger.
- Die Quantifizierung erfolgt in 5-Jahres-Schritten, bezogen auf Endenergiebedarf, Kraftstoffmix und CO<sub>2</sub>-Emission



# Attraktivitätssteigerung des Umweltverbundes

(Klimafreundlicher „modal shift“ im Individualverkehr)

- Die beiden entscheidenden Faktoren, um im Personenverkehr die für das Zielszenario notwendigen Emissionsminderungen zu erreichen die Reduktion der Fahrzeugkilometer im MIV sowie der Wechsel auf emissionsarme Antriebstechnologien notwendig. Für den Personenverkehr wird die Umstellung auf batterieelektrische Antriebe entscheidend sein. Die Minderung der im MIV zurückgelegten Fahrzeugkilometer kann durch eine stärkere Nutzung des Umweltverbundes erreicht werden.
- Die Fahrzeugflotte des Umweltverbundes soll bereits 2030 vollständig auf fossile Kraftstoffe verzichten. Mehrheitlich werden elektrische Antriebe genutzt, was durch die Minderung des Emissionsfaktors für den Bundesstrommix in den kommenden Jahren zu weiteren Emissionsreduktionen führt.
- Mit der Erstellung der Verkehrsentwicklungsplanung hat die BVM ein strategisches Handlungskonzept für die Mobilität in Hamburg entwickelt. Die Schwerpunktthemen Hamburg Takt, Radverkehrsförderung, Digitalisierung und Elektrifizierung des Verkehrs sowie wichtige Stadtentwicklungsthemen wie die Innenstadt und Magistralen sollen integriert betrachtet werden.
- **Im Ergebnis** ergibt sich rein für die Hebelmaßnahmen Attraktivitätssteigerung des Umweltverbundes und Elektrifizierung der Bus-Fahrzeugflotten (ohne Berücksichtigung der Minderung des Emissionsfaktors für den Bundesstrommix) bis 2030 eine **Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 23 kt**. Bis **2045** werden weitere Einsparungen von **73 kt CO<sub>2</sub>** erreicht.
  - In der Darstellung des Kaskadeneffekts auf den Folien 150 und 151 und werden hierzu die Minderungen im MIV, der Anstieg der Fahrleistung bei Bussen, S-, U- und Regionalbahnen sowie die Minderungen durch die Elektrifizierung der Busse zum Emissionsfaktor Strom 2022 herangezogen.

# Transportmittelwechsel im Wirtschaftsverkehr und Ausbau des klimafreundlichen Wirtschaftsverkehrs

- Der **Wirtschaftsverkehr** auf Straße, Schiene und in der Binnenschifffahrt trägt einen großen Anteil des **Dieserverbrauchs** und trägt damit maßgeblich zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehrssektor bei. Hier kommt es vor allem zu einer Verlagerung des Verkehrs von der Straße auf die Schiene. Nichtsdestotrotz nimmt auch der Straßengüterverkehr weiterhin zu.
- Die **Verkehrsleistung** im **Straßengüterverkehr** wird bis 2045 um voraussichtlich 7 % gegenüber 2023 zunehmen.
- Der **Schienengüterverkehr** verzeichnet demgegenüber ein stärkeres Wachstum von 40 % bis 2045 gegenüber 2023. Durch die **Elektrifizierung** des gesamten Schienenverkehrs bis 2045 wirkt die Verringerung des **Emissionsfaktor Strom** direkt auf den elektrischen Schienengüterverkehr, der trotz der zunehmenden Verkehrsleistung **bis 2040 CO<sub>2</sub>-neutral** wird.
- Der **Endenergieverbrauch** des **Binnenschiffverkehrs** steigt zunächst bis 2035 an und sinkt danach wieder leicht.
- **Im Ergebnis** ist bis 2030 ein **wachstumsbedingter Anstieg** der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Wirtschaftsverkehr um 63 kt CO<sub>2</sub> gegenüber 2023 zu verzeichnen. Bis 2045 steigen die Emissionen um 138 kt CO<sub>2</sub> im Vergleich zu 2023. Diese Emissionen können durch die weitere Hebelmaßnahmen **Elektrifizierung** und die **Verringerung des Emissionsfaktors Strom** überkompensiert werden.

# Elektrifizierung der Fahrzeugflotten

- Die **Elektrifizierung der Fahrzeugflotten im Straßenverkehr** ist das notwendige Mittel um die CO<sub>2</sub>-Emissionen aller Verkehrsträger im Verkehrsbereich langfristig zu senken. Dabei werden gegenüber fossilen Kraftstoffen bereits mit dem für 2025 prognostizierten Strommix Emissionsreduktionen erreicht.
- **Im Ergebnis** können durch die Elektrifizierung der Fahrzeugflotten bis 2030 293 kt CO<sub>2</sub> und **bis 2045 insgesamt 1.017 kt CO<sub>2</sub>**, jeweils gegenüber 2023 reduziert werden.

# Nutzung von H<sub>2</sub>/E-Fuels im Schwerlast-, Schiffs- und Flugverkehr

- Durch den Wechsel zu **strombasierten Kraftstoffen** wie Wasserstoff und PtX können insbesondere die Emissionen des Flug-, Schiffs- und des Straßengüterverkehrs reduziert werden.
- Die Emissionen sinken bis 2030 um 35 kt CO<sub>2</sub> gegenüber 2023. Bis **2045 können** dann durch den Hochlauf synthetischer Kraftstoffe **insgesamt Emissionsreduktionen von 150 kt CO<sub>2</sub> gegenüber 2023** realisiert werden.

# Infrastrukturmaßnahmen zur Elektrifizierung

- Die Einsatzmöglichkeiten von Strom im Verkehrsbereich wird gestützt vom Ausbau der **Ladeinfrastruktur**. Diese bildet die Basis für die breite Anwendung strombasierter Antriebsenergien im Verkehrssektor.
- Dabei muss die Ladeinfrastruktur sowohl praktikabel für den motorisierten Individualverkehr innerhalb der Stadt und des Umlandes als auch für den Straßengüterverkehr zur Verfügung gestellt werden.
- Der Bedarf an öffentlich zugänglichen Ladesäulen variiert je nach E-Fahrzeugbestand, maximaler Ladeleistung der Fahrzeuge und Verfügbarkeit privater Ladeinfrastruktur. Zudem bestehen in ländlichen und urbanen Räumen unterschiedlich hohe Ladebedarfe. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren geht eine Studie der nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur im Auftrag des BMVI<sup>1</sup> daher von einem Bedarf von einer Ladesäule pro 14 E-Fahrzeuge (1:14) im urbanen Raum aus.
- Der Ausbau der privaten Ladeinfrastruktur, Parkraumbewirtschaftung, Auslastungsmanagement sowie High Power Charging Stationen können den Bedarf an öffentlich zugänglichen Ladesäulen senken.
- Der Aufbau der Ladeinfrastruktur trägt per se jedoch nicht zu Emissionsreduktionen bei.
- Somit wird trotz der grundsätzlichen Notwendigkeit der Infrastrukturmaßnahmen **im Ergebnis** die CO<sub>2</sub>-Einsparung dieser Hebelmaßnahme in Bezug auf die Verursacherbilanz mit **0 t CO<sub>2</sub>** bewertet.

