

CLIMATE CHANGE

55/2024

Abschlussbericht

Kommunale Klimaschutzambitionen

**Orientierungsrahmen für wirksame Klimaschutz-
Zielstellungen in Kommunen**

von:

Philipp Wachter, Benjamin Gugel, Angelika Paar, Frank Dünnebeil
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH, Heidelberg

Tanja Kenkmann, Kirsten Wiegmann
Öko-Institut e.V., Freiburg

Lizzi Sieck
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

Herausgeber:

Umweltbundesamt

CLIMATE CHANGE 55/2024

Projektnummer 186488

FB001588

Abschlussbericht

Kommunale Klimaschutzambitionen

Orientierungsrahmen für wirksame Klimaschutz-
Zielstellungen in Kommunen

von

Philipp Wachter, Benjamin Gugel, Angelika Paar, Frank
Dünnebeil
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH,
Heidelberg

Tanja Kenkmann, Kirsten Wiegmann
Öko-Institut e.V., Freiburg

Lizzi Sieck
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
Wilckensstraße 3
69120 Heidelberg
Öko-Institut
Merzhauser Str. 173
79100 Freiburg

Abschlussdatum:

Oktober 2024

Redaktion:

Fachgebiet V 1.2 Strategien und Szenarien zu Klimaschutz und Energie
Lizzi Sieck, Susanne Kambor, Karlotta Schultz

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, November 2024

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

Kurzbeschreibung: Kommunale Klimaschutzambitionen

Mit der vorliegenden Studie wurden die folgenden Ziele verfolgt: (i) Aufstellung einer Definition der Treibhausgasneutralität in Kommunen. (ii) Analyse der Erreichbarkeit von Treibhausgasneutralität in Kommunen. (iii) Untersuchung der Auswirkung vorzeitiger Klimaschutz-Zielstellungen. (iv) Erarbeitung von Empfehlungen für sinnvolle (vorzeitige) Klimaschutzziele.

Entsprechend der erarbeiteten Definition muss für die Treibhausgasneutralität in einer Kommune ein Gleichgewicht aus unvermeidbaren THG-Emissionen und lokaler Senken auf dem eigenen Territorium erreicht werden. Anhand von drei Beispielkommunen wurde untersucht, inwieweit die Treibhausgasneutralität entsprechend der erarbeiteten Definition in Kommunen erreicht werden kann. Die Szenarien zeigen, dass die Treibhausgasneutralität nur in einer der Beispielkommunen möglich ist. Treibhausgasneutralität hängt stark von lokalen Gegebenheiten ab. Je kleinräumiger Bilanzgrenzen gezogen werden, desto ungleichmäßiger sind unvermeidbare THG-Emissionen und Senken verteilt. Kommunen mit hohen unvermeidbaren THG-Emissionen, beispielsweise mit einem Zementwerk, verfügen nicht zwangsläufig über die entsprechende lokale Senkenleistung durch beispielsweise große Waldflächen. Deshalb ist das auf Bundesebene sinnvolle Ziel der Treibhausgasneutralität nur bedingt auf die kommunale Ebene übertragbar. Eine vorzeitige lokale Treibhausgasneutralität, also vor dem Erreichen der Treibhausgasneutralität auf Bundesebene, ist aufgrund von Abhängigkeiten von den übergeordneten politischen Ebenen (EU, Bund und Länder) in keiner der drei betrachteten Beispielkommunen möglich.

Die Studie zeigt auch, dass Kommunen dennoch substanzielle Gestaltungsmöglichkeiten haben, um die THG-Minderung auf ihrem Territorium zu beschleunigen. Das Vorziehen von Klimaschutzziele hat einen positiven Effekt auf das Klima, da somit kumuliert bis 2045 weniger Treibhausgase emittiert werden. Werden die zentralen kommunalen Klimaschutzmaßnahmen bereits bis zum Jahr 2030 umgesetzt, können in den Beispielkommunen die kumulierten THG-Emissionen bis zum Jahr 2045 um 6 % bis 11 % geringer ausfallen. Kommunen sollten sich deshalb das Ziel setzen, ihren Beitrag zur nationalen Treibhausgasneutralität möglichst frühzeitig zu leisten. In diesem Zusammenhang wurden in dieser Studie Ansätze erarbeitet, wie sowohl Zielstellungen bis zum Jahr 2045 als auch Zielstellungen vor dem Jahr 2045 operationalisiert werden können.

Abstract: Shaping municipal climate protection ambitions in a targeted manner

The following objectives were pursued with this study: (i) To establish a definition of greenhouse gas neutrality in municipalities. (ii) To analyse the achievability of greenhouse gas neutrality in municipalities. (iii) Analysing the impact of early climate protection targets. (iv) Development of recommendations for sensible (early) climate protection targets.

According to the definition developed, greenhouse gas neutrality in a municipality must achieve a balance between unavoidable GHG emissions and local sinks on its own territory. Three sample municipalities were used to analyse the extent to which greenhouse gas neutrality can be achieved in municipalities in accordance with the definition developed. The scenarios show that greenhouse gas neutrality is only possible in one of the sample municipalities. Greenhouse gas neutrality depends heavily on local conditions. The more small-scale the balance boundaries are drawn, the more unevenly unavoidable GHG emissions and sinks are distributed. Municipalities with high unavoidable GHG emissions, for example with a cement plant, do not necessarily have the corresponding local sink capacity through large areas of forest. For this reason, the goal of greenhouse gas neutrality, which makes sense at federal level, can only be transferred to the municipal level to a limited extent. Early local greenhouse gas neutrality, i.e. before achieving

greenhouse gas neutrality at federal level, is not possible in any of the three sample municipalities due to dependencies on the higher political levels (EU, federal government and federal states).

The study also shows that municipalities nevertheless have substantial opportunities to accelerate GHG reduction on their territory. Bringing forward climate protection targets has a positive effect on the climate, as cumulatively fewer greenhouse gases will be emitted by 2045. If the central municipal climate protection measures are already implemented by 2030, the cumulative GHG emissions in the example municipalities can be reduced by 6 % to 11 % by 2045. Municipalities should therefore set themselves the goal of making their contribution to national greenhouse gas neutrality as early as possible. In this context, this study has developed approaches for operationalizing both targets up to 2045 and targets before 2045.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	10
Tabellenverzeichnis.....	12
Abkürzungsverzeichnis.....	13
Zusammenfassung.....	15
Summary.....	24
1 Hintergrund und Zielstellung.....	33
2 Treibhausgasneutralität in Kommunen.....	34
2.1 Definition Treibhausgasneutralität in Kommunen.....	34
2.2 Ausgestaltung der Treibhausgasneutralität in Kommunen.....	39
3 Auswirkung vorzeitiger Klimaschutz-Zielstellungen.....	46
3.1 Klimaschutzbeiträge und Einflussmöglichkeiten von Kommunen.....	46
3.1.1 Methodik.....	46
3.1.2 Randbedingungen und Annahmen.....	48
3.1.2.1 Charakterisierung der Beispielkommunen.....	48
3.1.2.2 Charakterisierung der Szenarien im energetischen Bereich.....	50
3.1.2.3 Charakterisierung der Szenarien im nicht-energetischen Bereich.....	55
3.1.3 Analyseergebnisse.....	57
3.1.3.1 Beispielkommune 1 – „Großstadt“.....	57
3.1.3.2 Beispielkommune 2 – „Industrie-geprägte Kommune“.....	67
3.1.3.3 Beispielkommune 3 – „Flächen-geprägter Landkreis“.....	76
3.1.3.4 Vergleich der Kommunen.....	85
3.1.4 Erkenntnisse und Zwischenfazit.....	88
3.1.4.1 Vorzeitige Treibhausgasneutralität nicht möglich.....	88
3.1.4.2 Bereiche in denen vorzeitige Klimaschutzambitionen erhebliche THG-Minderung erreichen.....	88
3.1.4.3 Bereiche mit begrenzten Einflussmöglichkeiten von Kommunen auf eigene Treibhausgasneutralität.....	91
3.1.4.4 Treibhausgasneutralität bis 2045 nur in einem Teil der Kommunen möglich.....	92
3.2 Weiterführende Untersuchungen.....	94
3.2.1 Ausbau lokaler erneuerbarer Stromerzeugung.....	94
3.2.1.1 Methodik sowie Randbedingungen und Annahmen.....	94
3.2.1.2 Analyseergebnisse.....	94
3.2.1.3 Erkenntnisse und Zwischenfazit.....	97

3.2.2	Auswirkung vorzeitiger Zielstellung auf Landesebene	97
3.2.2.1	Methodik sowie Randbedingungen und Annahmen	97
3.2.2.2	Analyseergebnisse und Erkenntnisse	98
3.2.2.3	Erkenntnisse und Zwischenfazit	99
4	Sinnvolle (vorzeitige) Klimaschutzziele	100
4.1	Methodisches Vorgehen in dieser Studie	100
4.1.1	Fach austausch.....	100
4.1.2	Arbeitstreffen.....	101
4.2	Empfehlungen für kommunale Klimaschutzziele bis 2045	103
4.2.1	Grundsätzliche Darstellung des Ansatzes	103
4.2.1.1	Weitestmögliche lokale Treibhausgasneutralität.....	103
4.2.1.2	Lokale Potenzialausschöpfung.....	104
4.2.2	Veranschaulichung anhand von Beispielkommune 1	104
4.3	Empfehlungen für kommunale Klimaschutzziele vor 2045	106
4.3.1	Umfassender Ansatz	106
4.3.1.1	Grundsätzliche Darstellung des Ansatzes	106
4.3.1.2	Veranschaulichung anhand von Beispielkommune 1.....	108
4.3.2	Verkürzter Ansatz	110
4.3.2.1	Grundsätzliche Darstellung des Ansatzes	110
4.3.2.2	Veranschaulichung anhand Beispielkommune 1.....	112
4.4	Praktische Hinweise und weiterer Forschungsbedarf	113
4.4.1	Weitestmögliche lokale Treibhausgasneutralität	114
4.4.2	Lokale Potenzialausschöpfung – Endenergiereduktion	114
4.4.3	Lokale Potenzialausschöpfung – Erneuerbare Stromerzeugung	115
4.4.4	Lokale Potenzialausschöpfung – Senken	116
4.4.5	Ziele nach Einflussbereichen.....	116
4.4.6	THG-Bilanzen Kommunalverwaltung und kommunale Unternehmen.....	118
5	Zusammenfassung, Empfehlungen und Ausblick.....	119
5.1	Zusammenfassung der Befunde	119
5.2	Empfehlung für Kommunen.....	119
5.2.1	Vorliegendes Klimaschutzziel mit Zieljahr 2045	119
5.2.2	Vorliegendes Klimaschutzziel vor 2045	120
5.2.3	Noch kein Klimaschutzziel.....	121
5.3	Ausblick	121

6 Quellenverzeichnis 122

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Abgrenzung Klimaneutralität, Treibhausgasneutralität und CO ₂ -Neutralität	16
Abbildung 2:	Entwicklung der THG-Emissionen bei Ausschöpfung der Klimaschutzpotenziale.....	17
Abbildung 3:	Verteilung der kommunalen Einflussbereiche in den THG-Bilanzen der Beispielkommunen sowie THG-Reduktionsmöglichkeiten bis zum Jahr 2030	19
Abbildung 4:	Weitestmögliche lokale Treibhausgasneutralität und lokale Potenzialausschöpfung – die zwei Zielbereiche der kommunale Klimaschutzzielstellung bis 2045	21
Abbildung 5:	Darstellung der Zielstellung vor dem Jahr 2045 – Umfassender Ansatz	21
Abbildung 6:	Darstellung der Zielstellung vor dem Jahr 2045 – Verkürzter Ansatz	22
Abbildung 7:	Abgrenzung Klimaneutralität, Treibhausgasneutralität und CO ₂ -Neutralität	35
Abbildung 8:	Treibhausgasneutrale Kommune	38
Abbildung 9:	Einflussbereich einer Kommune.....	48
Abbildung 10:	Endenergiebilanz Beispielkommune 1 im Ausgangsjahr (2021)	58
Abbildung 11:	Entwicklung der Endenergieverbräuche in Beispielkommune 1	59
Abbildung 12:	THG-Bilanz Beispielkommune 1 im Ausgangsjahr (2021) – nach Sektoren	61
Abbildung 13:	THG-Bilanzen der Beispielkommune 1 im Jahr 2030 – nach Sektoren	62
Abbildung 14:	THG-Bilanzen der Beispielkommune 1 im Jahr 2045 – nach Sektoren	63
Abbildung 15:	Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 1 – nach Sektoren	64
Abbildung 16:	THG-Bilanz Beispielkommune 1 im Ausgangsjahr (2021) – nach Einflussbereichen	65
Abbildung 17:	Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 1 – nach Einflussbereichen	66
Abbildung 18:	Endenergiebilanz Beispielkommune 2 im Ausgangsjahr (2021)	68
Abbildung 19:	Entwicklung der Endenergieverbräuche in Beispielkommune 2	69
Abbildung 20:	THG-Bilanz Beispielkommune 2 im Ausgangsjahr (2021) – nach Sektoren	70
Abbildung 21:	THG-Bilanzen der Beispielkommune 2 im Jahr 2030 – nach Sektoren	71

Abbildung 22:	THG-Bilanzen der Beispielkommune 2 im Jahr 2045 – nach Sektoren	72
Abbildung 23:	Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 2 – nach Sektoren	73
Abbildung 24:	THG-Bilanz Beispielkommune 2 im Ausgangsjahr (2021) – nach Einflussbereichen	74
Abbildung 25:	Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 2 – nach Einflussbereichen	75
Abbildung 26:	Endenergiebilanz Beispielkommune 3 im Ausgangsjahr (2021)	76
Abbildung 27:	Entwicklung der Endenergieverbräuche in Beispielkommune 3	77
Abbildung 28:	THG-Bilanz Beispielkommune 3 im Ausgangsjahr (2021) – nach Sektoren	79
Abbildung 29:	THG-Bilanzen der Beispielkommune 3 im Jahr 2030 – nach Sektoren	80
Abbildung 30:	THG-Bilanzen der Beispielkommune 3 im Jahr 2045 – nach Sektoren	81
Abbildung 31:	Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 3 – nach Sektoren	82
Abbildung 32:	THG-Bilanz Beispielkommune 3 im Ausgangsjahr (2021) – nach Einflussbereichen	83
Abbildung 33:	Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 3 – nach Einflussbereichen	84
Abbildung 34:	Verteilung der kommunalen Einflussbereiche in den THG-Bilanzen der Beispielkommunen sowie THG-Reduktionsmöglichkeiten bis zum Jahr 2030	89
Abbildung 35:	Entwicklung der THG-Emissionen bei Ausschöpfung der Klimaschutzpotenziale.....	93
Abbildung 36:	THG-Bilanz Beispielkommune 3 im Ausgangsjahr (2021) – Territorialmix vs. Bundesmix	95
Abbildung 37:	Entwicklung THG-Bilanzen der Beispielkommune 3 bis zum Jahr 2030 – Territorialmix vs. Bundesmix	96
Abbildung 38:	Kommunale Klimaschutzzielstellung bis 2045.....	103
Abbildung 39:	Weitestmögliche Treibhausgasneutralität in Beispielkommune 1 bei Ausschöpfung der Klimaschutzpotenziale	104
Abbildung 40:	Potenzialausschöpfung Endenergie, erneuerbare Stromerzeugung und Senken in Beispielkommune 1.....	105
Abbildung 41:	Darstellung der Zielstellung vor dem Jahr 2045 – Umfassender Ansatz	107
Abbildung 42:	Zielpfad der THG-Emissionen in Beispielkommune 1 – nach Einflussbereichen im 2030-Tempo	109

Abbildung 43:	Darstellung der Zielstellung vor dem Jahr 2045 – Verkürzter Ansatz	111
Abbildung 44:	Exemplarische Darstellung Zielpfade Scope-1-Emissionen ausgewählter Organisationseinheiten in Beispielkommune 1 – Verkürzter Ansatz	113

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Relevante Bereiche innerhalb der territorialen Bilanzgrenze ..	37
Tabelle 2:	Charakterisierung der Beispielkommunen	50
Tabelle 3:	Zentrale Eckdaten der Szenarien im stationären Bereich	53
Tabelle 4:	Zentrale Eckdaten der Szenarien im Verkehr	54
Tabelle 5:	Zentrale Eckdaten der Szenarien im nicht-energetischen Bereich.....	57
Tabelle 6:	Gegenüberstellung der zentralen Ergebnisse der Szenarien ...	85
Tabelle 7:	Zusammenstellung der abweichenden Rahmenbedingungen in den Landesszenarien	98
Tabelle 8:	Gegenüberstellung der Ergebnisse der Landesszenarien mit den der Standardszenarien	98
Tabelle 9:	Bewertung unterschiedlicher Ansätze für Klimaschutzzielstellungen in Kommunen.....	102
Tabelle 10:	THG-Reduktionsziele je Einflussbereich in Beispielkommune 1 im 2030-Tempo	109
Tabelle 11:	Grundannahmen und Ansätze zur Verteilung der Einflussbereiche auf die Energie- und THG-Emissionen der Kommunen	117

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
BECC	BioEnergy Carbon Capture
BISKO	Bilanzierungs-Systematik kommunal
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BQZ	Binnen-, und Quell-Ziel-Verkehre
CCS	Carbon Capture and Storage
CCU	Carbon Capture and Utilization
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DAC	Direct Air Capture
EB	Einflussbereich
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EE-Strom	Strom aus erneuerbaren Energien
EnEFG	Energieeffizienzgesetz
EU	Europäische Union
EW	Einwohner*in
EZFH	Ein- und Zweifamilienhäuser
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistung
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunden
ifeu	ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
IND	Industrie
KE	Kommunale Einrichtungen
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
KU	Kommunale Unternehmen
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
Lkw	Lastkraftwagen
LNF	leichten Nutzfahrzeugen
LULUCF	Land Use, Land Use-Change and Forestry
MFH	Mehrfamilienhäuser

Abkürzung	Erläuterung
MIV	Motorisierten Individualverkehr
MMS	Mit-Maßnahmen-Szenario
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
N₂O	Lachgas
NIR	Nationalen Inventarbericht
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PHH	Private Haushalte
Pkw	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik
SF₆	Schwefelhexafluorid
THG	Treibhausgasemissionen
TWh	Terawattstunde
UBA	Umweltbundesamt
WACC	Waste Carbon Capture
WBG	Wohnungsbaugesellschaft
WPG	Wärmeplanungsgesetz
WP-Strom	Wärmepumpenstrom

Zusammenfassung

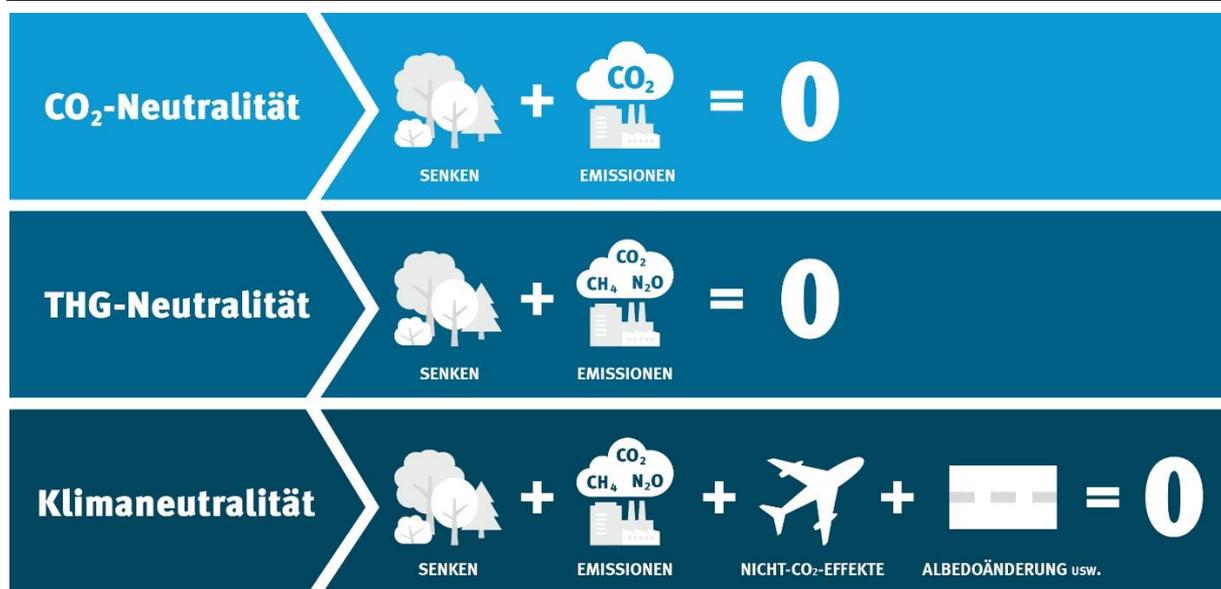
Der vorliegende Bericht zeigt die Ergebnisse des Vorhabens „Kommunale Klimaschutzambitionen – Orientierungsrahmen für wirksame Klimaschutz-Zielstellungen in Kommunen“. Die Ziele des Vorhabens sind:

- ▶ **Aufstellung einer Definition der Treibhausgasneutralität in Kommunen:** Um ein einheitliches Verständnis zu schaffen, wird in einem ersten Schritt eine Definition zur Treibhausgasneutralität auf kommunaler Ebene aufgestellt (siehe Kapitel 2). Die Definition orientiert sich an der bundesweiten Definition. Des Weiteren baut die Definition auf der Bilanzierungs-Systematik kommunal (BISKO) auf und bezieht sich auf dieselben Bilanzgrenzen.
- ▶ **Untersuchung der Erreichbarkeit der Treibhausgasneutralität in Kommunen:** Ausgehend von der aufgestellten Definition wird anhand von drei Beispielkommunen untersucht, inwieweit das Erreichen der Treibhausgasneutralität auf kommunaler Ebene möglich ist (siehe Kapitel 3).
- ▶ **Analyse der Auswirkung vorzeitiger Klimaschutz-Zielstellungen:** Auf Bundesebene ist das Jahr 2045 das gesetzlich vorgeschriebene Zieljahr für das Erreichen der Treibhausgasneutralität (KSG 2024). Viele Kommunen setzen sich jedoch ambitionierte Klimaschutzziele und ziehen das Jahr, in dem sie ihr Ziel (häufig Treibhausgasneutralität) erreichen wollen, vor (z. B. auf 2030 oder 2035). Anhand von drei Beispielkommunen wird analysiert, wie diese vorzeitigen Zieljahre mit der aufgestellten Definition der Treibhausgasneutralität in Kommunen in Beziehung stehen (siehe Kapitel 3).
- ▶ **Erarbeitung von Empfehlungen für sinnvolle (vorzeitige) Klimaschutzziele:** Aufbauend auf der Definition der Treibhausgasneutralität in Kommunen sowie den Analysen anhand der drei Beispielkommunen werden Empfehlungen für operationalisierbare Klimaschutzzielstellungen in Kommunen formuliert (siehe Kapitel 4). Dabei wird unterschieden in Zielstellungen bezogen auf das Jahr 2045 (die von allen Kommunen verfolgt werden sollten) und Zielstellungen vor dem Jahr 2045 (die sich speziell für Kommunen eignen, die bereits vorzeitig ihren adäquaten Beitrag zur nationalen Treibhausgasneutralität leisten möchten).

Definition Treibhausgasneutralität in Kommunen

In kommunalpolitischen Beschlüssen werden die Begriffe „Klimaneutralität“, „Treibhausgasneutralität“ und „CO₂-Neutralität“ häufig nicht differenziert und als Synonyme verwendet. Angelehnt an das Bundesziel, betrachtet der vorliegende Bericht die Zielstellung der Treibhausgasneutralität in Kommunen und empfiehlt mit diesem Begriff und der dahinterliegenden Definition zu arbeiten. Treibhausgasneutralität beschreibt einen Zustand, bei dem innerhalb eines festgelegten Bilanzzeitraums sowie einer festgelegten Bilanzgrenze ein Gleichgewicht zwischen den emittierten Treibhausgasen (im Folgenden „THG-Emissionen“ genannt) und den der Atmosphäre entzogenen Treibhausgasen (im Folgenden „Senken“ genannt) herrscht. Die Abgrenzung zu den Begriffen¹ „Klimaneutralität“, und „Treibhausgasneutralität“ und „CO₂-Neutralität“ wird in Abbildung 1 dargestellt.

¹ Unter dem folgenden Link findet sich des Weiteren eine kurzer Erklärfilm, der sich mit den unterschiedlichen Begriffen auseinandersetzt: <https://www.umweltbundesamt.de/klimaschutzbegriffe-erklart>

Abbildung 1: Abgrenzung Klimaneutralität, Treibhausgasneutralität und CO₂-Neutralität

Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt

Für die Definition der Treibhausgasneutralität in Kommunen werden der Bilanzzeitraum (ein Kalenderjahr) und die Bilanzgrenze (Territorium der Kommune) parallel zu BISCO gesetzt. Bisher beinhaltet BISCO die energetischen THG-Emissionen in den Sektoren Private Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistung (GHD), Industrie, Kommunale Einrichtungen und Verkehr. Um Konsistenz mit der bundesweiten Zielsetzung der Treibhausgasneutralität herzustellen, wurde BISCO im Rahmen dieser Studie um die nicht-energetischen Emissionen in den Sektoren Landwirtschaft, LULUCF², Industrie, Abfall und Abwasser sowie um natürliche Senken erweitert.

Die Treibhausgasneutralität in einer Kommune liegt ab dem Zeitpunkt vor, wenn ein Gleichgewicht aus unvermeidbaren THG-Emissionen und lokalen Senken besteht. Entsprechend des Territorialprinzips von BISCO ist eine Anrechnung von Senken, die sich nicht auf dem Territorium der Kommune befinden, nicht zulässig. Auch eine Anrechnung von „Kompensationsmaßnahmen“, also Einsparungen von THG-Emissionen außerhalb des Territoriums der Kommune, ist nicht möglich. Es wird vorgeschlagen (parallel zum nationalen Treibhausgasinventar) die abgeschiedenen CO₂-Emissionen separat darzustellen und nicht mit den emittierten THG-Emissionen und den natürlichen Senken zu verrechnen.

Erreichbarkeit der Treibhausgasneutralität in Kommunen

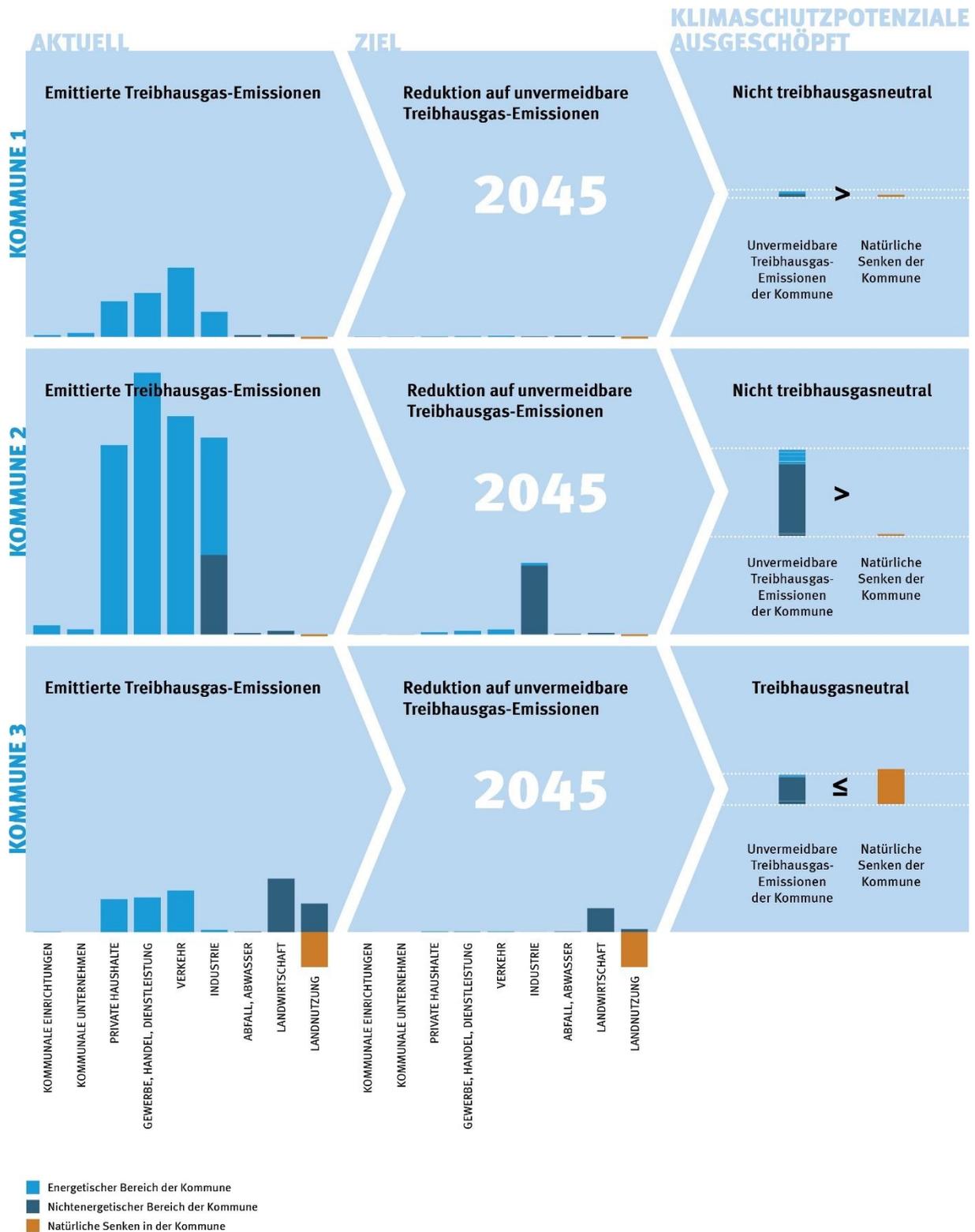
Anhand von drei anonymisierten Beispielmunicipien wurde untersucht, inwieweit das Erreichen der Treibhausgasneutralität entsprechend der aufgestellten Definition möglich ist:

- ▶ **Beispielkommune 1 – „Großstadt“** ohne relevante Anteile nicht-energetischer THG-Emissionen.
- ▶ **Beispielkommune 2 – „Industrie-geprägte Kommune“** mit verhältnismäßig hohem Anteil nicht-energetischer THG-Emissionen aus Industrieprozessen (Zementwerk).
- ▶ **Beispielkommune 3 – „Flächen-geprägter Landkreis“** mit verhältnismäßig hohem Potenzial zum Ausbau erneuerbarer Energien und zur Stärkung natürlicher Senken sowie einen verhältnismäßig hohen Anteil nicht-energetischer THG-Emissionen aus den Bereichen Landwirtschaft und Landnutzung.

² Steht für „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft“

Es wurde untersucht, wie sich die THG-Emissionen der drei Beispielkommunen entwickeln, wenn die Klimaschutzpotenziale der Kommunen vollständig ausgeschöpft werden. Die Ergebnisse der Untersuchung bzw. der Szenarien der drei Beispielkommunen sind in Abbildung 2 zusammenfassend dargestellt.

Abbildung 2: Entwicklung der THG-Emissionen bei Ausschöpfung der Klimaschutzpotenziale



Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt und ifeu

Die Szenarien zeigen, dass auch bei vollständiger Ausschöpfung der Klimaschutzpotenziale das Erreichen der Treibhausgasneutralität nur in einer Kommune (Beispielkommune 3) möglich ist. Die technische Möglichkeit der Treibhausgasneutralität hängt also stark von lokalen Gegebenheiten ab. Je kleinräumiger Bilanzgrenzen gezogen werden, desto ungleichmäßiger sind unvermeidbare THG-Emissionen und Senken verteilt. Kommunen mit hohen unvermeidbaren THG-Emissionen, beispielsweise mit einem Zementwerk, verfügen nicht zwangsläufig über ausreichend lokale Senkenleistung durch beispielsweise große Waldflächen. Deshalb ist das auf Bundesebene sinnvolle Ziel der Treibhausgasneutralität nur bedingt auf die kommunale Ebene übertragbar. Kommunen sollten sich jedoch an diesem Ziel orientieren und eine **weitestmögliche lokale Treibhausgasneutralität** anstreben. Das bedeutet, dass alle technisch vermeidbaren THG-Emissionen vermieden und soweit möglich durch natürliche Senken ausgeglichen werden.

TextBox: Ausgestaltung der Treibhausgasneutralität in Kommunen

Der kommunale Klimaschutz steht nicht für sich, sondern ist ein elementarer Beitrag im politischen Mehrebenensystem. Aus diesen Gründen sollten sich Kommunen nicht nur die Frage stellen, wie sie auf ihrem Territorium Treibhausgasneutralität erreichen können. Vielmehr sollten Kommunen das Ziel verfolgen, einen adäquaten Beitrag zu leisten, sodass die nationalen und internationalen Klimaschutzziele erreicht werden können. In diesem Zusammenhang ist es bspw. notwendig, dass Kommunen einen adäquaten Beitrag zum Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung entsprechend ihrer lokalen Potenziale leisten. Dies kann auch bedeuten, dass Kommunen deutlich mehr erneuerbaren Strom auf ihrem Territorium erzeugen, als sie selbst benötigen, um andere Kommunen mit weniger Potenzialen mitzuversorgen. Da die Potenziale an erneuerbaren Energien in Deutschland und Europa begrenzt sind, ist es des Weiteren notwendig, dass alle Kommunen ihren Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz bzw. zur Reduktion des Energiebedarfs leisten. Auch eine Ausschöpfung des lokalen, natürlichen Senkenpotenzials, das über die eigene kommunale Treibhausgasneutralität hinaus gehen kann, ist in diesem Zusammenhang relevant.

Auswirkung vorzeitiger Klimaschutz-Zielstellungen

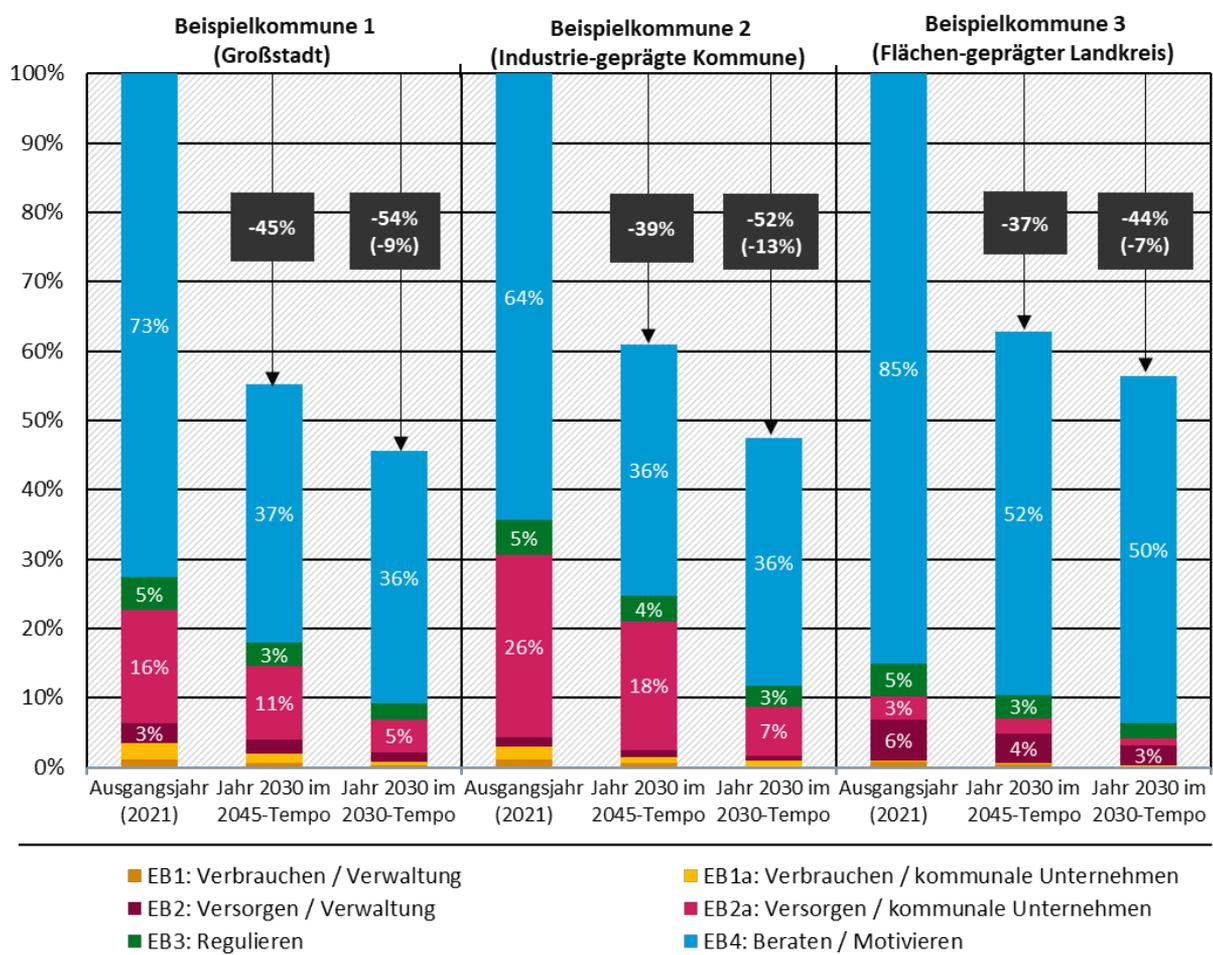
Für die oben aufgeführten drei Beispielkommunen wurden jeweils zwei Szenarien berechnet, ein Szenario im „2045-Tempo“ und ein Szenario im „2030-Tempo“. Bei den **Szenarien im 2045-Tempo** ist die Umsetzungsgeschwindigkeit der Maßnahmen jener der Bundesebene angeglichen, mit dem Ziel der weitestmöglichen Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045. Bei den **Szenarien im 2030-Tempo** werden alle **kommunalen** Klimaschutzmaßnahmen mit höchster Ambition und auf das Zieljahr 2030 ausgerichtet. Die zentralen Maßnahmen, die in diesem Zusammenhang umgesetzt werden müssen, können in die folgenden Einflussbereiche unterteilt werden:

- ▶ **Einflussbereich 1 „Verbrauchen / Verwaltung“ (EB1):** Energetische Sanierung städtischer Gebäude. Umstellung des kommunalen Fuhrparks auf alternative Antriebe. Wiedervernässung von Mooren auf kommunalen Flächen. Umbau des Waldes in kommunalem Besitz, um die Senkenleistung zu erhalten.
- ▶ **Einflussbereich 1a „Verbrauchen / kommunale Unternehmen“ (EB1a):** Energetische Sanierung von Gebäuden im Besitz von kommunalen Unternehmen. Umstellung des kommunalen Fuhrparks auf alternative Antriebe.
- ▶ **Einflussbereich 2 „Versorgen / Verwaltung“ (EB2):** Ausbau der Fuß- und Radinfrastruktur. Rückbau von Parkplätzen / Pkw-Straßenraum (Straßenumgestaltung).

- ▶ **Einflussbereich 2a „Versorgen / kommunale Unternehmen“ (EB2a):** Dekarbonisierung und Ausbau der Fernwärme. Errichtung neuer Wärmenetze. Ausbau der Ladeinfrastruktur. Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV). Reduzierung der THG-Emissionen im Bereich der Abwasserbehandlung und Abfallentsorgung.
- ▶ **Einflussbereich 3 „Regulieren“ (EB3):** Effizienzanforderungen in Bebauungsplänen und städtebaulichen Verträgen, um eine Zunahme des Energiebedarfs der Kommune zu vermeiden. Die Einführung kostenpflichtigen Parkens.
- ▶ **Einflussbereich 4 „Beraten / Motivieren“ (EB4):** Beraten und Motivieren von Gebäudeeigentümer*innen und Unternehmen zur energetischen Gebäudesanierung. Mobilitätsberatung, um beim Umstieg auf den Umweltverbund zu unterstützen.

Aus den Szenarien geht hervor, dass selbst bei einer schnellen und höchst ambitionierten Umsetzung der kommunalen Klimaschutzmaßnahmen im 2030-Tempo die THG-Emissionen in den drei Beispielkommunen bis zum Jahr 2030 nur um 44 % (Beispielkommune 3) bis 54 % (Beispielkommune 1) gegenüber dem Ausgangsjahr 2021 gesenkt werden können. Die THG-Minderung bis zum Jahr 2030 liegt im 2030-Tempo jedoch zwischen 7 Prozentpunkten (Beispielkommune 3) bis 13 Prozentpunkten (Beispielkommune 2) über der im 2045-Tempo (siehe Abbildung 3).

Abbildung 3: Verteilung der kommunalen Einflussbereiche in den THG-Bilanzen der Beispielkommunen sowie THG-Reduktionsmöglichkeiten bis zum Jahr 2030



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Die Szenarien zeigen, dass eine kommunale Treibhausgasneutralität entsprechend der aufgestellten Definition vorzeitig, also vor dem Erreichen der Treibhausgasneutralität auf Bundesebene, nicht möglich ist. Die Herausforderungen liegen insbesondere in den folgenden Bereichen:

- ▶ Einsatz fossiler Brennstoffe in privaten Haushalten, GHD und Industrie.
- ▶ Verbrennung fossiler Kraftstoffe in Fahrzeugen auf dem Territorium der Kommune.
- ▶ Einsatz fossiler Energien im bundesweites Stromsystem.

