

# ENTWICKLUNGSSZENARIEN FÜR NEUE KLIMAZIELE

## GESAMTERGEBNIS SZENARIO A UND B

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

Hanno Falkenberg, Dr. Matthias Sandrock, Dr. Veit Bürger, Juliane Mundt | Hamburg | 24.10.2022

# Gesamtergebnis aus den Szenarien A und B

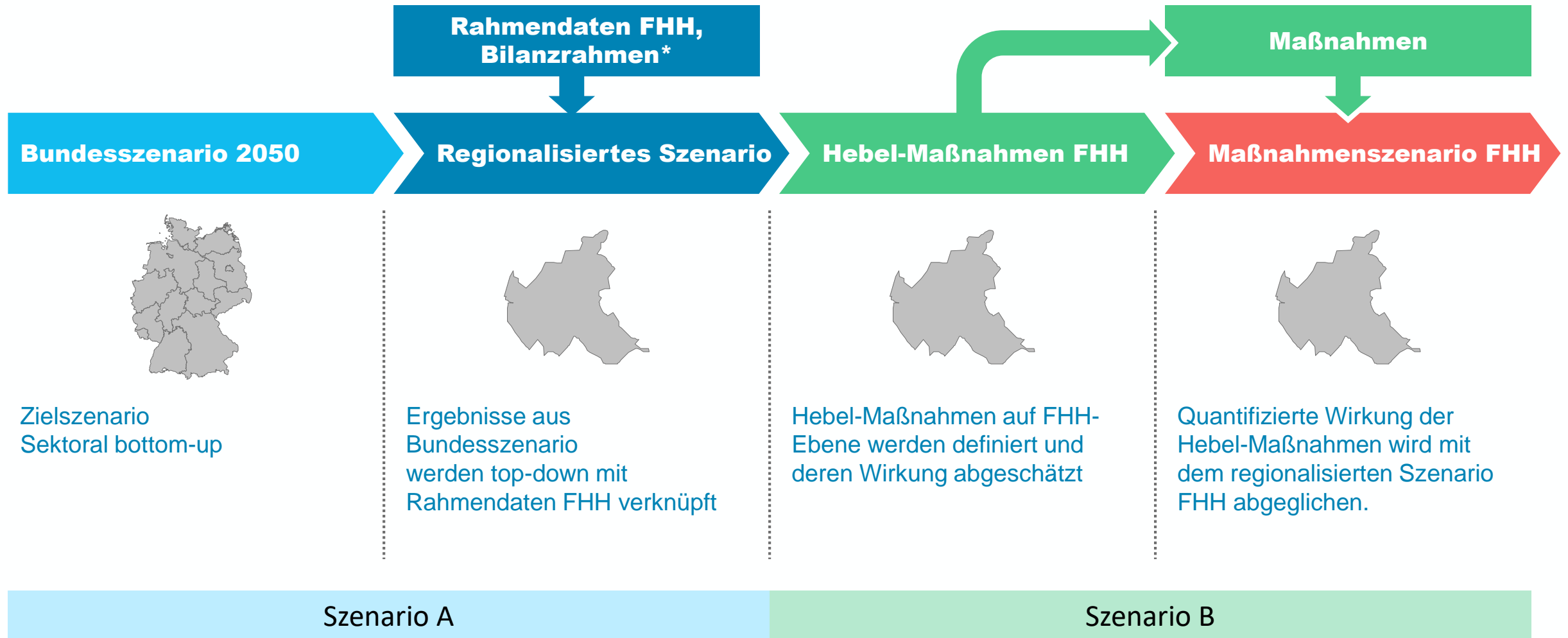
Methodische Gegenüberstellung der Szenarien A und B