<sup>1</sup> Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur (2020): Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf

# Minderung Emissionsfaktor Strom

- Der Energiebezug von elektrischem Strom wird in der Verursacherbilanz über den bundesweit einheitlichen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor einberechnet. Die Errichtung von EE-Stromerzeugung (z.B. Windkraftanlagen, PV-Anlagen) auf dem Gebiet der FHH hat somit im Verhältnis zur Stromerzeugung im gesamten Bundesgebiet nur sehr geringen Einfluss auf diesen Faktor. Im Jahr 2023 lag der Anteil Hamburgs an der bundesweiten EE-Stromerzeugung nur bei 0,24 %<sup>1</sup>.
- Eine direkte Wirkung auf die Hamburger Verursacherbilanz entsteht nur dann, wenn EE-Anlagen auf dem Stadtgebiet errichtet werden, die den erzeugten Strom nicht vollumfänglich ins Netz einspeisen, sondern dieser teilweise oder vollständig als Eigenstrom für die Ladeinfrastruktur verwendet wird. Diese Option ergibt sich insbesondere für die Installation von PV-Anlagen auf Gebäudedächern und Fassaden in Kombination mit Ladestationen.
- Im Szenario wird zugrunde gelegt, dass für die Elektrifizierung des Verkehrsbereichs der bundesweite Strommix angesetzt wird, der auf der Summe aller Stromerzeugungsanlagen in Deutschland basiert. Emissionsreduktionen werden dementsprechend im dem Maße erzielt, in dem der Emissionsfaktor des Stroms sinkt. Bis 2030 wird ein Anteil an erneuerbaren Energien in Höhe von 80 % erwartet.
- Im Ergebnis können gegenüber 2023 über die Verbesserung des Strommix bis 2030 zusätzliche Emissionsreduktionen von 607 kt CO<sub>2</sub> und bis 2045 von 2.200 kt CO<sub>2</sub> erzielt werden.

<sup>1</sup> Die bundesweite Stromerzeugung aus EE lag nach Angaben der AGEESTat im Jahr 2023 bei 272.400 GWh, in Hamburg wurden lt. Statistikamt Hamburg 641 GWh erzeugt

# Herangehensweise Minderungspfad und Hebelmaßnahmen

## Ausgangslage 2023

- Analyse des status quo Endenergie, Energiemix und CO<sub>2</sub>
- Identifizierung der maßgeblichen Treiber im Verkehrssektor
- Rückschau auf Entwicklung der letzten Jahre
- Bezug zu Referenzjahr 1990

## Verkehrsträgerbezogenes Zukunftsbild

- Entwicklung eines Zukunftsbildes für die maßgeblichen Verkehrsträger
- Mögliche Entwicklungen und Veränderungen Modal Split und Treibstoffe
- Abgleich Szenario B (Version 2022)

## Stellschrauben und energiepolitische Instrumente

- Emissionsfaktor Strom
- Bereitstellung e-Fuels / H<sub>2</sub>
- Modal Shift zum Umweltverbund und Fahrleistungsreduktion im MIV und Wirtschaftsverkehr
- Verstärkung des Einsatzes nachhaltiger Antriebstechnologien
- Energiepolitische Instrumente

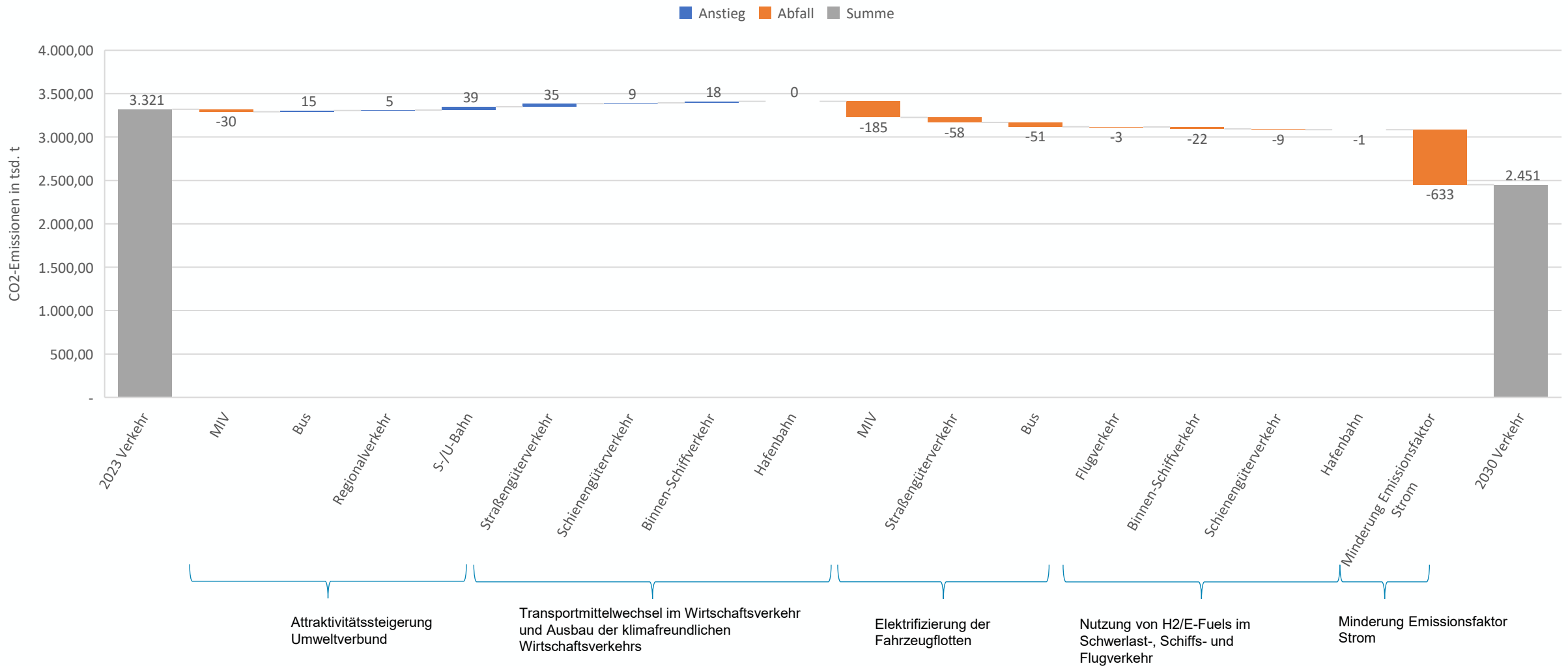
## Hebelmaßnahmen

- Attraktivitätssteigerung des Umweltverbundes (Klimafreundlicher „modal shift“ im Individualverkehr)
- Transportmittelwechsel im Wirtschaftsverkehr und Ausbau des klimafreundlichen Wirtschaftsverkehrs
- Elektrifizierung der Fahrzeugflotten
- Nutzung von H<sub>2</sub>/E-Fuels im Schwerlast-, Schiffs- und Flugverkehr
- Infrastrukturmaßnahmen zur Elektrifizierung