Die Szenarien zeigen jedoch auch, dass eine schnelle Umsetzung der kommunalen Maßnahmen dazu führt, dass die bis zum Jahr 2045 insgesamt ausgestoßenen THG-Emissionen sichtbar reduziert werden können. So können bspw. in Beispielkommune 2 die kumulierten THG-Emissionen zwischen 2021 und 2045 durch das 2030-Tempo gegenüber dem 2045-Tempo von 57,7 Mio. t CO_{2e} auf 51,2 Mio. t CO_{2e} reduziert werden. Dies entspricht einer Reduktion um 11 %. In den Beispielkommunen 1 und 3, in denen der Anteil der Einflussbereiche 1 bis 3 etwas geringer ist, sind die THG-Emissionen im 2030-Tempo gegenüber dem 2045-Tempo um 9 % und 6 % niedriger. Wird ausgehend von den drei Beispielkommunen in einer vereinfachten Abschätzung auf die gesamten Einsparmöglichkeiten für Deutschland geschlossen, so könnten durch die schnelle Umsetzung der zentralen kommunalen Klimaschutzmaßnahmen bis 2045 kumuliert 960 Mio. t CO_{2e} vermieden werden.

Aus den Analyseergebnissen kann das Fazit gezogen werden, dass vorgezogene Klimaschutzziele und somit die frühzeitige Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen stets einen positiven Beitrag zum Klimaschutz leisten. Kommunen können umso mehr THG-Emissionen durch die vorzeitige Umsetzung von kommunalen Maßnahmen einsparen, desto höher der Anteil der Einflussbereiche 1 bis 3 an deren THG-Bilanz ist.

Empfehlungen für sinnvolle (vorzeitige) Klimaschutzziele

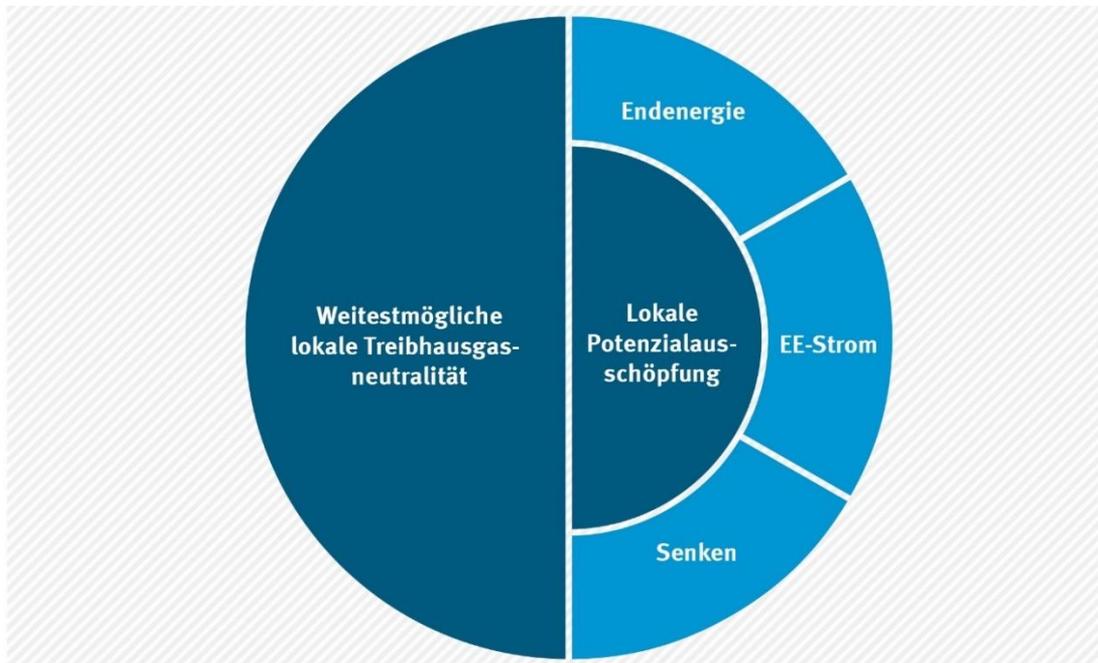
Die Empfehlung unterteilt sich in **Zielstellungen bis zum Jahr 2045** (die von allen Kommunen verfolgt werden sollten) und **Zielstellungen vor 2045** (die sich speziell für Kommunen eignen, die bereits vorzeitig, also vor dem Erreichen der Treibhausgasneutralität auf Bundesebene, ihren adäquaten Beitrag zur nationalen Treibhausgasneutralität leisten möchten).

Der kommunale Klimaschutz steht nicht für sich, sondern ist ein elementarer Beitrag im politischen Mehrebenensystem. Deshalb sollten sich Kommunen nicht nur die Frage stellen, wie sie auf ihrem Territorium weitestmögliche Treibhausgasneutralität erreichen können. Vielmehr sollten Kommunen das Ziel verfolgen, einen adäquaten Beitrag zu leisten, sodass die nationalen und internalen Klimaschutzziele erreicht werden können. Dafür müssen die lokalen Klimaschutzpotenziale vollständig ausgeschöpft werden. Um dies sicherzustellen, sollten kommunale Klimaschutzzielstellung stets aus den folgenden zwei Zielbereichen bestehen (siehe auch Abbildung 4):

1. Weitestmögliche lokale Treibhausgasneutralität
2. Lokale Potenzialausschöpfung

Bis zum Jahr 2045 sollten alle Kommunen weitestmögliche lokale Treibhausgasneutralität erreichen und ihre lokalen Potenziale ausschöpfen. Unter lokaler Potenzialausschöpfung wird in dieser Studie verstanden, dass der Endenergiebedarf der Kommune weitestmöglich reduziert wird, die erneuerbare Stromerzeugung auf dem Territorium der Kommune entsprechend der lokalen Potenziale ausgebaut und die lokalen Potenziale an natürlichen Senken ausgeschöpft werden.

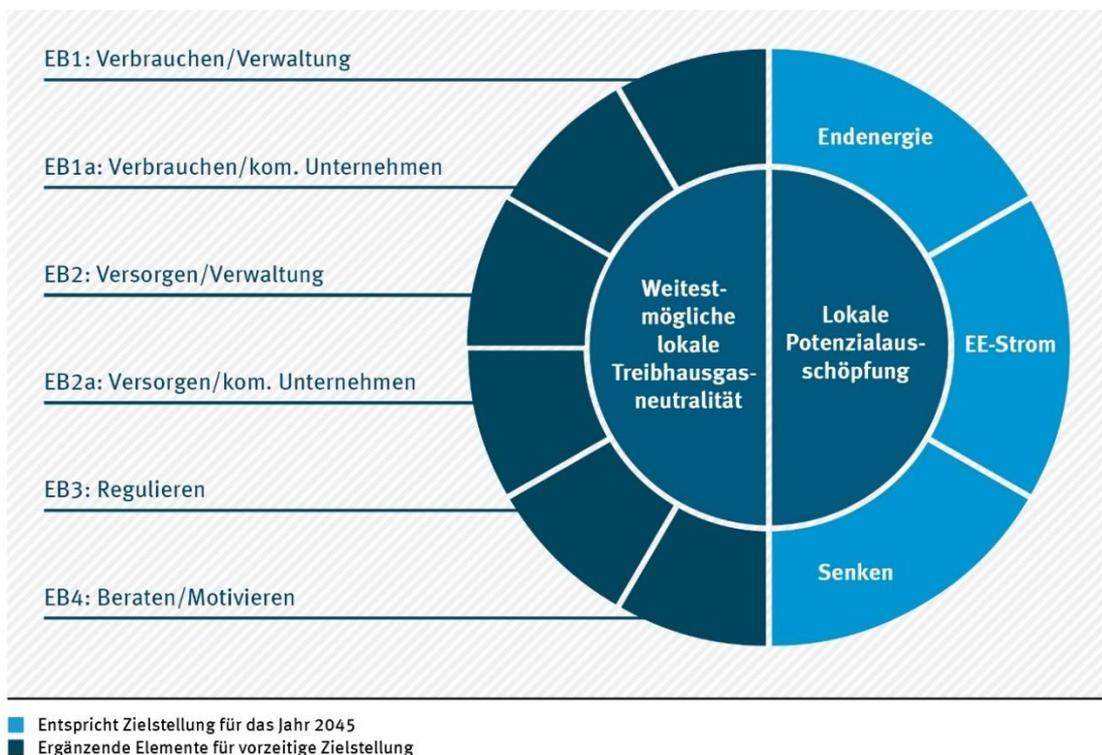
Abbildung 4: Weitestmögliche lokale Treibhausgasneutralität und lokale Potenzialausschöpfung – die zwei Zielbereiche der kommunale Klimaschutzzielstellung bis 2045



Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt und ifeu

Für Kommunen, die bereits vorzeitig ihren adäquaten Beitrag zur nationalen Treibhausgasneutralität leisten möchten, ist die in Abbildung 5 dargestellte **Zielstellung vor 2045** relevant.

Abbildung 5: Darstellung der Zielstellung vor dem Jahr 2045 – Umfassender Ansatz



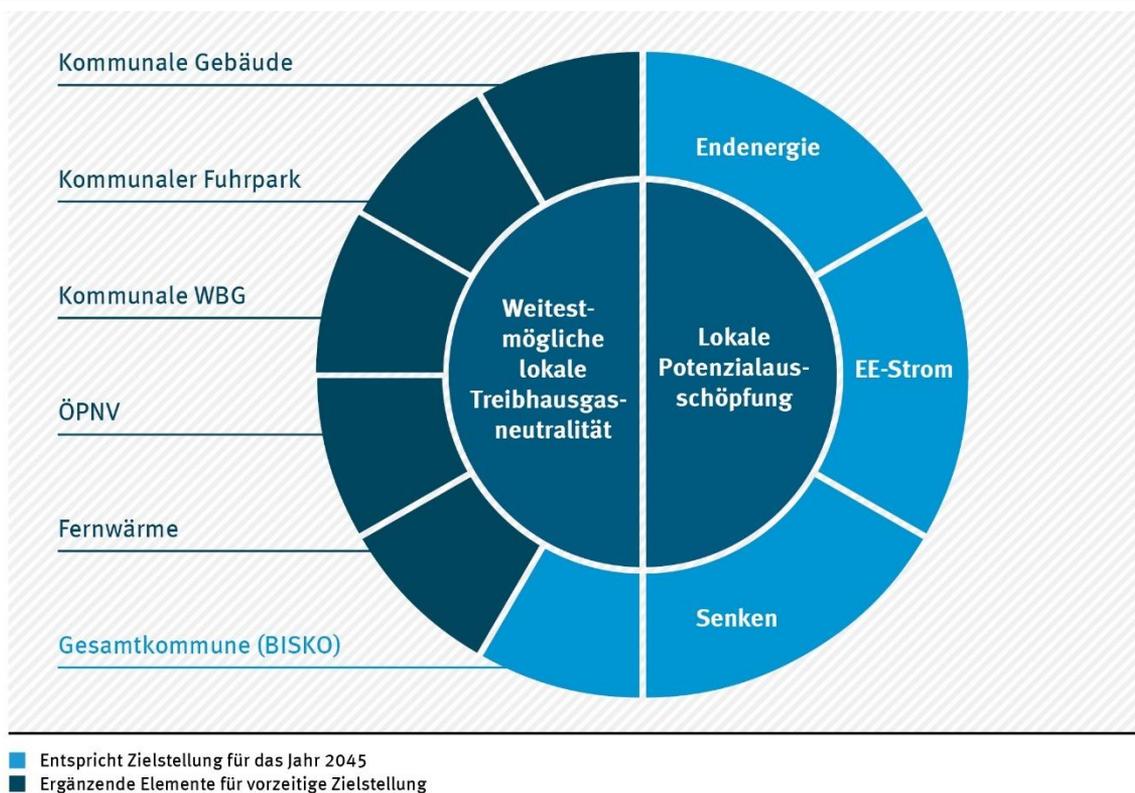
Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt und ifeu

Die Zielstellung vor dem Jahr 2045 unterscheidet sich von der Zielstellung bis zum Jahr 2045 speziell im Teilbereich „Weitestmögliche lokale Treibhausgasneutralität“. Da eine weitestmögliche lokale THG-Neutralität aufgrund der oben beschriebenen Aspekte nicht vorgezogen werden kann, liegt für die vorgezogene Zieljahre der Fokus auf den kommunalen Einflusspotenzialen. Dafür wird ein Szenario für das Zieljahr gerechnet, in dem die jeweilige Kommune in den verschiedenen Einflussbereichen maximal aktiv ist.

Da die in Abbildung 5 skizzierte Zielstellung („umfassender Ansatz“) durch die notwendige Berechnung der Reduktionsziele je Einflussbereich mit einer bestimmten Komplexität verbunden ist und einen gewissen Zeitaufwand bedeutet, wurde auch ein „verkürzter Ansatz“ für eine Zielstellung vor dem Jahr 2045 erarbeitet (Abbildung 6). Mit dem verkürzten Ansatz können Kommunen direkt starten. Auch Kommunen, die mit dem verkürzten Ansatz starten, wird eine Umsetzung des umfassenden Ansatzes empfohlen, sobald sie die Reduktionsziele je Einflussbereich bestimmt haben. Im verkürzten Ansatz werden im Zeitraum vor 2045 im Teilbereich der weitestmöglichen lokalen Treibhausgasneutralität die direkten THG-Emissionen (Scope-1-Emissionen) der folgenden Organisationseinheiten in den Fokus gerückt:

- ▶ **Kommunale Gebäude** (ist Teil des Einflussbereichs 1)
- ▶ **Kommunaler Fuhrpark** (ist Teil des Einflussbereichs 1)
- ▶ **Kommunale Wohnungsbaugesellschaft (WBG)** (ist Teil des Einflussbereichs 1a)
- ▶ **Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)** (ist Teil des Einflussbereichs 2a)
- ▶ **Fernwärmeerzeugung** (ist Teil des Einflussbereichs 2a, sofern die Fernwärme im Besitz eines kommunalen Unternehmens, bspw. der Stadtwerke, ist)

Abbildung 6: Darstellung der Zielstellung vor dem Jahr 2045 – Verkürzter Ansatz



Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt und ifeu

Es liegt im direkten Einflussbereich der Kommunen bzw. der kommunalen Unternehmen, ihre Scope-1-Emissionen komplett auf null zu reduzieren. Deshalb ist im verkürzten Ansatz, im Gegensatz zum umfassenden Ansatz, die Bestimmung der Zielwerte einfach möglich: Diese liegen jeweils bei null. Die Herausforderung liegt auch im verkürzten Ansatz in der Definition des Zieljahrs (bspw. 2030 oder 2035).

Empfehlungen für den Umgang mit bestehenden Klimaschutzzielen

Wenn eine Kommune ein Klimaschutzziel vor 2045 (beispielsweise Treibhausgasneutralität bis 2030 oder 2035) beschlossen hat oder dies tun möchte, empfiehlt es sich, zwischen strategischen und operativen Zielen zu unterscheiden. Die angestrebte Treibhausgasneutralität bis 2030 oder 2035 ist als strategisches Ziel zu verstehen. Dieses strategische Ziel kann zum einen dazu beitragen, die Bedeutung des Themas nach außen sichtbar zu machen. Zum anderen kann das strategische Ziel nach innen, innerhalb der Verwaltung, die Priorität des Klimaschutzes verdeutlichen. Grundsätzlich wird empfohlen an der vorzeitigen Zielstellung festzuhalten. Die konkrete Ausgestaltung des strategischen Ziels kann in diesem Zusammenhang wie folgt verstanden werden: **„Die Kommune möchte ihren Beitrag zur nationalen Treibhausgasneutralität bereits bis 2030 bzw. 2035 leisten“**. Aufbauend auf den strategischen Zielen lassen sich operationalisierbare Ziele ableiten, die sich an den Einflussbereichen der Kommune orientieren (siehe Ansätze für Zielstellung vor dem Jahr 2045 oben). Die operationalisierbaren Ziele können als sogenannte SMARTe-Ziele (**s**pezifisch, **m**essbar, **a**ttaktiv, **r**ealistisch und **t**erminiert) verstanden werden.

Speziell mit den Ansätzen für Zielstellungen vor dem Jahr 2045 sollen die hohen Ambitionen von Vorreiterkommunen gewürdigt werden. Die Ansätze sollen dabei helfen, die hohen Ambitionen in Ziele zu überführen, die operationalisierbar sind. Es soll damit vermieden werden, dass sich Kommunen dafür rechtfertigen müssen, dass sie Ziele, trotz höchstambitionierter Maßnahmenumsetzung, unverschuldet nicht erreichen können.

Summary

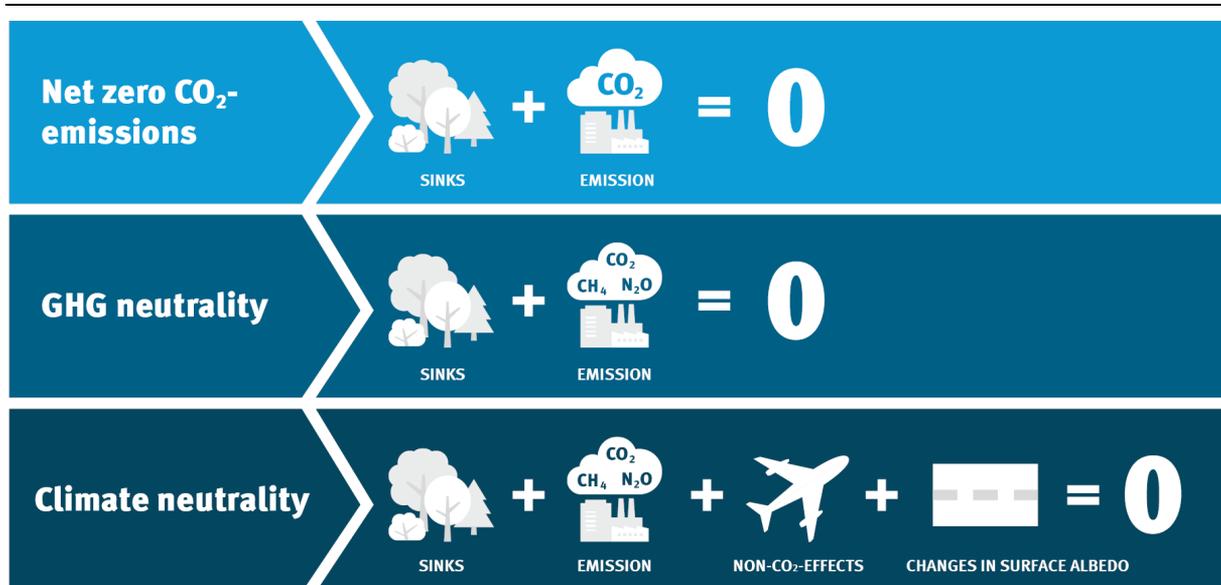
This report summarizes the results of the project “Municipal climate protection ambitions - orientation framework for effective climate protection targets in municipalities”. The objectives of the study are:

- ▶ **Establishing a definition of greenhouse gas neutrality in municipalities:** In order to create a common understanding, the first step is to establish a definition of greenhouse gas neutrality at the municipal level (chapter 2). The definition is based on the nationwide definition. Furthermore, the definition is based on the municipal accounting system (BISKO) and refers to the same accounting limits.
- ▶ **Examination of the achievability of greenhouse gas neutrality in municipalities:** Based on the established definition, three example municipalities are used to examine the extent to which it is possible to achieve greenhouse gas neutrality at the municipal level (chapter 3).
- ▶ **Analysis of the impact of early climate protection targets:** At the federal level, the target year for achieving greenhouse gas neutrality is 2045 (KSG 2024). As a basis for an ambitious municipal climate protection policy, it is currently common for municipalities to bring forward the target year in which they want to achieve greenhouse gas neutrality (e.g. to 2030 or 2035). Three example municipalities are used to analyze how early target years relate to the established definition of greenhouse gas neutrality in municipalities (chapter 3).
- ▶ **Development of recommendations for meaningful (early) climate protection targets:** Assembling the definition of greenhouse gas neutrality in municipalities and the analyses based on the three example municipalities, recommendations for operationalizable climate protection targets in municipalities are derived (chapter 4). A distinction is made between targets related to the year 2045 (which should be pursued by all municipalities) and targets before 2045 (which are specifically suitable for municipalities that want to make an adequate contribution to national greenhouse gas neutrality ahead of schedule, i.e. before achieving greenhouse gas neutrality at the federal level).

Definition of greenhouse gas neutrality in municipalities

In municipal policy decisions, the terms “climate neutrality”, “greenhouse gas neutrality” and “Net zero CO₂ emissions” are often not differentiated and used as synonyms. Based on the federal goal, this report considers the objective of greenhouse gas neutrality in municipalities and recommends working with this term and the definition behind it. Greenhouse gas neutrality describes a state in which, within a defined accounting period and a defined accounting boundary, there is an equilibrium between the greenhouse gases emitted (“GHG emissions”) and the greenhouse gases removed from the atmosphere (“sinks”). The distinction between the terms “climate neutrality” and “greenhouse gas neutrality” and “Net zero CO₂ emissions” is shown in Figure 1.

Figure 1: Differentiation between climate neutrality, greenhouse gas neutrality and net zero CO₂ emissions



Source: own compilation, UBA

For the definition of greenhouse gas neutrality in municipalities, the balance period (one calendar year) and the boundaries (territory of the municipality) are set parallel to BSKO. So far, BSKO includes the energy-related GHG emissions in the sectors of private households, trade, commerce and services (TCS), industry, municipal facilities and transport. In order to achieve consistency with the nationwide goal of greenhouse gas neutrality, in this study BSKO was expanded to include non-energy-related emissions in the agriculture, Land Use, Land Use-Change and Forestry (LULUCF), industry, waste and wastewater sectors, as well as natural sinks.

A municipality is greenhouse gas neutral when there is an equilibrium between unavoidable GHG emissions and local sinks. In accordance with BSKO's territorial principle, sinks that are not located on the territory of the municipality cannot be credited. It is also not possible to take into account "compensation measures", i.e. savings of GHG emissions outside the territory of the municipality. It is suggested (in parallel to the national greenhouse gas inventory) to present the captured CO₂ emissions separately and not to offset them against the emitted GHG emissions and the natural sinks.

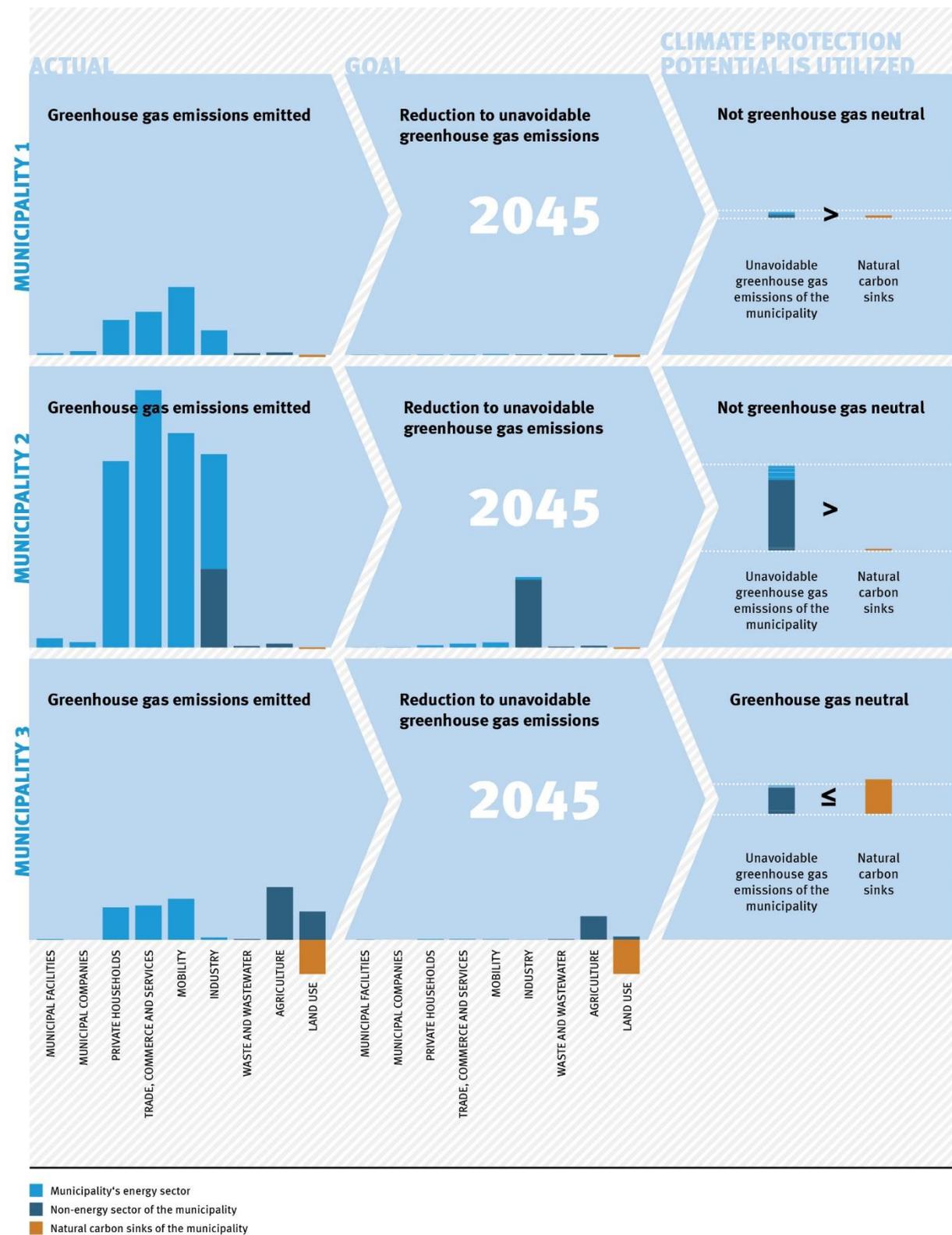
Achieving greenhouse gas neutrality in municipalities

Three model municipalities were used to examine the extent to which it is possible to achieve greenhouse gas neutrality according to the established definition. The model municipalities are characterized as follows.

- ▶ **Model municipality 1 – "large city":** Municipality without relevant shares of non-energy-related GHG emissions.
- ▶ **Example municipality 2 – "Municipality with a strong industrial sector":** The municipality with a strong industrial sector has a relatively high proportion of non-energy-related GHG emissions from industrial processes (cement plant).
- ▶ **Example municipality 3 – "Rural district":** The rural district has a relatively high potential for expanding renewable energies and strengthening natural sinks, as well as a relatively high proportion of non-energy-related GHG emissions from agriculture and land use.

The study examined how the GHG emissions of the three model municipalities would develop if the municipalities' climate protection potential were fully exploited. The results of the study and the scenarios for the three model municipalities are summarized in Figure 2.

Figure 2: Development of greenhouse gas emissions in the sample municipalities when climate protection potential is utilized



Source: own compilation, UBA and ifeu

The scenarios show that even if the climate protection potential is fully exploited, achieving greenhouse gas neutrality is only possible in one municipality (municipality 3). The technical possibility of greenhouse gas neutrality therefore depends heavily on local conditions. The smaller the boundaries of the balance, the more unevenly unavoidable GHG emissions and sinks are distributed. Municipalities with high unavoidable GHG emissions, for example with a cement plant, do not necessarily have sufficient local sink capacity, for example in the form of large forest areas. Therefore, the goal of greenhouse gas neutrality at the federal level is only partially transferable to the municipal level. However, municipalities should orient themselves towards this goal and strive for the greatest possible local greenhouse gas neutrality. This means that all technically avoidable GHG emissions are avoided and offset by natural sinks as far as possible.

TextBox: Implementation of greenhouse gas neutrality in municipalities

Municipal climate protection does not stand alone but is a fundamental contribution in the multi-level political system. For these reasons, municipalities should not only ask themselves how they can achieve greenhouse gas neutrality within their own territory. Rather, municipalities should pursue the goal of making an adequate contribution so that national and international climate protection targets can be achieved. In this context, for example, it is necessary that municipalities make an adequate contribution to the expansion of renewable electricity generation in line with their local potential. This may also mean that municipalities generate significantly more renewable electricity in their territory than they themselves need, in order to supply other municipalities with less potential. Since the potential for renewable energies in Germany and Europe is limited, it is also necessary for all municipalities to contribute to increasing energy efficiency and reducing energy demand. In this context, it is also relevant to exploit the local natural sink potential, which may go beyond the municipality's own greenhouse gas neutrality.

Impact of early climate protection targets

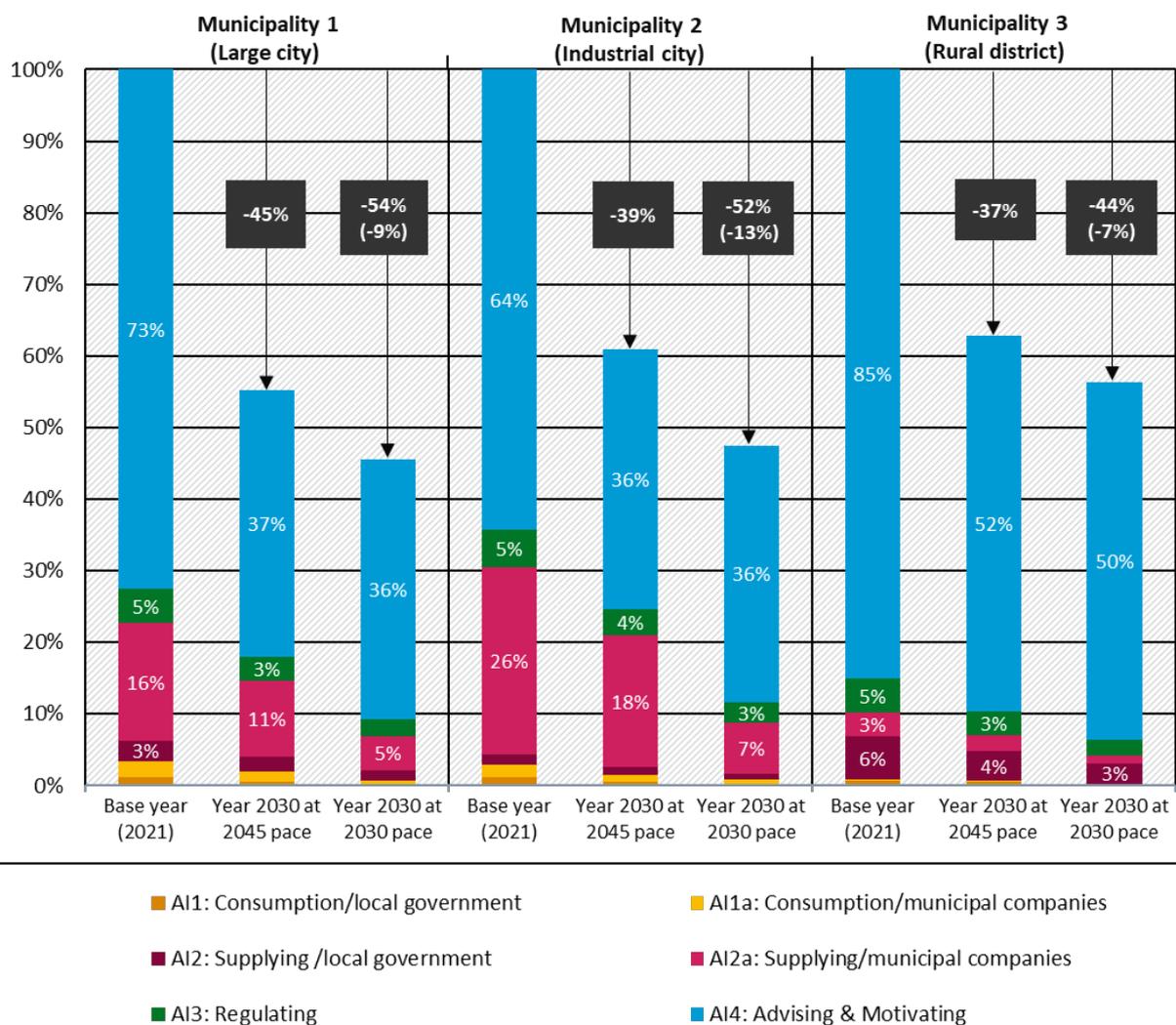
Two scenarios were calculated for each of the three sample municipalities listed above: one scenario at the “2045 pace” and one at the “2030 pace”. In the scenarios at the 2045 pace, the implementation speed of the measures is aligned with that at the federal level, with the goal of achieving greenhouse gas neutrality by 2045 to the greatest extent possible. In the scenarios at the 2030 pace, all municipal climate protection measures are aligned with the highest ambition and the target year 2030. The key measures that need to be implemented in this context can be categorized into the following areas of influence:

- ▶ **Area of influence 1 “Consumption/local government” (AI1):** Energy-efficient renovation of municipal buildings. Conversion of the municipal vehicle fleet to alternative drives. Rewetting of moors on municipal land. Conversion of the forest in municipal ownership to maintain the sink performance.
- ▶ **Area of influence 1a “Consumption/municipal companies” (AI1a):** Energy-efficient renovation of buildings owned by municipal companies. Conversion of the municipal vehicle fleet to alternative drives.
- ▶ **Area of influence 2 “Supply/ local government” (AI2):** Expansion of pedestrian and bicycle infrastructure. Reduction of parking spaces / street space for cars (street redesign).
- ▶ **Area of influence 2a “Supply / municipal companies” (AI2a):** Decarbonization and expansion of district heating. Construction of new heating networks. Expansion of the charging infrastructure. Expansion of local public transport. Reduction of GHG emissions in the area of wastewater treatment and waste disposal.

- ▶ **Area of influence 3 “Regulating” (AI3):** Efficiency requirements in development plans and urban development contracts to avoid an increase in the municipality's energy demand. The introduction of paid parking.
- ▶ **Area of influence 4 “Advising / Motivation” (AI4):** Advising and motivating building owners and companies to carry out energy-efficient building renovation. Mobility advice to support the switch to the public transportation, carsharing, bicycle and walking.

The scenarios show that even with a rapid and highly ambitious implementation of municipal climate protection measures at a 2030 pace, GHG emissions in the three example municipalities can only be reduced by 44% (municipality 3) to 54% (municipality 1) by 2030 compared to the baseline year 2021. However, the GHG reduction by 2030 at the 2030 pace is between 7 percentage points (municipality 3) and 13 percentage points (municipality 2) above the 2045 pace (see Figure 3).

Figure 3: Distribution of municipal areas of influence in the GHG balances of the sample municipalities and GHG reduction opportunities up to 2030



Source: own compilation, ifeu

The scenarios show that municipal greenhouse gas neutrality, according to the established definition, is not possible early, i.e. before achieving greenhouse gas neutrality at the federal level. The challenges lie in particular in the following areas:

- ▶ Use of fossil fuels in private households, trade, and industry.
- ▶ Combustion of fossil fuels in vehicles on the territory of the municipality.
- ▶ Use of fossil energies in the nationwide electricity system.

However, the scenarios also show that rapid implementation of municipal measures can visibly reduce total GHG emissions by 2045. For example, in municipality 2, the cumulative GHG emissions between 2021 and 2045 can be reduced from 57.7 million t CO₂e to 51.2 million t CO₂e by 2045 by increasing the pace. This corresponds to an 11% reduction. In municipalities 1 and 3, where the share of areas of influence 1 to 3 is lower, GHG emissions are 9% and 6% lower at the 2030 pace compared to the 2045 pace. If a simplified estimate based on the three example municipalities is used to extrapolate the total savings potential for Germany, a cumulative 960 million t CO₂e could be avoided by 2045 through the rapid implementation of key municipal climate protection measures.

The conclusion that can be drawn from the analysis results is that bringing forward climate protection targets and thus the early implementation of climate protection measures always makes a positive contribution to climate protection. Municipalities can save even more GHG emissions by implementing municipal measures ahead of schedule, the higher the share of areas of influence 1 to 3 in their GHG balance.

Recommendations for effective (early) climate protection targets

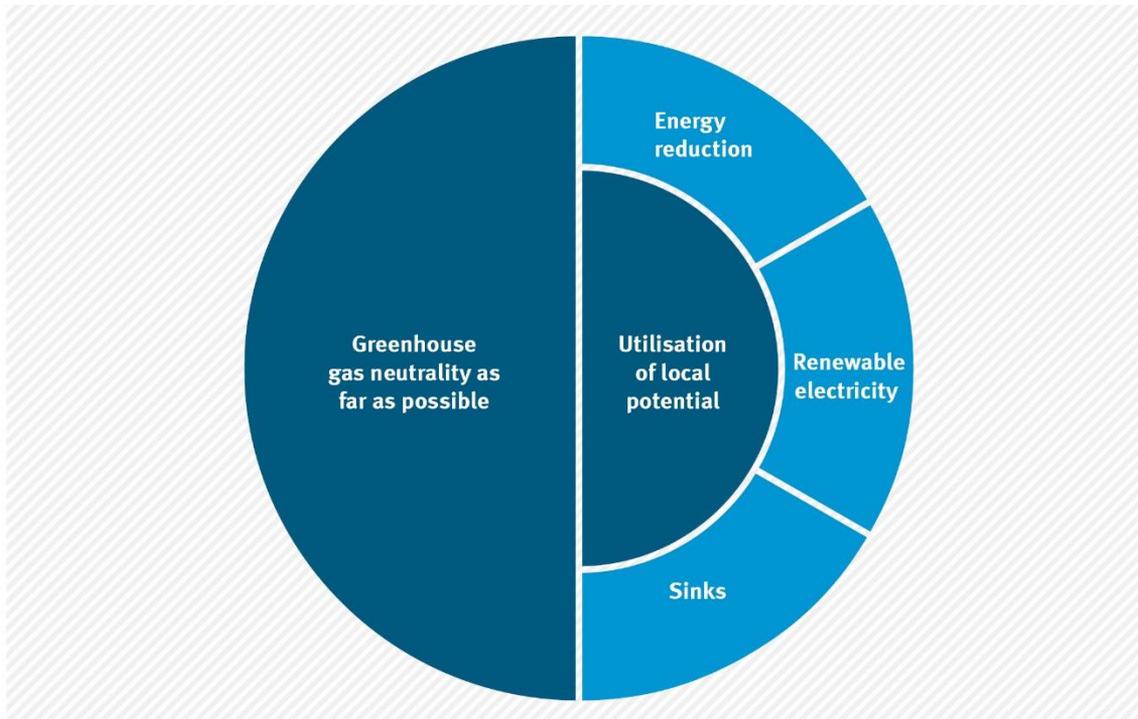
The recommendation is divided into targets up to 2045 (which should be pursued by all municipalities) and targets before 2045 (which are specifically suitable for municipalities that want to make an adequate contribution to national greenhouse gas neutrality ahead of time, i.e. before achieving greenhouse gas neutrality at the federal level).

Municipal climate protection does not stand alone but is a fundamental contribution in the multi-level political system. Therefore, municipalities should not only ask themselves how they can achieve the greatest possible greenhouse gas neutrality within their territory. Rather, municipalities should pursue the goal of making an adequate contribution so that national and international climate protection goals can be achieved. To achieve this, the local climate protection potential must be fully exploited. To ensure this, municipal climate protection targets should always consist of the following two target areas (see also Figure 4):

1. Greenhouse gas neutrality as far as possible
2. Utilisation of local potential

By 2045, all municipalities should achieve greenhouse gas neutrality as far as possible and exploit their local potential. In this study, utilisation of local potential is understood to mean that the final energy demand of the municipality is reduced as much as possible, renewable electricity generation on the territory of the municipality is expanded in line with local potential, and local potential of natural sinks is exploited.

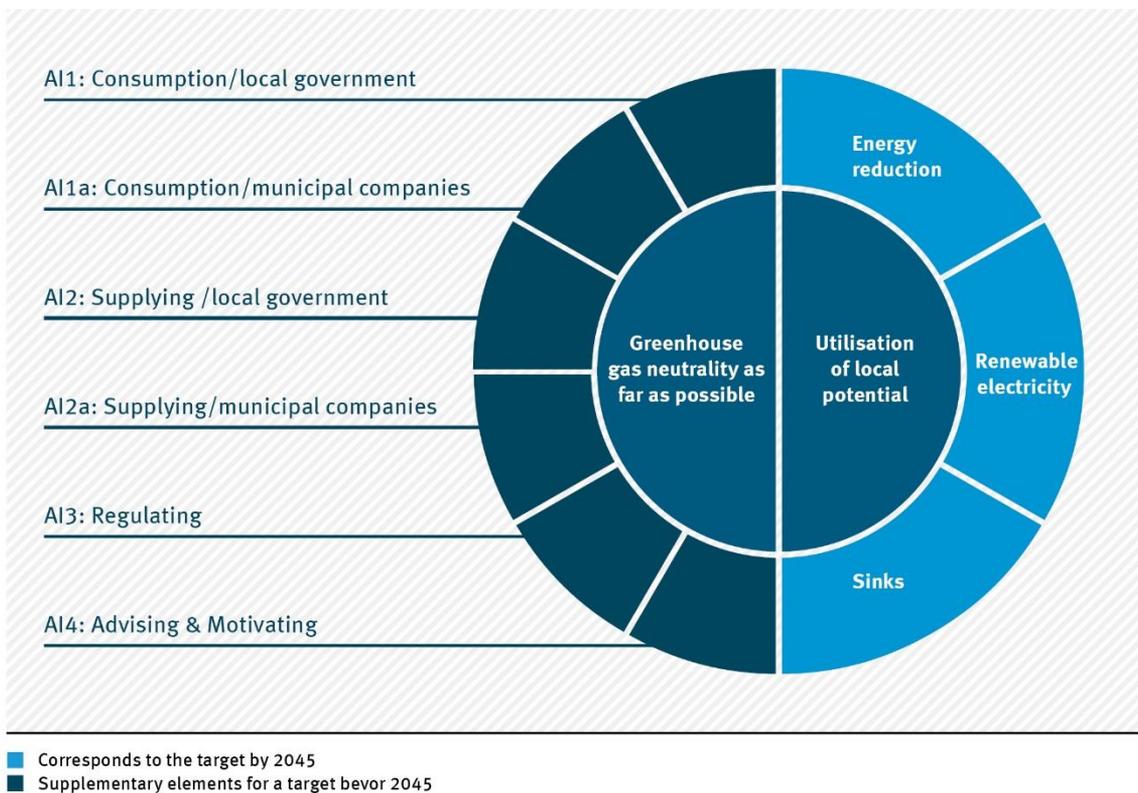
Figure 4: Greenhouse gas neutrality as far as possible and utilisation of local potential – the two areas of the municipal climate protection targets by 2045



Source: own compilation, UBA and ifeu

For municipalities that wish to make an adequate contribution to national greenhouse gas neutrality ahead of schedule, the **target before 2045** is relevant (shown in Figure 5).