Vergleich der Ergebnisse nach Sektoren

Empfehlung für sektorbezogene Klimaziele der FHH

Einschätzung zu ambitionierterer Zielsetzung der FHH gegenüber dem Bund

# Methodische Gegenüberstellung der Szenarien A und B



# Methodische Gegenüberstellung der Szenarien A und B

- Die Methodiken zur Entwicklung der Szenarien A und B sind **grundlegend unterschiedlich**.
- Das **Szenario A** ist ein „**Top-down-Szenario**“ das auf einem aktuellen Ziel-Szenario der Prognos AG für **Deutschland** 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, Energieverbräuche und CO<sub>2</sub>-Emissionen für Hamburg herausgelöst wurden. Herangehensweise, Berechnungsmethodik und Ergebnisse finden sich bei den entsprechenden Ausarbeitungen von Szenario A.
- Im Gegensatz dazu handelt es sich beim **Szenario B** um ein „**Bottom-up-Szenario**“, das eine mögliche Entwicklung von Energiebedarfen und CO<sub>2</sub>-Emissionen auf der Grundlage möglicher Veränderungen des status quo in den jeweiligen Energieverbrauchssektoren der FHH beschreibt. 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.
- Bezüglich der **spezifischen Hamburger Daten** basieren beide Szenarien auf den **gleichen Datengrundlagen** des Statistikamts Hamburg ergänzt durch weitere Datenquellen, die bei den jeweiligen sektorspezifischen Ausarbeitungen benannt werden.

# Vergleich der Ergebnisse nach Sektoren

- Erwartungsgemäß führen die unterschiedlichen Methodiken von Szenario A und B zu **unterschiedlichen Ergebnissen**. Die detaillierten Ergebnisse finden sich bei der Darstellung der Szenarien. Eine zusammenfassende und vergleichende Darstellung findet sich nachfolgend:

Sektor	Stand 2020		Szenario A				Szenario B			
	CO <sub>2</sub> -Emission 1990	CO <sub>2</sub> -Emission 2020	CO <sub>2</sub> -Emission Ziel 2030	Minderung ggü.1990	CO <sub>2</sub> -Emission Ziel 2045	Minderung ggü.1990	CO <sub>2</sub> -Emission Ziel 2030	Minderung ggü.1990	CO <sub>2</sub> -Emission Ziel 2045	Minderung ggü.1990
	[1000 t]	[1000 t]	[1000 t]		[1000 t]		[1000 t]		[1000 t]	
PHH	4.823	3.197	1.502	69%	305	94%	1.440	70%	290	94%
GHD	4.537	2.830	1.332	71%	138	97%	1.073	76%	46	99%
Industrie	5.473	3.711	1.900	65%	98	98%	1.378	75%	82	99%
Verkehr	5.872	3.760	3.224	45%	19	100%	3.348	43%	6	100%
<b>Summe</b>	<b>20.705</b>	<b>13.498</b>	<b>7.958</b>	<b>62%</b>	<b>560</b>	<b>97%</b>	<b>7.240</b>	<b>65%</b>	<b>424</b>	<b>98%</b>

- Szenario A** führt zu einer **Minderung** der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen von **62 % im Jahr 2030** gegenüber dem Basisjahr 1990. Im Jahr 2045 wird eine entsprechende Minderung in Höhe von **97 %** erzielt.
- Szenario B** führt zu einer höheren **Minderungsquote von 65 % CO<sub>2</sub> im Jahr 2030** gegenüber dem Jahr 1990 und entsprechend **98 %** im Jahr 2045. Mit Ausnahme des Sektors Verkehr werden in allen Sektoren höhere CO<sub>2</sub>-Einsparungen als im Szenario A erreicht.

\*Daten: Statistikamt Hamburg, Stand Feb. 2022, Verkehr incl. internationalem Luftverkehr

# Vergleich der Ergebnisse nach Sektoren

- Eine zusammenfassende und vergleichende Darstellung unter **Herausrechnung des internationalen Flugverkehrs** findet sich nachfolgend:

Sektor	CO <sub>2</sub> -Emission 1990 [1000 t]	Stand 2020	Szenario A				Szenario B			
		CO <sub>2</sub> -Emission 2020 [1000 t]	CO <sub>2</sub> -Emission Ziel 2030 [1000 t]	Minderung ggü.1990	CO <sub>2</sub> -Emission Ziel 2045 [1000 t]	Minderung ggü.1990	CO <sub>2</sub> -Emission Ziel 2030 [1000 t]	Minderung ggü.1990	CO <sub>2</sub> -Emission Ziel 2045 [1000 t]	Minderung ggü.1990
PHH	4.823	3.197	1.502	69%	305	94%	1.440	70%	290	94%
GHD	4.537	2.830	1.332	71%	138	97%	1.073	76%	46	99%
Industrie	5.473	3.711	1.900	65%	98	98%	1.378	75%	82	99%
Verkehr (ohne int. Flugverkehr)	5.299	3.398	2.124	60%	19	100%	2.416	54%	6	100%
<b>Summe</b>	<b>20.132</b>	<b>13.136</b>	<b>6.858</b>	<b>66%</b>	<b>560</b>	<b>97%</b>	<b>6.307</b>	<b>69%</b>	<b>424</b>	<b>98%</b>