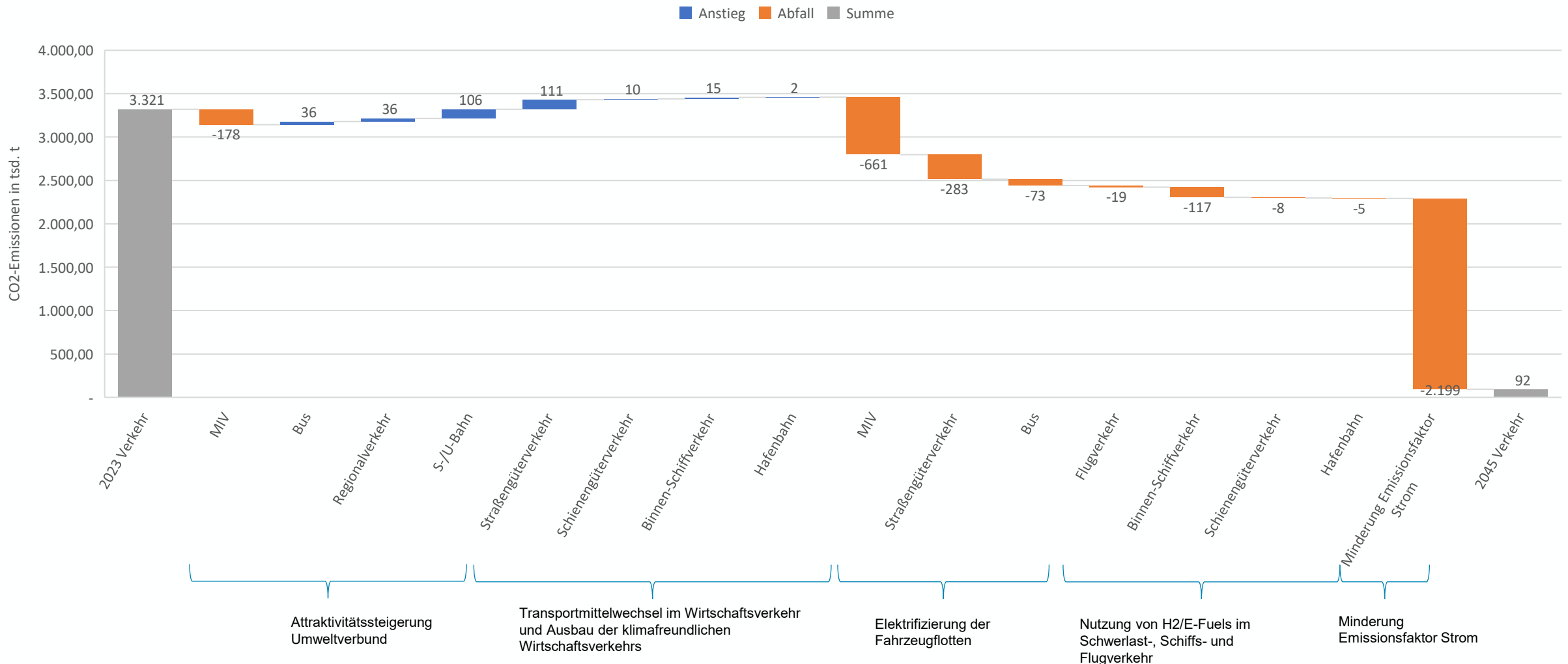
## Minderungspfad

- Kumulierung Hebelmaßnahmen
- Wirkung Stromfaktor
- Modal Split und Treibstoffwahl, CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zielwert 2030 / 2045

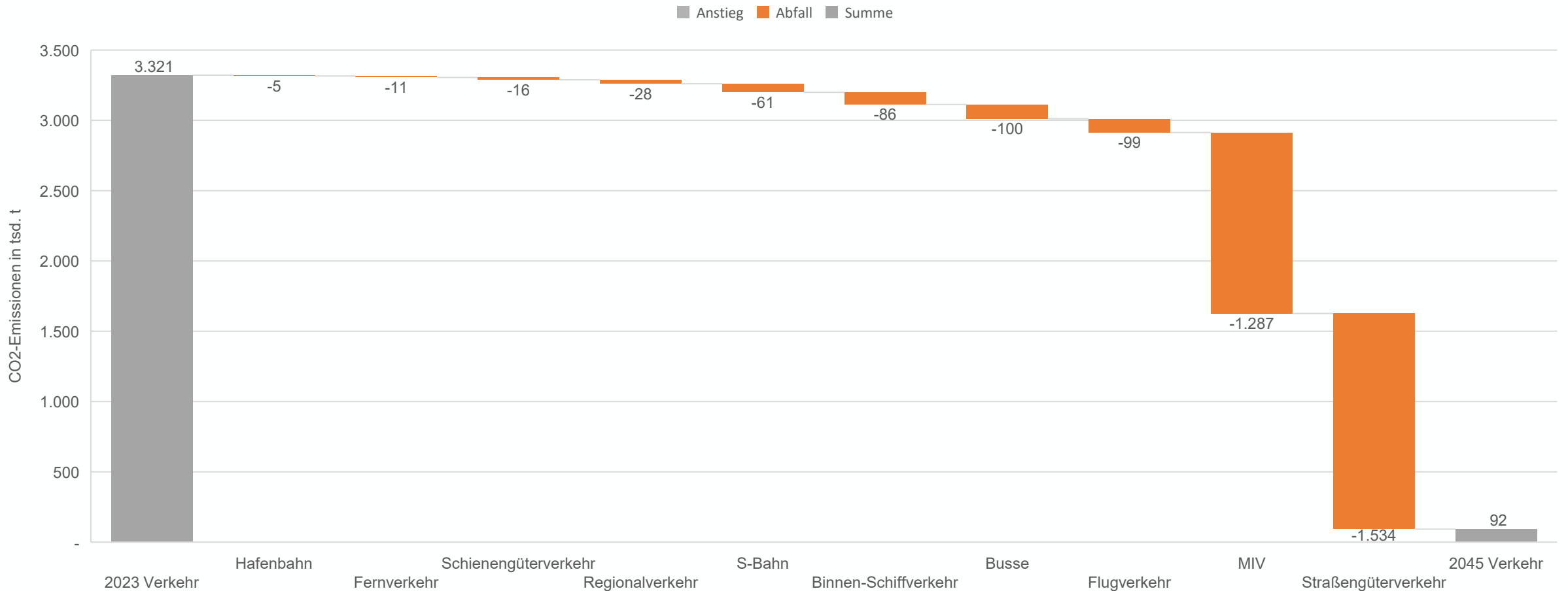
# Minderungspfad der Hebelmaßnahmen im Mobilitätsbereich bis 2030 (ohne int. Flugverkehr)