Figure 5: Municipal climate protection target bevor 2045 – detailed approach



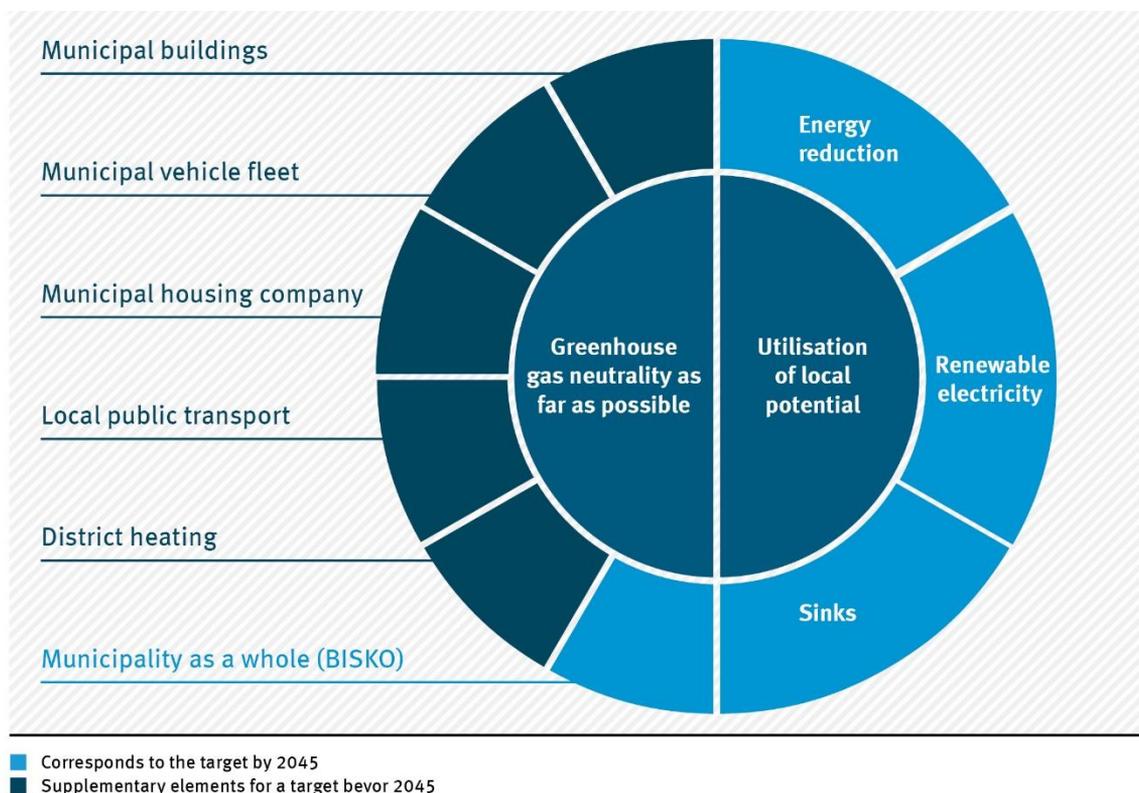
Source: own compilation, UBA and ifeu

The target before 2045 differs from the target up to 2045 specifically in the sub-area of “greenhouse gas neutrality as far as possible”. Since the greatest possible local GHG neutrality cannot be brought forward due to the aspects described above, the focus for the advanced target years is on municipal influence areas. To do this, a scenario is calculated for the target year in which the respective municipality is as active as possible in the various areas of influence.

Since the objective outlined in Figure 5 (“detailed approach”) is associated with a certain complexity due to the necessary calculation of the reduction targets for each area of influence and requires a certain amount of time, a “short approach” for a target before 2045 was also developed (Figure 6). Municipalities can start immediately with the short approach. Even municipalities that start with the short approach are recommended to implement the detailed approach as soon as they have determined the reduction targets for each area of influence. In the short approach, the direct GHG emissions (Scope 1 emissions) of the following organizational units are brought into focus in the period prior to 2045 in the sub-area of the greatest possible local GHG neutrality:

- ▶ **Municipal buildings** (is part of the area of influence 1)
- ▶ **Municipal vehicle fleet** (is part of the area of influence 1)
- ▶ **Municipal housing association** (is part of the area of influence 1a)
- ▶ **Local public transport (ÖPNV)** (is part of the area of influence 2a)
- ▶ **District heating generation** (is part of the area of influence 2a, provided that the district heating is owned by a municipal company)

Figure 6: Municipal climate protection target before 2045 – short approach



Source: own compilation, UBA and ifeu

Municipalities and municipal companies are able to reduce their Scope 1 emissions to zero. Therefore, in the short approach, in contrast to the detailed approach, it is easy to determine the target values: these are zero in each case. The challenge in the short approach also lies in defining the target year (e.g. 2030 or 2035).

Recommendations for dealing with existing climate protection targets

If a municipality has set itself a climate protection target before 2045 (e.g. greenhouse gas neutrality by 2030 or 2035) or would like to do so, it is advisable to distinguish between strategic and operational targets. The target of greenhouse gas neutrality by 2030 or 2035 is to be understood as a strategic target. On the one hand, this strategic target can help to make the importance of the topic visible to the outside world. On the other hand, the strategic target can clarify the priority of climate protection internally, within the administration. In principle, it is recommended to stick to the early target. The specific design of the strategic target can be understood as follows in this context: **“The municipality wants to make its contribution to national greenhouse gas neutrality by 2030 or 2035”**. Building on the strategic target, operational targets can be derived that are aligned with the areas of influence of the municipality (see approaches for setting targets before 2045 above). The operational targets can be understood as so-called SMART goals (specific, measurable, achievable, realistic and time-bound).

The approaches for setting targets before 2045 are specifically intended to recognize the high ambitions of pioneering municipalities. The approaches should help to translate these high ambitions into targets that can be operationalized. This is to avoid that municipalities have to justify why they cannot achieve targets through no fault of their own, despite implementing highly ambitious measures.

1 Hintergrund und Zielstellung

Kommunen haben sowohl ein großes Potenzial, einen relevanten Beitrag für den nationale Klimaschutz zu leisten, als auch die Verantwortung, dieses Potenzial auszuschöpfen. Ein aktuelles Forschungsprojekt zeigt, dass deutsche Kommunen durch die Umsetzung von nur 38 Maßnahmen, verteilt auf alle Sektoren, die jährlichen Treibhausgasemissionen um über 100 Mio. t CO₂e reduzieren könnten (Kenkmann et al. 2022). Aufgrund des großen Potenzials und der Nähe zur Umsetzung gewinnt der kommunale Klimaschutz zunehmend an Bedeutung. In diesem Zusammenhang werden neue kommunale Pflichtaufgaben definiert, wie beispielsweise das Wärmeplanungsgesetz (WPG 2023).

Viele Kommunen sind sich ihres Potenzials und ihrer Verantwortung bewusst und haben sich bereits freiwillig ambitionierte Klimaschutzziele gesetzt. Da es hinsichtlich der kommunalen Klimaschutzzielstellung keine einheitlichen Standards gibt, werden unterschiedliche Zielbegriffe, wie Klimaneutralität, Treibhausgasneutralität oder CO₂-Neutralität und verschiedene Zieljahre, wie 2030, 2035, 2040 oder 2045, verwendet.

Doch wie wirken sich diese kommunalen Zielstellungen auf die konkrete Umsetzung der Maßnahmen aus? Welche Zielstellungen bergen Risiken für Fehlentwicklungen? Welche Zielstellungen weisen eine hohe Operationalisierbarkeit auf? Und wie kann sichergestellt werden, dass kommunale Klimaschutzziele einen möglichst großen Beitrag zur nationalen Treibhausgasneutralität leisten? In diesem Zusammenhang verfolgt die vorliegende Studie die folgenden Ziele:

- ▶ **Aufstellung einer Definition der Treibhausgasneutralität in Kommunen:** Um ein einheitliches Verständnis zu schaffen, wird in einem ersten Schritt eine Definition zur Treibhausgasneutralität auf kommunaler Ebene aufgestellt (Kapitel 2). Diese Definition orientiert sich an der bundesweiten Definition. Des Weiteren baut die Definition auf der Bilanzierungs-Systematik kommunal (BISKO) auf und bezieht sich auf die gleichen Bilanzgrenzen.
- ▶ **Untersuchung der Erreichbarkeit der Treibhausgasneutralität in Kommunen:** Ausgehend von der aufgestellten Definition wird anhand von drei Beispielkommunen untersucht, inwieweit das Erreichen der Treibhausgasneutralität auf kommunaler Ebene möglich ist (Kapitel 3).
- ▶ **Analyse der Auswirkung vorzeitiger Klimaschutz-Zielstellungen:** Auf Bundesebene wird aktuell das Jahr 2045 als Zieljahr für das Erreichen der Treibhausgasneutralität angestrebt. Viele Kommunen setzen sich jedoch ambitioniertere Klimaschutzziele und ziehen das Zieljahr, in dem sie ihr Ziel (häufig Treibhausgasneutralität) erreichen wollen, vor (z. B. auf 2030 oder 2035). Anhand von drei Beispielkommunen wird analysiert, wie diese vorzeitigen Zieljahre mit der aufgestellten Definition der Treibhausgasneutralität in Kommunen in Beziehung stehen (Kapitel 3).
- ▶ **Erarbeitung von Empfehlungen für sinnvolle (vorzeitige) Klimaschutzziele:** Aufbauend auf der Definition der Treibhausgasneutralität in Kommunen sowie den Analysen anhand der drei Beispielkommunen werden Empfehlungen für operationalisierbare Klimaschutzzielstellungen in Kommunen formuliert (Kapitel 4). Dabei wird unterschieden in Zielstellungen bezogen auf das Jahr 2045 (die von allen Kommunen verfolgt werden sollten) und Zielstellungen vor dem Jahr 2045 (die sich speziell für Kommunen eignen, die bereits vorzeitig ihren adäquaten Beitrag zur nationalen Treibhausgasneutralität leisten möchten).

2 Treibhausgasneutralität in Kommunen

Im folgenden Kapitel wird zunächst eine Definition für Treibhausgasneutralität auf kommunaler Ebene aufgestellt (Kapitel 2.1). Die Definition orientiert sich an den nationalen Zielstellungen einer Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 (KSG 2024) und überträgt diese auf die Bilanzgrenzen der Bilanzierungs-Systematik kommunal (Hertle et al. 2019). Sie baut auf der bestehenden Definition des Umweltbundesamts aus dem Jahr 2021 (Sieck und Purr 2021) auf und ergänzt diese um das Thema Senken.

Ergänzend zur Definition wird in Kapitel 2.2 die Ausgestaltung der Treibhausgasneutralität in Kommunen aufgezeigt. Es wird dargelegt, was nationale und internationale Klimaschutzziele und Instrumente für die kommunale Ebene bedeuten. Dadurch wird verdeutlicht, welche Entwicklungen in den Kommunen von Nöten sind, um die nationale Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 zu erreichen.

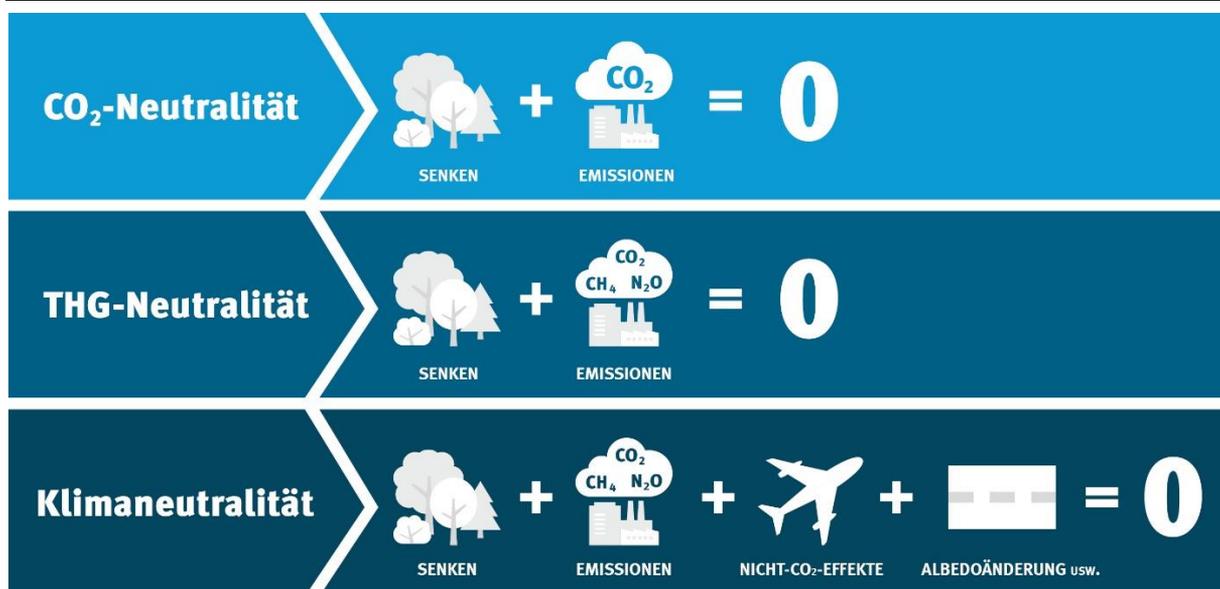
2.1 Definition Treibhausgasneutralität in Kommunen

In kommunalpolitischen Beschlüssen werden die Begriffe „Klimaneutralität“, „Treibhausgasneutralität“ und „CO₂-Neutralität“ häufig nicht differenziert und als Synonyme verwendet. Im Folgenden wird deshalb zunächst auf die Abgrenzung der Begriffe eingegangen:

- ▶ **„Klimaneutralität“** ist ein Zustand, bei dem menschliche Aktivitäten im Ergebnis keine Nettoeffekte auf das Klimasystem haben. Diese Aktivitäten beinhalten klimawirksame Emissionen, Maßnahmen, die darauf abzielen, dem atmosphärischen Kreislauf Treibhausgase zu entziehen sowie durch den Menschen verursachte Aktivitäten, die regionale oder lokale biogeophysische Effekte haben (z.B. Änderung der Oberflächenalbedo).“ (Sieck und Purr 2021)
- ▶ **„Treibhausgasneutralität“** bedeutet hingegen „nur“ Netto-Null der THG-Emissionen, also ein Gleichgewicht aus THG-Emissionen und Senken“ (Sieck und Purr 2021). Anthropogen verursachte THG-Emissionen werden demnach durch Prozesse ausgeglichen, die der Atmosphäre im gleichen Bilanzrahmen im Umgang Emissionen entziehen.
- ▶ **CO₂-Neutralität** verfolgt wie Treibhausgasneutralität den Netto-Null-Ansatz, betrachtet allerdings ausschließlich CO₂-Emissionen. Weitere THG-Emissionen werden nicht in der Zielstellung und Bilanzierung berücksichtigt.

Klimaneutralität erfordert somit ein umfangreicheres Handeln als Treibhausgasneutralität. Für das Erreichen der Klimaneutralität müssen, zusätzlich zur Treibhausgasneutralität weiteren Effekte des menschlichen Handels, die Einfluss auf das Klima haben (wie beispielsweise Flächenversiegelung), adressiert werden. Treibhausgasneutralität umfasst gegenüber CO₂-Neutralität ein breiteres Spektrum an klimawirksamen Emissionen und benötigt umfangreiche Maßnahmen.

Die begriffliche Abgrenzung wird in Abbildung 7 dargestellt. Des Weiteren findet sich unter dem folgenden Link eine kurzer Erklärfilm, der sich mit den unterschiedlichen Begriffen auseinandersetzt: <https://www.umweltbundesamt.de/klimaschutzbegriffe-erklart>.

Abbildung 7: Abgrenzung Klimaneutralität, Treibhausgasneutralität und CO₂-Neutralität

Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt

Angelehnt an das Bundesziel, betrachtet der vorliegende Bericht die Zielstellung der Treibhausgasneutralität in Kommunen und empfiehlt mit diesem Begriff und der dahinterliegenden Definition zu arbeiten. Treibhausgasneutralität beschreibt einen Zustand, bei dem innerhalb eines festgelegten Bilanzzeitraums sowie einer festgelegten Bilanzgrenze ein Gleichgewicht zwischen den emittierten Treibhausgasen (im Folgenden „THG-Emissionen“ genannt) und den der Atmosphäre entzogenen Treibhausgasen (im Folgenden „Senken“ genannt) herrscht. Für die Definition der Treibhausgasneutralität in Kommunen werden der Bilanzzeitraum und die Bilanzgrenze parallel zur Bilanzierungs-Systematik kommunal (BISKO) gesetzt.

- ▶ Der Bilanzzeitraum umfasst in BIKSO jeweils ein Kalenderjahr.
- ▶ Die Bilanzgrenze ist entsprechend BIKSO das Territorium der jeweiligen Kommune.

Grundsätze der Ermittlung von THG-Emissionen nach BIKSO (Hertle et al. 2019)

Generell werden entsprechend BIKSO alle energiebedingten THG-Emissionen berücksichtigt, die auf dem kommunalen Territorium entstehen. Das Bilanzierungsprinzip wird deshalb als „endenergiebasierte Territorialbilanz“ bezeichnet. Für die Ermittlung der energiebedingten THG-Emissionen werden im ersten Schritt alle Energieverbräuche einer Kommune innerhalb des betrachteten Kalenderjahrs, unterteilt nach Energieträgern, ermittelt. Im zweiten Schritt werden die Energieverbräuche mit energieträgerspezifischen Emissionsfaktoren multipliziert. Entsprechend BIKSO werden Emissionsfaktoren verwendet, die sowohl die Kohlenstoffdioxidemissionen (CO₂-Emissionen) als auch weitere THG-Emissionen (Lachgas bzw. N₂O und Methan bzw. CH₄) beinhalten. Die Emissionsfaktoren berücksichtigen sowohl die direkten Emissionen (die auf dem Territorium der Kommune emittiert werden) als auch die sogenannten „Vorketten“, also die Emissionen, die mit der Errichtung der Energieinfrastruktur, dem Abbau und Transport von Energieträgern sowie Verlusten im Betrieb verbunden sind. Die Emissionen der Vorketten stehen in einem direkten kausalen Zusammenhang mit dem Endenergieverbrauch in einer Kommune, entweichen jedoch größtenteils außerhalb des Territoriums der Kommune in die Atmosphäre.

Einen Spezialfall bilden die mit dem Stromverbrauch verbundenen THG-Emissionen. Für die Ermittlung dieser werden entsprechend BSKO die Stromverbräuche (Endenergie) aller Verbrauchseinheiten, die sich auf dem Territorium einer Kommune befinden, summiert und mit einem jährlich variierenden Emissionsfaktor (Bundesstrommix) multipliziert. Die THG-Emissionen, die bei der Stromerzeugung auf dem Territorium einer Kommune entstehen, beeinflussen somit nur indirekt, über den Bundesstrommix, die THG-Emissionsbilanz einer Kommune. Diese Methodik ist u.a. darauf zurückzuführen, dass die Einwohner*innen sowie die Unternehmen in einer Kommune ihren Strom über einen liberalisierten und vernetzten Energiemarkt beziehen.

Bereiche innerhalb der Bilanzgrenze

Im Jahr 2020 wurde in einem Forschungsprojekt untersucht, in welchen Bereichen ein Weiterentwicklungsbedarf bei BSKO besteht (Gugel et al. 2020). Dabei wurden speziell die Bereiche „Landwirtschaft und Forstwirtschaft“ sowie „weitere nicht-energetische Emissionen aus Abfall, Abwasser und industriellen Prozessen identifiziert“. Im Abschlussbericht des Forschungsprojektes wurden der Begriff „Landwirtschaft und Forstwirtschaft“ verwendet, jedoch nicht weiter spezifiziert. Um Konsistenz mit dem nationalen Treibhausgasinventar herzustellen, ist jedoch eine begriffliche Klarstellung notwendig. Entsprechend ist der genannte Bereich „Landwirtschaft und Forstwirtschaft“ in die Sektoren „Landwirtschaft“ und „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (kurz LULUCF³)“ zu differenzieren. Für die Definition der Treibhausgasneutralität in Kommunen werden in diesem Bericht auch die für die Weiterentwicklung von BSKO identifizierten Bereiche aufgenommen.

Da in den vergangenen Jahren die Abscheidung⁴ von CO₂-Emissionen in der politischen Diskussion an Bedeutung zugenommen hat (Purr und Spindler 2023) wird auch diese in der Definition in diesem Bericht berücksichtigt – wohlwissend, dass die technische Umsetzung in den Kommunen noch nicht im relevanten Umfang erfolgt und eine Speicherung von CO₂ in Deutschland und somit den Kommunen aktuell rechtlich nicht möglich ist. Aktuell (Stand September 2024) plant die Bundesregierung jedoch das Kohlendioxid-Speicherungsgesetzes zu Änderung und die kommerzielle Errichtung von Kohlendioxidspeichern zu ermöglichen (BMWK 2024). Zum Zeitpunkt der Erstellung des Forschungsprojektes zur Weiterentwicklung von BSKO (Gugel et al. 2020) hatte das Thema CO₂-Abscheidung politisch noch eine geringere Bedeutung und wurde deshalb noch nicht behandelt.

Durch die Erweiterung der Bilanzbereiche (über die bisher in BSKO berücksichtigten hinaus) soll eine Beständigkeit und eine Kompatibilität der Definition von Treibhausgasneutralität in Kommunen mit übergeordneten Ebenen sichergestellt werden. Die Bereiche innerhalb der territorialen Bilanzgrenze, auf die sich die in diesen Bericht erarbeitete Definition der Treibhausgasneutralität in Kommunen bezieht, sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

³ Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft wird im englischen mit „Land Use, Land Use-Change and Forestry“ bezeichnet und deshalb international mit „LULUCF“ abgekürzt.

⁴ Unter „abgeschiedene CO₂-Emissionen“ werden Emissionen verstanden, die durch technische Maßnahmen am Ort der Entstehung abgefangen werden, bevor sie in die Atmosphäre gelangen. Weiterführende Erläuterungen findet sich am Ende des Kapitels 2.1 sowie in Kapitel 2.2.

Tabelle 1: Relevante Bereiche innerhalb der territorialen Bilanzgrenze

Bereits in BSKO enthalten	Empfehlung für Erweiterung der Bilanzgrenze
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Energetische THG-Emissionen, in den Sektoren <ul style="list-style-type: none"> ● Private Haushalte ● Gewerbe-Handel-Dienstleistung (GHD) / Sonstiges ● Industrie / Verarbeitendes Gewerbe ● Kommunale Einrichtungen ● Verkehr 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Nicht-energetische THG-Emissionen, in den Sektoren <ul style="list-style-type: none"> ● Landwirtschaft ● LULUCF ● Abfall und Abwasser ● Industrie ▶ Natürliche Senken im Sektor LULUCF ▶ Abgeschiedene CO₂-Emissionen

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Treibhausgasbilanz zur Feststellung der Treibhausgasneutralität in Kommunen

Mittels einer Treibhausgasbilanz kann festgestellt werden, ob Treibhausneutralität in einer Kommune vorliegt.

Ausgehend von internationalen Bilanzierungsregeln wird vorgeschlagen, dass auch auf kommunaler Ebene die in Tabelle 1 gelisteten Bilanzbereiche zunächst in die folgenden Kategorien subsummiert und getrennt ausgewiesen werden:

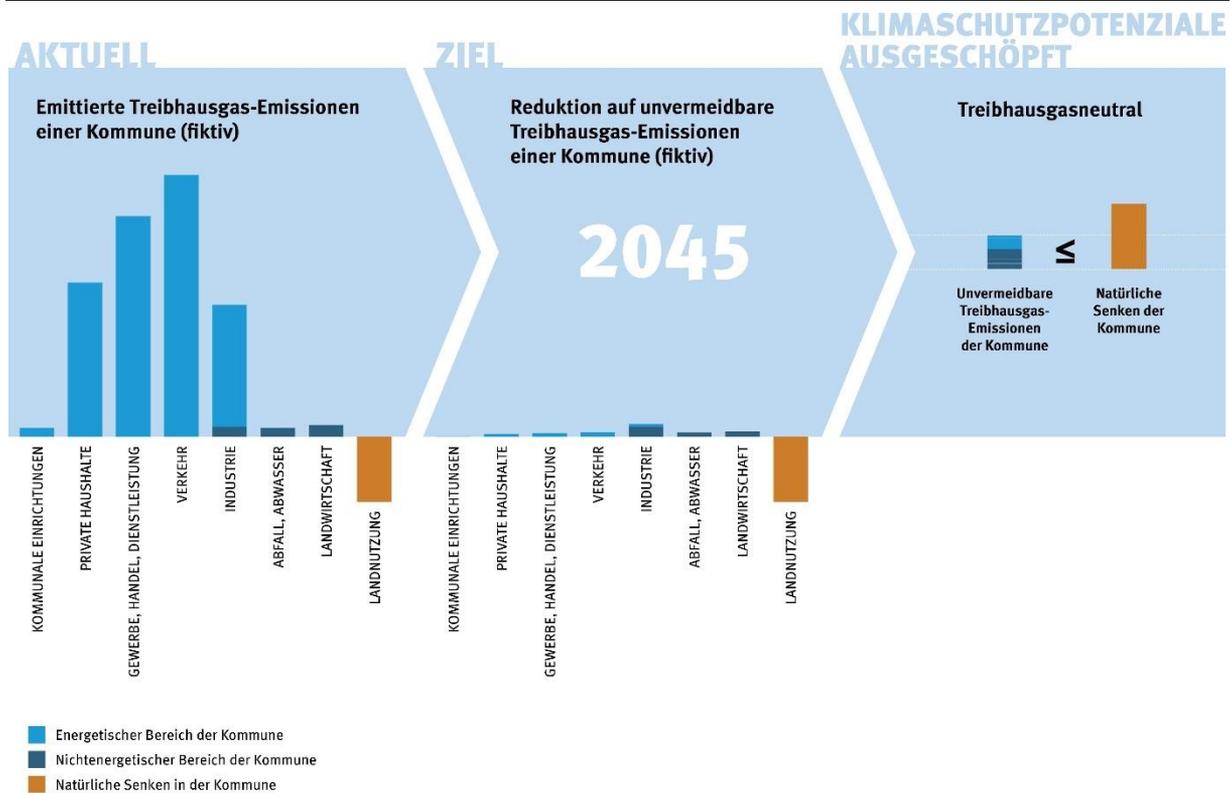
- ▶ Emittierte THG-Emissionen
- ▶ Abgeschiedene CO₂-Emissionen
- ▶ Natürliche Senken

Im ersten Schritt stünden die drei Kategorien zunächst nebeneinander, ohne miteinander verrechnet zu werden. Dies entspricht dem Vorgehen im Nationalen Treibhausgasinventar und unterstützt somit den Weg zur nationalen Treibhausgasneutralität.

Um festzustellen, ob Treibhausneutralität in einer Kommune vorliegt, würde dann im zweiten Schritt die Summe der emittierten THG-Emissionen mit der Summe der Senken verrechnet werden. Um Treibhausgasneutralität auf Bundesebene zu ermöglichen ist es dabei relevant die Senken nur mit nicht vermeidbaren THG-Emissionen zu verrechnen. Diese stammen zum einen aus den Vorketten und Verlusten des Bundesstrommix und aus nicht energetischen THG-Emissionen (z. B. aus der Landwirtschaft, Industrieprozessen oder Abfall und Abwasser). Details dazu folgen in Kapitel 2.2.

In Abbildung 8 wird die Treibhausgasneutralität in einer fiktiven Beispielkommune dargestellt. Durch Ausschöpfung der Klimaschutzpotenziale ist es in dieser fiktiven Beispielkommune möglich, dass die natürlichen Senken die unvermeidbaren THG-Emissionen übersteigen. Dadurch wird Treibhausgasneutralität in der Beispielkommune erreicht.

Abbildung 8: Treibhausgasneutrale Kommune



Quelle: Eigene Darstellung, Umweltbundesamt und ifeu

Entsprechend des Territorialprinzips von BSKO ist eine Anrechnung von Senken, die sich nicht auf dem Territorium der Kommune befinden, nicht zulässig. Auch eine Anrechnung von „Kompensationsmaßnahmen“, also Einsparungen von THG-Emissionen außerhalb des Territoriums der Kommune, ist nicht möglich. Darüber hinaus muss auch bei lokalen natürlichen Senken darauf geachtet werden, dass keine Doppelzählungen erfolgen. Sollten natürliche Senken über den freiwilligen Kohlenstoffmarkt als Zertifikate zur Verfügung gestellt werden, können sie der Kommune nicht mehr angerechnet werden.

Es wird vorgeschlagen (ebenfalls parallel zum nationalen Treibhausgasinventar) die abgeschiedenen CO₂-Emissionen separat darzustellen und nicht mit den emittierten THG-Emissionen und den natürlichen Senken zu verrechnen.

TextBox 1: Relevanz technischen Senken für Kommunen und Unterschied zur CO₂-Abscheidung

Technische Senken entstehen dann, wenn der Atmosphäre durch technische Maßnahmen CO₂ direkt oder indirekt (über den Zwischenschritt der Biomasse) entzogen wird und dieses CO₂ sicher und langfristig eingespeichert wird.

Technische Senken gehen somit in zwei wesentlichen Punkten über die allgemeine CO₂-Abscheidung hinaus bzw. spezifizieren diese:

1. Das abgeschiedene CO₂ ist nicht fossil
2. Das abgeschiedene CO₂ wird langfristig eingespeichert

Eine geologische Einspeicherung von CO₂ im industriellen Maßstab sowie der Transport von CO₂ sind in Deutschland aktuell (Stand September 2024) nicht erlaubt, jedoch wurde eine Änderungen

der Gesetzeslage bereits im Bundestag beraten (BMWK 2024). Es ist wahrscheinlich, dass sich die Rechtslage ändert und eine offshore Einspeicherung von CO₂ (in Meeresgebieten) erlaubt werden könnte. Eine Speicherung an Land ist entsprechend des aktuellen Gesetzesentwurf zur Änderung des Kohlendioxid-Speicherungsgesetzes nur dann möglich, wenn dies von den jeweiligen Bundesländern explizit in bestimmten Gebieten als zulässig beschlossen wird. Aufbauend auf dem Territorialprinzip von BSKO würde eine technische Senke an dem Ort auftreten, an dem das CO₂ eingespeichert wird. Da es in Deutschland nur sehr wenige Kommunen in Küstennähe gibt, auf deren Territorium die entsprechenden geologischen Gegebenheiten für eine Einspeicherung von CO₂ vorliegen und noch unsicher ist, wie sich die Bundesländer entscheiden werden, werden technische Senken im kommunalpolitischen Kontext vorerst als weitestgehend irrelevant eingestuft und in der Definition der Treibhausneutralität in Kommunen nicht aufgegriffen.

2.2 Ausgestaltung der Treibhausgasneutralität in Kommunen

Der kommunale Klimaschutz steht nicht für sich, sondern ist ein elementarer Beitrag im politischen Mehrebenensystem. Des Weiteren ist der kommunale Klimaschutz abhängig von den Rahmenbedingungen, die auf den übergeordneten politischen Ebenen durch EU, Bund und Länder gesetzt werden. Aus diesen Gründen sollten sich Kommunen nicht nur die Frage stellen, wie sie auf ihrem Territorium Treibhausgasneutralität erreichen können. Vielmehr sollten Kommunen das Ziel verfolgen, einen adäquaten Beitrag zu leisten, sodass die nationalen und internationalen Klimaschutzziele erreicht werden können. Die kommunale Treibhausgasbilanz kann diese Frage nur in Teilen beantworten. In diesem Kapitel wird deshalb die Ausgestaltung der Treibhausgasneutralität in Kommunen eingeordnet. Die Einordnung erfolgt zum einen anhand der RESCUE-Szenarien⁵, die darstellen, wie in Deutschland Treibhausgasneutralität erreicht werden kann (Purr et al. 2019). Zum anderen werden relevante Instrumente der übergeordneten politischen Ebenen herangezogen, die den Weg zur nationalen Treibhausgasneutralität flankieren. Bei der Einordnung wird beleuchtet, was in den einzelnen Bilanzbereichen konkret passieren muss, sodass eine nationale Treibhausgasneutralität möglich wird.

Dieser Einordnung kommt auch deshalb eine große Bedeutung zu, weil nicht alle Kommunen eine Treibhausgasneutralität auf ihrem Territorium erreichen können, was in Kapitel 3 anhand von Szenarien von Beispielkommunen verdeutlicht wird. Hintergrund ist, dass nicht vermeidbare THG-Emissionen auf der einen Seite und Senken auf der anderen Seite inhomogen verteilt sind. Somit wird es in einem treibhausgasneutralen Deutschland sowohl Kommunen mit einer positiven als auch Kommunen mit einer negativen Treibhausgasbilanz geben.

Dekarbonisierung der Wärmeversorgung

Die RESCUE-Studie zeigt, dass für die Treibhausgasneutralität auf Bundesebene eine vollständige Abkehr von der Nutzung fossiler Energieträger für die Wärmebereitstellung nötig ist (Purr et al. 2019). Die komplette Wärmeversorgung, sowohl im Bereich der Gebäudewärme als auch im Bereich der Prozesswärme, muss folglich mit erneuerbaren Energien erfolgen.

⁵ Die Studie „Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität“ (kurz RESCUE-Studie) wurde im Jahr 2019 veröffentlicht. Entsprechend der damaligen bundesweiten Zielstellung war die Erreichung der Treibhausgasneutralität noch auf das Jahr 2050 ausgerichtet. Seit der Novelle des Bundes-Klimaschutzgesetzes im Jahr 2021 soll Deutschland bereits im Jahr 2045 Treibhausgasneutralität erreichen. Auch wenn die Transformation nun schneller erfolgen muss, bleiben die grundlegenden Wege die gleichen. Dies bestätigen auch Szenarien, die nach der Novelle des Klimaschutzgesetzes erstellt wurden, wie bspw. „Klimaneutrales Deutschland 2045“ (Prognos et al. 2021) oder „Langfristszenarien 3“ (Sensfuß et al. 2022). Alle Empfehlungen, die in diesem Bericht aus der RESCUE-Studie abgeleitet werden, sind hinsichtlich ihrer Stoßrichtung ebenfalls mit den benannten weiteren Szenarien abgeglichen.

Auf Bundesebene wird durch das Gebäudeenergiegesetz (GEG) der Rahmen für die Dekarbonisierung des Gebäudesektors gesetzt. Das GEG schreibt vor, dass ein Betrieb von Heizkesseln mit fossilen Brennstoffen nach dem 31. Dezember 2044 nicht mehr möglich ist (GEG 2023). Durch die Nähe zu den Einwohner*innen kommt der Kommunalpolitik bei der Wärmewende eine besondere Rolle zu. Sie kann Gebäudeeigentümerinnen und Gebäudeeigentümer durch entsprechende Instrumente beim Umstieg auf eine fossilfreie Wärmeversorgung unterstützen.

Ein zentrales Planungsinstrument welches das Gebäudeenergiegesetz in diesem Zusammenhang flankiert, ist die kommunale Wärmeplanung, wie sie im Wärmeplanungsgesetz definiert ist (WPG 2023). Das Gesetz verpflichtet die Bundesländer, dass für alle bestehenden Gemeindegebiete Wärmeplanungen durchgeführt werden müssen.

Das Wärmeplanungsgesetz schreibt des Weiteren vor, dass Wärmenetze bis zum Jahr 2030 einen Anteil von mindestens 30 % an erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme aufweisen müssen. Bis zum Jahr 2040 muss ein Anteil von 80 % erreicht werden. Die vollständige Dekarbonisierung ist bis zum Jahr 2045 zu erreichen. Wärmenetze werden häufig von Stadtwerken betrieben, die in vielen Fällen wiederum in kommunaler Hand sind. Die Kommune ist somit auch bei der Dekarbonisierung der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in vielen Fällen ein zentraler Akteur.

TextBox 2: Dekarbonisierung der Wärmeversorgung

Um Treibhausgasneutralität auf Bundesebene erreichen zu können, ist eine vollständige Abkehr von der Nutzung fossiler Energieträger für die Wärmeversorgung in Kommunen notwendig.

Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung

Die RESCUE-Studie zeigt, dass ein massiver Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung notwendig ist, um den Energiebedarf Deutschlands erneuerbar, sowie mit möglichst geringer Importabhängigkeit, zu decken (Purr et al. 2019). Auf Bundesebene ist in diesem Zusammenhang das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) das zentrale Instrument. Das EEG sieht vor, dass bis zum Jahr 2040 die installierte Leistung von Photovoltaik-Anlagen auf 400 GW und die installierte Leistung von Windenergieanlagen an Land auf 140 GW gesteigert werden (EEG 2023). Zum Vergleich: Zum Abschluss des Jahres 2023 waren in Deutschland Photovoltaik-Anlagen mit einer Leistung von insgesamt 82,2 GW und Windenergieanlagen an Land mit einer Leistung von insgesamt 61,0 GW installiert (Umweltbundesamt 2024).

Um die Ziele des Erneuerbare-Energien-Gesetzes zu erreichen, muss der Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung in allen Kommunen entsprechend den lokalen Potenzialen erfolgen. In hochverdichteten, urbanen Städten wird es nicht möglich sein, den lokalen Stromverbrauch mit lokaler Erzeugung zu decken. Vergleichbar mit der Lebensmittelversorgung, werden diese Städte darauf angewiesen sein, dass in ländlich geprägten Kommunen mit großen Flächenpotenzialen für Windkraftanlagen und Photovoltaik-Freiflächenanlagen eine Produktion erfolgt, die deren lokalen Bedarf übersteigt.

In der kommunalen Treibhausgasbilanz nach BISCO wird der lokale Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung nur indirekt sichtbar, da die mit dem Stromverbrauch verbundenen THG-Emissionen mit dem Emissionsfaktor des Bundesstrommix berechnet werden (vgl. Kapitel 2.1). Deshalb ist es notwendig, dass Kommunen den Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung in ihre Klimaschutz-Zielstellung verankern. Empfehlungen, wie diese konkret gestaltet werden können, finden sich in Kapitel 4.

TextBox 3: Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung

Um Treibhausgasneutralität auf Bundesebene erreichen zu können, ist es notwendig, dass Kommunen einen adäquaten Beitrag zum Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung entsprechend ihrer lokalen Potenziale leisten.

Steigerung der Energieeffizienz

Die Potenziale an erneuerbaren Energien in Deutschland und Europa sind begrenzt. Die RESCUE-Studie zeigt, dass neben einem Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung auch der Energieverbrauch deutlich gesenkt werden muss, sodass eine erneuerbare Energieversorgung Deutschlands, mit möglichst geringer Importabhängigkeit, erreicht werden kann (Purr et al. 2019). Auch wenn eine Treibhausgasneutralität in Kommunen entsprechend der Definition in Kapitel 2.1 rechnerisch ohne eine Effizienzsteigerung möglich wäre, ist es für die nationale Treibhausgasneutralität notwendig, dass Kommunen einen adäquaten Beitrag zur Reduzierung des Energieverbrauchs entsprechend den individuellen Minderungsmöglichkeiten leisten.

Ein relevantes Instrument auf Bundesebene ist in diesem Zusammenhang das Energieeffizienzgesetz (EnEfG). Ziel des EnEfG ist es, den Energieverbrauch Deutschlands bis zum Jahr 2030 um mindestens 26,5 % gegenüber 2008 zu senken. Bis zum Jahr 2045 wird eine Reduzierung des Energieverbrauchs um 45 % angestrebt (EnEfG 2023). Auch wenn das Energieeffizienzgesetz keine Vorgaben für Energieverbrauchsreduktionen auf gesamtkommunaler Ebene macht, können sich Kommunen an den Zielen des Gesetzes orientieren. Empfehlungen, wie die kommunale Klimaschutz-Zielstellung in Bezug auf Energieeffizienz konkret gestaltet werden kann, finden sich in Kapitel 4.