- **Szenario A** führt zu einer **Minderung** der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen von **66 % im Jahr 2030** gegenüber dem Basisjahr 1990. Im Jahr 2045 wird eine entsprechende Minderung in Höhe von **97 %** erzielt.
- **Szenario B** führt zu einer höheren **Minderungsquote von 69 % CO<sub>2</sub> im Jahr 2030** gegenüber dem Jahr 1990 und entsprechend **98 % im Jahr 2045**. Mit Ausnahme des Sektors Verkehr werden in allen Sektoren höhere CO<sub>2</sub>-Einsparungen als im Szenario A erreicht.

\*Daten: Statistikamt Hamburg, Stand Feb. 2022, Verkehr ohne internationalem Luftverkehr

# Empfehlung für sektorbezogene Klimaziele der FHH

- Die Auftragnehmer empfehlen der FHH, die nach dem **Szenario B** ermittelten Sektorziele und das entsprechende Gesamtziel **als Basis** für die politisch zu treffende Entscheidung künftiger Klimaziele des Landes heran zu ziehen.
- Gegenüber der durch Regionalisierung aus dem bundesdeutschen Klimaschutzszenario abgeleiteten Szenario A konnten im Szenario B verschiedene **Hamburger Spezifika** detailgenauer abgebildet werden und in die Bewertung einfließen. Hierbei konnte auf die Ergebnisse aus Szenario A aufgebaut werden.
- Zudem erfüllt das Szenario B das politisch gewünschte Ziel, eine **Reduktion** der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2030 **um mind. 65%** gegenüber dem Basisjahr 1990 zu erreichen (bzw. **69%** bei Herausrechnung des internationalen Luftverkehrs).
- Es handelt sich dabei um ein sehr ambitioniertes Szenario. Noch **darüber hinaus gehende Zielsetzungen empfehlen die Auftragnehmer der FHH nicht**.
- Hiermit ergeben sich folgende **Sektor- und Gesamtziele** für die Jahre 2024 bis 2045 (**Verkehr incl. internationalem Luftverkehr**):

Jahreszielwerte Szenario B		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040	2045
<b>PHH</b>	1000 t CO <sub>2</sub>	2.552	2.390	2.200	2.010	1.820	1.630	1.440	920	591	290
<b>GHD</b>	1000 t CO <sub>2</sub>	2.148	1.977	1.796	1.615	1.434	1.254	1.073	558	278	46
<b>Industrie</b>	1000 t CO <sub>2</sub>	2.900	2.697	2.433	2.169	1.906	1.642	1.378	655	301	82
<b>Verkehr</b>	1000 t CO <sub>2</sub>	4.202	4.313	4.120	3.927	3.734	3.541	3.348	2.197	1.131	6
davon int. Flugverkehr	1000 t CO <sub>2</sub>	695	900	907	913	920	926	933	856	546	-
<b>Gesamt</b>	1000 t CO <sub>2</sub>	<b>11.802</b>	<b>11.377</b>	<b>10.550</b>	<b>9.722</b>	<b>8.894</b>	<b>8.067</b>	<b>7.239</b>	<b>4.331</b>	<b>2.301</b>	<b>424</b>

# Einschätzung zu ambitionierterer Zielsetzung der FHH gegenüber dem Bund

Gemäß der dem Projekt zugrunde liegenden Leistungsbeschreibung soll zudem analysiert werden, ob eine **ambitioniertere Klimaschutzzielsetzung** der FHH **gegenüber dem Bund** möglich erscheint. Maßgabe für den Vergleich mit der bundespolitischen Zielsetzung ist das Bundes-Klimaschutzgesetz aus dem Jahr 2021 mit folgenden klimapolitischen Zielen:

1. Bis zum Jahr **2030** Reduktion von mindestens **65 % Treibhausgasemission** gegenüber 1990
2. Bis zum Jahr **2040** Reduktion von mindestens **88 % Treibhausgasemission** gegenüber 1990
3. Bis zum Jahr **2045** Klimaneutralität (d.h. **Netto-THG-Neutralität**; „Gleichgewicht zwischen THG-Emissionen und deren Abbau“)