# Minderungspfad der Hebelmaßnahmen im Mobilitätsbereich bis 2045 (ohne int. Flugverkehr)



# Auswirkungen aller Hebelmaßnahmen auf die einzelnen Verkehrsträger bis 2045



# Inhalt

Methodik und Datengrundlagen

Sektor Industrie

Sektor Private Haushalte

Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Sektor Verkehr

**Bereich Abfallwirtschaft**

Zusammenfassung

# Bereich Abfallwirtschaft

- In der Verursacherbilanz stellt die Abfallwirtschaft keinen eigenständigen Sektor dar. Einige Treibhausgase, die in der Abfallwirtschaft entstehen - z.B. Deponieausgasungen - werden daher in der Verursacherbilanz gar nicht erfasst. Die energiebedingten Emissionen aus thermischen Abfallbehandlungsanlagen wurden hingegen in den Verbrauchs-sektoren bilanziert und gingen dort über den Emissionsfaktor für Fernwärme ein. Während die energetische Verwertung der biogenen Abfallfraktion als erneuerbar eingestuft wird, führt die Verbrennung der nicht-biogenen Fraktion zu CO<sub>2</sub>-Emissionen, die sich in einem Emissionsfaktor > 0 widerspiegeln.
- In den Verbrauchssektoren sinken die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Effizienzmaßnahmen und den Umstieg auf klimafreundliche Energieträger. Mit Blick auf die langfristigen Klimaziele gewinnt dabei die Betrachtung der unvermeidbaren Emissionen an Bedeutung. Dies sind zum einen nichtenergetische Prozessemissionen (z.B. aus der Stahl-, Aluminium und Kupferindustrie, der Zementindustrie sowie der Ammoniakherstellung in der chemischen Industrie), Emissionen aus der Landwirtschaft sowie Emissionen aus der Landnutzung. Solange Abfälle nichtorganischen Ursprungs über die thermische Verwertung entsorgt werden müssen, entstehen auch aus diesem Bereich Emissionen, die als unvermeidbar einzustufen sind. Da es sich hierbei jedoch um Punktquellen handelt, können CCS oder CCUS als Minderungsmaßnahme eingesetzt werden.
- Aufgrund der Zurechnungsregeln in der Verursacherbilanz können die Verbrauchssektoren „aus sich heraus“ keine Klimaneutralität erreichen, sondern sind darauf angewiesen, dass die leitungsgebundenen Energieträger Strom und Fernwärme klimaneutral werden.
- Ab dem Jahr 2025 werden die Emissionen aus der Abfallverbrennung (konkret die Emissionen aus der Verbrennung der nicht biogenen Abfallfraktion) in einem neuen „(Teil-)Sektor Abfallwirtschaft“ ausgewiesen. Zu diesem Zweck wird ein neuer „Bereich Abfallwirtschaft“ eingerichtet, in dem die entsprechenden Emissionen bilanziert werden. In den Verbrauchssektoren werden die entsprechenden Emissionen nachrichtlich ausgewiesen.

# Bereich Abfallwirtschaft

## Entwicklung der Abfallmengen:

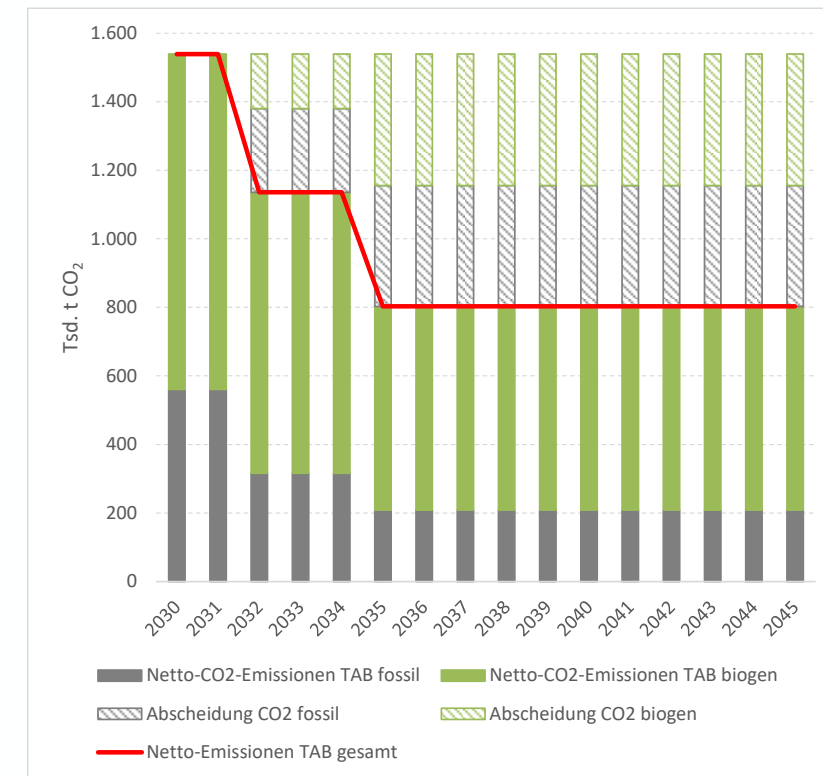
- Aufgrund früherer politischer Entscheidungen verfügt die Freie und Hansestadt Hamburg und deren unmittelbares Umland über vergleichsweise große Verbrennungskapazitäten für verschiedene Arten von Haus- Gewerbe- und Industrieabfall.
- Die Restmüllmenge der Hamburger Haushalte, die der thermischen Abfallbehandlung zugeführt werden, gehen seit Jahren zurück. In den beiden Hamburger TAB-Anlagen MVR und MVB werden jedoch neben den hoheitlichen Abfallmengen auch Gewerbeabfälle aus Hamburg und dem Hamburger Umland sowie Restmüllmengen aus Haushalten des Hamburger Umlandes verbrannt. Die durch den Rückgang des Hamburger Hausmülls frei werdenden Verbrennungskapazitäten werden durch Abfälle anderer Herkunft kompensiert. Dies sichert den wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen und die wirtschaftliche Entsorgung der im Umland anfallenden Abfälle.
- Dieser Umstand führt dazu, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Hamburger TAB-Anlagen in den nächsten Jahrzehnten voraussichtlich nicht sinken werden. Im Gegenteil: Durch die Inbetriebnahme des Zentrums für Ressourcen und Energie (ZRE) werden die Verbrennungskapazitäten und damit die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Abfallbehandlung in den kommenden Jahren leicht steigen.
- Die Kapazität der Sondermüllverbrennungsanlage AVG ist ausgelastet und es gibt keine Anzeichen dafür, dass sich die konstanten Abfallmengen in absehbarer Zeit ändern werden. Daher kann für die nächsten Jahrzehnte von annähernd konstanten CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgegangen werden.

## Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen:

- Nach Angaben der BUKEA verursachen die verschiedenen TAB-Anlagen in Hamburg (MVR, AVG, MVB Linie I-III, VERA sowie nach Fertigstellung ZRE und VERA II) zusammen rund 0,56 Mio. t. CO<sub>2</sub> fossilen Ursprungs sowie rund 0,98 Mio. t CO<sub>2</sub> biogenen Ursprungs. Angesichts der zukünftigen Entwicklung der Abfallmengen können die Emissionsmengen als weitgehend konstant in die Zukunft fortgeschrieben werden.