TextBox 4: Steigerung der Energieeffizienz

Um Treibhausgasneutralität auf Bundesebene erreichen zu können, ist es notwendig, dass Kommunen einen adäquaten Beitrag zur Reduzierung des Energieverbrauchs in allen Sektoren leisten.

Verkehrswende und Energiewende im Verkehr

Um Treibhausgasneutralität auf Bundesebene zu erreichen, ist ein vollständiger Verzicht auf fossile Kraftstoffe im Verkehrssektor notwendig. Der kommunale Einfluss ist dabei je nach lokalem Bezug der Fahrleistungen und Straßenkategorie unterschiedlich. Der Durchgangsverkehr auf Autobahnen kann bspw. durch kommunale Maßnahmen kaum beeinflusst werden. Hier kommen überwiegend nationale und internationale Instrumente zum Tragen, wie die europäischen CO₂-Flottenzielwerte (VERORDNUNG (EU) 2023/851).

Im innerstädtischen Bereich bestehen hingegen, insbesondere durch das Angebot von öffentlichen Verkehrsmitteln sowie guter Infrastruktur für den Fuß- und Radverkehr, relevante Handlungsmöglichkeiten für Kommunen. Zentrales Planungsinstrument für Kommunen ist in diesem Zusammenhang die Mobilitätsplanung.

TextBox 5: Verkehrswende und Energiewende im Verkehr

Um Treibhausgasneutralität auf Bundesebene erreichen zu können, ist es notwendig, dass keine Fahrzeuge, die fossile Kraftstoffe verbrennen, auf den Territorien von Kommunen betrieben werden und der in Elektrofahrzeugen eingesetzte Strom aus erneuerbaren Energien stammt. Als Beitrag zur Energieeffizienz, d.h. zur Begrenzung der notwendigen Mengen von erneuerbarem Strom für den Verkehr, ist darüber hinaus eine Verlagerung vom motorisierten Individualverkehr hin zum Umweltverbund notwendig.

Reduktion der nicht-energetischen THG-Emissionen

Neben den THG-Emissionen, die mit der Nutzung von Energie verbunden sind, entstehen in Kommunen auch nicht-energetische THG-Emissionen. Die nicht-energetischen Emissionen entstehen

- ▶ in der Landwirtschaft, bspw. durch Methan, das durch Nutztiere bei der Verdauung freigesetzt wird oder Lachgas, das durch Stickstoff-Düngung entsteht,
- ▶ im Bereich der Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF), bspw. durch THG-Emissionen die aus trockengelegten Mooren entweichen,
- ▶ im Bereich Abfall und Abwasser, bspw. durch THG-Emissionen, die aus Kläranlagen und aus Deponien entweichen,
- ▶ und durch industrielle Prozesse wie der Zement-, Kalk- und Glasherstellung.

Eine Reduzierung der nicht-energetischen Emissionen ist in vielen Bereichen teilweise, jedoch nicht vollständig, möglich. Es werden also Restemissionen bestehen bleiben. Die RESCUE-Studie zeigt, dass bei einer ambitionierten Klimaschutzpolitik die Restemissionen durch natürliche Senken ausgeglichen werden können (Purr et al. 2019). Um dies zu ermöglichen, müssen in allen Kommunen auch die nicht-energetischen Emissionen reduziert werden. Dafür ist eine Vielzahl von Veränderungen notwendig. Auf einen Teil der Veränderungen haben kommunalpolitische Entscheidungen nur indirekten Einfluss. Dies betrifft bspw. die Ernährungsweise der Einwohner*innen, die wiederum Auswirkungen u.a. auf den Bedarf an tierischen Produkten hat. Veränderungen in anderen Teilen hängen wiederum direkt von kommunalpolitischen Entscheidungen ab, wie bspw. die Umsetzung technischer Optimierungen an Kläranlagen, die Umsetzung von Deponiegasbelüftungen oder die Steigerung der Bioabfallvergärung.

TextBox 6: Reduktion der nicht-energetischen THG-Emissionen

Um Treibhausgasneutralität auf Bundesebene erreichen zu können, ist es notwendig, dass in Kommunen alle nicht-energetischen THG-Emissionen, die technisch vermeidbar sind, vermieden werden.

Stärkung natürlicher Senken

Der Sektor „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft“ (LULUCF-Sektor) ist entsprechend des nationalen Inventarberichts (NIR) der einzige Sektor, der eine natürliche Senkenfunktion erfüllen kann. Die mit Abstand wichtigste Senke innerhalb dieses Sektors ist der Wald. Im Jahr 2021 hat der Wald rund 40 Millionen Tonnen CO₂ gebunden und eingespeichert. Auch langlebige Holzprodukte stellen durch ihre Funktion als Kohlenstoffspeicher eine Senke dar. Im Jahr 2021 wurden bspw. rund 7 Millionen Tonnen CO₂ in Holzprodukten gespeichert (Günther et al. 2023).

Auch Moore können eine Senkenfunktion erfüllen. Da in Deutschland viele Moore bzw. organische Böden trockengelegt wurden, stellen diese in der Summe (mit rund 38 Mio. Tonnen CO_{2e} im Jahr 2021) aktuell noch eine relevante THG-Quelle dar (Günther et al. 2023). Auch nach der Wiedervernässung dauert es viele Jahrzehnte, bis die Senkenfunktion eines Moors wieder hergestellt ist. Im NIR werden Moore in den Landnutzungskategorien Acker- und Grünland geführt. Entsprechend der RESCUE-Studie liegt der Fokus für die Erreichung der nationalen Treibhausgasneutralität zunächst darauf, u.a. durch die Wiedervernässung von Mooren, die THG-Emissionen in den Landnutzungskategorien Acker- und Grünland auf ein Minimum zu reduzieren (Purr et al. 2019).

Im LULUCF-Sektor findet sich des Weiteren die Landnutzungskategorie Feuchtgebiete, in der durch den industriellen Torfabbau im Jahr 2021 weitere rund 10 Millionen Tonnen CO_{2e} freigesetzt wurden. In der Summe war der LULUCF-Sektor deshalb im Jahr 2021 mit rund 3 Millionen Tonnen CO_{2e} noch eine THG-Quelle (Günther et al. 2023).

Das Bundes-Klimaschutzgesetz sieht vor, dass der LULUCF-Sektor bis zum Jahr 2045 jährlich mindestens 40 Millionen Tonnen CO_{2e} bindet und somit eine zentrale Senkenfunktion aufbaut. Um dies zu erreichen, müssen in Kommunen Senken erhalten und weitere Senkenpotenziale gehoben werden. Da viele Wälder durch den Klimawandel drohen ihre Senkenfunktion zu verlieren, ist häufig ein Waldumbau nötig. Speziell in Körperschaftswäldern liegt die Verantwortung direkt bei der Kommunalpolitik. Durch Aufforstung, also der Pflanzung von neuen Bäumen auf Flächen, die bisher bspw. landwirtschaftlich genutzt werden, können des Weiteren neue Senken geschaffen werden. In diesem Zusammenhang ist jedoch zu erwähnen, dass neu gepflanzte Bäume erst nach Jahrzehnten ihre vollständige Senkenleistung erreichen.

Auch im Bereich der Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten können Kommunen aktiv werden. Darunter fallen bspw. Maßnahmen, die Holzbauweise fördern sowie Maßnahmen, die die energetische Verwertung von Holz eindämmen (u.a. durch einen Verzicht auf feste Biomasse im Zielbild der kommunalen Wärmeplanung). Auch eine kommunale Moorschutzstrategie kann dazu beitragen, dass der LULUCF-Sektor seine Senkenfunktion entfalten kann, speziell wenn es kommuneigene Moorflächen im (Mit-)Eigentum gibt. Empfehlungen, wie die Ausschöpfung der Senkenpotenziale in der kommunalen Klimaschutz-Zielstellung formuliert werden kann, finden sich in Kapitel 4.

TextBox 7: Stärkung natürlicher Senken

Um Treibhausgasneutralität auf Bundesebene erreichen zu können, ist es notwendig, dass Kommunen ihre natürlichen Senkenpotenziale ausschöpfen.

Spezifizierungen und Einschränkungen zu unvermeidbaren THG-Emissionen und natürlichen Senken

Da das Potenzial an natürlichen Senken beschränkt ist, sollten diese entsprechend der RESCUE-Studie ausschließlich dazu genutzt werden nicht vermeidbare THG-Emissionen auszugleichen. Nicht vermeidbare THG-Emissionen treten dabei überwiegend im nicht-energetischen Bereich auf, also in den Sektoren Landwirtschaft, LULUCF, Abfall und Abwasser sowie in bestimmten industriellen Prozessen.

Im Energiesektor ist aktuell der überwiegende Teil der Emissionen auf fossile Energieträger zurückzuführen. Da mit dem Umstieg auf erneuerbare Energien zukünftig auf fossile Energieträger vollständig verzichtet werden kann, sollten die begrenzten natürliche Senken nicht dazu verwendet werden fossile THG-Emissionen auszugleichen. In einem dekarbonisierten Stromsektor werden jedoch weiterhin geringe nicht fossile THG-Emissionen entstehen, bspw. durch das Entweichen von SF₆ aus Schaltanlagen oder durch den Schlupf von CH₄ und N₂O aus Biogasanlagen (Dittrich et al. 2024). Grüner Wasserstoff wird aus erneuerbarem Strom hergestellt. Folglich ist die Nutzung bzw. Herstellung von grünem Wasserstoff ebenfalls mit THG-Emissionen verbunden (auch wenn grüner Wasserstoff im Vergleich mit weiteren Wasserstoffkategorien voraussichtlich die klimafreundlichste Variante sein wird). Im Energiesektor werden deshalb technisch nicht vermeidbare Restemissionen auftreten. Im Gegensatz zu vermeidbaren fossilen THG-Emissionen ist eine Verrechnung der unvermeidbaren Emissionen mit natürlichen Senken notwendig, um Treibhausgasneutralität erreichen zu können.

TextBox 8: Keine Verrechnung von vermeidbaren THG-Emissionen und natürlichen Senken

Um Treibhausgasneutralität auf Bundesebene erreichen zu können, ist es notwendig, dass Kommunen ausschließlich nicht vermeidbare THG-Emissionen mit ihren natürlichen Senken verrechnen.

Abscheidung, Einspeicherung und Nutzung von CO₂-Emissionen

Die Abscheidung und Einspeicherung von CO₂-Emissionen (englisch: Carbon Capture and Storage bzw. „CCS“) sowie Abscheidung und Nutzung (englisch: Carbon Capture and Utilization bzw. „CCU“) gewinnen aktuell in der politischen Diskussion stark an Bedeutung (Purr und Spindler 2023). Neben dem „Carbon Capture“, also der Abscheidung von fossilen CO₂-Emissionen direkt am Ort der Entstehung besteht auch die folgenden Möglichkeiten (Purr und Spindler 2023):

- ▶ Direct Air Capture „DAC“ (Kohlenstoffentnahme aus der Luft)
- ▶ BioEnergy Carbon Capture „BECC“ (Nutzung von nachhaltig produzierter Biomasse / biogenen Reststoffen)
- ▶ Waste Carbon Capture „WACC“ (Nutzung von nicht recycelbaren biogenen und fossilen Abfällen)

Die THG-Wirkung der unterschiedlichen Möglichkeiten ist wesentlich abhängig von drei Kriterien:

1. Handelt es sich um fossiles CO₂? Oder wurde das CO₂ direkt oder indirekt (über Biomasse) aus der Atmosphäre abgeschieden?
2. Wird das abgeschiedene CO₂ langfristig eingespeichert?
3. Wird das abgeschiedene CO₂ genutzt und entweicht dabei wieder in die Atmosphäre?

Das CO₂, das bei fossilen Prozessen entsteht, kann bei einer Einspeicherung (CCS) nicht zu einer Senke werden. Es ist maximal ein anteiliger Ausgleich der Emissionen des Prozesses möglich. Ein vollständiger Ausgleich ist nicht möglich, da eine 100 % CO₂-Abscheidung technisch nicht realisiert werden kann.

Wird hingegen CO₂ der Atmosphäre entzogen, bspw. durch DAC, BECC und WACC und das CO₂ anschließend langfristig eingespeichert, kann eine negative THG-Wirkung erzielt werden. Es wird auch von einer „technischen Senke“ gesprochen. Wird das der Atmosphäre entzogene CO₂ genutzt, um daraus ein Produkt herzustellen, bei dessen Nutzung das CO₂ wieder in die Atmosphäre gelangt, ist die THG-Wirkung neutral.

Abscheidung, Transport, Einspeicherung und Nutzung von CO₂-Emissionen sind stets mit Energieaufwänden verbunden. Um keine zusätzlichen fossilen Emissionen zu erzeugen, müssen diese Energieaufwände erneuerbar gedeckt werden.

Im kommunalen Kontext wird, wie bereits in Kapitel 2.1 erläutert, überwiegend lediglich die Abscheidung von CO₂-Emissionen eine Rolle spielen. Die Speicherung von CO₂ wird nur in sehr wenigen küstennahen Kommunen, die über die geologischen Voraussetzungen für eine offshore Einspeicherung verfügen, relevant sein. Bei der Nutzung des abgeschiedenen CO₂ wird in der Regel der Ort der Nutzung häufig nicht bekannt sein. Aus diesem Grund wird empfohlen, wie bereits in Kapitel 2.1 erläutert, lediglich über die abgeschiedene Menge an CO₂ zu berichten.

Einigen Kommunen werden im Bereich des WACC auch eine aktive Rolle bei der CO₂-Abscheidung einnehmen. WACC kann bspw. bei Restmüllheizkraftwerken oder Kläranlagen zum

Einsatz kommen. Da Kommunen (bspw. über Eigenbetriebe) häufig für die Abfallentsorgung und Abwasserbehandlung verantwortlich sind, kann die technische Umsetzung von WACC-Anlagen in die kommunale Zuständigkeit fallen. Die abgeschiedenen CO₂-Emissionen müssen dann separat ausgewiesen werden. Eine Anrechnung für die Treibhausgasneutralität als technische Senke bzw. Negativemissionen ist nicht möglich.

TextBox 9: Rolle von Kommunen bei CO₂-Abscheidung

Um Treibhausgasneutralität auf Bundesebene erreichen zu können, kann es notwendig werden, dass Kommunen CO₂ abscheiden, das bei der Abfallentsorgung oder Abwasserbehandlung anfällt.

Fazit

Um eine nationale Treibhausgasneutralität zu erreichen, müssen Kommunen ihren adäquaten Beitrag leisten. Der adäquate Beitrag kann nicht direkt aus der Treibhausgasneutralität der Kommune abgeleitet werden. Vielmehr müssen Kommunen in unterschiedlichen Bereichen ihre Klimaschutzpotenziale ausschöpfen. Es müssen alle technisch vermeidbaren THG-Emissionen vermieden und die kommunalen Potenziale in den Bereichen Energieeffizienz, Ausbau erneuerbarer Energien sowie natürliche Senken ausgeschöpft werden. Nur die technisch nicht vermeidbaren THG-Emissionen können mit den natürlichen Senken verrechnet werden.

3 Auswirkung vorzeitiger Klimaschutz-Zielstellungen

Auf Bundesebene wird das Jahr 2045 als Zieljahr für das Erreichen der Treibhausgasneutralität angestrebt. Als Grundlage für eine ambitionierte kommunale Klimaschutzpolitik ist es aktuell gängig, dass Kommunen das Zieljahr, indem sie Treibhausgasneutralität erreichen wollen, vorziehen (bspw. auf das Jahr 2030 oder das Jahr 2035). In diesem Kapitel wird analysiert, wie vorzeitige Zieljahre mit der in Kapitel 2 festgelegten Definition der Treibhausgasneutralität in Kommunen in Beziehung stehen. Es wird untersucht, welche Klimaschutzbeiträge Kommunen leisten können bzw. müssen und wo die Grenzen der kommunalen Einflussmöglichkeiten liegen. Methodisch bauen die Untersuchungen in diesem Kapitel auf der Studie „Kommunales Einflusspotenzial zur Treibhausgasminderung“ (Kenkmann et al. 2022) auf. In Kenkmann et al. 2022 wurden die Einflusspotenziale von Kommunen zum heutigen Zeitpunkt untersucht. Ziel dieser weiterführenden Untersuchungen ist es, Erkenntnisse darüber zu gewinnen, ob und in welchem Umfang die Einflussmöglichkeiten der Kommunen auf ihre THG-Bilanzen über die Jahre variieren.

In Kapitel 3.1 werden zunächst anhand von drei Beispielkommunen deren Klimaschutzbeiträge und Einflussmöglichkeiten analysiert. Anhand von Szenarien wird dargestellt, welche Bereiche in den THG-Bilanzen von Kommunen in den Jahren 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045 reduziert werden können und welche nicht oder nur teilweise reduziert werden können. Aufgrund der Orientierung an BSKO, ist in Kapitel 3.1 der lokale Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung in der THG-Bilanz und somit auch in den Szenarien nicht sichtbar. Deshalb wird in Kapitel 3.2 der Einfluss der Kommune durch den Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung analysiert. Des Weiteren wird in Kapitel 3.2 untersucht, welche Auswirkung eine vorzeitige Zielstellung auf Landesebene gegenüber der Bundesebene hat.

3.1 Klimaschutzbeiträge und Einflussmöglichkeiten von Kommunen

3.1.1 Methodik

Um die Fragen zu beantworten „Welche notwendigen Klimaschutzbeiträge müssen Kommunen leisten?“ und „Welche Klimaschutzbeiträge können Kommunen maximal leisten?“ (Stichwort: begrenzte Einflussmöglichkeiten) werden in diesem Kapitel unterschiedliche Szenarien betrachtet. In den Szenarien werden die Emissionsbereiche parallel zur Definition der Treibhausgasneutralität in Kommunen (vgl. Kapitel 2.1) abgebildet. Die Szenarien werden anhand von drei Beispielkommunen erstellt:

- ▶ **Beispielkommune 1 – „Großstadt“:** Kommune ohne relevante Anteile nicht-energetischer THG-Emissionen.
- ▶ **Beispielkommune 2 – „Industrie-geprägte Kommune“:** Die Industrie-geprägte Kommune hat einen verhältnismäßig hohen Anteil nicht-energetischer THG-Emissionen aus Industrieprozessen.
- ▶ **Beispielkommune 3 – „Flächen-geprägter Landkreis“:** Der flächengeprägte Landkreis hat ein verhältnismäßig hohes Potenzial zum Ausbau erneuerbarer Energien und zur Stärkung natürlicher Senken sowie einen verhältnismäßig hohen Anteil nicht-energetischer THG-Emissionen aus den Bereichen Landwirtschaft und Landnutzung.

Die Beispielkommunen orientieren sich an realen (anonymisierten) Kommunen. Für jede Beispielkommune werden zwei Szenarien gerechnet, die sich durch die Umsetzungsgeschwindigkeit der kommunalen Klimaschutzmaßnahmen unterscheiden.

- ▶ **Szenarien „Kommunen im 2045-Tempo“:** Die Umsetzungsgeschwindigkeit der Maßnahmen ist jener der Bundesebene angeglichen, mit dem Ziel der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045. Das Ambitionsniveau und die Umsetzungsgeschwindigkeit der kommunalen Klimaschutzmaßnahmen entspricht mindestens den gesetzlichen Vorgaben, die sich bspw. aus dem Wärmeplanungsgesetz ergeben. In den Bereichen, in denen noch keine kommunalen Pflichtaufgaben definiert sind, werden kommunale Maßnahmen in dem Umfang umgesetzt, dass bis zum Jahr 2045 alle vermeidbaren THG-Emissionen vermieden werden. Zusätzlich zu den kommunalen Maßnahmen haben die Maßnahmen auf den übergeordneten Ebenen (Land, Bund und EU) sowie anderer Akteure*Akteurinnen (z. B. Industrieunternehmen oder Verkehrsteilnehmende) einen relevanten Einfluss auf die Entwicklung der THG-Emissionen in den Kommunen. Bspw. wirkt das EEG auf die Entwicklung des Bundesstrommix und die europäischen CO₂-Flottenzielwerte beeinflussen die Antriebstechnologien der Fahrzeuge, die sich auf den Territorien der Kommunen bewegen.
- ▶ **Szenarien „Kommunen im 2030-Tempo“:** Die Maßnahmen auf den übergeordneten Ebenen (Land, Bund und EU) **bleiben wie im** Szenario „Kommune im 2045-Tempo“. In diesem Szenario werden jedoch alle **kommunalen** Klimaschutzmaßnahmen mit höchster Ambition und auf das Zieljahr 2030 ausgerichtet umgesetzt. In der Summe investieren die Kommunen im 2030-Tempo die gleichen Ressourcen in Klimaschutz wie die Kommunen im 2045-Tempo, jedoch konzentriert auf den Zeitraum bis 2030. Mit den Szenarien im 2030-Tempo werden bewusst Extremfälle dargestellt, um zu zeigen, was maximal möglich ist. Es wird hingenommen, dass diese Szenarien aufgrund von begrenzten kommunalen Ressourcen und mittlerweile kurzen Umsetzungszeiträumen unwahrscheinlich sind und die in der Praxis voraussichtlich flächendeckend nur schwer erreicht werden können.

Insgesamt werden also sechs Szenarien (drei Beispielkommunen mit jeweils zwei Tempi hinsichtlich der kommunalen Maßnahmen) berechnet. In den Szenarien werden jeweils sechs Stützjahre dargestellt (Ausgangsjahr, 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045). Es werden sowohl Endenergiebilanzen als auch THG-Bilanzen der Kommunen für alle Stützjahre erstellt. Um die kommunalen THG-Bilanzen in Abhängigkeit der kommunalen Einflussmöglichkeiten im zeitlichen Verlauf darzustellen, werden des Weiteren Einflussbilanzen der Kommunen für alle Stützjahre erstellt. Dafür wird auf der im Rahmen der Studie „Kommunales Einflusspotenzial zur Treibhausgasminderung“ (Kenkmann et al. 2022) entwickelten Methodik der Einflussbilanz aufgebaut. Abbildung 9: Einflussbereich einer Kommune Abbildung 9 zeigt, wie die jeweiligen Einflussbereiche definiert sind.

Abbildung 9: Einflussbereich einer Kommune

Quelle: In Anlehnung an (Kenkmann et al. 2022)

3.1.2 Randbedingungen und Annahmen

In den folgenden Unterkapiteln werden die Randbedingungen und Annahmen der Szenarien aufgeführt. Zunächst werden die drei Beispielkommunen anhand von Eigenschaften charakterisiert, die für die Szenarien relevant sind (Kapitel 3.1.2.1). Anschließend wird dargelegt, auf welchen Grundlagen die Berechnungen der Szenarien aufbauen.

3.1.2.1 Charakterisierung der Beispielkommunen

Die betrachteten Kommunen unterscheiden sich zum einen in deren Größe. In Beispielkommune 1 „Großstadt“ leben mehr als 100.000 Menschen und in Beispielkommune 2 „Industrie-geprägte Kommune“ mehr als 500.000 Menschen. Bei Beispielkommune 3 „Flächen-geprägter Landkreis“ handelt es sich um einen Landkreis mit weniger als 100.000 Einwohner*innen. Um die Lesbarkeit dieses Textes zu erhöhen, wird der Flächen-geprägte Landkreis ebenfalls als „Beispielkommune“ bezeichnet.

Die Beispielkommunen unterscheiden sich des Weiteren in der Bebauung. In Beispielkommune 1 und 2 sind 30 % bzw. 44 % der Wohngebäude Mehrfamilienhäuser (MFH), in Beispielkommune 3 liegt der Anteil bei nur 12 %. Mit der unterschiedlichen Bebauung sind auch Unterschiede in der Wärmeversorgung verbunden. In Beispielkommune 1 und 2 wird bereits 38 % bzw. 23 % des Wärmebedarfs über Fernwärme (zentrale Wärmeversorgung) gedeckt. Um auch in hochverdichteten Quartieren einen Ausstieg aus der fossilen Wärmeversorgung zu ermöglichen, müssen in den Beispielkommune 1 und 2 die Fernwärmenetze ausgebaut werden. In Beispielkommune 1 werden im Zielzustand 50 % und in Beispiel 2 sogar 60 % der Gebäude

zentral mit Wärme versorgt. In Beispielkommune 3 spielt der Ausbau der Fernwärme aufgrund des hohen Anteils an Ein- und Zweifamilienhäusern (EZFH) eine weniger bedeutende Rolle. Aktuell wird 98 % des Wärmebedarfs von Beispielkommune 3 mit dezentralen Wärmeerzeugern gedeckt. Es wird davon ausgegangen, dass im Zieljahr 93 % des Wärmebedarfs dezentral (also bspw. mit Wärmepumpen oder in bestimmten Fällen auch mit Biomasse) gedeckt werden kann. Nur für die Bereitstellung von 7 % des Wärmebedarfs braucht es in Beispielkommune 3 im Zielzustand eine Fernwärmeversorgung. Die Zielwerte der Beispielkommunen orientieren sich an Zielzuständen entsprechend Klimaschutzplanungen von drei ausgewählten realen Kommunen sowie an den Zielzuständen der Wärmeversorgung Deutschlands, wie sie in der RESCUE-Studie (Purr et al. 2019), in den „Langfristszenarien 3“ (Sensfuß et al. 2022) und im „Hintergrundpapier zur Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045“ (Thamling et al. 2022) skizziert werden.

Bei allen Kommunen hat der Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) einen relevanten Anteil an den THG-Emissionen. Dieser liegt zwischen 22 % (Beispielkommune 3) und 38 % (Beispielkommune 2). Beispielkommune 1 und 2 haben mit einem THG-Emissionsanteil von 14 % bzw. 27 % auch einen relevanten Industriesektor. Beispielkommune 2 weist des Weiteren die Besonderheit eines Zementwerks mit Zementklinkerherstellung auf. In Beispielkommune 3 spielt der Industriesektor hingegen eine untergeordnete Rolle.

Mit einem Anteil von jeweils rund 1 % haben die THG-Emissionen der Landwirtschaft in Beispielkommune 1 und 2 eine eher geringe Bedeutung. In Beispielkommune 3 liegt der Anteil hingegen bei 34 % und macht somit einen zentralen Teil der THG-Bilanz aus. Des Weiteren wird angenommen, dass entsprechend des bundesweiten Durchschnitts 4,3 % der landwirtschaftlichen Flächen in Beispielkommune 3 in kommunaler Hand liegen (Tietz et al. 2021). Eine weitere relevante Quelle für nicht-energetische Emissionen in Beispielkommune 3 ist der Bereich der Landnutzung mit trockengelegten Mooren. Diese haben einen Anteil von 18 % an den gesamt kommunalen THG-Emissionen.

Mit einer Waldfläche von 9.000 m² je Einwohner*in ist der Wald in Beispielkommune 3 eine relevante Senke. In Beispielkommune 1 und 2 hat der Wald hingegen nur eine Fläche von 40 m² je Einwohner*in bzw. 140 m² je Einwohner*in

Aufgrund von zwei stark befahrenen Autobahnen, die über das Territorium der Beispielkommune 1 führen, entfallen in dieser über 50 % des Pkw-Verkehrs auf überregionalen Durchgangsverkehr. Auch über das Territorium von Beispielkommune 2 führen zwei Autobahnen mit einem hohen Anteil überregionaler Durchgangsverkehre. Relativ zur Kommunengröße ist der Anteil des Durchgangsverkehrs an den Pkw-Fahrleistungen in Beispielkommune 2 jedoch mit etwa 30 % geringer. In diesem Zusammenhang ist auch zu betonen, dass auf Autobahnen nicht nur Transitverkehr stattfindet, sondern diese auch von Einwohner*innen und Besucher*innen der Kommunen genutzt werden und somit auch relevante Anteile am regionalen Quell- und Zielverkehr haben. In Beispielkommune 2 fällt mit knapp 60 % der Großteil des Pkw-Verkehrs auf Quell- und Zielverkehr, also auf Fahrten, die entweder ihren Start- oder Zielpunkt in der Kommune haben. Dies ist bspw. bei einer hohen Anzahl an Pendler*innen üblich. In Beispielkommune 1 und 3 liegen die Anteile bei 31 % und 19 %. Mit Binnenverkehr wird der Verkehr bezeichnet, bei dem Start- und auch Zielpunkt innerhalb des betrachteten Territoriums liegen. In Beispielkommune 3, dem Flächen-geprägten Landkreis, macht dieser mit 55 % den größten Anteil aus. In Beispielkommune 1 und 2 liegt der Anteil des Binnenverkehrs nur bei 16 % und 12 %.

In allen Kommunen gibt es öffentliche Verkehrsmittel. In Beispielkommune 3 beschränken sich diese jedoch auf Busse. In Beispielkommune 1 gibt es zusätzlich eine S-Bahn und in Beispielkommune 2 neben der S-Bahn auch noch eine Stadtbahn.

Tabelle 2: Charakterisierung der Beispielkommunen

Charakteristika	Beispielkommune 1 „Großstadt“	Beispielkommune 2: „Industrie-geprägte Kommune“	Beispielkommune 3: „Flächen-geprägter Landkreis“
Einwohner*innen-Zahl	100.000 bis 500.000	über 500.000	Unter 100.000
Gebäudetypen Wohngebäude	70 % EZFH; 30 % MFH	56 % EZFH; 44 % MFH	88 % EZFH; 12 % MFH
Wärmeversorgung heute	62 % dezentral; 38 % zentral	77 % dezentral; 23 % zentral	98 % dezentral; 2 % zentral
Wärmeversorgung Ziel	50 % dezentral; 50 % zentral	40 % dezentral; 60 % zentral	93 % dezentral; 7 % zentral
Anteil GHD/Industrie an ges. THG-Emissionen heute	GHD: 24 % Industrie: 14 %	GHD: 38 % Industrie: 27 %	GHD: 22 % Industrie: 1 %
Besonderheiten GHD und Industrie	-	Zementwerk	Wenig Industrie
Anteil Landwirtschaft an ges. THG-Emissionen	1 %	< 1 %	34 %
Anteil Landnutzung (Böden) an ges. THG-Emissionen	-	-	18 %
Waldfläche je Einwohner*in	40 m ² /EW	140 m ² /EW	9.000 m ² /EW
Anteil Binnenverkehr	16 %	12 %	55 %
Anteil Quell- und Zielverkehr	31 %	58 %	19 %
Anteil Transitverkehr	53 %	30 %	26 %
ÖPNV-Angebot	Bus, S-Bahn	Bus, Stadtbahn, S- Bahn	Bus

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

3.1.2.2 Charakterisierung der Szenarien im energetischen Bereich

Im folgenden Unterkapitel werden die Szenarien hinsichtlich der Annahmen und Randbedingungen im energetischen Bereich charakterisiert. Dabei wird in die Unterkategorien „stationärer Bereich“ und „Verkehr“ unterschieden. Es wird jeweils gegenübergestellt, wie sich die Szenarien unterscheiden, wenn die Kommunen ihre Maßnahmen im 2045-Tempo oder im 2030-Tempo umsetzen. Ausgangspunkt aller Szenarien ist das Jahr 2021.

Stationärer Bereich

Im Bereich der **Gebäude**, die auf den **Sektor private Haushalte** fallen, orientieren sich die Szenarien grundsätzlich am „Hintergrundpapier zur Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045“

(Thamling et al. 2022). Entsprechend der Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045 wird die Sanierungsrate von aktuell etwa 1 % auf rund 1,7 % im Jahr 2030 und in den darauffolgenden Jahren auf 1,9 % gesteigert. Bei den Szenarien im 2045-Tempo, wird angenommen, dass durch die zusätzlichen kommunalen Maßnahmen die Sanierungsraten im Bereich der privaten Haushalte gegenüber der Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045 um +20 % angehoben werden. Somit erhöht sich im 2045-Tempo die Sanierungsrate auf 2,0 % bis zum Jahr 2030 und auf 2,3 % in den darauffolgenden Jahren. Bei den Szenarien im 2030-Tempo wird angenommen, dass die Kommunen in der Summe die gleichen Ressourcen wie die Kommunen im 2045-Tempo in Kampagnen und Förderprogramme zur Steigerung der Sanierungsrate investieren, jedoch die Ressourcen fokussiert im Zeitraum bis zum Jahr 2030 eingesetzt werden. Dadurch steigt in den Szenarien im 2030-Tempo bis zum Jahr 2030 die Sanierungsrate gegenüber der Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045 um +50 % bzw. auf 2,6 %. Nach dem Jahr 2030 fällt die Sanierungsrate in den Szenarien im 2030-Tempo wieder auf den Wert der Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045, also auf 1,9 %.

In der Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045 wird bis zum Jahr 2045 von einem sukzessiven Ausstieg aus der Nutzung von Erdgas und Heizöl für die Wärmeerzeugung in Gebäuden ausgegangen. Die Wärmeversorgung im Jahr 2045 basiert dann überwiegend auf Wärmepumpen und Fernwärme sowie im geringen Umfang auf Solarthermie und Biomasse. Für die Szenarien in dieser Studie wurden die Anteile, die im Zielzustand der Beispielkommunen auf zentrale Wärmeversorgung (Fernwärme) und dezentrale Wärmeversorgung (Wärmepumpen, Solarthermie und Biomasse) fallen, entsprechend den lokalen Gegebenheiten angepasst. In Beispielkommune 1 „Großstadt“ hat bspw. die zentrale Wärmeversorgung im Zielzustand einen Anteil von 50 %, in Beispielkommune 3 „Flächen-geprägter Landkreis“ hingegen lediglich einen Anteil von 7 %. Parallel zu Sanierungsrate wird die Austauschgeschwindigkeit der Wärmeerzeuger in den privaten Haushalten im 2045-Tempo gegenüber der Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045 um +20 % erhöht. Im 2030-Tempo wird die Austauschgeschwindigkeit der Wärmeerzeuger bis zum Jahr 2030 um +50 % erhöht und folgt dann in den Jahren nach 2030 wieder Tempo der Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045.

Im Bereich der **Gebäude**, die auf den **Sektor GHD** fallen, orientieren sich die Szenarien hinsichtlich der Sanierungsrate und Austauschgeschwindigkeit der Wärmeerzeuger ebenfalls an der Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045. Da der Einfluss der Kommune auf den Sektor GHD geringer ist als auf den Sektor private Haushalte, wird im 2045-Tempo von einer Erhöhung der Sanierungsrate und der Austauschgeschwindigkeit der Wärmeerzeuger von nur +10 % ausgegangen. Im 2030-Tempo liegt die Erhöhung der Sanierungsrate und der Austauschgeschwindigkeit bei +25 % bis zum Jahr 2030. Nach dem Jahr 2030 fallen diese dann wieder auf das Tempo der Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045.

Die Steigerungsraten durch kommunale Maßnahmen in den Bereichen private Haushalte und GHD im 2030-Tempo orientieren sich an den Einflussmöglichkeiten von Kommunen, die in den Studie „Kommunales Einflusspotenzial zur Treibhausgasreduzierung“ (Kenkmann et al. 2022) sowie „Empfehlungen zur Bewertung von Maßnahmen im kommunalen Klimaschutz“ (Gugel et al. 2024) ermittelt wurden.

Bei **kommunalen Gebäuden** orientieren sich die Szenarien hinsichtlich der Reduzierung des Endenergieverbrauchs am Leitfaden Klimaneutrale Kommunalverwaltung Baden-Württemberg (Rechsteiner und Hertle 2023). Im Leitfaden Klimaneutrale Kommunalverwaltung Baden-Württemberg wird für kommunale Einrichtungen im Zielzustand eine Endenergieumwandlung von 50 % vorgegeben. In den Szenarien wird bei Kommunen im 2045-Tempo davon ausgegangen, dass diese Endenergieumwandlung im Jahr 2045 erreicht wird. Die Kommunen im 2030-Tempo erreichen die Endenergieumwandlung von 50 % hingegen bereits im Jahr 2030. Des Weiteren wird

davon ausgegangen, dass bei Kommunen im 2030-Tempo im Jahr 2030 die Wärmerversorgung der kommunalen Gebäude bereits frei von fossilen Erdgas- oder Heizölkesseln ist. Bei Kommunen im 2045-Tempo wird dies erst im Jahr 2045 erreicht.

Da Kommunen auf **kommunale Wohnungsbaugesellschaften** einen hohen Einfluss haben, wird im 2030-Tempo bei den Wohngebäuden in deren Besitz ebenfalls von einer Endenergieeinsparung von 50 % bis zum Jahr 2030 sowie von einem Ausstieg aus Erdgas- oder Heizölkesseln ausgegangen. Im 2045-Tempo wird dies ebenfalls erreicht, jedoch erst bis zum Jahr 2045.

Hinsichtlich der Entwicklungen im Sektor **Industrie** orientieren sich die Szenarien grundsätzlich am Szenario „Green Supreme“ der RESCUE-Studie des Umweltbundesamtes (Purr et al. 2019). Darin wird von einer Reduktion des Endenergiebedarfs der Industrie von 29 % ausgegangen. Ein Großteil dieser Endenergiebedarfsreduktion ist auf die Elektrifizierung von Prozessen zurückzuführen. Da in Beispielkommune 1 (Großstadt) bereits im Ausgangszustand ein Großteil des Endenergieverbrauchs des Industriesektors auf Stromanwendungen fällt, wird in dieser Kommune im Zielzustand lediglich eine Energiebedarfsreduktion von 14 % erreicht. Neben der Energiebedarfsreduktion findet in allen Beispielkommunen im Industriesektor bis 2045 ein sukzessiver Ausstieg aus der Verwendung von fossilen Energieträgern statt („Fuel Switch“). Neben Strom sind im Jahr 2045 Fernwärme und in den Beispielkommunen 1 (Großstadt) sowie Beispielkommune 2 (Industrie-geprägte Kommune) auch Wasserstoff die wesentlichen Energieträger im Industriesektor. Im 2045-Tempo wird angenommen, dass die Umsetzungsgeschwindigkeit hinsichtlich der Energiebedarfsreduktion sowie des Fuel Switch gegenüber dem Szenario „Green Supreme“ der RESCUE-Studie um +10 % erhöht wird. Im 2030-Tempo wird hingegen angenommen, dass sich die Umsetzungsgeschwindigkeiten bis zum Jahr 2030 um +25 % erhöhen. Anschließend Reduzieren sich die Umsetzungsgeschwindigkeiten wieder auf das Tempo des Szenarios „Green Supreme“ der RESCUE-Studie.

Parallel zu BISKO wird in den Szenarien einheitlich mit **Bundesstrommix** gerechnet (sowohl im 2045-Tempo als auch im 2030-Tempo). Erfolge im Ausbau der lokalen erneuerbaren Stromerzeugung sind deshalb nicht sichtbar. Deshalb findet sich in Kapitel 3.2.1 eine weiterführende Untersuchung zu den Auswirkungen des Ausbaus lokaler erneuerbarer Stromerzeugung. Für die Szenarien in diesem Kapitel (Kapitel 3.1) wurde eine eigene Prognose für die Entwicklung des Emissionsfaktors des Bundesstrommix berechnet (inkl. Vorkette und Äquivalenten). Die Prognose orientiert sich dabei an den Zielen des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2023). Die daraus resultierenden Emissionsfaktoren finden sich in Tabelle 3. Im Zieljahr 2045 wird neben einer fossilfreien Stromerzeugung ebenfalls bereits von einer Defossilisierung des Hintergrundsystems ausgegangen. In der Folge ergibt sich ein Emissionsfaktor von 10 g CO_{2e}/kWh. Dem Emissionsfaktor liegt die Annahme zugrunde, dass auch wenn die Herstellung aller Anlagen ohne den Einsatz fossiler Brennstoffe erfolgt, weiterhin geringe nicht fossile THG-Emissionen im Stromsystem entstehen, bspw. durch das Entweichen von SF₆ aus Schaltanlagen oder durch den Schlupf von CH₄ und N₂O aus Biogasanlagen (Dittrich et al. 2024).

Parallel zum Wärmeplanungsgesetz (WPG 2023) erfolgt bei den Szenarien im 2045-Tempo eine Dekarbonisierung der **Fernwärmeversorgung** bis zum Jahr 2045. Bei den Beispielkommunen wird davon ausgegangen, dass die Fernwärmeversorgung über die kommunalen Stadtwerke erfolgt und somit relevante Einflussmöglichkeiten der Kommune bestehen. In diesem Zusammenhang wird in den Szenarien im 2030-Tempo bereits bis zum Jahr 2030 von einer Dekarbonisierung der Fernwärmeversorgung ausgegangen.

Tabelle 3: Zentrale Eckdaten der Szenarien im stationären Bereich

Charakteristika	Kommunen im 2045-Tempo	Kommunen im 2030-Tempo
Sanierungsrate Wohngebäude	Bis 2030: 2,0 % Bis 2045: 2,3 %	Bis 2030: 2,6 % Bis 2045: 1,9 %
Kommunale Gebäude - Endenergiereduktion	Reduktion um 50 % bis 2045 (gegenüber Ausgangspunkt 2021)	Reduktion um 50 % bis 2030 (gegenüber Ausgangspunkt 2021)
Kommunale Gebäude - Wärmeversorgung	Fossilfrei bis 2045	Fossilfrei bis 2030
Fernwärmeversorgung	Fossilfrei bis 2045	Fossilfrei bis 2030
Emissionsfaktor Strom	<ul style="list-style-type: none"> • Jahr 2021: 472 g CO_{2e}/kWh • Jahr 2025: 336 g CO_{2e}/kWh • Jahr 2030: 167 g CO_{2e}/kWh • Jahr 2035: 137 g CO_{2e}/kWh • Jahr 2040: 71 g CO_{2e}/kWh • Jahr 2045: 10 g CO_{2e}/kWh 	

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Verkehr

Im Bereich Verkehr müssen die Verkehrsentwicklungen in den Beispielkommunen ebenso wie die Entwicklungen der Fahrzeugflotten und der Einsatz fossiler und erneuerbarer Kraftstoffe bewertet werden. Im kommunalen Handlungsfeld und damit im Fokus der Szenarien im 2030-Tempo liegt primär die Verkehrsentwicklung im Personenverkehr mit einer stärkeren bzw. beschleunigten Verlagerung von Pkw-Fahrten auf den Umweltverbund, ergänzt um eine mögliche Beschleunigung des Hochlaufs der Elektromobilität im Vergleich zur bundesweiten Entwicklung im 2045-Tempo.