Hierbei ist zu beachten, dass die bisherige Zieldefinition des bisherigen Hamburger Klimaplanes sich erheblich von der Zieldefinition des Bundesklimaschutzgesetzes unterscheidet und somit **systematisch nicht vergleichbar** ist. Während der **Bund alle Treibhausgasemissionen über alle Sektoren** betrachtet, beschränkt sich die Zieldefinition der FHH auf die **energiebezogenen Kohlendioxid-Emissionen** in den Sektoren der **Verursacherbilanz**.<sup>1</sup>

Eine ambitioniertere Klimaschutzzielsetzung kann sich sowohl auf das Emissionsniveau in 2045 als auch das Zieljahr beziehen, in dem die Klimaneutralität erreicht wird. In Szenario B resultieren fast alle Restemissionen aus dem nicht-biogenen Anteil der Müllverbrennung in der Fernwärme. In den Bilanzierungsregeln der Verursacherbilanz ließen sich diese Restemissionen nur vermeiden, indem die Müllverbrennung von der Fernwärme abgekoppelt würde. Aus Klimaschutzperspektive macht dies allerdings keinen Sinn. Eine ambitioniertere Klimaschutzzielsetzung lässt sich deswegen nur im Hinblick auf die Zeitachse realisieren, also bezogen auf das Zieljahr, bis zu dem eine weitgehende Neutralität in Bezug auf die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen erreicht wird.

<sup>1</sup>Siehe auch unsere getrennte Ausarbeitung zu den Themen Klimabilanzierung und Definition Klimaneutralität



# Weitere Steigerung des Ambitionsgrades (ambitioniertere Zielsetzung der FHH) – Sektor Privathaushalte

- In Szenario B sinken die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Privathaushalte von rund 3,2 Mio. t im Jahr 2020 auf rund 1,4 Mio. t in 2030 und 0,3 Mio. t in 2045. Fossile Brennstoffe werden bis 2045 komplett durch Strom, Fernwärme und erneuerbare Energien ersetzt. Die Restemissionen in 2045 resultieren aus dem nicht biogenen Anteil des Mülls in der Fernwärme. Eine ambitioniertere Zielarchitektur lässt sich deswegen nur im Hinblick auf die Zeitachse realisieren.
- Wenn Klimaneutralität schon vor 2045 erreicht werden soll, müssten einige Treibergrößen deutlich ambitionierter gefasst werden als in Szenario B. Die Wirkung ambitionierterer Treibergrößen soll anhand folgender Beispiele illustriert werden. Die Wirkung wird dabei jeweils gegenüber dem Zielpfad in Szenario B ausgewiesen:
  - Eine Verdopplung der Sanierungsrate auf durchschnittlich 3,6% pro Jahr führt zu zusätzlichen rechnerischen Einsparungen von rund 50 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2030 und rund 90 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2040. (Bewertung: Angesichts des bestehenden Fachkräftemangels erscheint eine solche Verdopplung als unrealistisch.)
  - Eine Verdopplung der verhaltensbedingten Einsparungen auf 10% führt zu zusätzlichen rechnerischen Einsparungen von rund 50 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2030 und rund 30 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2040. (Bewertung: Verhaltensbedingte Einsparungen hängen u.a. vom jeweiligen Energiepreisniveau ab. Bei einem dauerhaft hohem Niveau ist eine Verdopplung der Einsparrate nicht unrealistisch.)
  - Eine schnellerer Umstieg der Wärmeversorgung auf dezentrale EE und Fernwärme (Erreichen der Zielwerte schon in 2040 anstelle 2045) führt zu zusätzlichen rechnerischen Einsparungen von rund 70 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2030 und rund 160 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2040. Dafür müssten bis 2040 zusätzliche rund 30.000 Wärmepumpen installiert sowie rund 7.500 zusätzliche Gebäude an die Fernwärme angeschlossen werden. (Bewertung: Zur Realisierung des Potenzials müssten Installateurskapazitäten umfangreich und zügig ausgebaut und Installationszeiten v.a. für Wärmepumpen deutlich reduziert werden.)
  - Die Kombination aus den verschiedenen Maßnahmen führt zu zusätzlichen rechnerischen Einsparungen von rund 170 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2030 und rund 240 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2040. In 2040 würde der Sektor Privathaushalte dann noch CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von rund 360 Tsd. t CO<sub>2</sub> aufweisen. Diese Emissionen stammen fast ausschließlich aus der Fernwärme. Um den Emissionssockel weiter zu reduzieren, müsste die Fernwärme noch schneller dekarbonisiert werden als in Szenario B.