# Bereich Abfallwirtschaft

- Für die CO<sub>2</sub>-Abtrennung in großtechnischen Anlagen (wie z.B. TAB-Anlagen) können verschiedene Verfahren eingesetzt werden. Allen Verfahren ist gemeinsam, dass sie keine vollständige Abscheidung des gesamten CO<sub>2</sub> ermöglichen, sondern jeweils eine gewisse Menge an Restemissionen in die Atmosphäre gelangt. Der mögliche Abscheidegrad liegt in der Regel bei ca. 90%.
- Im Rahmen von CCS wird das abgeschiedene CO<sub>2</sub> zu einer Lagerstätte transportiert und dort dauerhaft eingelagert. Bei CCSU wird das CO<sub>2</sub> weiterverarbeitet und in Form langlebiger Produkte gebunden. Erfolgt die Abscheidung + Einlagerung/Weiterverarbeitung von CO<sub>2</sub>, das bei der Verbrennung nicht-biogener (fossiler) Grundstoffe entsteht, führt dies zu einer Emissionsminderung. Die Anwendung von CCS/CCSU auf CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung biogener Brennstoffe führt zu negativen Emissionen. Letzteres kann dazu beitragen, unvermeidbare Restemissionen zu kompensieren.
- Nach Angaben der BUKEA und der SRH gibt es insbesondere für die Anlagen MVR, AVG und ZRE konkrete Überlegungen zur Nachrüstung einer CO<sub>2</sub>-Abscheidung (bei der AVG sind die Planungen allerdings derzeit bis zur Verbesserung der rechtlichen, finanziellen und infrastrukturellen Voraussetzungen zurückgestellt). Für die Anlagen MVB und VERA wurden entsprechende Überlegungen vor allem aus Platzgründen verworfen bzw. zurückgestellt.
- Unter der Annahme eines Abscheidegrades von 90% könnten in den Anlagen MVR, AVG und ZRE ab Mitte der 2030er Jahre jährlich rund 0,35 Mio. t CO<sub>2</sub> fossilen Ursprungs abgeschieden werden. Dies entspricht etwa zwei Dritteln der CO<sub>2</sub>-Emissionen fossilen Ursprungs aller TAB-Anlagen (inkl. MVB und VERA). Bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen biogenen Ursprungs läge der Abscheideanteil bei rund 40%.
- Zu berücksichtigen ist hierbei, dass die CO<sub>2</sub>-Abscheidung selbst einen energieintensiven Prozess darstellt, der auch eine Minderung der Auskopplung von Fernwärme aus den Anlagen nach sich ziehen würde. Diese Mindermengen an Wärmeenergie müssten dann durch andere klimaneutrale Wärmequellen kompensiert werden, sofern die Abscheideanlagen nicht mit entsprechenden Zusatzinvestitionen im Hinblick auf den Wärmeoutput optimiert werden.