Im 2045-Tempo wird bei ambitioniertem Klimaschutz auf nationaler und Länderebene langfristig in allen Kommunen eine **starke Steigerung des ÖPNV-Angebots und Verbesserung der Rahmenbedingungen für den Radverkehr** erreicht, und damit einhergehend eine **Verlagerung von Pkw-Fahrten**. Im 2045-Tempo steigen bis zum Jahr 2045 die ÖPNV-Fahr- und Verkehrsleistungen um etwa 80 % gegenüber 2021, die Pkw-Fahrleistungen im lokalen und regionalen Verkehr (Binnen-, und Quell-Ziel-Verkehre; kurz BQZ) werden um 5-15 % gegenüber 2021 reduziert (in Beispielkommune 2 mit einem bereits heute sehr gut ausgebauten ÖPNV-Angebot fällt die Verlagerungswirkung schwächer aus). Im 2030-Tempo wird durch Umsetzung ambitionierter kommunaler Maßnahmen in den Beispielkommunen die Verbesserung der Angebote im Umweltverbund stark beschleunigt. Eine Steigerung der ÖPNV-Verkehrsleistung um 80% wird bereits im Jahr 2030 erreicht, bis zum Jahr 2045 erreichen die ÖPNV-Verkehrsleistungen etwa eine Verdopplung gegenüber 2021. Damit sinken die Pkw-Fahrleistungen im Binnen- und Quell-Zielverkehr bis 2030 um 5-15 %, bis 2045 um 15-25 % gegenüber 2021. Nur im (überregionalen) Pkw-Durchgangsverkehr steigen die Pkw-Fahrleistungen im 2045-Tempo wie auch im 2030-Tempo bis 2045 um etwa 24 % an. Ein Teil dieser Zunahme ist dabei auf den Wiederanstieg nach dem coronabedingten Einbruch der Pkw-Fahrleistungen 2020/2021 zurückzuführen.

Auch der **Hochlauf der Pkw-Elektromobilität** wird in den Beispielkommunen im 2030-Tempo beschleunigt. Die zusätzliche Wirkung ambitionierter kommunaler Maßnahmen (insb.

Bereitstellung öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur und Förderung privater Ladeinfrastruktur) ist allerdings geringer, da hier die Entwicklungen stark von den europäischen und nationalen Rahmenbedingungen (Marktangebot und Kaufpreise von Elektro-Pkw, Strom- und Kraftstoffpreise) geprägt sind. Der Hochlauf der Elektromobilität in den Szenarien im 2045-Tempo orientiert sich am Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) des Projektionsberichts 2024 (Wehnemann und Schultz 2024). Im 2030-Tempo wird angenommen, dass durch verstärktes kommunales Handeln in den kommenden Jahren eine maximal um ein Viertel höhere Durchdringung des lokalen Pkw-Bestands mit Elektro-Pkw erreicht wird. Im Jahr 2030 haben Elektro-Pkw damit im 2030-Tempo einen Fahrleistungsanteil von 36 % gegenüber knapp 30 % im 2045-Tempo. Im Jahr 2045 ist im 2030-Tempo der Pkw-Binnen- und Quell-Zielverkehr vollständig elektrisch, während im 2045-Tempo noch 5 % der Pkw mit Kraftstoffen betrieben werden. Im Pkw-Durchgangsverkehr werden bis 2045 sowohl im 2030-Tempo als auch 2045-Tempo 95 % Elektromobilität erreicht.

Der **Straßengüterverkehr** liegt kaum im kommunalen Handlungsfeld. Im 2045-Tempo steigen die Verkehrsleistungen von leichten Nutzfahrzeugen (LNF) und Lkw >3,5t zulässiges Gesamtgewicht bis zum Jahr 2045 um etwa 16 % gegenüber 2021 an. Im 2030-Tempo wird angenommen, dass durch die Umsetzung kommunaler Maßnahmen dieser Anstieg im Binnen- und Quell-Ziel-Verkehr bei leichten Nutzfahrzeugen verhindert und die Fahrleistung nahezu auf dem Niveau des Ausgangszustands (Jahr 2021) gehalten werden kann. Gleichzeitig wird eine vergleichbare Beschleunigung des Hochlaufs der Elektromobilität angenommen wie bei Pkw. Bei Lkw >3,5t unterscheiden sich die Szenarien nicht zwischen Tempo 2030 und Tempo 2045, da die Fahr- und Verkehrsleistungen im schweren Güterverkehr und auch die Flottenzusammensetzung auf kommunaler Ebene kaum beeinflussbar sind.

Da im Jahr 2045 deutschlandweit Treibhausgasneutralität erreicht werden soll, wird abweichend vom Projektionsbericht 2024 angenommen, dass sowohl im 2030-Tempo als auch im 2045-Tempo keine fossilen Kraftstoffe mehr zum Einsatz kommen. In den Szenarien werden deshalb die noch verbleibenden Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor im Jahr 2045 mit überwiegend strombasierten Kraftstoffen und in geringen Mengen mit biobasierten Kraftstoffen betrieben. Hintergrund ist, dass der Projektionsbericht nur aktuell bereits beschlossenen politische Maßnahmen abbildet. Um die Vorgaben des Bundes-Klimaschutzgesetzes bis zum Jahr 2045 zu erfüllen, müssen in den folgenden Jahren bzw. Legislaturperioden noch weitere Maßnahmen beschlossen werden. Es wird deshalb angenommen, dass der Einsatz von fossilen Kraftstoffen im Jahr 2045 nicht mehr möglich sein wird. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass mit der Herstellung von strombasierten Kraftstoffen mit erneuerbaren Energien weiterhin geringe Mengen an nicht fossilen THG-Emissionen verbunden sind (Dittrich et al. 2024). Für das Jahr 2045 wird von einem Emissionsfaktor bei strombasierten Kraftstoffen von 11 gCO₂e/kWh ausgegangen.

Eine Zusammenstellung ausgewählter zentraler Eckdaten zur Charakterisierung der Szenarien finden sich in Tabelle 4.

Tabelle 4: Zentrale Eckdaten der Szenarien im Verkehr

Charakteristika	Kommunen im 2045-Tempo	Kommunen im 2030-Tempo
Fahrleistung MIV – Entwicklung bis 2045 gegenüber 2021	Je nach kommunalen Gegebenheiten (Anteil Transitverkehr): +6 % bis -5 % Fahrleistungsänderung	Je nach kommunalen Gegebenheiten (Anteil Transitverkehr): +1 % bis -13 % Fahrleistungsänderung

Charakteristika	Kommunen im 2045-Tempo	Kommunen im 2030-Tempo
Fahrleistung LNF+Lkw – Entwicklung bis 2045 gegenüber 2021	Leichter Anstieg, +16 %	LNF: BQZ-Verkehr nahezu kein Anstieg, Transitverkehr: +16 % Lkw >3,5t: +16 %
Fahrleistung ÖPNV – Entwicklung bis 2045 gegenüber 2021	Anstieg +80 % bis 2045	Starker Anstieg: +80 % bis 2030, Verdoppelung bis 2045
Anteil E-Fahrzeug (Pkw) im Jahr 2045	89 %	BQZ-Verkehr: 100 % Transitverkehr: 89 %
Anteil strom- und biobasierte Kraftstoffe im Jahr 2045	100 %	

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

3.1.2.3 Charakterisierung der Szenarien im nicht-energetischen Bereich

Im Bereich der nicht-energetischen THG-Emissionen des Sektors **Abfall und Abwasser**, die u.a. durch die Abfalldeponierung, die biologischen Behandlung von festen Abfällen und die Abwasserbehandlung entstehen, orientierten sich die Szenarien in dieser Studie am Szenario „Green Supreme“ der RESCUE-Studie (Purr et al. 2019). Insgesamt wird von einer Halbierung der nicht-energetischen THG-Emissionen ausgegangen. Im 2045-Tempo wird diese Halbierung bis zum Jahr 2045 erreicht. Bei den Szenarien im 2030-Tempo wird davon ausgegangen, dass die Beispielkommunen alle technischen Maßnahmen, die für die Halbierung der THG-Emissionen notwendig sind, bereits bis zum Jahr 2030 umsetzen.

Die Beispielkommune 2 „Industrie-geprägte Kommune“ ist dadurch charakterisiert, dass auf ihrem Territorium ein Zementwerk mit Zementklinkerherstellung betrieben wird. In der RESCUE-Studie (Purr et al. 2019) wird davon ausgegangen, dass die **Zementindustrie** auch dann noch (unvermeidbare) THG-Emissionen verursachen wird, wenn Deutschland die Treibhausgasneutralität erreicht hat. Diese THG-Emissionen müssen dann durch Senken ausgeglichen werden. Ein wesentlicher Stellhebel zur Verringerung der THG-Emissionen aus der Zementindustrie ist die Reduzierung der Nachfrage durch einen Umstieg auf alternative Baumaterialien wie bspw. Holz (Stichwort: „Bauwende“). Des Weiteren können die nicht-energetischen THG-Emissionen der Zementindustrie durch Effizienzsteigerungen in den Produktionsprozessen verringert werden. Die zentrale technische Effizienzsteigerung, die auf die nicht-energetischen THG-Emissionen wirkt, ist die Reduzierung des Klinkerfaktors (Umweltbundesamt 2020). Durch die Reduzierung des Klinkerfaktors wird für die gleiche Menge Zement weniger Zementklinker benötigt.

Sowohl die Bauwende als auch die Reduzierung des Klinkerfaktors werden dazu führen, dass insgesamt weniger Zement hergestellt wird und in der Konsequenz ganze Zementwerke geschlossen werden und in einigen Zementwerken die Zementklinkerherstellung eingestellt wird. In den Zementwerken, in denen die Zementklinkerherstellung weiter betrieben wird, um den verbleibenden Bedarf zu decken, werden die nicht-energetischen Emissionen jedoch nicht relevant sinken. In dieser Studie wird davon ausgegangen, dass es sich bei dem Zementwerk in Beispielkommune 2 um ein solches handelt, in dem die Zementklinkerherstellung nicht eingestellt wird.

Im Jahr 2021 (dem Ausgangsjahr der Szenarien in dieser Studie) lagen die deutschlandweiten THG-Emissionen im Sektor **Landwirtschaft** bei 54 Mio. t CO₂e/a (Günther et al. 2023). Im

Szenario „Green Supreme“ der RESCUE-Studie (Purr et al. 2019) reduzieren sich die THG-Emissionen der Landwirtschaft im treibhausgasneutralen Deutschland auf 24 Mio. t CO₂e/a. Dies entspricht einer Reduktion gegenüber 2021 um 56 %. Für diese Reduktion sind sowohl technischen Minderungsmaßnahmen als auch Änderungen bei den Ernährungsgewohnheiten und ein dadurch resultierender Abbau der Tierbestände notwendig. Die Reduktion der THG-Emissionen um 56 % wird in den Szenarien im 2045-Tempo in dieser Studie bis zum Jahr 2045 von den drei Beispielkommunen erreicht. Das 2030-Tempo unterscheidet sich vom 2045-Tempo darin, dass angenommen wird, dass auf landwirtschaftlichen Flächen im kommunalen Besitz (bzw. in den Betrieben, die diese Flächen bewirtschaften) die Reduktion der THG-Emissionen um 56 % bereits bis zum Jahr 2030 erfolgt.

Die zentrale THG-Emissionsquelle im Bereich der **Landnutzung** sind trockengelegte **Moore**. Für das Erreichen der Treibhausgasneutralität in Deutschland ist es entsprechend der RESCUE-Studie notwendig, dass 80 % der trockengelegten Moore wiedervernässt werden (Purr et al. 2019). In den Beispielkommunen, die in dieser Studie betrachtet werden, finden sich nur in der Beispielkommune 3 (dem Flächen-geprägten Landkreis) trockengelegte Moore. Randbedingung der Szenarien in dieser Studie ist, dass 80 % der trockengelegten Moore in Beispielkommune 3 wiedervernässt werden. Im 2045-Tempo wird dieses Ziel im Jahr 2045 erreicht. Das 2030-Tempo unterscheidet sich vom 2045-Tempo darin, dass der Zielwert von 80 % bei Mooren auf kommunalen Flächen bereits im Jahr 2030 erreicht wird.

Die zentrale natürliche Senke ist der **Wald**. Die Entwicklung der Senkenleistung des Waldes in den nächsten Jahren ist von vielen Faktoren abhängig. Wesentlichen Einfluss auf die Senkenleistung haben zum einen Störungen, also natürliche Ereignisse wie Windwurf, Borkenkäfer, Waldbrand oder Dürre und zum anderen die Art der Waldbewirtschaftung. Bei geringen Störungen sowie einer Extensivierung der Bewirtschaftung, also einem geringen Einschlag, kann eine Zunahme der Senkenleistung des Waldes erreicht werden. Bleibt die Extensivierung der Waldbewirtschaftung hingegen aus und es treten mittlere oder große Störungen auf, kann die Senkenleistung des Waldes sinken oder der Wald sogar zu einer THG-Quelle werden. Um den Wald widerstandsfähiger gegen Störungen zu machen, ist des Weiteren ein Waldumbau notwendig. Da zum jetzigen Zeitpunkt die Entwicklung in den nächsten Jahren, speziell auf Ebene von Einzelkommunen, nur mit sehr großen Unsicherheiten prognostiziert werden kann, wird in den Szenarien in dieser Studie vereinfacht davon ausgegangen, dass die Senkenleistung der Wälder in den Beispielkommunen durch Extensivierung der Waldbewirtschaftung und Waldumbau bewahrt werden kann. Es wird von einer konstanten Senkenleistung vom Ausgangsjahr über die Stützjahre bis zum Zieljahr ausgegangen. Aufgrund des Umfangs dieser Studie sowie den Unsicherheiten einer Modellierung auf kommunaler Ebene erfolgt keine Sensitivitätsanalyse hinsichtlich der Entwicklung der Senkenleistung abhängig der Störungsintensität sowie der Nutzungsintensität.

Zwischen den Bereichen Landwirtschaft und Landnutzung bestehen Wechselwirkungen, die auf kommunaler Ebene nur schwer abgebildet werden können und deshalb in den Szenarien in dieser Studie vernachlässigt werden. In diesem Zusammenhang ist die Nachnutzung von freiwerdenden Futterflächen zu nennen. Diese entstehen, da durch die angenommene Änderung von Ernährungsgewohnheiten, also einem geringeren Konsum tierischer Produkte, ein geringerer Bedarf an Tierfutter resultiert. Eine mögliche Nachnutzung dieser freiwerdenden Flächen ist eine Aufforstung, wodurch die Senkenleistung der Kommune gesteigert werden könnte. Eine andere Möglichkeit ist die Errichtung von PV- Freiflächenanlagen, die entsprechend der BSKO-Systematik keinen Einfluss auf die THG-Bilanz der Kommune hätten, aber einen wichtigen Beitrag zur treibhausgasneutralen Stromversorgung in Deutschland leisten. Des Weiteren besteht eine Wechselwirkung zwischen der Wiedervernässung von Mooren und den

Tierbeständen, die in dieser Studie ebenfalls vernachlässigt wurde. Trockengelegte Moore werden häufig als Grünland für die Viehwirtschaft verwendet. Bei einer Wiedervernässung gehen diese Futterflächen verloren, was wiederum eine Abstockung von Tierbeständen zur Folge haben kann. Die THG-Reduktion der Landwirtschaft in Höhe von 56 %, die in dieser Studie angenommen wird, basiert zwar unter anderem auf einer Abstockung von Tierbeständen, jedoch wird in den Szenarien nicht differenziert, inwieweit diese durch Ernährungs- bzw. Nachfrageänderungen oder durch Umnutzung von Futterflächen resultiert.

Tabelle 5: Zentrale Eckdaten der Szenarien im nicht-energetischen Bereich

Charakteristika	Kommunen im 2045-Tempo	Kommunen im 2030-Tempo
Abfall und Abwasser – Entwicklung THG-Emissionen gegenüber 2021	Halbierung bis 2045	Halbierung bis 2030
Industrie (Zement) – Entwicklung THG-Emissionen gegenüber 2021	THG-Emissionen konstant	
Landwirtschaft – Entwicklung THG-Emissionen gegenüber 2021	Reduktion um 56 % bis 2045	Reduzierung der THG-Emissionen auf landwirtschaftlichen Flächen im kommunalen Besitz um 56 % bereits bis 2030
Wiedervernässung trockengelegter Moore	80 % bis 2045	80 % der Moore auf Flächen in kommunaler Hand bereits bis 2030
Wälder	Senkenleistung kann durch Extensivierung der Waldbewirtschaftung und Waldumbau bewahrt werden	

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

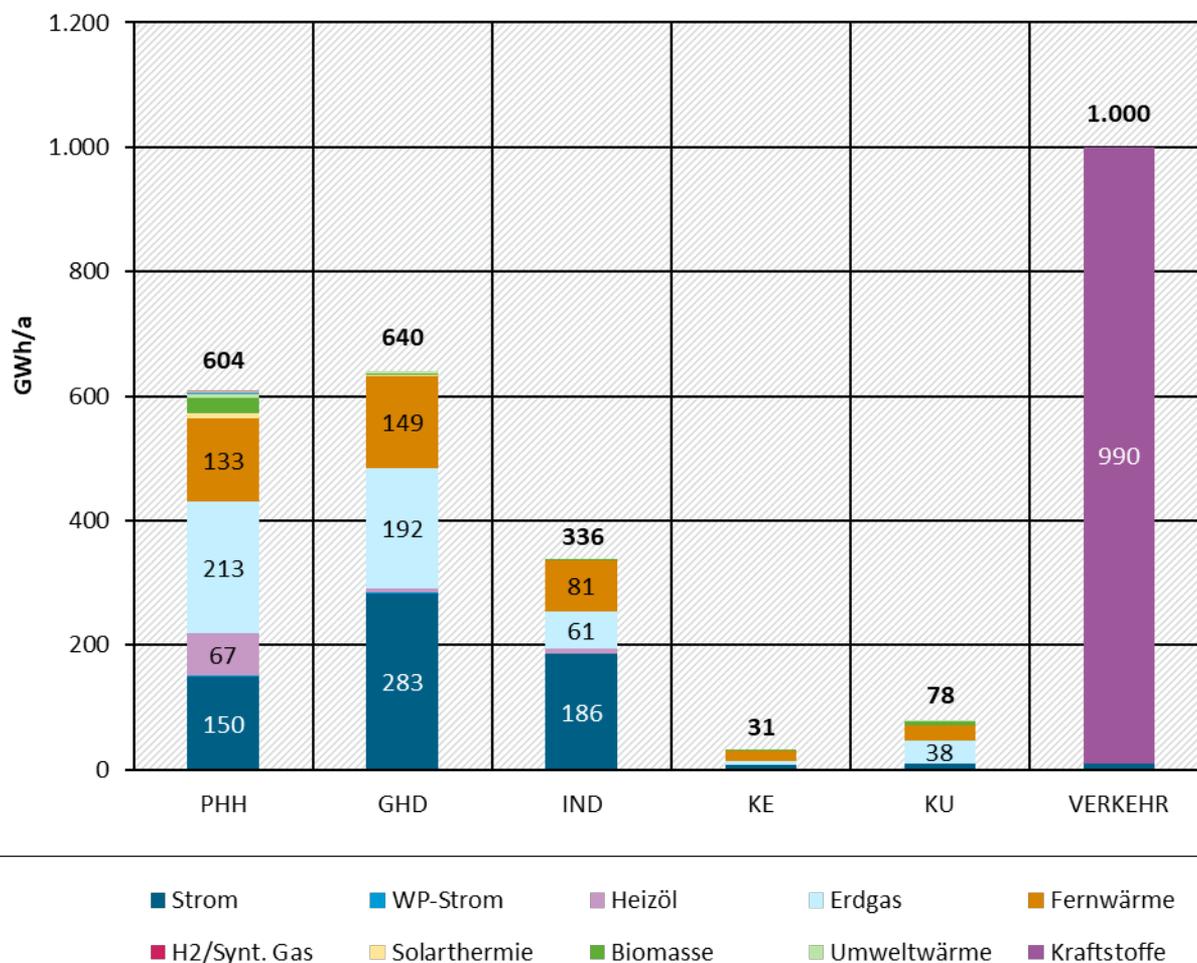
3.1.3 Analyseergebnisse

3.1.3.1 Beispielkommune 1 – „Großstadt“

Im folgenden Unterkapitel werden die Analyseergebnisse der Beispielkommune 1 (Großstadt) aufgeführt und interpretiert. Es erfolgt jeweils eine Gegenüberstellung der Entwicklungen in der Beispielkommune im 2045-Tempo mit denen im 2030-Tempo. Im ersten Abschnitt werden die Endenergieverbräuche im Ausgangsjahr und in deren Entwicklung bis zum Jahr 2045 dargelegt. Im zweiten Abschnitt folgt die Darstellung der THG-Bilanzen. Im letzten Abschnitt werden die Einflussmöglichkeiten der Beispielkommune im Ausgangsjahr sowie in der zeitlichen Entwicklung anhand von sogenannten „Einflussbilanzen“ abgebildet.

Endenergiebilanzen

Abbildung 10 zeigt die aktuelle Situation der Endenergieverbräuche in Beispielkommune 1 im Ausgangsjahr 2021, aufgeschlüsselt nach Energieträgern und Verbrauchssektoren. Der gesamte Endenergieverbrauch liegt bei 2.690 GWh/a.

Abbildung 10: Endenergiebilanz Beispielkommune 1 im Ausgangsjahr (2021)

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Der Verkehr ist der größte Einzelverbraucher mit einem Verbrauch von 1.000 GWh/a, der fast ausschließlich aus Kraftstoffen besteht. Ein Grund für den hohen Einzelverbrauch im Verkehr sind die Autobahnen, die über das Territorium der Kommune verlaufen. Diese werden jedoch nicht ausschließlich für den Transitverkehr, sondern auch von Einwohner*innen, Einpendler*innen sowie Besucher*innen der Kommune verwendet. Insgesamt fällt in der Beispielkommune 1 etwa die eine Hälfte des Verkehrsaufkommens auf Transitverkehr und die andere Hälfte auf Quell- und Zielverkehr sowie Binnenverkehr.

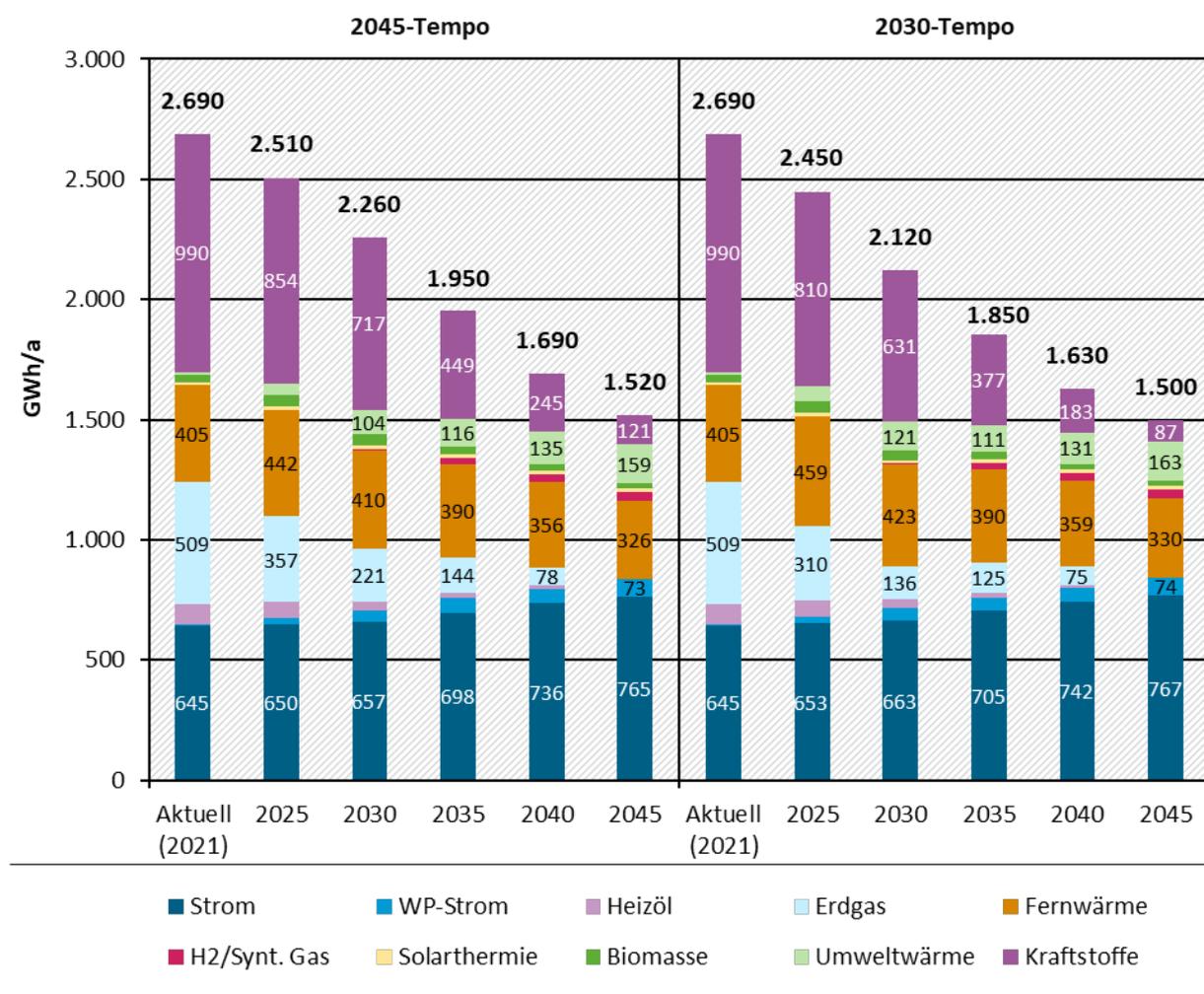
Private Haushalte (PHH) sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) haben ebenfalls relevante Energieverbräuche. Der Verbrauch des Sektors PHH liegt bei 604 GWh/a und der des Sektors GHD bei 640 GWh/a. Bei den privaten Haushalten dominieren Erdgas (213 GWh/a) und Fernwärme (133 GWh/a). Der Gewerbesektor nutzt vor allem Strom (283 GWh/a) und Erdgas (192 GWh/a). Die Industrie (IND) hat einen Verbrauch von 336 GWh/a, hauptsächlich durch Strom (186 GWh/a) und Erdgas (61 GWh/a). Heizöl spielt nur noch im Sektor private Haushalte eine Rolle (67 GWh/a). Neben der Endenergieerduktion ist der Umstieg von Erdgas und Heizöl auf erneuerbare Wärmeversorgung eine große Herausforderung im stationären Bereich.

Biomasse und Solarthermie spielen eine geringe Rolle im Gesamtkontext, mit Biomasse hauptsächlich in privaten Haushalten (26 GWh/a). Wärmepumpenstrom (WP-Strom) und Umweltwärme haben einen marginalen Anteil am Gesamtverbrauch.

Der Anteil der kommunalen Einrichtungen am gesamten Endenergieverbrauch liegt (wie für Kommunen typisch) bei 1 %. Der Anteil der kommunalen Unternehmen ist mit 3 % relativ hoch und bietet ein großes Potenzial für Energieeinsparungen.

Insgesamt zeigt sich, dass die Energieträger Kraftstoffe, Erdgas, Strom und Fernwärme die wesentlichen Verbrauchsquellen sind, wobei Verkehr, private Haushalte und Gewerbe die Hauptverbrauchssektoren darstellen.

Abbildung 11: Entwicklung der Endenergieverbräuche in Beispielkommune 1



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Abbildung 11 zeigt die Entwicklung der Endenergieverbräuche von Beispielkommune 1. Es werden 2045-Tempo und 2030-Tempo gegenübergestellt.

Im Jahr 2030 beträgt der Endenergiebedarf im 2045-Tempo 2.260 GWh/a, was einer Reduktion um 16 % gegenüber dem Jahr 2021 entspricht. Durch die schnellere Umsetzung der kommunalen Maßnahmen mit einer Ausrichtung auf das Zieljahr 2030 kann die Endenergiereduktion im 2030-Tempo im gleichen Zeitraum um 5 Prozentpunkte erhöht werden. Der Vorteil ist u.a. darauf zurückzuführen, dass die kommunalen Unternehmen und Einrichtungen ihre Effizienzpotenziale bereits 2030 vollständig ausgeschöpft haben. Des

Weiteren kann durch höchst ambitionierte kommunale Maßnahmen im Bereich Motivieren/Informieren eine schnellere Effizienzsteigerung in den Sektoren Private Haushalte, GHD und Industrie erzielt werden. Durch den beschleunigten Ausbau des ÖPNVs können die Fahrleistungen im Binnen- und Quell-Ziel-Verkehr reduziert und somit eine relevante Endenergieeinsparung im Bereich der Kraftstoffe erzielt werden.

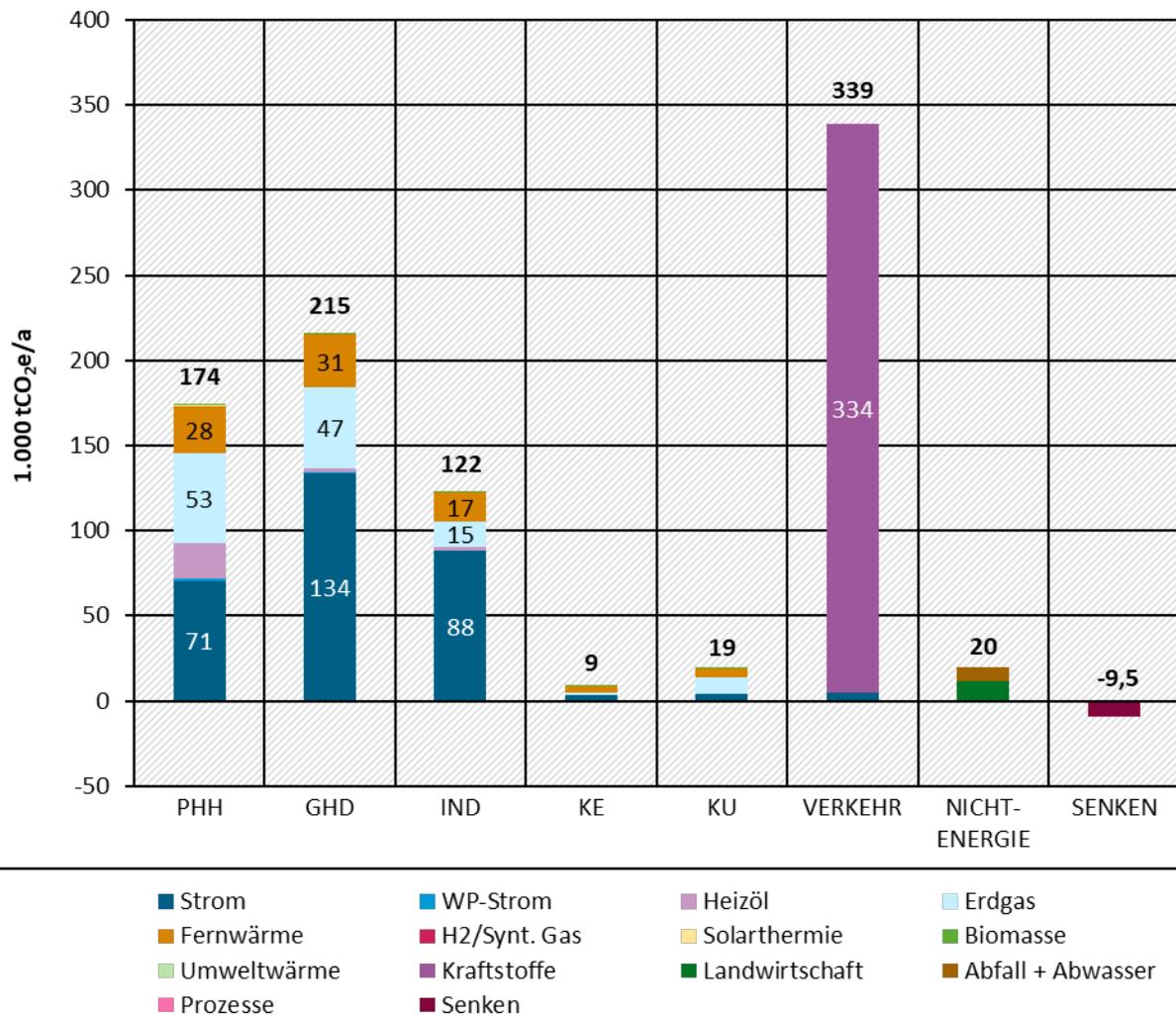
Bis zum Jahr 2045 kann die Beispielkommune 1 im 2045-Tempo ihren Endenergiebedarf auf 1.520 GWh/a senken, was gegenüber dem Jahr 2021 einer Reduktion um 44 % entspricht. Im 2030-Tempo sinkt der Endenergiebedarf auf 1.500 GWh/a (Reduktion ebenfalls 44 % gegenüber 2021). Die Kommune im 2045-Tempo kann also bis zum Jahr 2045 bei der Endenergieeinsparung aufholen, da die Effizienzpotenziale in den kommunalen Unternehmen und Einrichtungen ebenfalls ausgeschöpft werden. Des Weiteren werden im 2045-Tempo (im Gegensatz zum 2030-Tempo) auch im Zeitraum 2030 bis 2045 weiterhin kommunale Maßnahmen im Bereich Motivieren/Informieren umgesetzt, wodurch Privatpersonen und Unternehmen bei der Ausschöpfung ihrer Effizienzpotenziale unterstützt werden.

Treibhausgasbilanzen

Abbildung 12 zeigt die THG-Emissionen der Beispielkommune 1 nach Sektoren im Ausgangsjahr 2021. Insgesamt liegen die THG-Emissionen bei 899.000 t CO₂e/a.

Der Verkehrssektor ist mit 339.000 t CO₂e/a und einem Anteil von 38 % der größte Verursacher von THG-Emissionen. Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie zusammen verursachen 337.000 t CO₂e/a, was ebenfalls 38 % der Gesamtemissionen entspricht. Private Haushalte tragen mit 174.000 t CO₂e/a einen Anteil von 20 % bei. Der Anteil der kommunalen Einrichtungen an den Emissionen beträgt 1 %, während das kommunale Unternehmen bzw. die Wohnungsbaugesellschaft einen Anteil von 2 % hat. Eine Betrachtung der Energieträger zeigt, dass neben den Kraftstoffen im Verkehrssektor Strom, Erdgas und Fernwärme wesentliche Beiträge zu den THG-Emissionen der Beispielkommune 1 leisten.

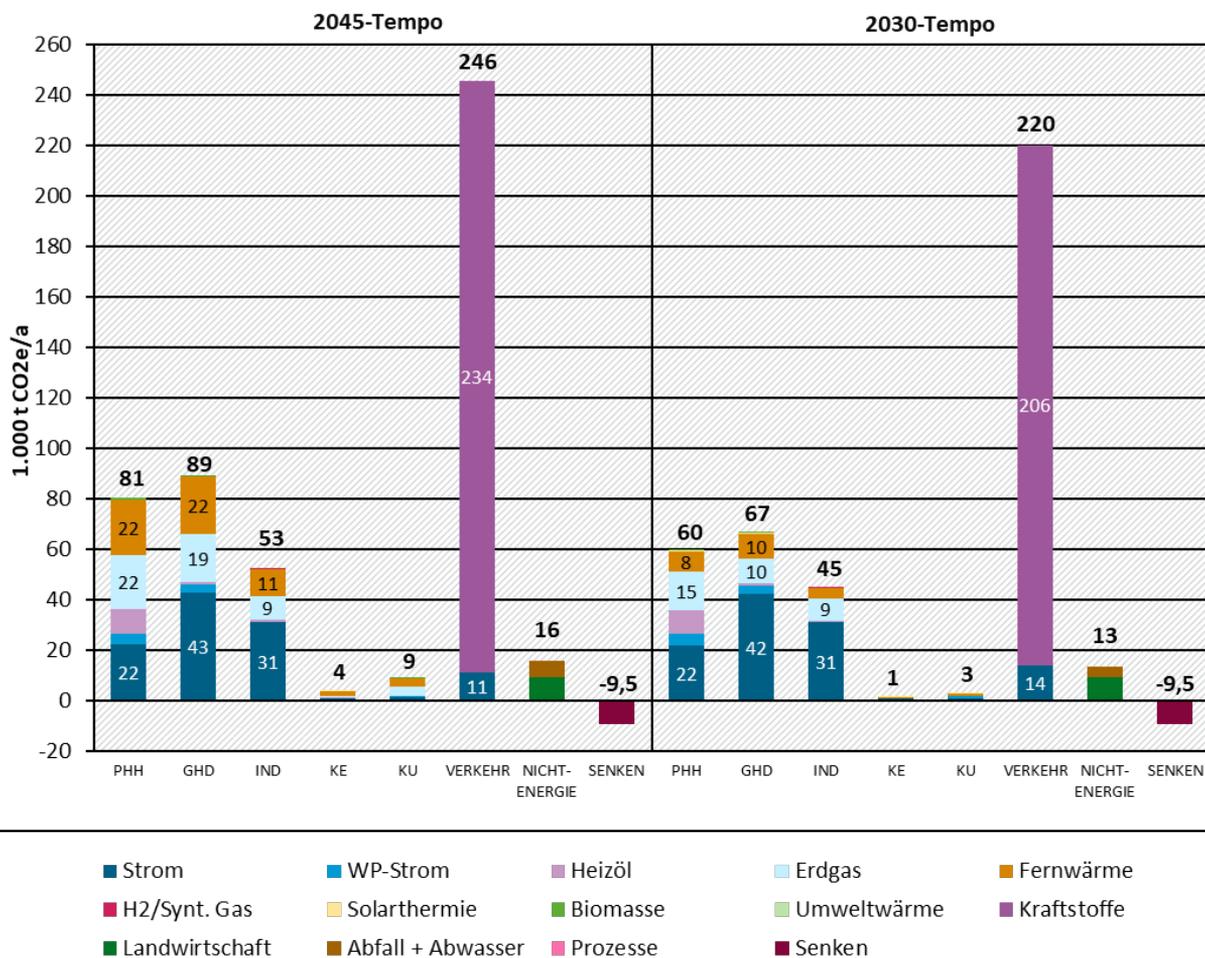
Die nicht-energetischen Emissionen machen insgesamt 2 % der Gesamtemissionen aus und verteilen sich etwa hälftig auf die Sektoren Landwirtschaft sowie Abfall und Abwasser. Der Wald der Beispielkommune 1 hat eine Senkenleistung von 9.500 t CO₂/a und liegt somit in Höhe von etwa 1 % der THG-Emissionen.

Abbildung 12: THG-Bilanz Beispieltkommune 1 im Ausgangsjahr (2021) – nach Sektoren

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

In Abbildung 13 werden die THG-Emissionen der Beispieltkommune 1 im Jahr 2030 sowohl im 2045-Tempo als auch im 2030-Tempo gegenübergestellt. Im 2045-Tempo liegen die THG-Emissionen bei 496.000 t CO₂e/a, was einer Reduktion gegenüber 2021 um 45 % entspricht. Die Reduktion kann im 2030-Tempo um 9 Prozentpunkte auf 54 % erhöht werden (409.000 t CO₂e/a). Dies hat mehrere Gründe:

Zum einen ist (wie bereits im Abschnitt „Endenergiebilanzen“ beschrieben) der Endenergieverbrauch im 2030-Tempo geringer als im 2045-Tempo. Zum anderen sind die THG-Emissionen aus der Fernwärme deutlich niedriger, da diese im 2030-Tempo im Jahr 2030 bereits dekarbonisiert ist. Die THG-Emissionen der Fernwärme liegen im 2030-Tempo bei 24.000 t CO₂e/a gegenüber 60.000 t CO₂e/a im 2045-Tempo. Auch die THG-Emissionen aus Erdgas und Heizöl sind im 2030-Tempo geringer (54.000 t CO₂e/a gegenüber 66.000 t CO₂e/a), da der Umstieg auf dezentrale Wärmepumpen und Fernwärme im 2030-Tempo schneller erfolgt.

Abbildung 13: THG-Bilanzen der Beispielkommune 1 im Jahr 2030 – nach Sektoren

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Die Restemissionen der Fernwärme im Jahr 2030 im 2030-Tempo sind durch den Stromverbrauch der Großwärmepumpen bedingt. Da der Anteil erneuerbarer Energien im Bundesstrommix im Jahr 2030 (unabhängig vom Tempo der Kommune) erst bei 80 % liegt, sind mit dem Stromverbrauch noch THG-Emissionen verbunden.