# Weitere Steigerung des Ambitionsgrades (ambitioniertere Zielsetzung der FHH) – Sektor GHD

- In Szenario B sinken die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen des GHD-Sektors von rund 2,8 Mio. t im Jahr 2020 auf rund 1,1 Mio. t in 2030 und 50 Tsd. t in 2045. Wie im Sektor der Privathaushalte resultieren die Restemissionen in 2045 hauptsächlich aus dem nicht biogenen Anteil des Mülls in der Fernwärme (Gebäudewärme NWG und Niedertemperatur-Prozesswärme). Eine ambitioniertere Zielarchitektur lässt sich deswegen hauptsächlich im Hinblick auf die Zeitachse realisieren.
- Wenn Klimaneutralität schon vor 2045 erreicht werden soll, müssten in Szenario B einige Treibergrößen noch ambitionierter gefasst werden. Die Wirkung ambitionierterer Treibergrößen soll anhand folgender Beispiele illustriert werden. Die Wirkung wird dabei jeweils gegenüber dem Zielpfad in Szenario B ausgewiesen:
  - Eine Verdopplung der Sanierungsrate der Nichtwohngebäude auf durchschnittlich 3,3% pro Jahr führt zu zusätzlichen rechnerischen Einsparungen von rund 30 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2030 und rund 50 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2040. (Bewertung: Angesichts des bestehenden Fachkräftemangels erscheint eine solche Verdopplung als unrealistisch.)
  - Eine Verdopplung der Einsparrate, die sich mit einem geänderten Nutzerverhalten sowie mit der Optimierung der Anlagentechnik im Bereich der NWG verbindet, führt zu zusätzlichen rechnerischen Einsparungen von rund 70 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2030 und rund 40 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2040. (Bewertung: Verhaltensbedingte Einsparungen hängen u.a. vom jeweiligen Energiepreisniveau ab. Bei einem dauerhaft hohem Niveau ist eine Verdopplung der Einsparrate nicht unrealistisch.)
  - Eine schnellerer Umstieg der Energieversorgung (Gebäudewärme NWG und Prozessenergien) auf EE und FW (Erreichen der Zielwerte schon in 2040 anstelle 2045) führt zu zusätzlichen Einsparungen von rund 30 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2030 und rund 60 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2040. Bei den NWG müssten dafür bis 2040 knapp zusätzliche 2.000 Wärmepumpen installiert sowie rund 700 zusätzliche Gebäude an die Fernwärme angeschlossen werden. Eine schnellere Transformation der Prozessenergien in Richtung EE und FW (Erreichen der Zielwerte schon in 2040 anstelle 2045) führt zu zusätzlichen Einsparungen von rund 30 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2030 und rund 50 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2040. (Bewertung: Zur Realisierung des Potenzials müssten Installateurskapazitäten umfangreich und zügig ausgebaut und Installationszeiten v.a. für Wärmepumpen deutlich reduziert werden.)
  - Die Kombination aus den verschiedenen Maßnahmen führt zu zusätzlichen rechnerischen Einsparungen von rund 150 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2030 und rund 180 Tsd. t CO<sub>2</sub> in 2040. In 2040 würde der GHD-Sektor dann noch CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von rund 110 Tsd. t CO<sub>2</sub> aufweisen. Diese Emissionen stammen fast ausschließlich aus der Fernwärme. Um den Emissionssockel weiter zu reduzieren, müsste die Fernwärme noch schneller dekarbonisiert werden als in Szenario B.