# Inhalt

Methodik und Datengrundlagen

Sektor Industrie

Sektor Private Haushalte

Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Sektor Verkehr

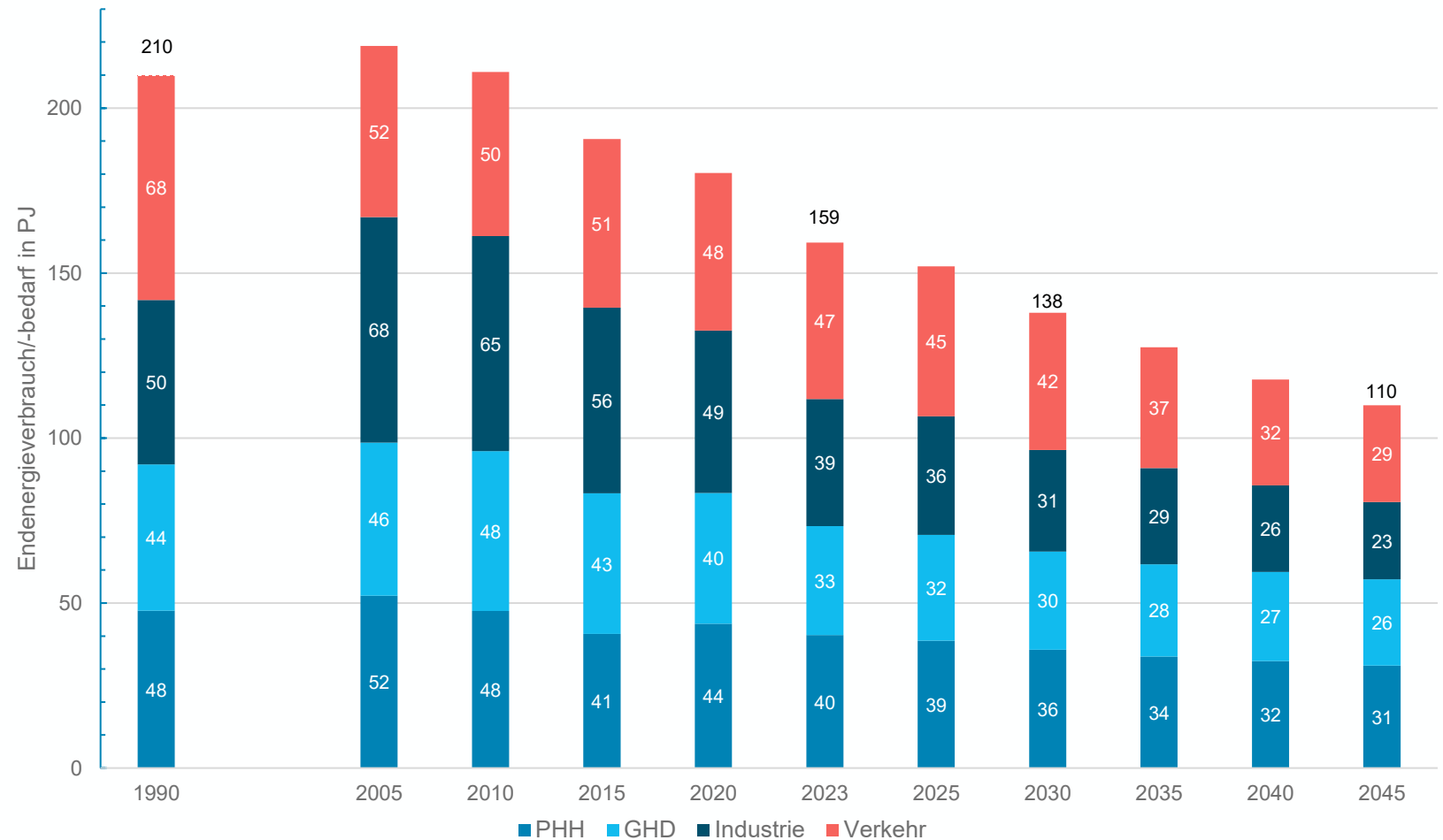
Bereich Abfallwirtschaft

Zusammenfassung

# Entwicklung Endenergieverbrauch/-bedarf

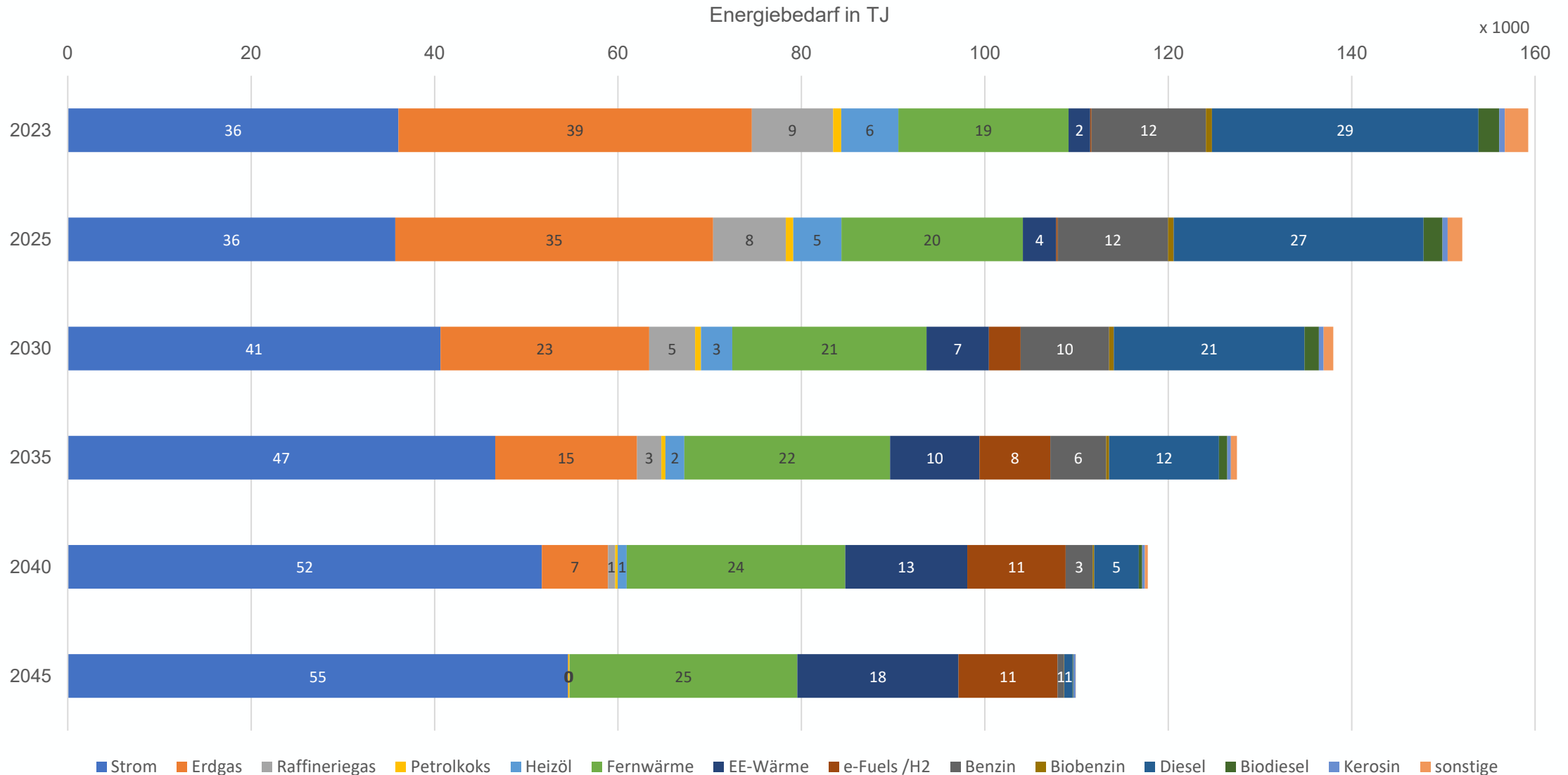
- Das Diagramm zeigt die retrospektive Entwicklung des Endenergieverbrauchs der Sektoren bis zum Jahr 2023 sowie die [Ergebnisse der Modellierung](#) des Szenario B für den [Endenergiebedarf](#) bis zum Jahr 2045.
- Im Zeitraum vom Basisjahr 1990 bis zum Jahr 2023 hat sich der Endenergieverbrauch um **24 % vermindert**.
- Nach der Modellierung für den Endenergiebedarf ergibt sich gegenüber dem Referenzjahr 1990 bis zum Jahr 2030 eine **Reduzierung um 34 %**.
- Bis zum Jahr 2045 errechnet sich gegenüber dem Referenzjahr 1990 eine **Reduzierung um 48 %**.

Entwicklung Endenergieverbrauch/-bedarf\* nach Sektoren



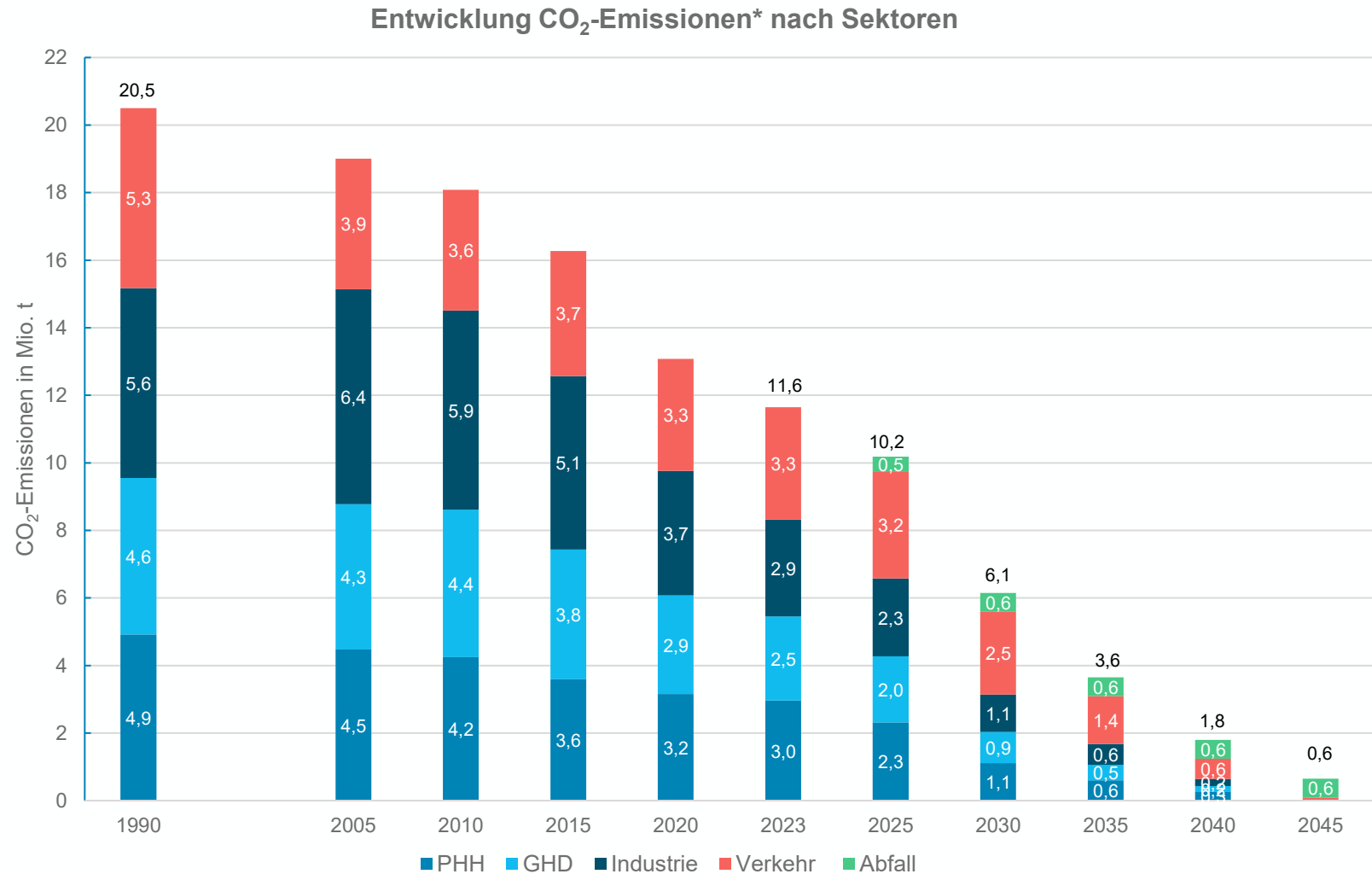
\* Werte bis 2023 nach Statistikamt Hamburg (Stand 2/2025), ab 2025 nach aktualisierter Modellierung Szenario B