Durch die Ausschöpfung der Effizienzpotenziale sowie der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung bei den kommunalen Einrichtungen und kommunalen Unternehmen sind deren THG-Emissionen im Jahr 2030 im 2030-Tempo (mit 4.000 t CO_{2e}/a) deutlich geringer als im 2045-Tempo (13.000 t CO_{2e}/a). Die verbleibenden THG-Emissionen im 2030-Tempo sind auf den mit THG-Emissionen behafteten Bezug von Strom und Fernwärme zurückzuführen.

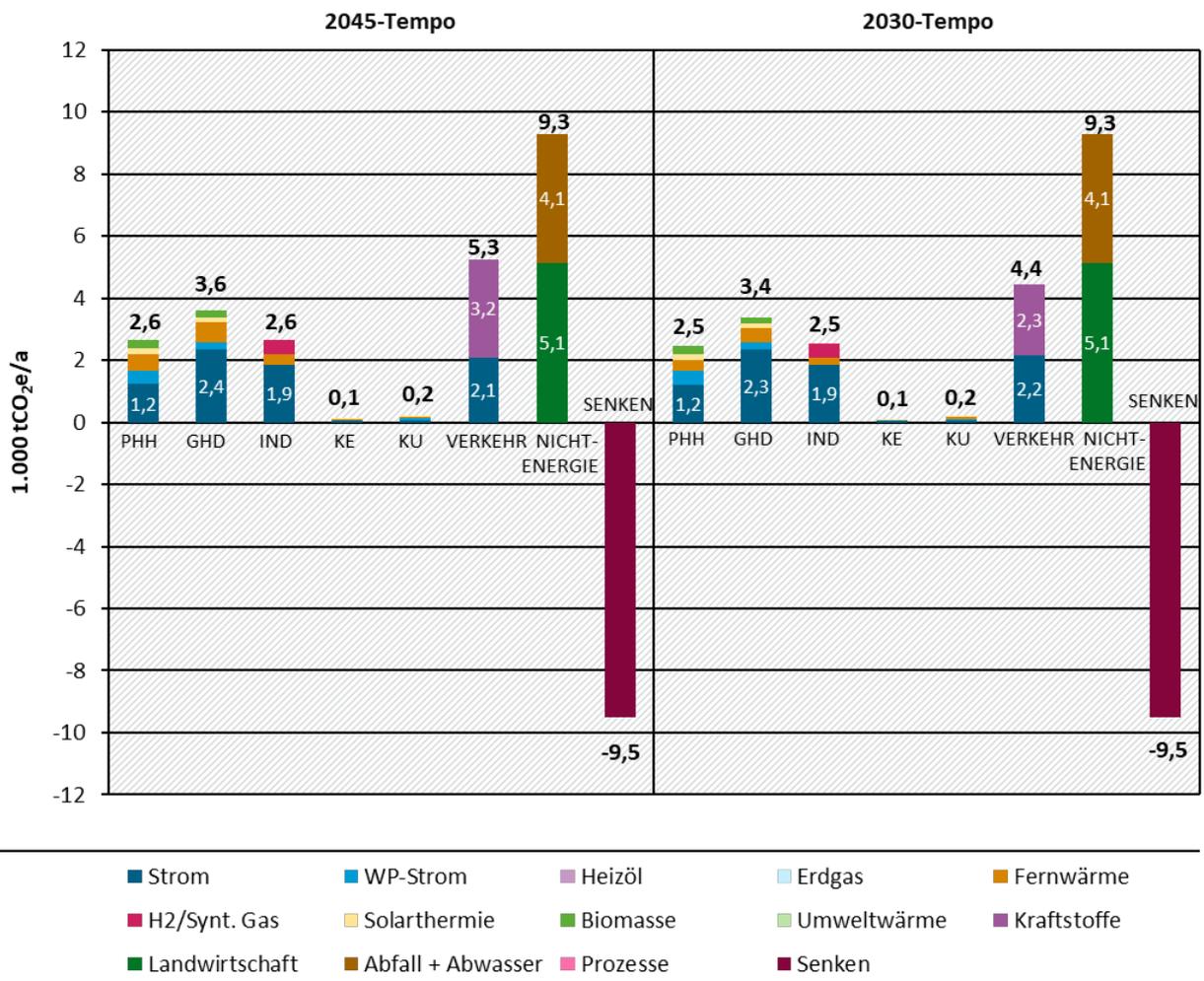
Durch die im 2030-Tempo bis zum Jahr 2030 beschleunigte Verbesserung der Angebote im Umweltverbund findet eine stärkere Verlagerung von Pkw-Fahrten statt. Des Weiteren kann im 2030-Tempo der Anteil der Elektromobilität erhöht werden. Dadurch liegen im 2030-Tempo die THG-Emissionen, die auf Kraftstoffe zurückzuführen sind, im Jahr 2030 bei 206.000 t CO_{2e}/a gegenüber 234.000 t CO_{2e}/a. Gleichzeitig liegen die THG-Emissionen, die auf den Stromverbrauch von Fahrzeugen zurückzuführen sind, im 2030-Tempo mit 14.000 t CO_{2e}/a etwa 3.000 t CO_{2e}/a über denen im 2045-Tempo.

Im Bereich der nicht-energetischen Emissionen sind die THG-Emissionen im 2030-Tempo (mit 13.000 t CO_{2e}/a) geringer als im 2045-Tempo (mit 16.000 t CO_{2e}/a), da im 2030-Tempo

technisch mögliche Maßnahmen im Sektor Abfall und Abwasser bereits bis 2030 umgesetzt wurden. Da die Kommune keine landwirtschaftlichen Flächen im kommunalen Besitz hat, unterscheiden sich die Emissionen in diesem Sektor zwischen dem 2030-Tempo und dem 2045-Tempo nicht.

Abbildung 14 zeigt die THG-Bilanzen der Beispielkommune 1 im Jahr 2045, dem Zieljahr der nationalen Treibhausgasneutralität. Im 2045-Tempo liegen die THG-Emissionen im Jahr 2045 in der Summe über alle Sektoren bei 23.000 t CO₂e/a und im 2030-Tempo bei 22.000 t CO₂e/a. Diese im Jahr 2045 verbleibenden THG-Emissionen sind zu zwei Dritteln unvermeidbare energiebedingte THG-Emissionen und zu einem Drittel unvermeidbare THG-Emissionen aus Abfall, Abwasser sowie Landwirtschaft. Die Kommune im 2045-Tempo kann bis zum Jahr 2045, parallel zum Endenergiebedarf, auch bei den THG-Emissionen gegenüber der Kommune im 2030-Tempo nahezu aufholen. Auch im Bereich der nicht-energetischen Emissionen sind die Kommunen im 2030-Tempo und im 2045-Tempo gleichauf, da bis zum Jahr 2045 in beiden Tempi die technisch möglichen Maßnahmen im Sektor Abfall und Abwasser umgesetzt werden.

Abbildung 14: THG-Bilanzen der Beispielkommune 1 im Jahr 2045 – nach Sektoren

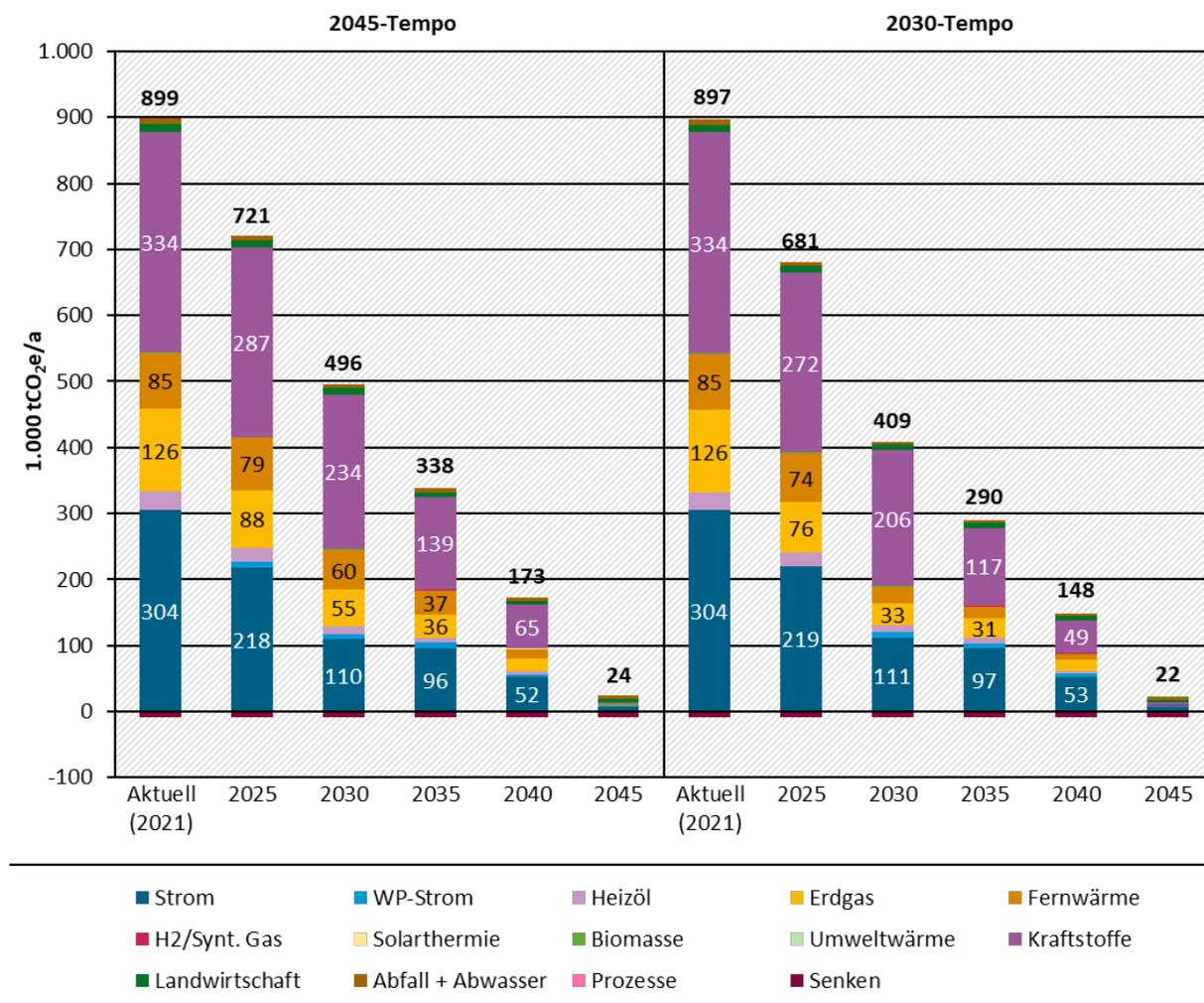


Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Den THG-Emissionen steht eine Senkenleistung in Höhe von 9.500 t CO₂/a gegenüber. Die THG-Emissionen übersteigen sowohl im 2045-Tempo als auch im 2030-Tempo die Senkenleistung.

Ein Treibhausgasneutralität entsprechend der Definition in Kapitel 2.1 kann folglich auch bei Ausschöpfen der vollständigen Klimaschutzpotenziale nicht erreicht werden.

Abbildung 15: Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 1 – nach Sektoren



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Zusammenfassend zeigt Abbildung 15 die Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 1 bis zum Jahr 2045, jeweils im 2045-Tempo und im 2030-Tempo. Die kumulierten THG-Emissionen (2021 bis 2045) liegen im 2045-Tempo bei 10,6 Mio. t CO₂e und im 2030-Tempo bei 9,6 Mio. t CO₂e. Durch die schnellere Umsetzung der kommunalen Maßnahmen im 2030-Tempo wurden somit zwischen 2021 und 2045 in der Summe 9 % weniger Treibhausgase in die Atmosphäre emittiert.

Einflussbilanzen

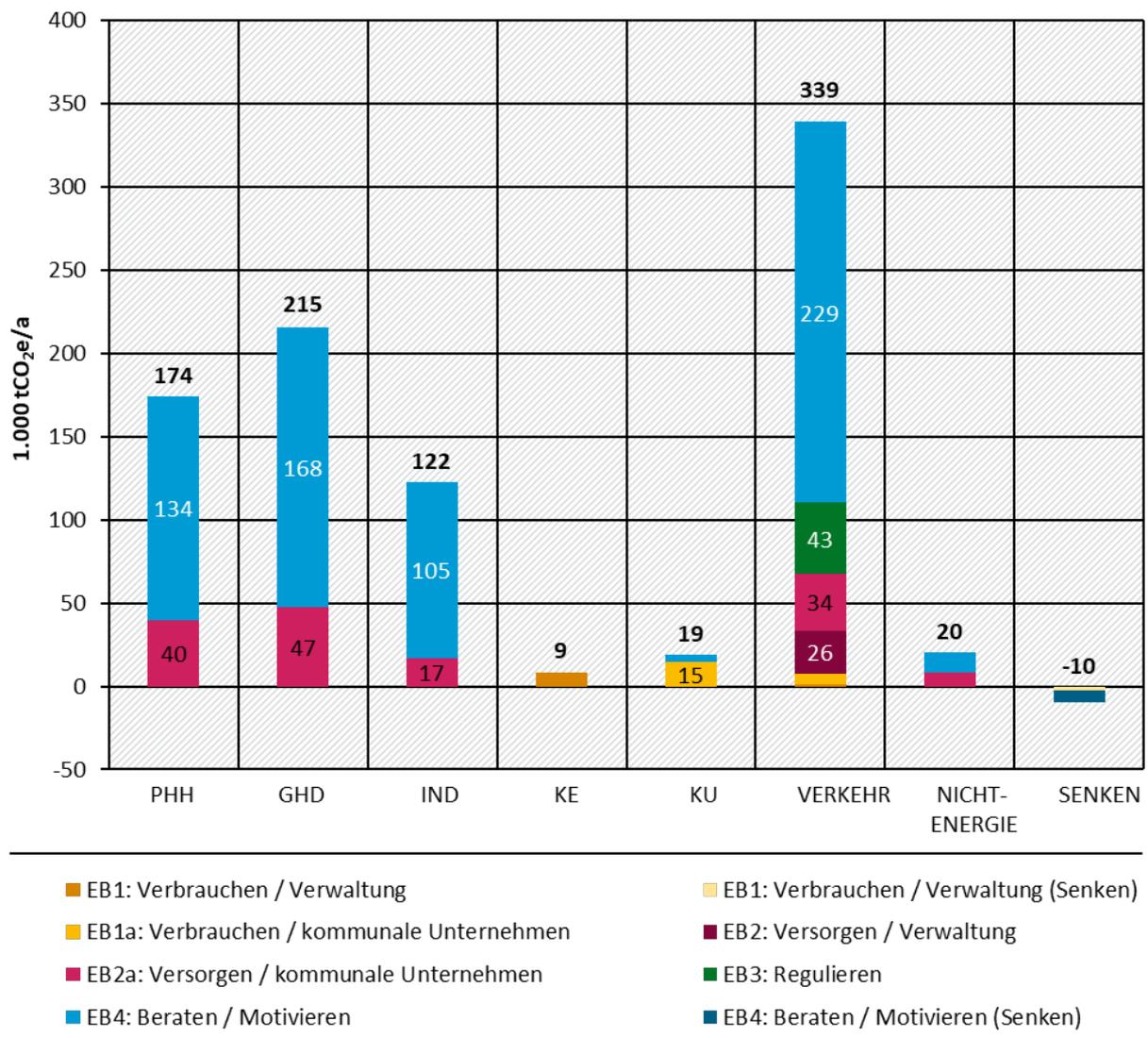
In Abbildung 16 sind die THG-Emissionen der Beispielkommune 1 im Ausgangsjahr (2021) nach Sektoren und Einflussbereichen dargestellt.

Auf den Einflussbereich 1 (EB1 „Verbrauchen / Verwaltung“) fallen 1 % der THG-Emissionen. Diese können direkt durch die Kommune beeinflusst werden, bspw. durch Sanierung der kommunalen Gebäude sowie den Einsatz effizienter Straßenbeleuchtung.

In den Einflussbereich 1a (EB1a „Verbrauchen / kommunale Unternehmen“) fallen 2 % der THG-Emissionen. In EB1a finden sich die THG-Emissionen wieder, die mit dem Energieverbrauch

kommunaler Unternehmen verbunden sind. Diese können über den Einfluss der Kommunalpolitik auf die kommunalen Unternehmen adressiert werden. In den EB1a fallen im Verkehrsbereich die THG-Emissionen der Stadtbusse, die von den Stadtwerken betrieben werden.

Abbildung 16: THG-Bilanz Beispielkommune 1 im Ausgangsjahr (2021) – nach Einflussbereichen



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Der Einflussbereich 2 (EB2 „Versorgen / Verwaltung“) umfasst die THG-Emissionen, die bspw. durch den Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur und den Rückbau von Parkplätzen/Pkw-Straßenraum (Straßenumgestaltung) beeinflusst werden. In Beispielkommune 1 fallen 3 % der THG-Emissionen in den EB2.

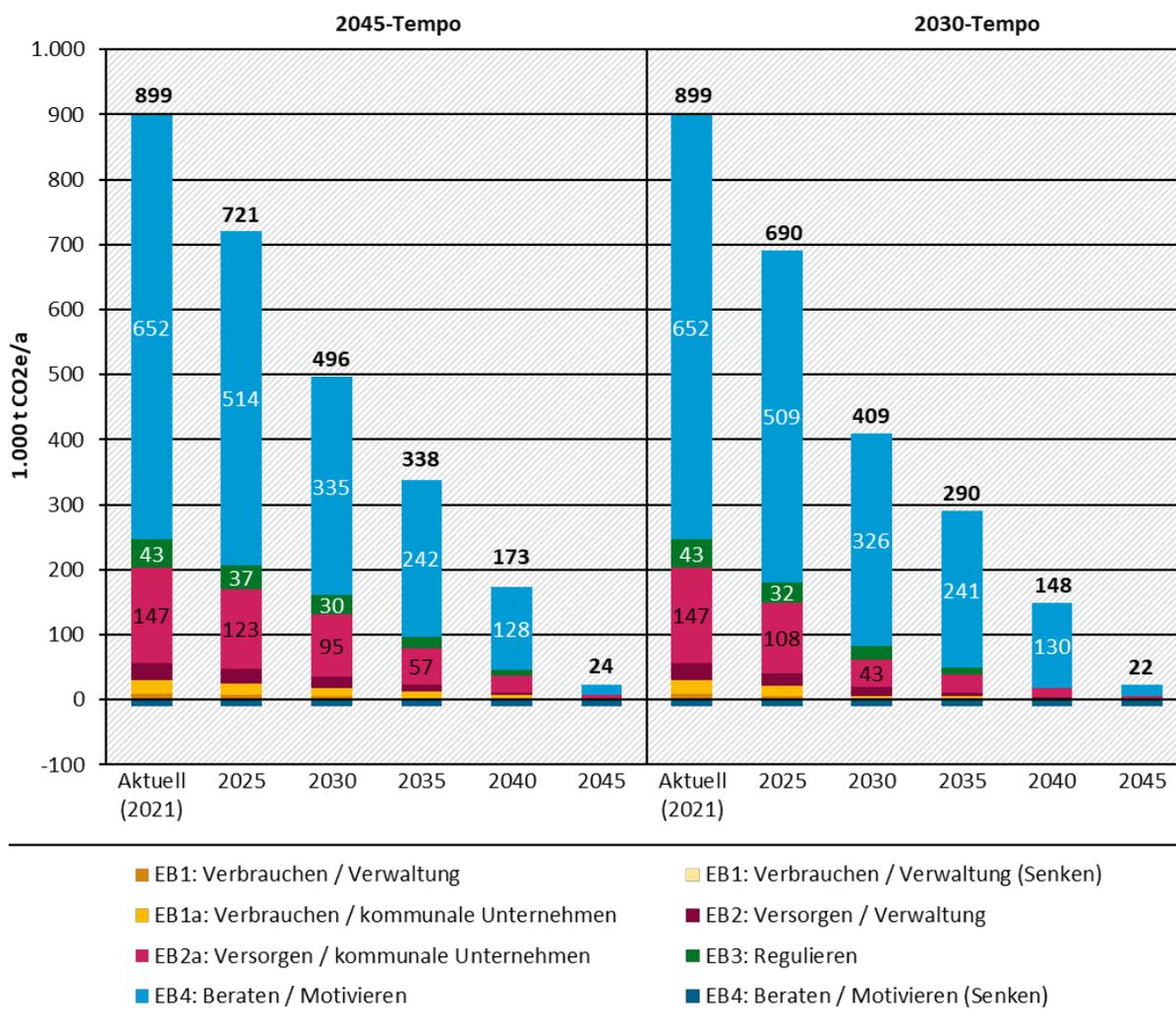
In den Einflussbereich 2a (EB 2a „Versorgen / kommunale Unternehmen“) fallen 16 % der THG-Emissionen. Diese können durch Fernwärmeausbau, der Dekarbonisierung der Fernwärme sowie den Ausbau des ÖPNV-Angebots adressiert werden. Auch die Emissionen des Sektors Abfall und Abwasser fallen in den EB 2a.

Die THG-Emissionen, die durch regulierende Maßnahmen vor allem im Verkehrsbereich beeinflusst werden können, fallen in den Einflussbereich 3 (EB3 „Regulierung & Planung“). In Beispielkommune 1 liegen 5 % der THG-Emissionen im EB3.

Um die THG-Emissionen im Einflussbereich 4 (EB4 „Beraten/Motivieren“) zu adressieren, kann die Kommune Maßnahmen im informierenden oder fiskalischen Bereich anwenden (u.a. Informationskampagnen, Förderprogramme, etc.). 73 % der THG-Emissionen der Beispielkommune 1 fallen in diesen Einflussbereich. Dabei muss allerdings beachtet werden, dass die Kommune nicht alle Emissionen des EB4 gleich gut adressieren kann. Beispielsweise sind die kommunalen Instrumente besser darauf ausgelegt im Bereich PHH erfolgreich Klimaschutz-Maßnahmen anzureizen als im Bereich Industrie, auf den andere Ebenen deutlich mehr Einfluss haben.

Abbildung 17 zeigt die Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 1 vom Ausgangsjahr 2021 bis zum Zieljahr 2045 unterteilt nach Einflussbereichen. Der Blick auf das Jahr 2030 ist dabei von speziellem Interesse, da sichtbar wird, welche THG-Emissionen bis zu diesem Jahr durch kommunale Maßnahmen besonders stark reduziert werden können.

Abbildung 17: Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 1 – nach Einflussbereichen



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Speziell in den Einflussbereichen EB1 und EB1a sind THG-Emissionen im Jahr 2030 beim 2030-Tempo (mit in der Summe 6.400 t CO₂e/a) deutlich geringer als beim 2045-Tempo (mit in der Summe 18.000 t CO₂e/a). Restemissionen in den EB1 und EB1a sind auf den Strom- und Fernwärmebezug zurückzuführen, die im Jahr 2030 (aufgrund des Bundesmix) noch relevante THG-Emissionen aufweisen. Strom wird in EB1 und EB1a im Jahr 2030 im relevanten Umfang für den Betrieb von Wärmepumpen sowie den Betrieb der elektrifizierten Stadtbusse benötigt.

Die THG-Emissionen, die durch direkte Versorgungsangebote der Kommune (wie bspw. den Ausbau von Radwegen) adressiert werden können, fallen in den Einflussbereich EB2. Bis zum Jahr 2030 können im 2030 -Tempo die THG-Emissionen in diesem Einflussbereich auf 13.000 t CO₂e/a gegenüber 18.000 t CO₂e/a im 2045-Tempo reduziert werden.

In EB2a liegen im Jahr 2030 die THG-Emissionen im 2030-Tempo (mit 43.000 t CO₂e/a) ebenfalls deutlich unter denen im 2045-Tempo (mit 95.000 t CO₂e/a). Hintergründe sind zum einen die Dekarbonisierung der Fernwärme und zum anderen, dass durch den Ausbau der Fernwärme ehemalige Gas-Kunden zu Fernwärme-Kunden wurden. Restemissionen im EB2a im Jahr 2030 kommen überwiegend daher, dass trotz Dekarbonisierung der Fernwärme, mittels der Errichtung von Großwärmepumpen, auch der Betrieb dieser Wärmepumpen, mit THG-Emissionen verbunden ist (Bundesstrommix). Des Weiteren fallen im Verkehrssektor 50 % des Quell-Ziel-Verkehrs in den EB2a. Dieser kann, trotz starker Reduzierung der MIV-Fahrleistungen durch den umfangreichen Ausbau des ÖPNV-Angebots, auch bis 2030 nicht vollständig reduziert werden.

Auch im EB4 können durch kommunale Maßnahmen relevante Einsparungen erzielt werden. Diese liegen im Jahr 2030 im 2045-Tempo bei 335.000 t CO₂e/a und im 2030-Tempo bei 326.000 t CO₂e/a. Die THG-Emissionsreduktion von 9.000 t CO₂e/a liegt in einer vergleichbaren Größenordnung des THG-Vorteils des 2030-Tempo in den EB1 und EB1a und hat somit ebenfalls einen bedeutsamen Klimaschutzbeitrag.

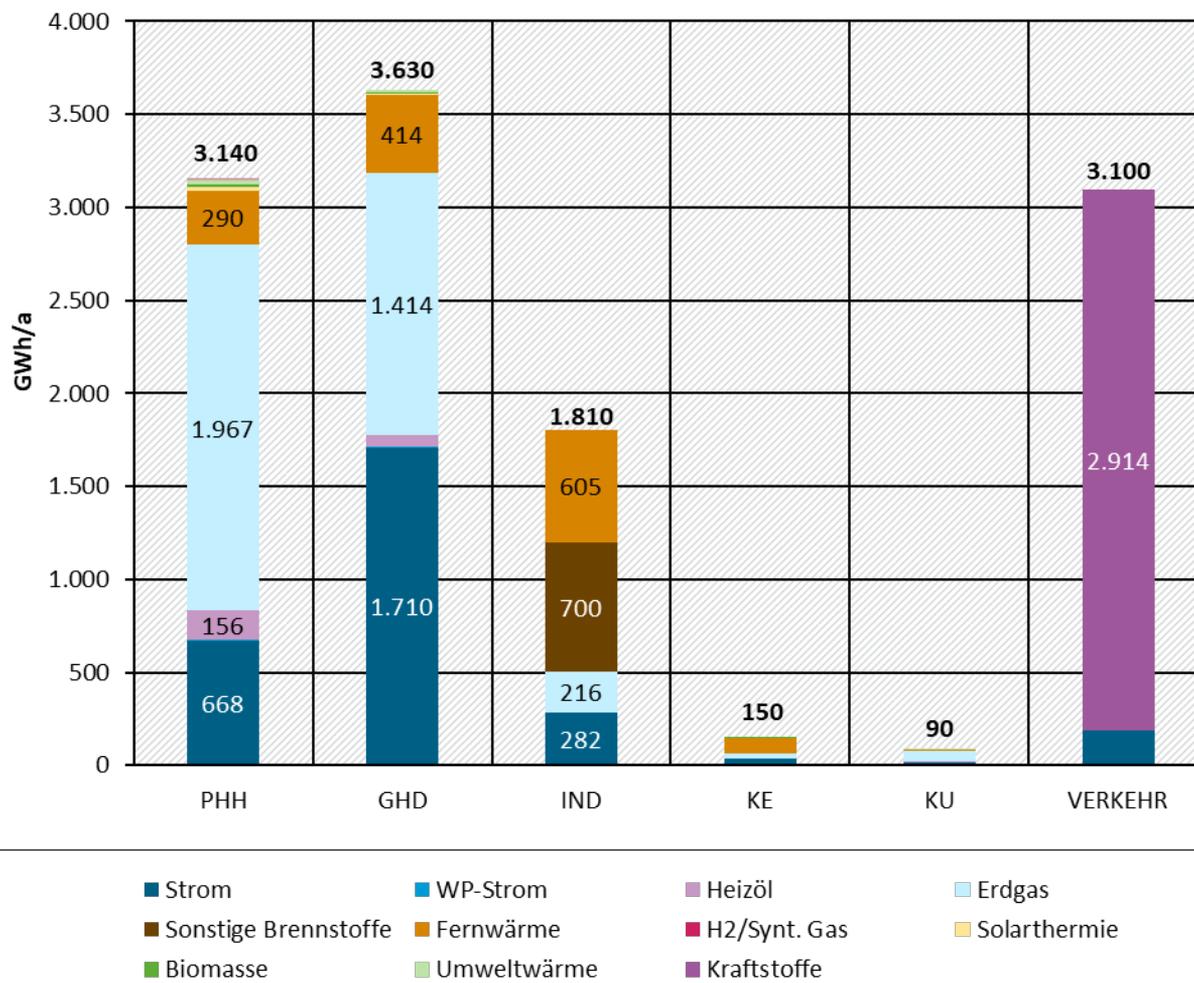
3.1.3.2 Beispielkommune 2 – „Industrie-geprägte Kommune“

Im folgenden Unterkapitel werden die Analyseergebnisse der Beispielkommune 2 (Industrie-geprägte Kommune) aufgeführt und interpretiert. Es erfolgt jeweils eine Gegenüberstellung der Entwicklungen in der Beispielkommune im 2045-Tempo mit denen im 2030-Tempo. Im ersten Abschnitt werden die Endenergieverbräuche im Ausgangsjahr und in deren Entwicklung bis zum Jahr 2045 dargelegt. Im zweiten Abschnitt folgt die Darstellung der THG-Bilanzen. Im letzten Abschnitt werden die Einflussmöglichkeiten der Beispielkommune im Ausgangsjahr sowie in der zeitlichen Entwicklung anhand von sogenannten „Einflussbilanzen“ abgebildet.

Endenergiebilanzen

Abbildung 18 zeigt die aktuelle Situation der Endenergieverbräuche in Beispielkommune 2 im Ausgangsjahr 2021. Insgesamt liegt der Endenergieverbrauch bei 11.910 GWh/a.

Der Sektor GHD ist mit 3.630 GWh/a der größte Verbrauchssektor, gefolgt von den privaten Haushalten mit 3.140 GWh/a und vom Verkehr mit 3.100 GWh/a. Neben den Kraftstoffen im Verkehrssektor spielen Erdgas, Strom und Fernwärme in allen Sektoren eine relevante Rolle. Heizöl hingegen nur noch in den privaten Haushalten sowie im Sektor GHD und auch dort nur eine untergeordnete. Im Sektor Industrie kommen durch das Zementwerk sonstige Brennstoffe bzw. Sekundärbrennstoffe in Höhe von 700 GWh/a zum Einsatz. Der Anteil der kommunalen Einrichtungen und Unternehmen mit in der Summe 2 % des gesamten Endenergieverbrauchs ist typisch für eine Kommune.

Abbildung 18: Endenergiebilanz Beispielkommune 2 im Ausgangsjahr (2021)

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Abbildung 19 zeigt die Entwicklung der Endenergieverbräuche von Beispielkommune 2. Es werden 2045-Tempo und 2030-Tempo gegenübergestellt.

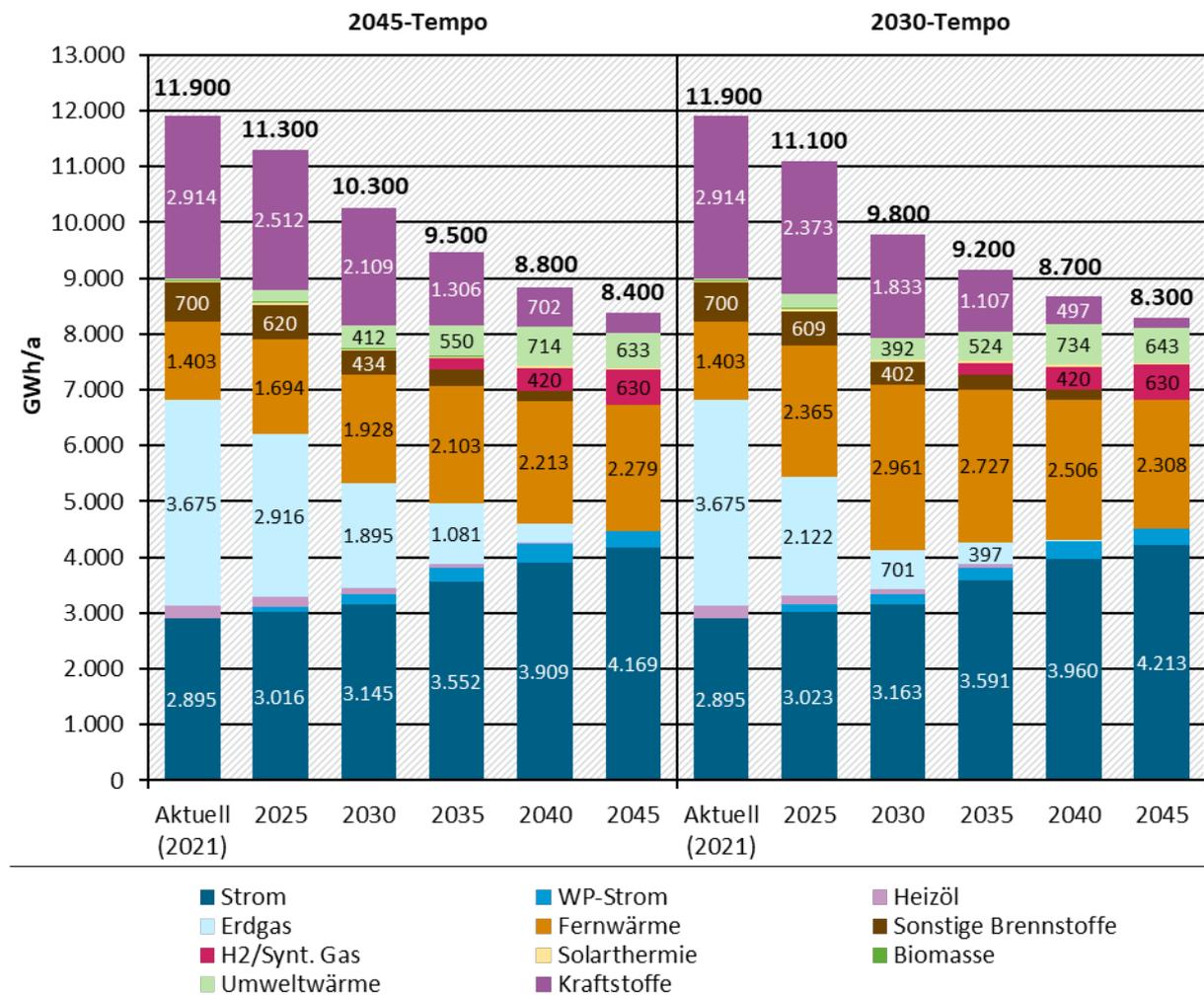
Im Jahr 2030 beträgt der Endenergiebedarf im 2045-Tempo 10.300 GWh/a, was einer Reduktion um 14 % gegenüber dem Jahr 2021 entspricht. Durch die Umsetzung der kommunalen Maßnahmen mit einer Ausrichtung auf das Zieljahr 2030 kann die Endenergiereduktion im 2030-Tempo in gleichen Zeitraum um 4 Prozentpunkte erhöht werden.

Bis zum Jahr 2045 kann die Beispielkommune 2 im 2045-Tempo ihren Endenergiebedarf auf 8.400 GWh/a senken, was gegenüber dem Jahr 2021 einer Reduktion um 30 % entspricht. Im 2030-Tempo sinkt der Endenergiebedarf auf 8.300 GWh/a (Reduktion um ebenfalls 30 % gegenüber 2021). Die Beispielkommune 2 kann im 2045-Tempo also (parallel zur Beispielkommune 1) bis zum Jahr 2045 bei der Endenergieeinsparung aufholen.

Im Vergleich zur Beispielkommune 1, in der der Endenergiebedarf bis zum Jahr 2045 um 44 % gesenkt werden konnte, ist die Endenergieeinsparung in Beispielkommune 2 sichtbar geringer. Hintergründe sind zum einen, dass Beispielkommune 2 bereits im Ausgangsjahr ein hohes ÖPNV-Level und einen geringeren Modal-Split-Anteil des MIV hat. Damit besteht im Verkehrssektor geringeres Potenzial zur Verlagerung von MIV auf den Umweltverbund und somit ein geringeres Potenzial zur Endenergieeinsparung. Zum anderen fällt in

Beispielkommune 2 mit 700.000 GWh/a ein relevanter Anteil des Endenergieverbrauchs auf das Zementwerk. Die mögliche Steigerung dessen thermische Effizienz ist jedoch mit 10 % (Purr et al. 2019) relativ gering.

Abbildung 19: Entwicklung der Endenergieverbräuche in Beispielkommune 2

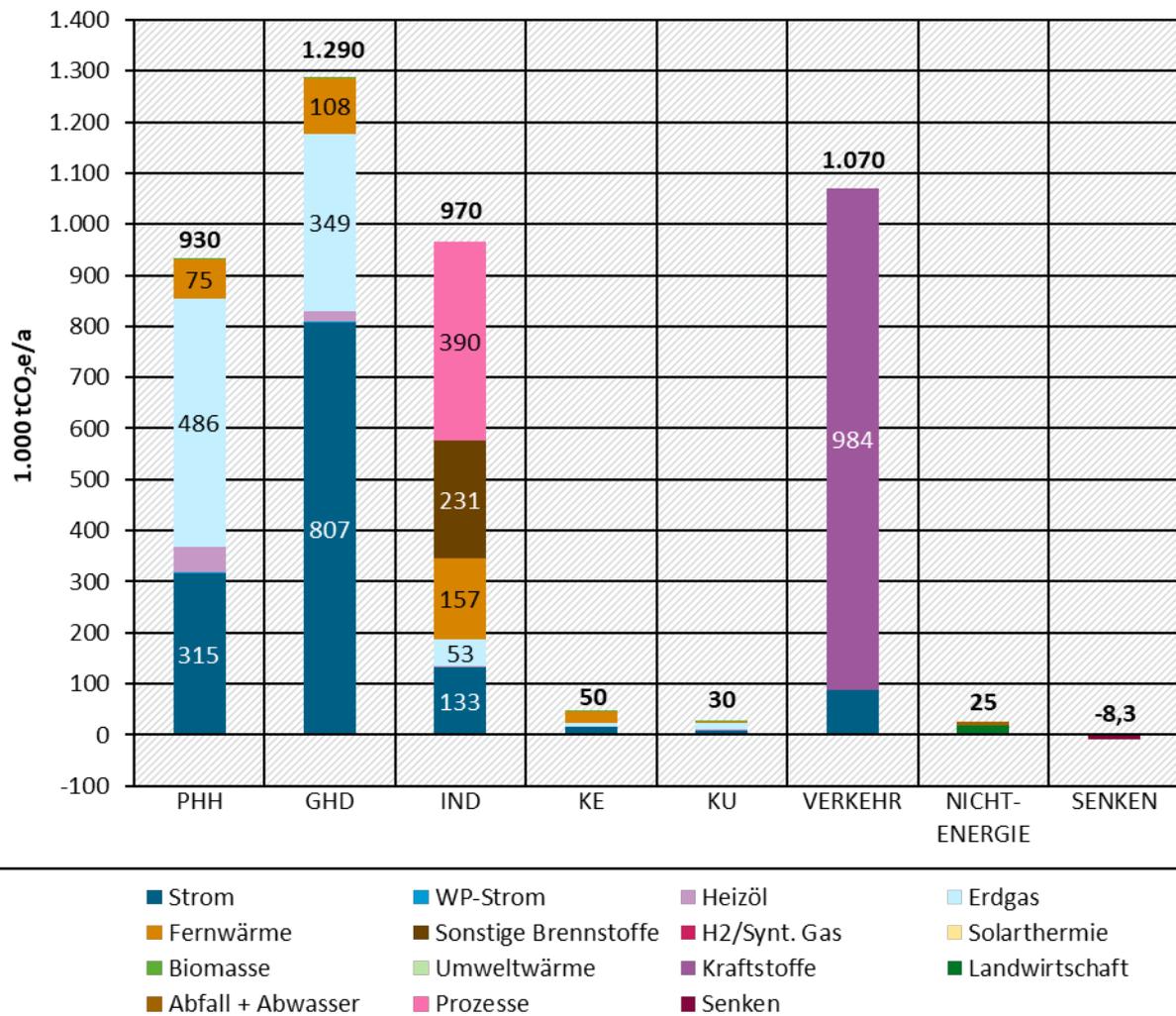


Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Treibhausgasbilanzen

Abbildung 20 zeigt die THG-Emissionen der Beispielkommune 2 nach Sektoren im Ausgangsjahr 2021. Insgesamt liegen die THG-Emissionen bei 4.350.000 t CO₂e/a. Mit 1.290.000 t CO₂e/a bzw. einem Anteil vom 30 % verursacht der Sektor GHD die meisten THG-Emissionen. Der Verkehrssektor ist mit 1.070.000 t CO₂e/a bzw. 25 % der zweitgrößte Emittent. Der Anteil der kommunalen Einrichtungen liegt bei 1,0 % und der der kommunalen Unternehmen bei 0,6 %.