# Weitere Steigerung des Ambitionsgrades (ambitioniertere Zielsetzung der FHH) – Sektor Verkehr

- In Szenario B sinken die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs-Sektors von rund 3,76 Mio. t im Jahr 2020 auf rund 3,4 Mio. t in 2030 und 6 Tsd. t in 2045. Die starke Minderung zwischen 2030 und 2045 geht auf die Dekarbonisierung der Stromversorgung zurück. Die Restemissionen in 2045 entstehen aus dem noch verbleibenden Verbrauch von Diesel und Benzin im motorisierten Individualverkehr. Alle anderen Verkehrszweige sind zu diesem Zeitpunkt CO<sub>2</sub>-neutral. Im Jahr 2040 gehen die meisten Emissionen von 331 Tsd. t CO<sub>2</sub> auf den Straßengüterverkehr zurück. Auf den MIV entfallen zu diesem Zeitpunkt rund 102 Tsd. t CO<sub>2</sub>, auf den nationalen Flugverkehr rund 89 Tsd. t CO<sub>2</sub> und rund 55 Tsd. t CO<sub>2</sub> auf die Binnenschifffahrt.
- Um Klimaneutralität schon vor 2045 zu erreichen, müssten in Szenario B vor allem der Umstieg auf batterieelektrische Fahrzeuge und die Nutzung von Wasserstoff noch ambitionierter gefasst werden. Die Wirkung ambitionierterer Treibergrößen soll anhand folgender Beispiele illustriert werden. Die Wirkung wird dabei jeweils gegenüber dem Zielpfad in Szenario B ausgewiesen:
  - Der Anteil batterieelektrischer Fahrzeuge am MIV erhöht sich ab 2030 stärker und liegt bereits 2040 bei 95 %. Dies führt zu einer zusätzlichen CO<sub>2</sub> Einsparung von 53 Tsd. t CO<sub>2</sub>, was 5 % der verkehrsbedingten Emissionen ausmacht. Die nahezu vollständige Elektrifizierung im MIV bis 2045 erfordert, dass bereits ab 2032 keine PKW mit Verbrennungsmotoren mehr zugelassen werden<sup>1</sup>. Dies müsste vorgezogen werden, um den Grad an Elektrifizierung bereits 2040 zu erreichen. Derzeit sieht die EU vor, dass ab 2035 Neuwagen emissionsfrei sein sollen, eine Verschärfung der Zielvorgabe ist unwahrscheinlich.
  - Die Nutzung von Wasserstoff im Verkehrssektor wird ab 2030 stärker zunehmen. Zur Erhöhung des Wasserstoffanteils im Straßengüterverkehr wird der 2040 verbleibende Anteil von Diesel am Endenergieverbrauch von 19 % auf 10 % reduziert. Entsprechend mehr Wasserstoff wird genutzt. Dies führt zu zusätzlichen Einsparungen von rund 157 Tsd. t CO<sub>2</sub>, was etwa 16 % der Gesamtemissionen im Verkehr in 2040 entspricht. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird davon ausgegangen, dass Wasserstoff erst ab 2030 breit verfügbar ist und dann in erster Linie in der Industrie eingesetzt wird.

<sup>1</sup> AGORA Verkehrswende (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045

# Weitere Steigerung des Ambitionsgrades (ambitioniertere Zielsetzung der FHH) – Sektor Industrie

- In Szenario B sinken die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Sektors Industrie von rund 3,172 Mio. t im Jahr 2020 auf 1,378 Mio. t in 2030 und 82 Tsd. t in 2045.
- Im Jahr 2040 werden im Sektor Industrie noch etwa 300 Tsd. t CO<sub>2</sub> emittiert. Diese Emissionsmenge basiert im Wesentlichen auf den verbleibenden Bedarfen an fossilem Erdgas und Raffineriegas in den verschiedenen Branchen. Mehr als die Hälfte der im Jahr 2040 verbleibenden Rest-Emission ist auf die Energiebedarfe der Mineralölwirtschaft zurück zu führen.
- Um Klimaneutralität schon vor 2045 zu erreichen, müssten in Szenario B vor allem der Ersatz von fossilem Erdgas und Raffineriegas durch e-fuels oder Wasserstoff noch schneller und umfassender als in Szenario B angenommen erfolgen.
- Werden alle im Jahr 2040 noch benötigten Anteile an Erdgas und Raffineriegas durch e-fuels/Wasserstoff ersetzt, so können etwa 245 Tsd. t CO<sub>2</sub> eingespart werden. Es verbleiben dann im Jahr 2040 noch etwa 55 Tsd. t CO<sub>2</sub>, die hauptsächlich auf den Einsatz von Fernwärme zurückzuführen sind.
- Auf Grund der Verfügbarkeit von Wasserstoff/E-Fuels ändert sich für das Betrachtungsjahr 2030 noch nichts.