# Endenergie nach Energieträgern über alle Sektoren



# Entwicklung CO<sub>2</sub>-Emission nach Sektoren

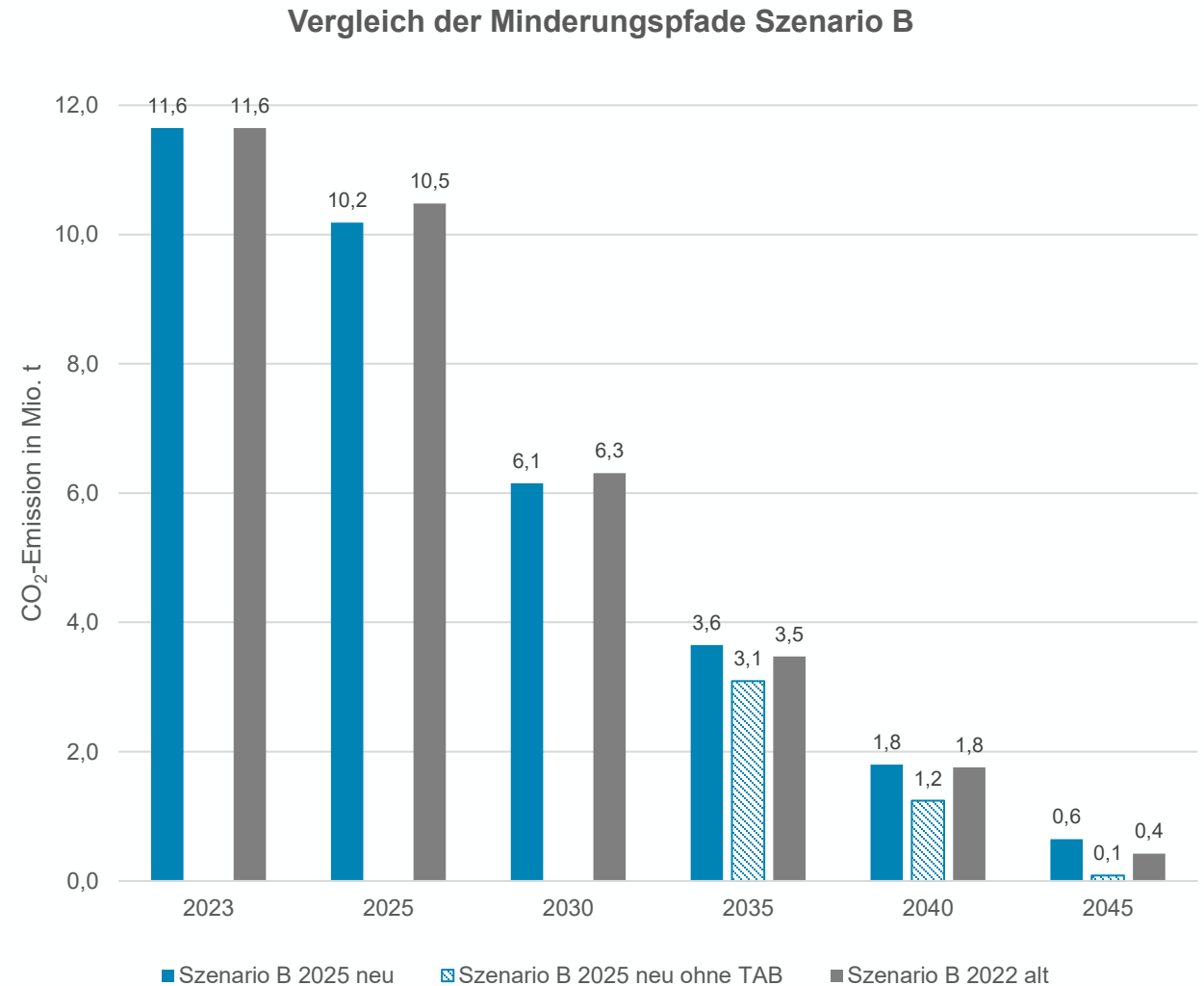
- Das Diagramm zeigt die retrospektive Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Sektoren bis zum Jahr 2023 sowie die **Ergebnisse der Modellierung** des Szenario B bis zum Jahr 2045.
- Im Zeitraum vom Basisjahr 1990 bis zum Jahr 2023 haben sich die Emissionen von um 43 % vermindert.
- Ab dem Jahr 2025 ist der Bereich Abfall getrennt ausgewiesen, die dort bilanzierten Emissionen waren zuvor in anderen Sektoren enthalten.
- Gegenüber dem Referenzjahr 1990 ergibt sich bis zum Jahr 2030 eine **Reduzierung um 70 %**.
- Bis zum Jahr 2045 ergibt sich gegenüber dem Referenzjahr 1990 eine **Minderung um 97 %**.



\* Werte bis 2023 nach Statistikamt Hamburg (Stand 2/2025) , ab 2025 nach aktualisierter Modellierung Szenario B

# Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung nach Szenarien

- Der Ergebnisvergleich in der CO<sub>2</sub>-Minderung zwischen dem Szenario B aus dem Jahr 2022 und dem nun aktualisierten Szenario B zeigt einige leichte Veränderungen.
- In den Jahren bis 2030 liegt die CO<sub>2</sub>-Emission nach dem aktualisierten Szenario niedriger als im ursprünglichen Szenario.
- Es wird im Jahr 2030 gegenüber dem Basisjahr 1990 eine **Einsparung** in Höhe von **70%** erzielt. Dies entspricht der Zielsetzung für 2030 im Hamburgischen Klimaschutzgesetz.
- Die **Emissionen** in den Jahren **2035 und 2045** fallen dagegen **höher** aus. Dies ist auf die im Vergleich niedrige Emissionsminderung im Sektor **Verkehr** und die erhöhten Emissionsanteile aus der Abfallwirtschaft (Zubau ZRE) zurückzuführen.
- Im Jahr 2045 dominieren die Emissionen aus der **Abfallwirtschaft** mit einem Anteil von mehr als 86 %.
- Bei Herausrechnung der TAB-Emissionen (schraffierte Säulen) ergeben sich deutlich geringere Emissionen.