Durch die die nicht-energetischen Prozessemissionen des Zementwerks fällt der Industriesektor in der THG-Bilanz stärker ins Gewicht als bei der Endenergiebilanz und liegt mit 970.000 t CO₂e/a vor den privaten Haushalten mit 930.000 t CO₂e/a. Die restlichen nicht-energetischen Emissionen, die aus der Abfall- und Abwasserbehandlung sowie der Landwirtschaft stammen, spielen mit 25.000 t CO₂e/a in Beispielkommune 2 eine untergeordnete Rolle. Der Wald der Beispielkommune 2 weist eine Senkenleistung von 8.300 t CO₂/a auf und liegt somit deutlich unter 1 % der THG-Emissionen.

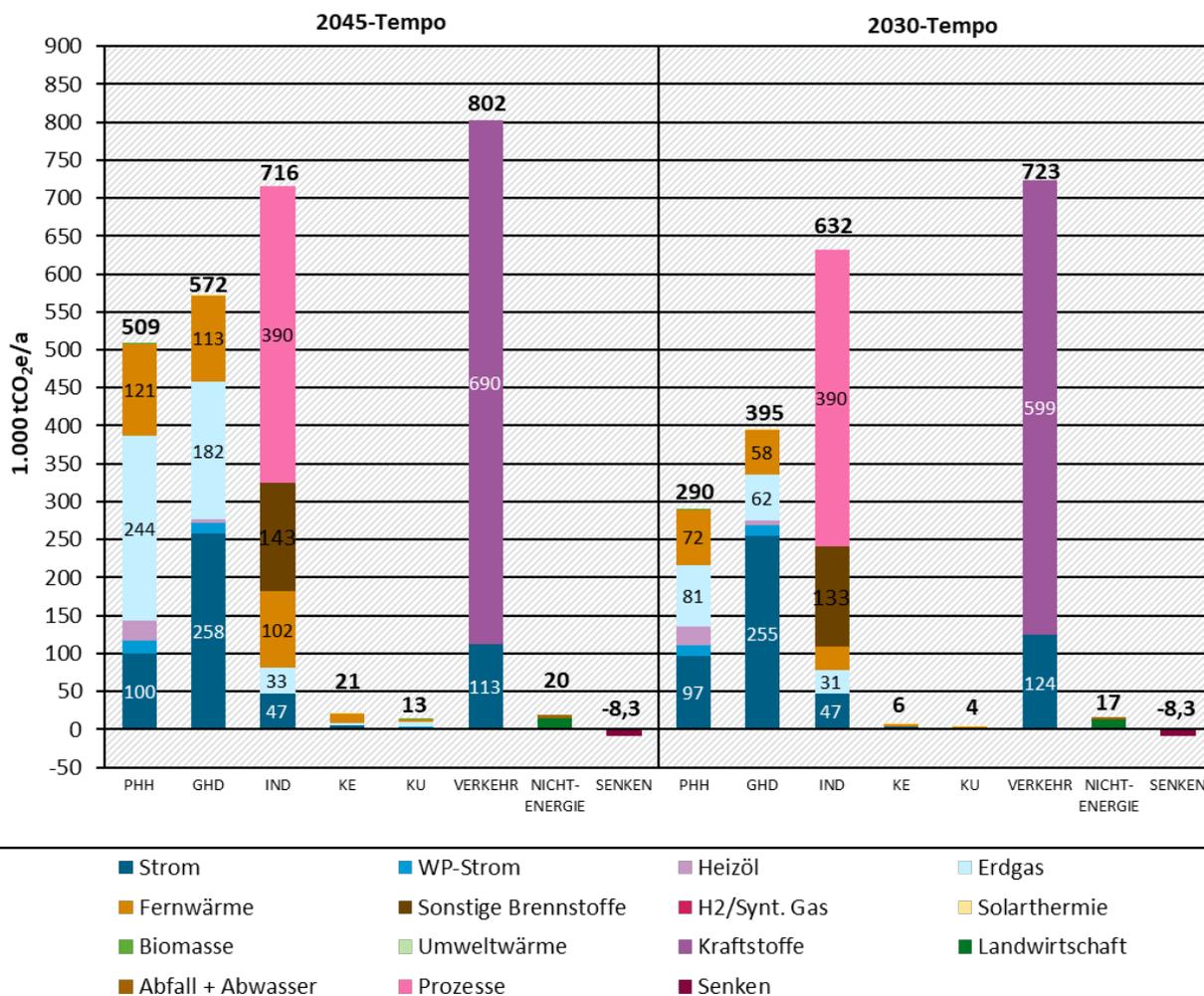
Abbildung 20: THG-Bilanz Beispielkommune 2 im Ausgangsjahr (2021) – nach Sektoren

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

In Abbildung 21 werden die THG-Emissionen der Beispielkommune 2 im Jahr 2030 sowohl im 2045-Tempo als auch im 2030-Tempo gegenübergestellt. Im 2045-Tempo liegen die THG-Emissionen bei 2.650.000 t CO₂e/a, was einer Reduktion gegenüber 2021 um 39 % entspricht.

Die Reduktion kann im 2030-Tempo um 13 Prozentpunkte auf 52 % erhöht werden. Im Vergleich mit Beispielkommune 1, in der der Vorteil des 2030-Tempos bei 9 Prozentpunkten liegt, weist die Beispielkommune 2 somit einen höheren potenziellen Klimaschutzbeitrag durch frühes Handeln auf. Hintergrund ist u.a., dass in Beispielkommune 2 der Anteil der Fernwärme im Ausgangsjahr mit 23 % für eine hochverdichtete Kommune noch relativ gering ist. Die Deckung des Bedarfs an zentraler Wärmeversorgung ist somit ein großes Klimaschutzpotenzial, das durch Einfluss der Kommune gehoben werden kann und muss.

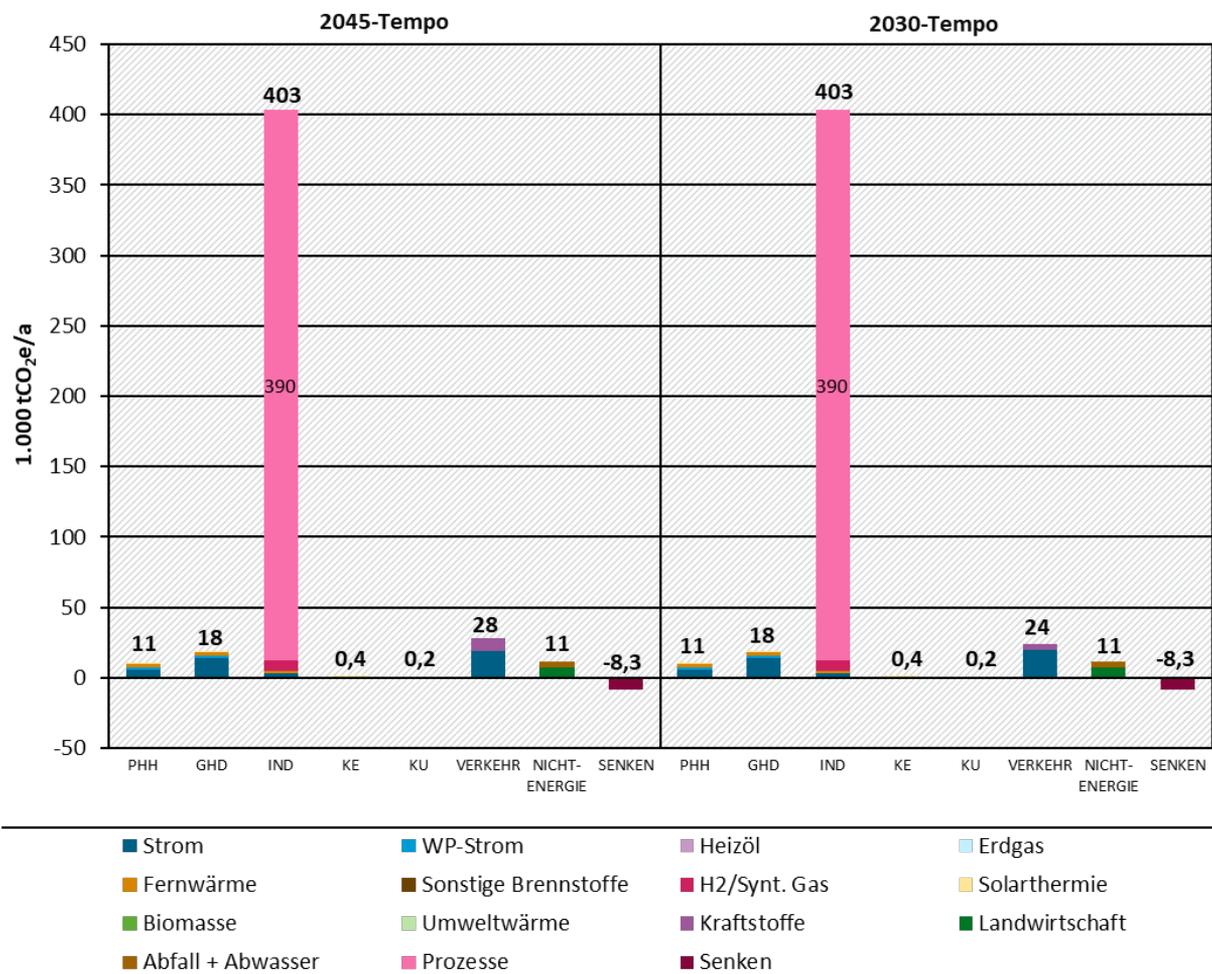
Abbildung 21: THG-Bilanzen der Beispielkommune 2 im Jahr 2030 – nach Sektoren



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Im Jahr 2045 liegen die THG-Emissionen in Beispielkommune 2 im 2045-Tempo in der Summe über alle Sektoren bei 472.000 t CO₂e/a und im 2030-Tempo bei 468.000 t CO₂e/a und somit (parallel zu Beispielkommune 1) wieder nahezu gleichauf (Abbildung 22).

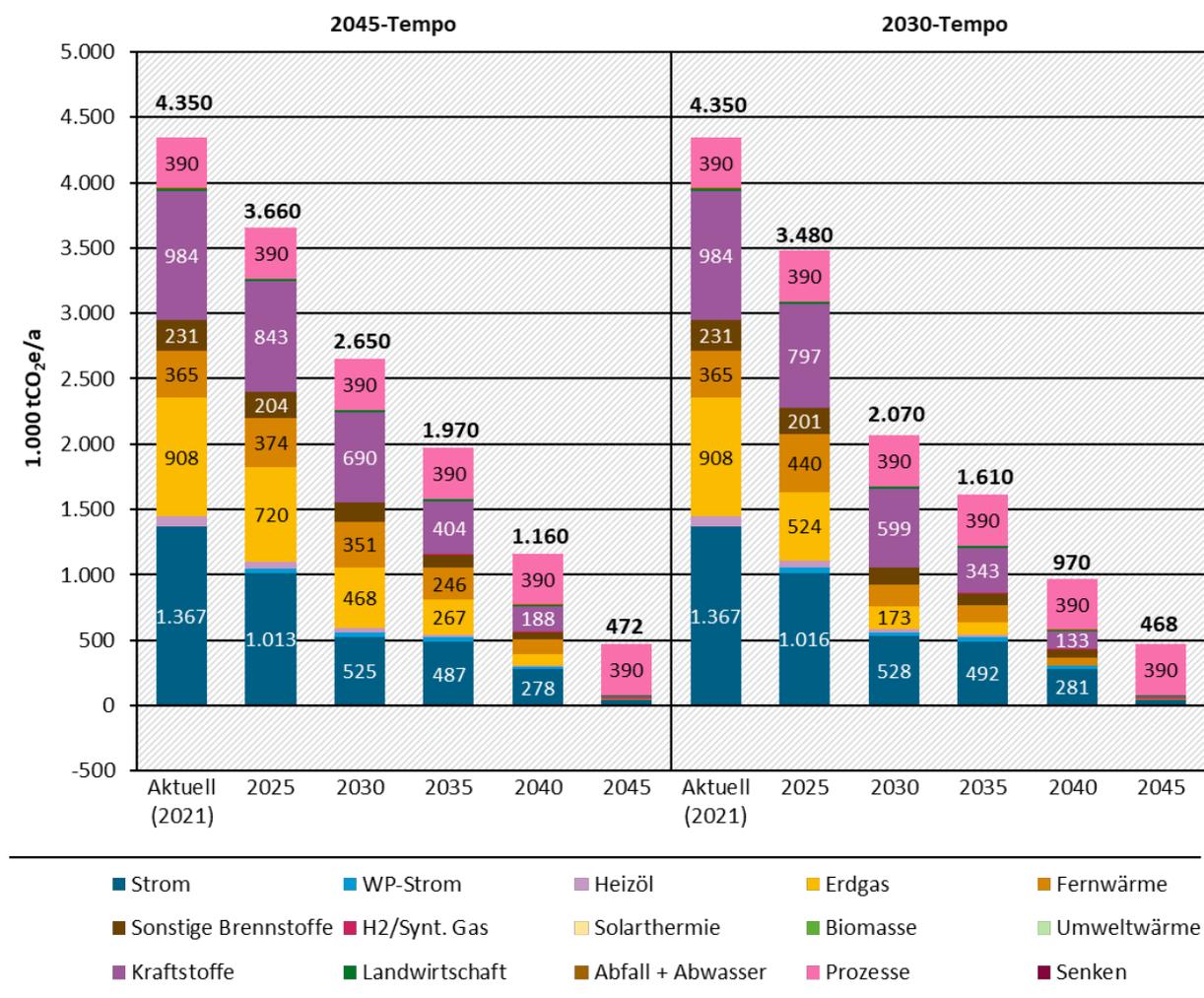
Die unvermeidbaren, nicht-energetischen Prozessemissionen der Zementherstellung liegen im Jahr 2045 sowohl im 2045-Tempo als auch im 2030-Tempo bei 390.000 t CO₂e/a und somit auf dem Niveau im Ausgangsjahr 2021 (vgl. Randbedingungen in Kapitel 3.1.2.3). Mit einem Anteil von 83 % dominieren sie die unvermeidbaren THG-Emissionen der Beispielkommune.

Abbildung 22: THG-Bilanzen der Beispielkommune 2 im Jahr 2045 – nach Sektoren

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Den THG-Emissionen steht eine Senkenleistung in Höhe von 8.300 t CO₂/a gegenüber. Die THG-Emissionen übersteigen sowohl im 2045-Tempo als auch im 2030-Tempo die Senkenleistung deutlich. Ein Treibhausgasneutralität entsprechend der Definition in Kapitel 2 kann folglich nicht erreicht werden. Um eine deutschlandweite Treibhausgasneutralität zu erreichen, muss der überwiegende Teil der unvermeidbaren THG-Emissionen der Beispielkommune 2 folglich in einer anderen Kommune (bzw. in mehreren anderen Kommunen) ausgeglichen werden.

Zusammenfassend zeigt Abbildung 23 die Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 2 bis zum Jahr 2045, jeweils im 2045-Tempo und im 2030-Tempo. Die kumulierten THG-Emissionen (2021 bis 2045) liegen im 2045-Tempo bei 57,7 Mio. t CO₂e und im 2030-Tempo bei 51,2 Mio. t CO₂e. Durch die schnellere Umsetzung der kommunalen Maßnahmen im 2030-Tempo wurden somit zwischen 2021 und 2045 in der Summe 11 % weniger Treibhausgase in die Atmosphäre emittiert. Zum Vergleich: In Beispielkommune 1 liegen die kumulierten THG-Einsparungen bei nur 9 %.

Abbildung 23: Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 2 – nach Sektoren

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Einflussbilanzen

In Abbildung 24 sind die THG-Emissionen der Beispielkommune 2 im Ausgangsjahr (2021) nach Sektoren und Einflussbereichen dargestellt.

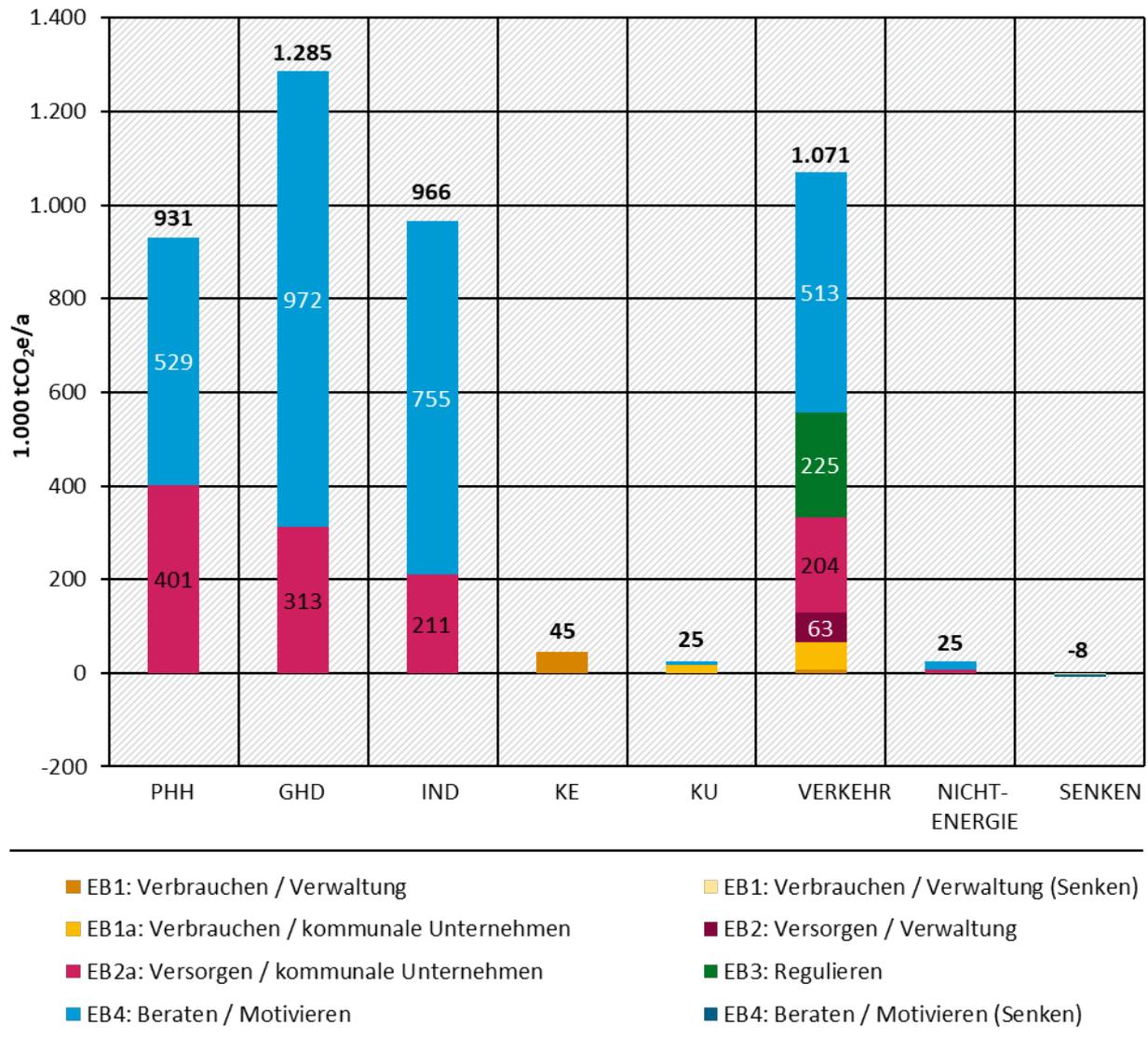
In den Einflussbereich 1 (EB1 „Verbrauchen / Verwaltung“) fallen 1 % der THG-Emissionen und in den Einflussbereich 1a (EB1a „Verbrauchen / kommunale Unternehmen“) 2 %.

Der Einflussbereich 2 (EB2 „Versorgen / Verwaltung“) umfasst die THG-Emissionen, die bspw. durch den Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur und den Rückbau von Parkplätzen/Pkw-Straßenraum (Straßenumgestaltung) beeinflusst werden. In EB2 fallen in Beispielkommune 2 nur 1,4 % der THG-Emissionen. Zum Vergleich, in Beispielkommune 1 (ebenfalls eine urbane Kommune) fallen 3,3 % der Emissionen in den EB2. Hintergrund für den relativ geringen Anteil des EB2 in Beispielkommune 2 ist, dass sie bereits einen geringeren Modal-Split-Anteil MIV hat und somit weniger Potenzial für die Verlagerung auf ÖPNV, Rad- und Fußverkehr besteht.

In den Einflussbereich 2a (EB 2a „Versorgen / kommunale Unternehmen“) fallen 26 % der Emissionen von Beispielkommune 2. In Beispielkommune 1 sind es nur 15 %. In diesem Einflussbereich wird das bereits erwähnt große Potenzial für den Ausbau der Fernwärme in Beispielkommune 2 sichtbar. In Beispielkommune 1 hingegen ist der Ausbaustand der Fernwärme bereits im Ausgangsjahr bereits relativ hoch.

Mit einem Anteil von 5 % im Einflussbereich 3 (EB3 „Regulierung & Planung“) liegt Beispielkommune 2 gleichauf mit Beispielkommune 1. Die restlichen THG-Emissionen (64 %) fallen in den EB4.

Abbildung 24: THG-Bilanz Beispielkommune 2 im Ausgangsjahr (2021) – nach Einflussbereichen



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

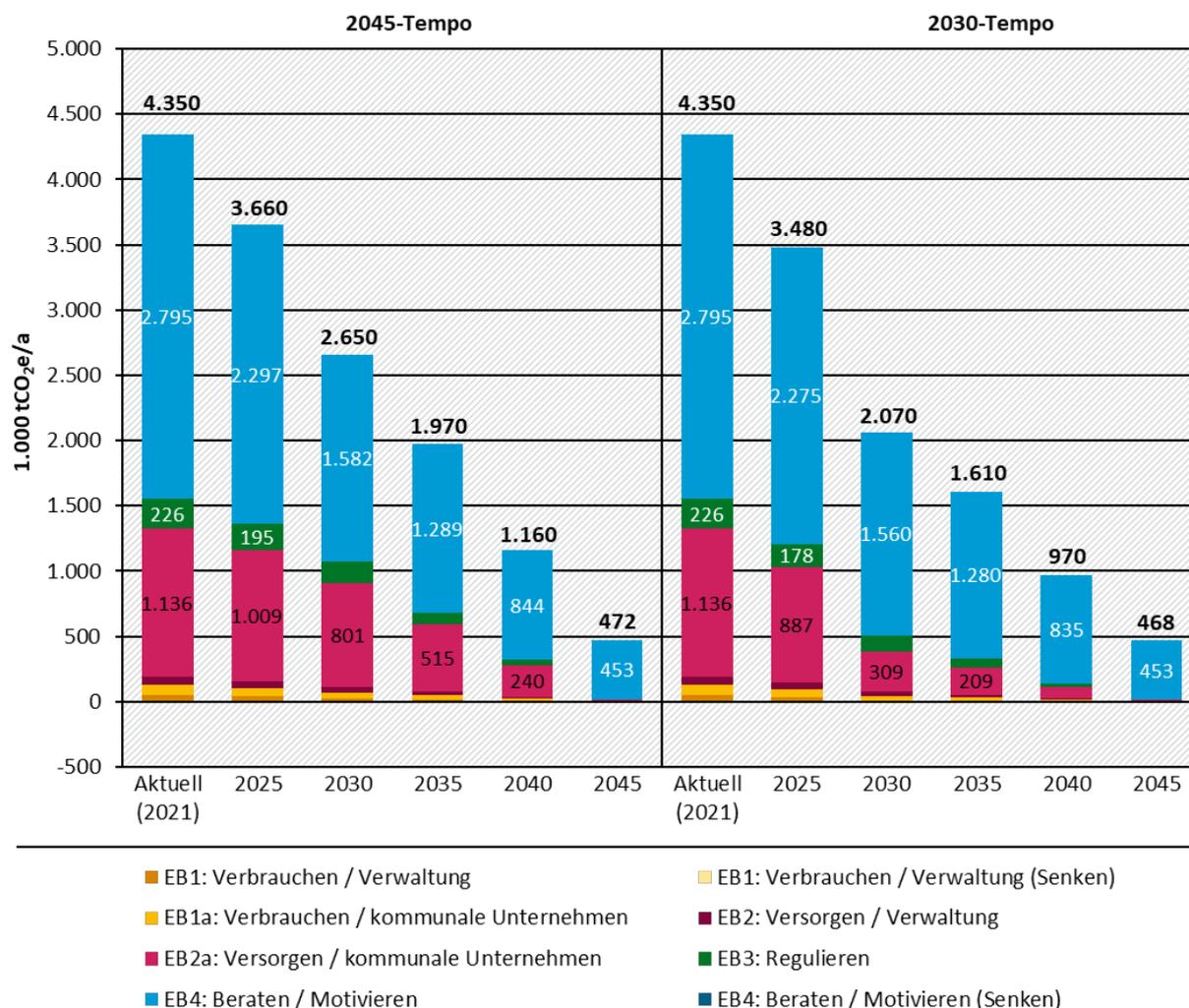
Abbildung 25 zeigt die Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 2 vom Ausgangsjahr 2021 bis zum Zieljahr 2045 unterteilt nach Einflussbereichen. Der Blick auf das Jahr 2030 ist dabei von speziellem Interesse, da sichtbar wird, welche Emissionen bis zu diesem Jahr durch kommunale Maßnahmen besonders reduziert werden können.

Speziell in den Einflussbereichen EB1 und EB1a sind THG-Emissionen im Jahr 2030 beim 2030-Tempo (mit in der Summe 38.000 t CO₂e/a) deutlich geringer als beim 2045-Tempo (mit 66.000 t CO₂e/a). Dies entspricht einer Reduktion der THG-Emissionen um 28.000 t CO₂e/a. Die Restemissionen in den EB1 und EB1a sind auf den Strom- und Fernwärmebezug der

kommunalen Einrichtungen und kommunalen Unternehmen zurückzuführen, die im Jahr 2030 (aufgrund des Bundesmix) noch relevante THG-Emissionen aufweisen.

In EB2a liegen im Jahr 2030 die THG-Emissionen im 2030-Tempo (mit 309.000 t CO₂e/a) ebenfalls deutlich unter denen im 2045-Tempo (mit 801.000 t CO₂e/a). Hintergründe sind zum einen die Dekarbonisierung der Fernwärme und zum anderen der Ausbau der Fernwärme, durch den ehemalige Gas-Kunden zu Fernwärmekunden werden. Die Restemissionen im EB2a im Jahr 2030 kommen überwiegend daher, dass trotz Dekarbonisierung der Fernwärme, mittels der Errichtung von Großwärmepumpen, auch der Betrieb dieser Wärmepumpen, mit THG-Emissionen verbunden ist (Bundesstrommix). Des Weiteren fallen im Verkehrssektor 50 % des Quell-Ziel-Verkehrs in den EB 2a. Dieser kann, trotz starker Reduzierung der MIV-Fahrleistungen durch den umfangreichen Ausbau des ÖPNV-Angebots, auch bis 2030 nicht vollständig reduziert werden.

Abbildung 25: Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 2 – nach Einflussbereichen



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Auch im EB4 können durch kommunale Maßnahmen relevante Einsparungen erzielt werden. Die THG-Emissionen im EB4 liegen im Jahr 2030 im 2045-Tempo bei 1.582.000 t CO₂e/a und im 2030-Tempo bei 1.560.000 t CO₂e/a. Die THG-Emissionsreduktion von 22.000 t CO₂e/a ist im Verhältnis zu den Gesamtemissionen des EB4 relativ gering. Im Vergleich zum THG-Vorteil des

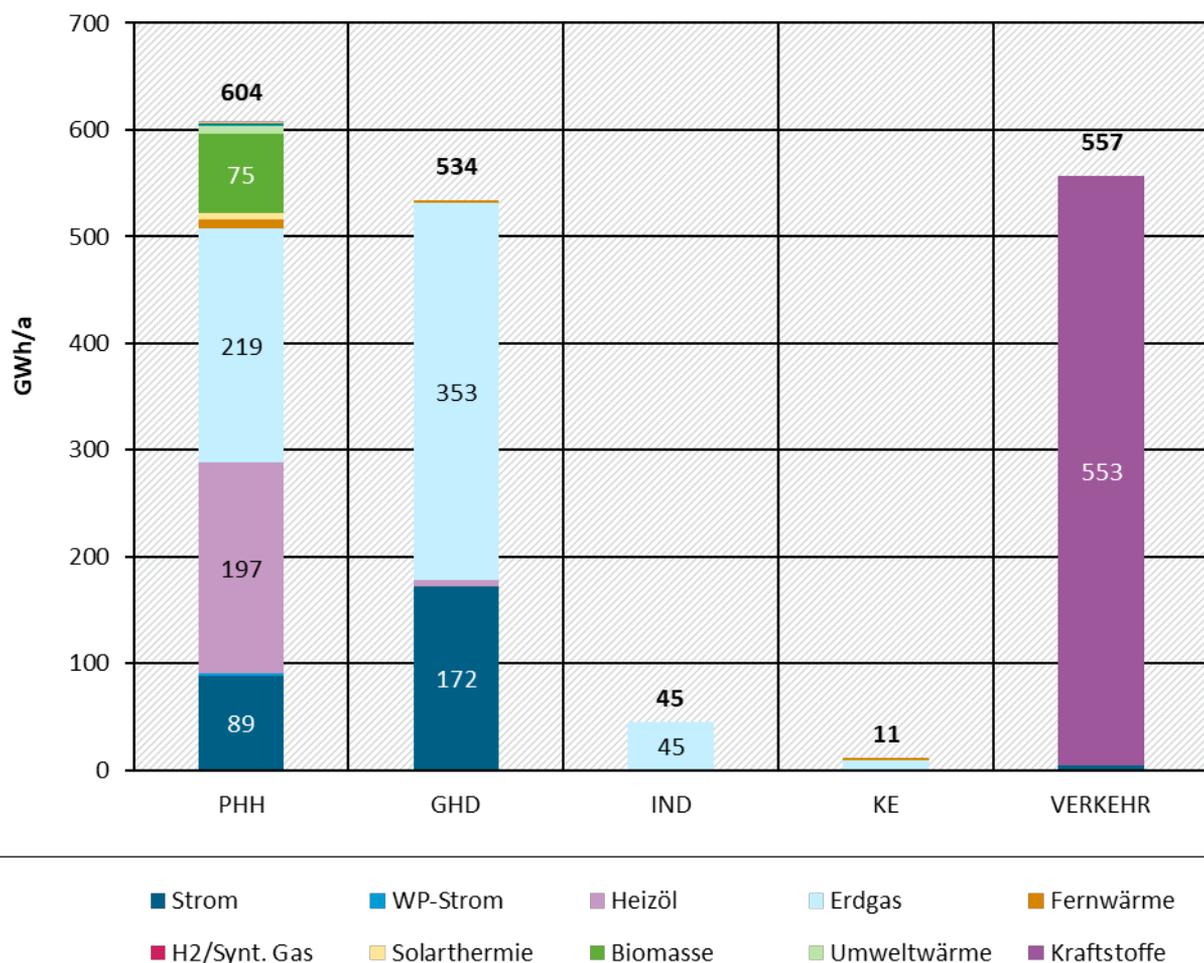
2030-Tempo in den EB1+EB1a (den Bereichen mit dem höchsten kommunalen Einfluss) zeigt sich jedoch auch das kommunale Klimaschutzpotenzial des EB4. Der THG-Vorteil des 2030-Tempo in EB4 ist nur rund 20 % geringer als der in EB1+EB1a.

3.1.3.3 Beispielkommune 3 – „Flächen-geprägter Landkreis“

Im folgenden Unterkapitel werden die Analyseergebnisse der Beispielkommune 3 (Flächen-geprägter Landkreis) aufgeführt und interpretiert. Es erfolgt jeweils eine Gegenüberstellung der Entwicklungen in der Beispielkommune im 2045-Tempo mit denen im 2030-Tempo. Im ersten Abschnitt werden die Endenergieverbräuche im Ausgangsjahr und in deren Entwicklung bis zum Jahr 2045 dargelegt. Im zweiten Abschnitt folgt die Darstellung der THG-Bilanzen. Im letzten Abschnitt werden die Einflussmöglichkeiten der Beispielkommune im Ausgangsjahr sowie in der zeitlichen Entwicklung anhand von sogenannten „Einflussbilanzen“ abgebildet.

Endenergiebilanzen

Abbildung 26: Endenergiebilanz Beispielkommune 3 im Ausgangsjahr (2021)



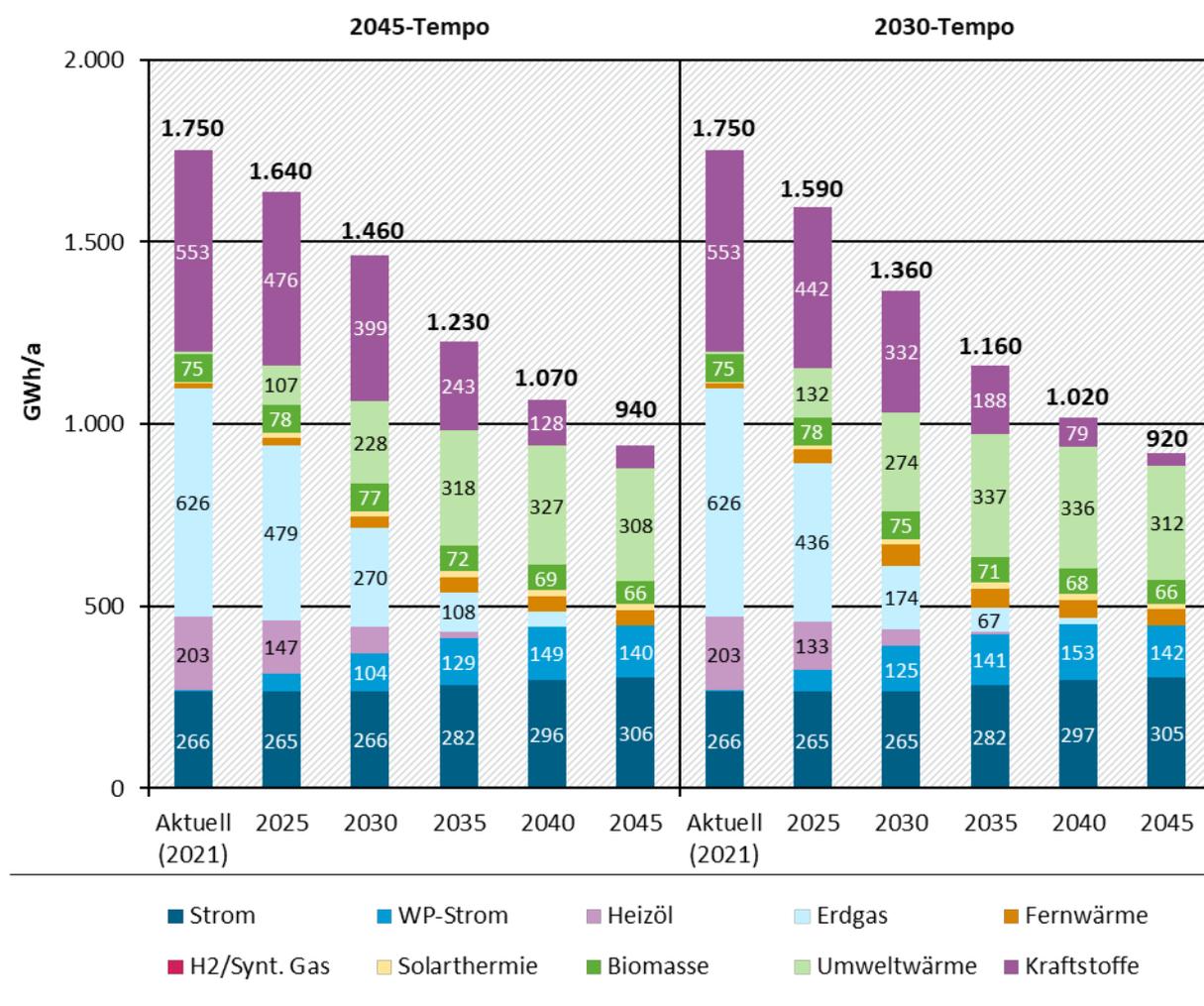
Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Abbildung 26 zeigt die aktuelle Situation der Endenergieverbräuche im Flächen-geprägten Landkreis (Beispielkommune 3) im Ausgangsjahr 2021. Der Endenergieverbrauch liegt insgesamt (über alle Sektoren) bei 1.750 GWh/a.

Private Haushalte sind mit 604 GWh/a der größte Verbrauchssektor, gefolgt vom Verkehrssektor mit 557 GWh/a und dem Sektor GHD mit 534 GWh/a. Mit einem Endenergieverbrauch von nur 45 GWh/a spielt der Sektor Industrie eine untergeordnete Rolle. Der Endenergieverbrauch der kommunalen Einrichtungen liegt mit 11 GWh/a bzw. einem Anteil von 0,6 % in einer für Landkreise üblichen Größenordnung.

Im Bereich der privaten Haushalte haben neben Erdgas (mit 219 GWh/a) auch Heizöl (mit 197 GWh/a) und Biomasse (mit 75 GWh/a) einen relevanten Anteil an der Wärmeerzeugung. Mit 9 GWh/a spielt Fernwärme bisher keine große Rolle. Im Sektor GHD fällt rund ein Drittel des Endenergieverbrauchs auf Strom und zwei Drittel auf Erdgas. Neben der Endenergiereduktion ist der Umstieg von Erdgas und Heizöl auf erneuerbare Wärmeversorgung die große Herausforderung in den stationären Sektoren.

Abbildung 27: Entwicklung der Endenergieverbräuche in Beispielkommune 3



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Abbildung 27 zeigt die Entwicklung der Endenergieverbräuche von Beispielkommune 3. Es werden 2045-Tempo und 2030-Tempo gegenübergestellt.

Im 2045-Tempo beträgt der Endenergiebedarf im Jahr 2030 1.460 GWh/a, was einer Reduktion um 16 % gegenüber dem Jahr 2021 entspricht. Durch die Umsetzung der kommunalen Maßnahmen mit einer Ausrichtung auf das Zieljahr 2030 kann die Endenergiereduktion in

gleichen Zeitraum um 6 Prozentpunkte auf 22 % erhöht werden. Der Endenergieverbrauch liegt dann bei 1.360 GWh/a.

Bis zum Jahr 2045 kann die Beispielkommune 3 im 2045-Tempo ihren Endenergiebedarf auf 940 GWh/a senken, was gegenüber dem Jahr 2021 einer Reduktion um 46 % entspricht. Im 2030-Tempo sinkt der Endenergiebedarf auf 920 GWh/a (Reduktion um 47 % gegenüber 2021). Die Beispielkommune 3 kann im 2045-Tempo also (vergleichbar mit Beispielkommune 1 und 2) bis zum Jahr 2045 bei der Endenergieeinsparung nahezu aufholen. Gegenüber Beispielkommune 1 und 2, in denen die Endenergiebedarfsreduktion im Jahr 2045 zwischen 30 % und 44 % liegt, kann in Beispielkommune 3 eine relativ hohe Einsparung erzielt werden. Hintergrund ist unter anderem der hohe Anteil an Gebäudewärme am gesamten Endenergieverbrauch in Beispielkommune 3. Mittels Dämmung von Gebäuden können große Effizienzpotenziale technisch einfach erschlossen werden.

Im Vergleich zu Beispielkommune 1 und 2 spielt Umweltwärme in Beispielkommune 3 eine noch bedeutendere Rolle. Im Jahr 2045 liegt der Anteil der Umweltwärme am gesamten Endenergieverbrauch der Beispielkommune 3 bei 54 %. In Beispielkommune 1 und 2 liegt der Anteil bei nur 10 bzw. 16 %. Hintergrund ist, dass aufgrund der dichten Bebauung in Beispielkommune 1 und 2 Fernwärme einen Großteil der Wärmeversorgung abdeckt. Dezentrale Wärmepumpen, die Umweltwärme direkt dezentral in den Gebäuden nutzbar machen, können aufgrund von schallschutzbedingten Mindestabständen teilweise nicht zum Einsatz kommen und haben deshalb in Beispielkommune 1 und 2 einen geringeren Anteil als in Beispielkommune 3.

Im Verkehrsbereich liegt der verbleibende Kraftstoffbedarf im 2030-Tempo im Jahr 2045 bei nur 332 GWh/a gegenüber 399 GWh/a im 2045-Tempo. Gleichzeitig liegt der verkehrsbedingte Strombedarf im 2030-Tempo (mit 35 GWh/a) etwas höher als im 2045-Tempo (mit 31 GWh/a). Hintergründe für die Unterschiede der beiden Tempi sind zum einen reduzierte Fahrleistungen im 2030-Tempo speziell im Bereich des MIV im Quell- und Zielverkehr sowie im Binnenverkehr durch einen beschleunigten Ausbau des ÖPNVs. Zum anderen wirkt sich der höhere Elektromobilitätsanteil im 2030-Tempo durch einen beschleunigten Ausbau der Ladeinfrastruktur positiv auf den Kraftstoffbedarf aus.