# Vergleich der Ergebnisse nach Sektoren

Die nachfolgende Tabelle verdeutlicht die Unterschiede zwischen den Szenarien B aus 2022 und 2025:

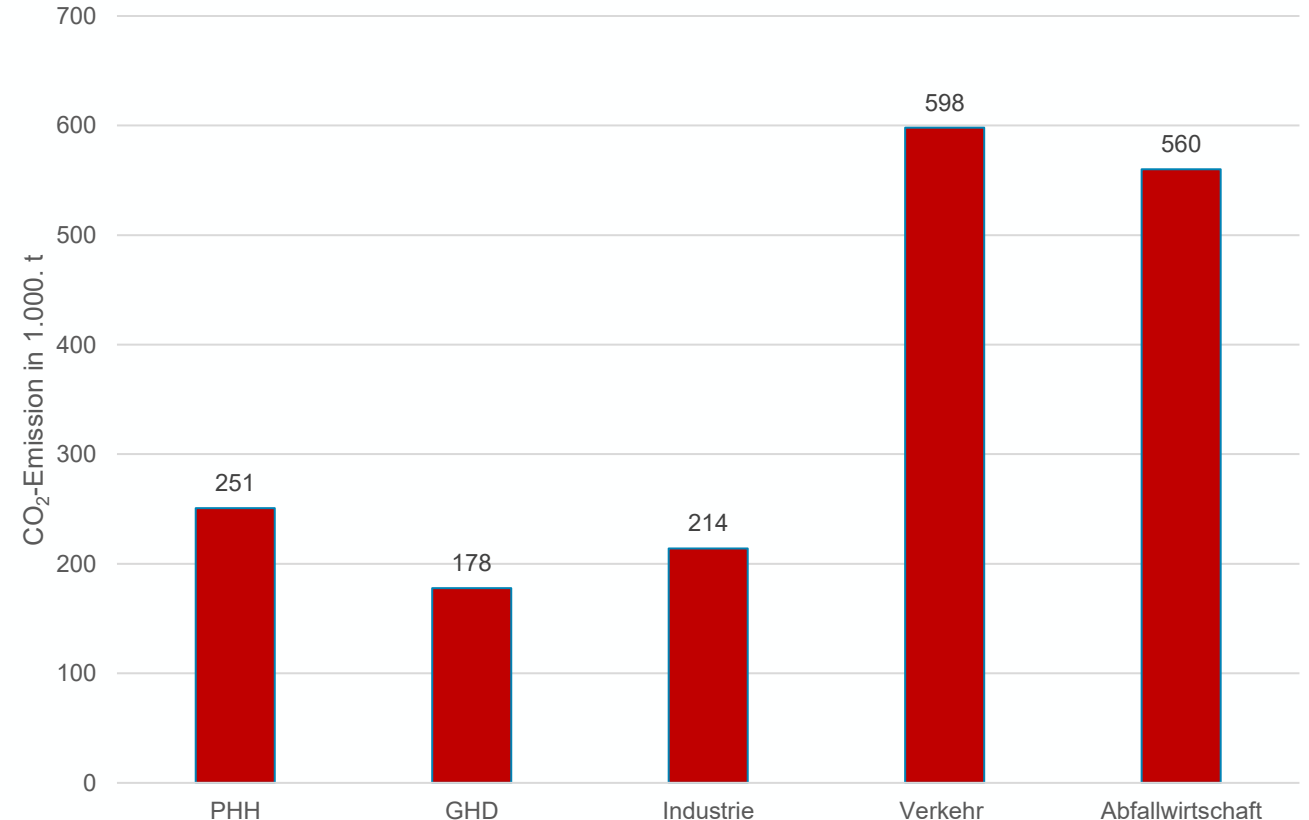
		Stand 2023 (02/2025)	Szenario B 2022				Szenario B 2025					
	CO <sub>2</sub> - Emissionen 1990	CO <sub>2</sub> - Emissionen 2023	CO <sub>2</sub> - Emissionen Ziel 2030	Minderung ggü. 1990	CO <sub>2</sub> - Emissionen Ziel 2045	Minderung ggü. 1990	CO <sub>2</sub> - Emissionen Ziel 2030	davon Abfall	Minderung ggü. 1990 (inkl. Abfall)	CO <sub>2</sub> - Emissionen Ziel 2045	davon Abfall	Minderung ggü. 1990
	[1000t]	[1000t]	[1000t]		[1000t]		[1000t]	[1000t]		[1000t]	[1000t]	
Sektor												
PHH	4.919	2.958	1.440	71%	290	94%	1.410	299	71%	319	319	94%
GHD	4.635	2.493	1.073	77%	46	99%	1.116	194	76%	192	192	96%
Industrie	5.615	2.873	1.378	75%	82	99%	1.106	67	80%	-7	49	100%
Verkehr	5.329	3.320	2.416	55%	6	100%	2.451	-	54%	92	-	98%
<b>Summe</b>	<b>20.498</b>	<b>11.644</b>	<b>6.307</b>	<b>69%</b>	<b>424</b>	<b>98%</b>	<b>6.083</b>	<b>560</b>	<b>70%</b>	<b>596</b>	<b>560</b>	<b>97%</b>

- Im aktualisierten Szenario B wird für das Jahr 2030 eine geringfügig **höhere Emissionsminderung erreicht** als im Szenario B aus 2022. Der Sektor Industrie kompensiert hierbei die geringeren Einsparungen in den Sektoren Verkehr und GHD
- Für das Jahr 2045 ergibt sich eine leicht höhere CO<sub>2</sub>-Emission als im Szenario B aus dem Jahr 2022. Dies begründet sich durch die geringeren Einsparungen in Sektor **Verkehr** und den Zuwachs an Emissionen aus der **Abfallverbrennung** (Zubau des ZRE).
- Im Jahr 2045 verbleiben Restemissionen von ca. 646.000 t CO<sub>2</sub>, davon resultieren mehr als 86% aus der Abfallverbrennung. Es ergibt sich damit eine **Minderungsquote von 97 %** ggü. dem Jahr 1990. Diese könnte bei der Umsetzung und rechnerischen Berücksichtigung von **CCS** in der Hamburger Abfallwirtschaft auf etwa **99 %** erhöht werden.

# CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2040

- Nach der Modellierung des aktualisierten Szenario B sind im Jahr 2040 noch Emissionen in Höhe von etwa 1,8 Mio. t CO<sub>2</sub> zu erwarten.
- Die **Minderungsquote** ggü. dem Basisjahr 1990 läge damit bei etwa 91 %.
- Der **größte Einzelsektor** für die CO<sub>2</sub>-Emission ist der **Verkehr** mit etwa 600 Tsd. t.
- Auch die Emissionen aus der **Abfallverbrennung** sind erheblich. Durch Nutzung von CCS könnten diese von ca. 560 Tsd. t auf etwa 200 Tsd. t deutlich reduziert werden<sup>1</sup>.
- Für die Erreichung der **Klimaneutralität** bereits im Jahr 2040 wären **zusätzliche** wirkmächtige **Instrumente** und **Maßnahmen** zur Emissionsreduktion erforderlich – insbesondere im Bereich **Verkehr**.

CO<sub>2</sub>-Emission der Sektoren im Jahr 2040



<sup>1</sup> nach der derzeitigen Bilanzierungsmethodik der Verbraucherbilanz werden die durch technische Senken nach dem Brennstoffeinsatz erfolgten Minderungen jedoch nicht rechnerisch berücksichtigt