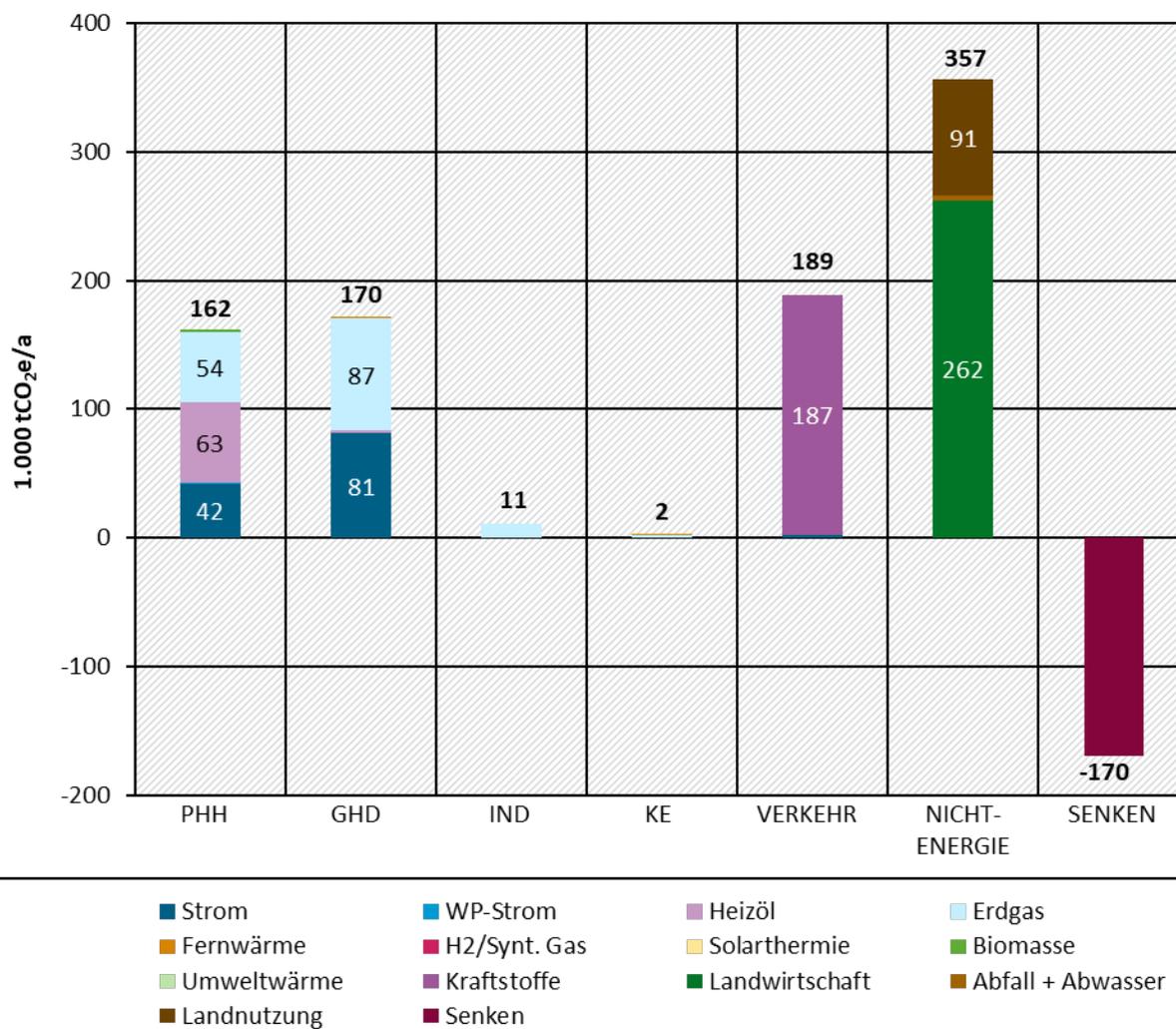
Treibhausgasbilanzen

Abbildung 28 zeigt die THG-Emissionen der Beispielkommune 3 nach Sektoren im Ausgangsjahr 2021. Insgesamt liegen die THG-Emissionen bei 891.000 t CO₂e/a.

Mit 357.000 t CO₂e/a bzw. 40 % hat der nicht-energetischen Bereich, bestehend aus den Sektoren Abfall und Abwasser, Landnutzung sowie Landwirtschaft, den größten Anteil an den THG-Emissionen. An dieser Stelle zeigt sich, welche Bedeutung die nicht-energetischen Emissionen in Flächen-geprägten Regionen haben können.

Die Sektoren GHD und Industrie verursachen in der Summe 181.000 t CO₂e/a und somit 20 % der Gesamtemissionen. Der Verkehr liegt mit 189.000 t CO₂e/a bzw. 21 % in einer vergleichbaren Größenordnung. Mit 162.000 t CO₂e/a liegt der Anteil der privaten Haushalte bei 18 %. Der Anteil der kommunalen Einrichtungen liegt bei 0,3 %.

Der Wald der Beispielkommune 3 weist eine Senkenleistung von 170.000 t CO₂e/a auf. Im Unterschied zu den anderen Beispielkommunen steht die Senkenleistung des Waldes in Beispielkommune 3 in einer relevanten Relation zu deren THG-Emissionen.

Abbildung 28: THG-Bilanz Beispielkommune 3 im Ausgangsjahr (2021) – nach Sektoren

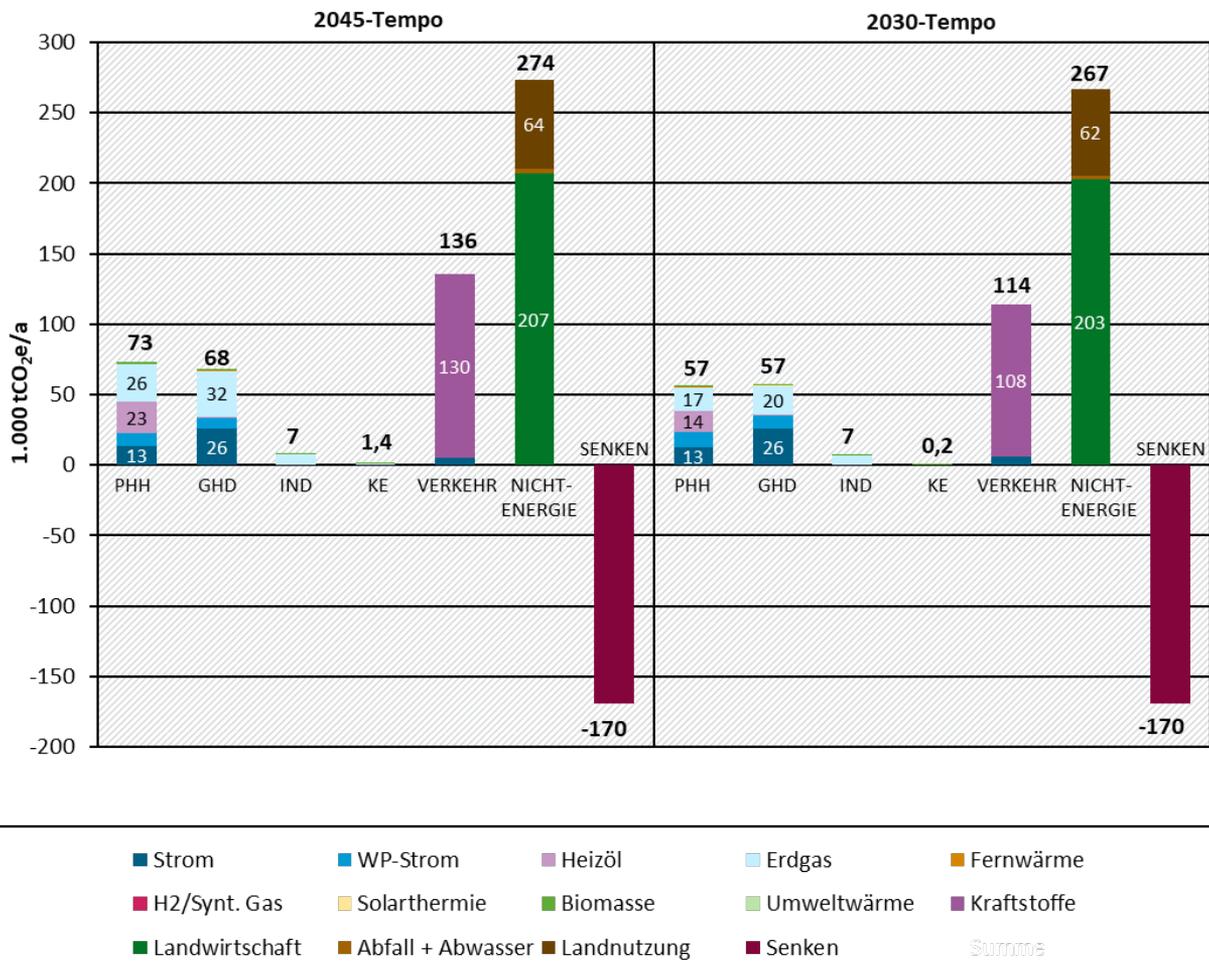
Quelle: eigene Darstellung, ifeu

In Abbildung 29 werden die THG-Emissionen der Beispielkommune 3 im Jahr 2030 sowohl im 2045-Tempo als auch im 2030-Tempo gegenübergestellt. Im 2045-Tempo liegen die THG-Emissionen bei 559.000 t CO₂e/a, was einer Reduktion gegenüber 2021 um 37 % entspricht. Die Reduktion kann im 2030-Tempo um 7 Prozentpunkte auf 44 % erhöht werden (502.000 t CO₂e/a). Der Vorteil des 2030-Tempos gegenüber dem 2045-Tempo fällt damit in der Beispielkommune 3 im Vergleich mit Beispielkommune 1 (mit 9 Prozentpunkten) und Beispielkommune 2 (mit 13 Prozentpunkten) geringer aus.

Hervorzuheben sind in der Beispielkommune 3 die geringeren THG-Emissionen im Jahr 2030 im 2030-Tempo gegenüber dem 2045-Tempo in den Sektoren Landwirtschaft und Landnutzung (267.000 t CO₂e/a im 2030-Tempo gegenüber 274.000 t CO₂e/a im 2045-Tempo). Hintergrund ist, dass auf Flächen in kommunalen Besitz die entsprechenden Maßnahmen zur Ausschöpfung der THG-Minderungspotenziale in diesen Sektoren bereits bis zum Jahr 2030 umgesetzt werden.

Auch wenn bis zum Jahr 2030 bereits vollständig auf die Verwendung von fossilen Energieträgern in den kommunalen Einrichtungen verzichtet wird, sowie die Effizienzpotenziale erschlossen wurden, bleiben durch den Bezug von Strom noch Restemissionen bestehen (Bundesstrommix).

Abbildung 29: THG-Bilanzen der Beispielkommune 3 im Jahr 2030 – nach Sektoren



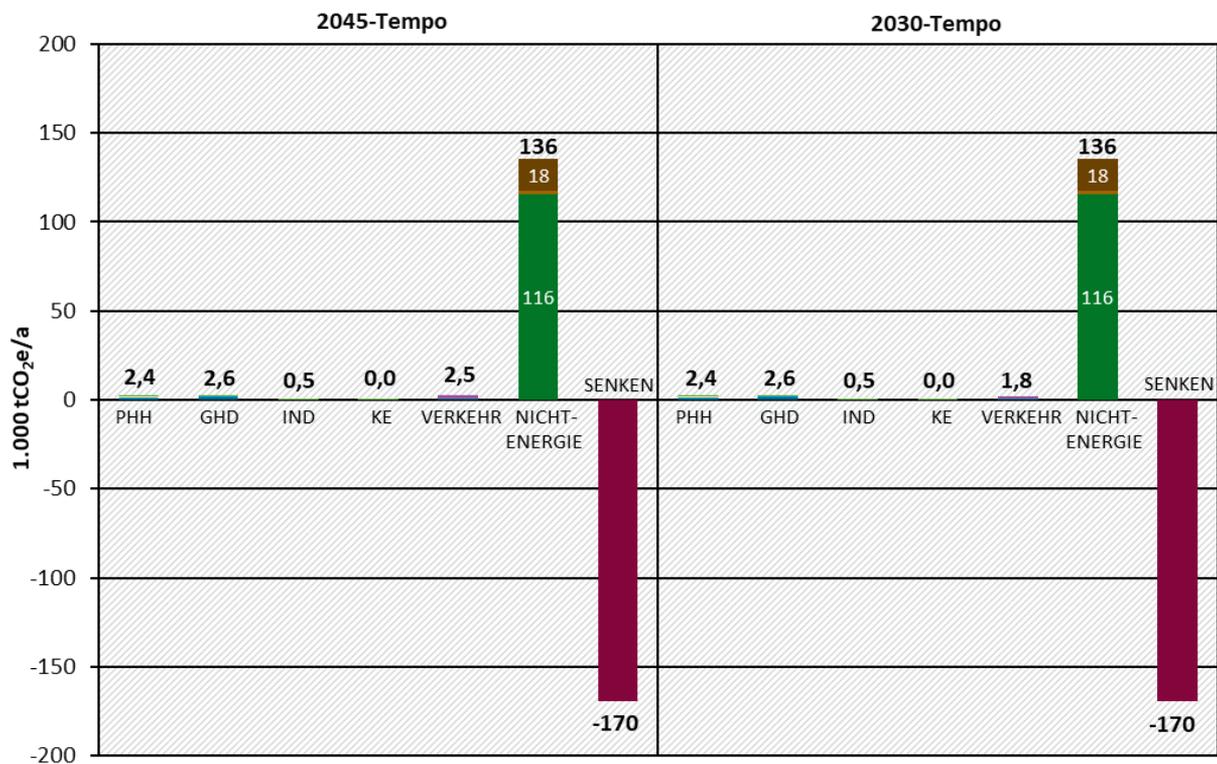
Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Im 2045-Tempo liegen die THG-Emissionen im Jahr 2045 (Abbildung 30) in der Summe über alle Sektoren bei 144.000 t CO₂e/a und im 2030-Tempo bei 143.000 t CO₂e/a. Dies entspricht jeweils einer Reduktion der THG-Emissionen um 84 % gegenüber dem Ausgangsjahr 2021.

Die Restemissionen sind überwiegend auf unvermeidbare nicht-energetische THG-Emissionen aus den Sektoren Landwirtschaft sowie Landnutzung zurückzuführen. Da sowohl im 2030-Tempo als auch im 2045-Tempo die THG-Reduktionspotenziale in diesen Sektoren im Jahr 2045 ausgeschöpft werden, sind die Restemissionen gleichauf.

Die Senkenleistung des Waldes konnte sowohl im 2045-Tempo als auch im 2030-Tempo durch einen Waldumbau und eine Extensivierung der Bewirtschaftung erhalten bleiben. Den unvermeidbaren THG-Emissionen in Höhe von 144.000 t CO₂e/a bzw. 143.000 t CO₂e/a steht dann im Jahr 2045 eine Senkenleistung in Höhe von 170.000 t CO₂e/a gegenüber. Trotz der hohen unvermeidbaren THG-Emissionen kann in Beispielkommune 3 durch das große Senkenpotenzial eine Treibhausgasneutralität entsprechend der Definition in Kapitel 2 erreicht werden.

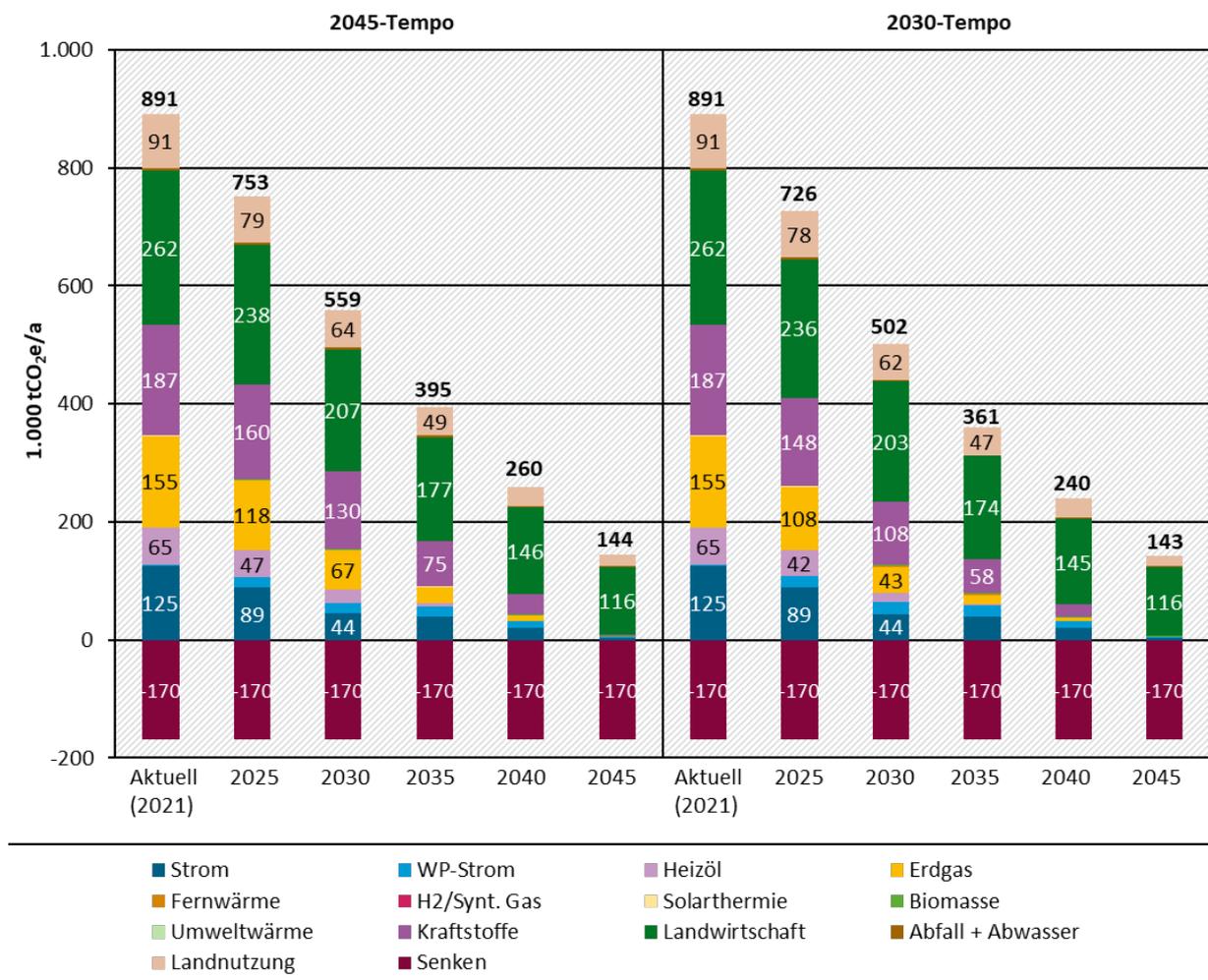
Abbildung 30: THG-Bilanzen der Beispielkommune 3 im Jahr 2045 – nach Sektoren



- Strom
- WP-Strom
- Heizöl
- Erdgas
- Fernwärme
- H₂/Synt. Gas
- Solarthermie
- Biomasse
- Umweltwärme
- Kraftstoffe
- Landwirtschaft
- Abfall + Abwasser
- Landnutzung
- Senken
- Summe

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Zusammenfassend zeigt Abbildung 31 die Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 3 bis zum Jahr 2045, jeweils im 2045-Tempo und im 2030-Tempo. Die kumulierten THG-Emissionen (2021 bis 2045) liegen im 2045-Tempo bei 12,1 Mio. t CO₂e und im 2030-Tempo bei 11,4 Mio. t CO₂e. Durch die schnellere Umsetzung der kommunalen Maßnahmen im 2030-Tempo wurden somit zwischen 2021 und 2045 in der Summe 6 % weniger Treibhausgase in die Atmosphäre emittiert. Zum Vergleich: In Beispielkommune 1 liegen die kumulierten THG-Einsparungen bei 9 % und in Beispielkommune 2 bei 11 %.

Abbildung 31: Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 3 – nach Sektoren

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Einflussbilanzen

In Abbildung 32 sind die THG-Emissionen der Beispielkommune 3 im Ausgangsjahr (2021) nach Sektoren und Einflussbereichen dargestellt.

Auf den Einflussbereich 1 (EB1 „Verbrauchen / Verwaltung“) fallen 1 % der THG-Emissionen. Des Weiteren fällt 17 % der Senkenleistung in den EB1 – dabei handelt es sich um die Senkenleistung der Waldflächen, die sich in kommunaler Hand befinden.

In den Einflussbereich 1a (EB1a „Verbrauchen / kommunale Unternehmen“) fallen in Beispielkommune 3 nur die THG-Emissionen der ÖPNV-Flotte (Busse). Da Beispielkommune 3 über kein kommunales Wohnungsbauunternehmen verfügt, ist der EB1a mit einem Anteil von 0,1 % an den gesamten THG-Emissionen deutlich geringer als in den Beispielkommunen 2 und 3, in denen der Anteil des EB1a jeweils bei 2 % liegt.

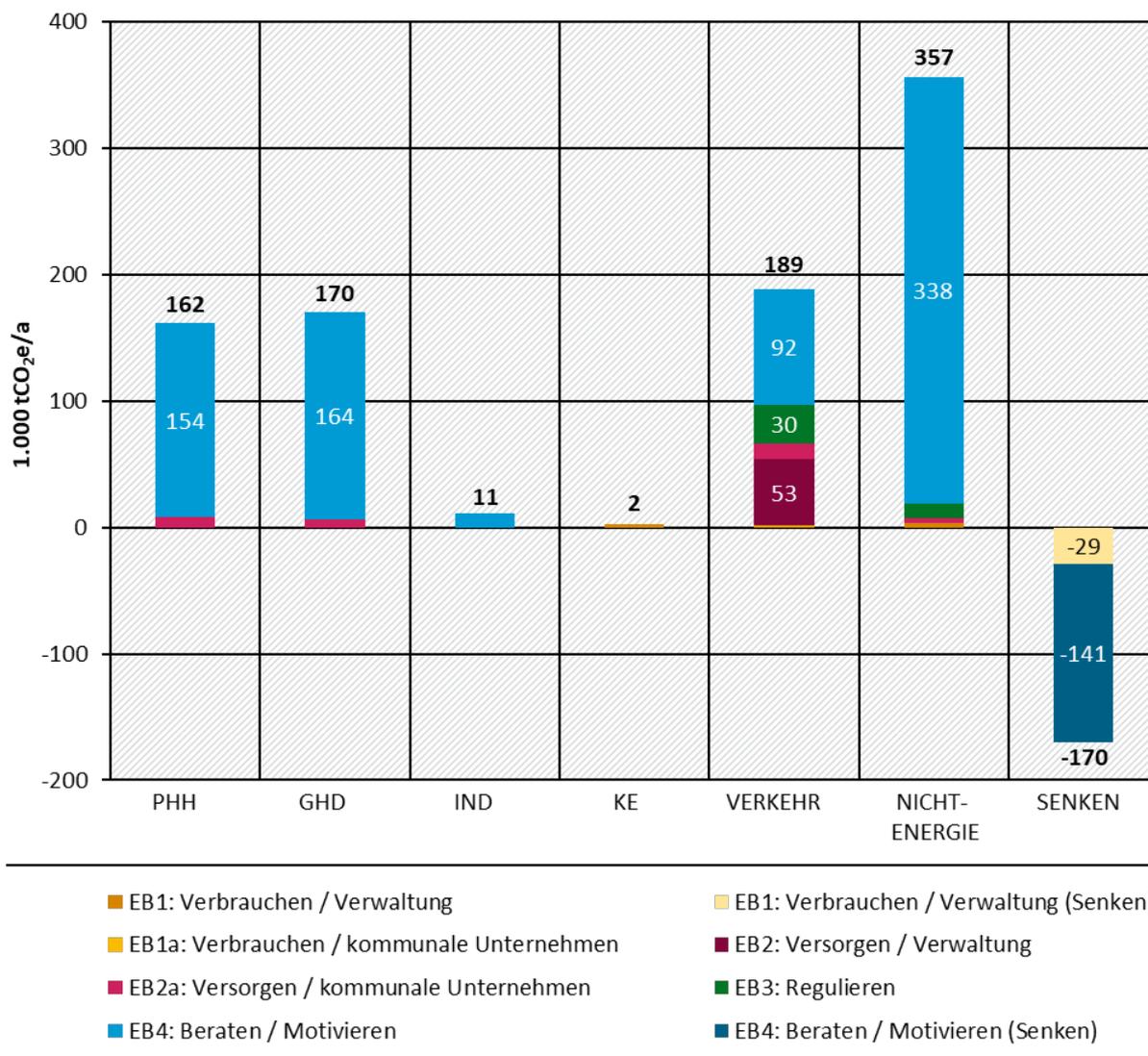
Der Einflussbereich 2 (EB2 „Versorgen / Verwaltung“) umfasst die THG-Emissionen, die bspw. durch den Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur und den Rückbau von Parkplätzen/Pkw-Straßenraum (Straßenumgestaltung) beeinflusst werden. In Beispielkommune 3 fallen 6 % der THG-Emissionen in den EB2.

In den Einflussbereich 2a (EB 2a „Versorgen / kommunale Unternehmen“) fallen 3 % der THG-Emissionen. Diese können durch Fernwärmeausbau, Dekarbonisierung der Fernwärme sowie

Ausbau des ÖPNV-Angebots adressiert werden. Dieser Einflussbereich ist in Beispielkommune 3 im Vergleich zu Beispielkommune 1 (mit einem Anteil von 15 %) und Beispielkommune 2 (mit einem Anteil von 26 %) relativ gering. Hintergründe sind, dass zum einen die Fernwärme in der Beispielkommune 3 bereits über eine Biogasanlage gespeist wird und somit wenig Einsparpotenzial durch Dekarbonisierung dieser bestehen. Zum anderen spielt der Fernwärmeausbau aufgrund der lockeren Bebauung in Beispielkommune 3 eine geringere Rolle als in Beispielkommune 1 und Beispielkommune 2.

Die Emissionen, die durch regulierende Maßnahmen im Verkehrsbereich sowie durch Vorschriften bei der Verpachtung von landwirtschaftlichen Flächen in kommunaler Hand beeinflusst werden können, fallen in den Einflussbereich 3 (EB3 „Regulierung“). In Beispielkommune 3 liegen (parallel zu Beispielkommune 1 und 2) 5 % der THG-Emissionen im EB3.

Abbildung 32: THG-Bilanz Beispielkommune 3 im Ausgangsjahr (2021) – nach Einflussbereichen



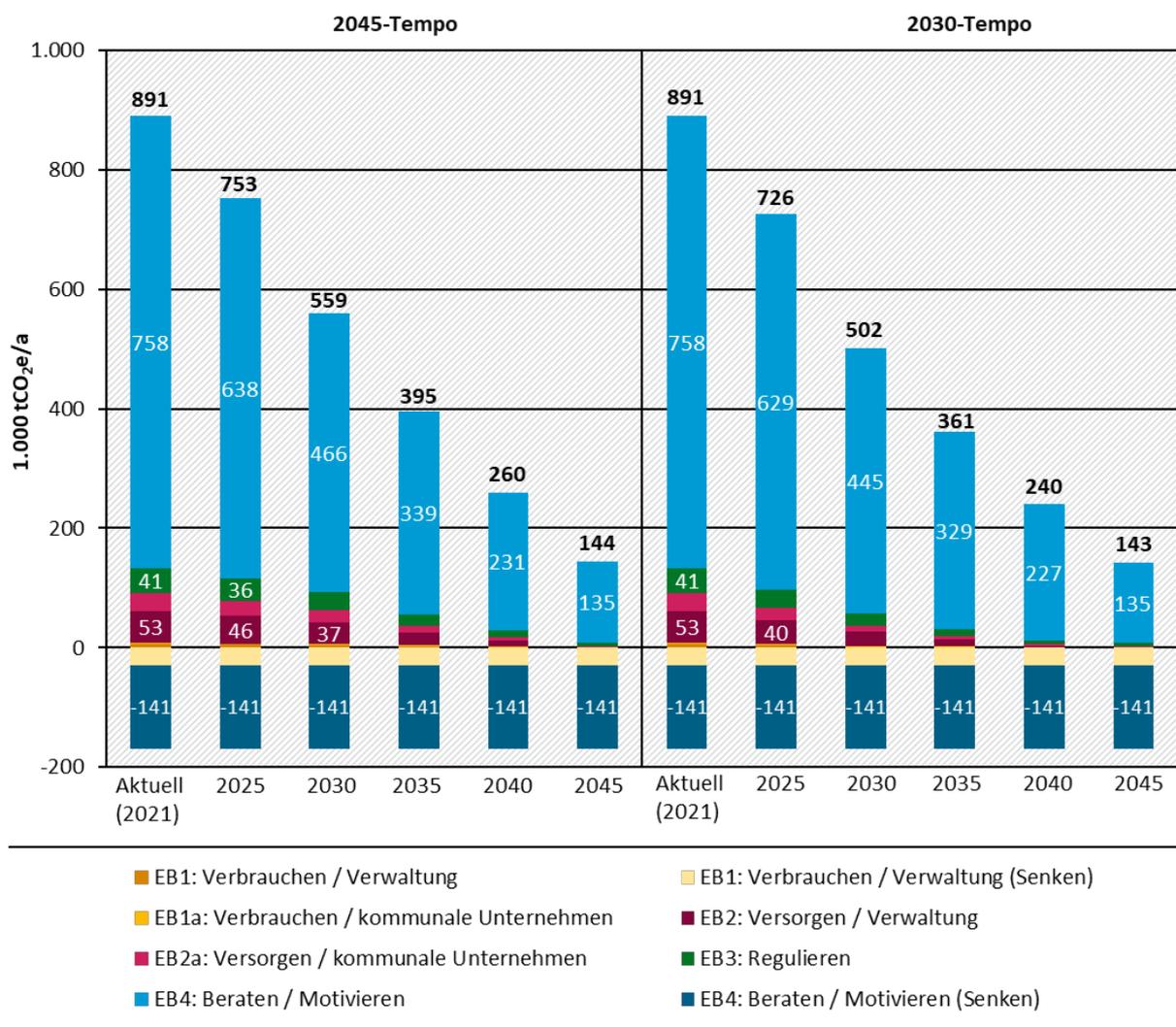
Quelle: eigene Darstellung, ifeu

In Beispielkommune 3 fallen 86 % der THG-Emissionen in den Einflussbereich 4 (EB4 „Beraten/Motivieren“). Damit ist der EB4 in Beispielkommune 3 deutlich größer als in Beispielkommune 1 und 2 mit 73 % bzw. 64 %.

Abbildung 33 zeigt die Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 3 vom Ausgangsjahr 2021 bis zum Zieljahr 2045 unterteilt nach Einflussbereichen. Der Blick auf das Jahr 2030 ist dabei von speziellem Interesse, da sichtbar wird, welche Emissionen bis zu diesem Jahr durch kommunale Maßnahmen besonders stark reduziert werden können.

Speziell in den Einflussbereichen EB1 und EB1a sind THG-Emissionen im Jahr 2030 im 2030-Tempo (mit in der Summe 2.050 t CO₂e/a) deutlich geringer als beim 2045-Tempo (mit in der Summe 5.700 t CO₂e/a). Restemissionen im Jahr 2030 in den EB1 und EB1a sind auf den Strom- und Fernwärmebezug zurückzuführen, die bis dahin (aufgrund des Bundesmix) noch relevante THG-Emissionen aufweisen.

Abbildung 33: Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 3 – nach Einflussbereichen



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Im EB2a liegen im Jahr 2030 die THG-Emissionen im 2030-Tempo (mit 9.100 t CO₂e/a) ebenfalls deutlich unter denen im 2045-Tempo (mit 19.800 t CO₂e/a). Hintergründe sind der schnellere Ausbau der Fernwärme, eine Reduktion der Fahrleistungen sowie eine höhere Elektrifizierung

im Bereich des Quell-Ziel-Verkehrs und die Umsetzung von technischen Maßnahmen im Bereich der Abfall- und Abwasserbehandlung. Restemissionen im Jahr 2030 im EB2a kommen im 2030-Tempo überwiegend aus den unvermeidbaren THG-Emissionen im Sektor Abfall und Abwasser sowie aus dem Quell-Ziel-Verkehr.

Auch im EB4 können bis zum Jahr 2030 durch kommunale Maßnahmen relevante Einsparungen erzielt werden. Die THG-Emissionen im EB4 liegen im Jahr 2030 im 2045-Tempo bei 466.000 t CO_{2e}/a und im 2030-Tempo bei 445.000 t CO_{2e}/a. Dies entspricht einer THG-Emissionsreduktion von 21.000 t CO_{2e}/a.

3.1.3.4 Vergleich der Kommunen

Tabelle 6 stellt zusammenfassend die zentralen Ergebnisse der Szenarien der Beispielkommunen 1 (Großstadt), Beispielkommune 2 (Industrie-geprägte Kommune) und Beispielkommune 3 (Flächen-geprägter Landkreis) gegenüber.

Tabelle 6: Gegenüberstellung der zentralen Ergebnisse der Szenarien

Tabellenkopf	Beispielkommune 1	Beispielkommune 2	Beispielkommune 3
Endenergieverbrauch 2021 [GWh/a]	2.690	11.910	1.750
Endenergiebedarfsminderung 2045 vs. 2030 Tempo <u>im Jahr 2030</u>	16 % vs. 21 %	14 % vs. 18 %	16 % vs. 22 %
Endenergiebedarfsminderung 2045 vs. 2030 Tempo <u>im Jahr 2045</u>	44 % (gleichauf)	30 % (gleichauf)	46 % vs. 47 %
THG-Emissionen 2021 [t CO _{2e} /a]	899.000	4.350.000	890.000
Anteil EB 1 & 1a an THG-Emissionen 2021	3 %	3 %	1 %
Anteil EB 2 & 2a an THG-Emissionen 2021	19 %	28 %	9 %
Anteil EB 3 an THG-Emissionen 2021	5 %	5 %	5 %
Anteil EB 4 an THG-Emissionen 2021	73 %	64 %	85 %
Anteil nicht-energetischer THG-Emissionen [t CO _{2e} /a]	2 %	10 %	39 %
Senkenleistung [t CO ₂ /a]	9.500	8.300	170.000
THG-Minderung 2045 vs. 2030 Tempo <u>im Jahr 2030</u>	45 % vs. 54 %	39 % vs. 52 %	37 % vs. 44 %
THG-Minderung 2045 vs. 2030 - Tempo <u>im Jahr 2045</u>	98% (gleichauf)	89% (gleichauf)	84% (gleichauf)
Unvermeidbare THG-Emissionen 2045 vs. 2030 Tempo <u>im Jahr 2045</u> [t CO _{2e} /a]	24.000 vs. 23.000	472.000 vs. 468.000	144.000 vs. 143.000

Tabellenkopf	Beispielkommune 1	Beispielkommune 2	Beispielkommune 3
Unvermeidbare THG-Emissionen 2045 je Einwohner*in [t CO _{2e} /EW a]	0,2	0,9	3,0
Anteil unvermeidbarer <u>nicht-energetischer</u> THG-Restemissionen 2045 vs. 2030 Tempo im Jahr 2045	39 % vs. 41 %	85 % vs. 86 %	94 % vs. 95 %
Kumulierte THG-Emissionen 2045 vs. 2030 Tempo [t CO _{2e} /a]	10,6 Mio. vs. 9,6 Mio.	57,7 Mio. vs. 51,2 Mio.	12,1 Mio. vs. 11,4 Mio.
Reduzierter THG-Ausstoß durch 2030 Tempo vs. 2045 Tempo	9%	11%	6%
THGN erreichbar	Nein	Nein	Ja

Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt und ifeu

Endenergiebedarfsminderung

Bis zum Jahr 2030 kann der Endenergiebedarf gegenüber dem Ausgangsjahr 2021 im 2030-Tempo um 18 % (Beispielkommune 2) bis 22 % (Beispielkommune 3) reduziert werden. Die Endenergiebedarfsminderung im 2030-Tempo liegt dabei zwischen 4 Prozentpunkten (Beispielkommune 2) und 6 Prozentpunkten (Beispielkommune 3) über der im 2045-Tempo. Der Mehreinsparungen im 2030-Tempo entstehen dadurch, dass kommunalen Klimaschutzmaßnahmen frühzeitig umgesetzt werden.

Im 2045-Tempo werden die kommunalen Klimaschutzmaßnahmen ebenfalls durchgeführt, jedoch erstreckt sich die Umsetzung über einen längeren Zeitraum (bis 2045). Bis zum Jahr 2045 können dann im 2045-Tempo gegenüber dem 2030-Tempo vergleichbare Endenergiebedarfsminderung erzielt werden. Die höchste Endenergiebedarfsminderung kann mit 46 % (im 2045-Tempo) bzw. 47 % (im 2030-Tempo) in Beispielkommune 3 erreicht werden. Hintergrund für die hohen Einsparpotenziale in Beispielkommune 3 ist unter anderem der hohe Anteil an Gebäudewärme am Endenergiebedarf der Komme. In Beispielkommune 2 kann mit nur 30 % die geringste Endenergiebedarfsminderung bis 2045 erreicht werden. Ausschlaggeben dafür ist zum einen das Zementwerk, dessen Möglichkeiten zur Steigerung der Effizienz beschränkt sind. Zum anderen weist Beispielkommune 2 bereits ein hohes ÖPNV-Level und einen geringeren Modal-Split-Anteil des MIV auf und ist in diesem Bereich klimaschutztechnisch schon sehr fortgeschritten. Die Potenziale sind also teilweise schon ausgeschöpft.

TextBox 10: Endenergiebedarfsminderung gegenüber 1990

In den Szenarien in diesem Kapitel werden die Entwicklungen jeweils dem Ausgangsjahr 2021 gegenübergestellt. Häufig werden Einsparziele jedoch auch auf das Jahr 1990 bezogen. Im Rahmen das „Masterplans 100 % Klimaschutz“ der Nationalen Klimaschutzinitiative haben sich bspw. Kommunen verpflichtet, ihren Endenergieverbrauchs im Zeitraum von 1990 bis 2050 zu halbieren. Die Kommunen werden auch „Masterplankommunen“ genannt. Wird der Endenergiebedarf der drei Beispielkommunen im Jahr 2045, entsprechend der in diesem Kapitel erarbeiteten Szenarien, mit dem Jahr 1990 verglichen, liegt die Reduktion zwischen 41 % (Beispielkommune 2) und 53 % (Beispielkommune 1). Beispielkommune 3 liegt mit einer Endenergiebedarfsminderung von 49 % zwischen den beiden anderen Kommunen.

THG-Emissionen nach Einflussbereichen

Die Kommunen unterscheiden sich darin, welche Anteile ihrer THG-Bilanzen im Ausgangsjahr in welche Einflussbereiche fallen. Die Einflussbereiche 1/1a, in die unter anderem die THG-Emissionen der kommunalen Gebäude und der kommunalen Unternehmen fallen, sind in Beispielkommune 3 mit 1 % relativ gering. In Beispielkommune 1 und 2 liegen diese hingegen bei 3 %. Große Unterschiede zeigen sich auch in den Einflussbereichen 2/2a, in die unter anderem die Fernwärmeversorgung fällt. Hier liegt die Spannweite zwischen 9 % (Beispielkommune 3) und 28 % (Beispielkommune 2). Der Anteil der THG-Emissionen, die durch regulative Maßnahmen, speziell im Verkehrsbereich beeinflusst werden können, (Einflussbereich 3) liegt bei allen Beispielkommunen bei 5 %. Die restlichen THG-Emissionen, die nicht in den Einflussbereichen 1 bis 3 enthalten sind, fallen auf den Einflussbereich 4. Diese können über beratende und motivierende Maßnahmen adressiert werden. Mit 85 % weist Beispielkommune 3 den höchsten Anteil von THG-Emissionen im Einflussbereich 4 auf. In Beispielkommune 1 liegt dieser bei 73 % und in Beispielkommune 2 bei 64 %.

THG-Reduktionsmöglichkeiten bis 2030

Die THG-Minderung bis zum Jahr 2030 unterscheidet sich nach Beispielkommune und Umsetzungsgeschwindigkeit der kommunalen Maßnahmen. Mit 54 % gegenüber dem Ausgangsjahr 2021 kann die höchste THG-Minderung in Beispielkommune 1 im 2030-Tempo erreicht werden. Die geringste THG-Minderung bis 2030 wird im 2045-Tempo in Beispielkommune 3 erreicht (37 %). Den größten Vorteil des 2030-Tempos gegenüber des 2045-Tempos weist Beispielkommune 2 auf. Hier kann die THG-Reduktion durch das 2030-Tempo um 13 Prozentpunkte gegenüber dem 2045-Tempo erhöht (bzw. von 39 % auf 52 %).

THG-Reduktionsmöglichkeiten bis 2045 und unvermeidbare THG-Emissionen

Die höchste THG-Minderung bis zum Jahr 2045 gegenüber dem Ausgangsjahr (2021) wird mit 98 % in Beispielkommune 1 erreicht. In Beispielkommune 1 liegen die unvermeidbaren THG-Emissionen im Jahr 2045 bei 22.000 t CO₂e/a bzw. bei lediglich 2 % gegenüber dem Ausgangsjahr 2021. Die für eine Großstadt typisch geringe lokale Senkenleistung (9.500 t CO₂/a) reicht jedoch nicht aus, um diese unvermeidbaren THG-Emissionen auszugleichen.

In Beispielkommune 2 kommt zur ebenfalls geringen lokalen Senkenleistung hinzu, dass mit dem Zementwerk eine große Quelle an unvermeidbaren THG-Emissionen auf dem Territorium der Kommune verortet ist. In Beispielkommune 2 kann bis 2045 deshalb eine THG-Minderung von nur 89 % erreicht werden. So stehen im Zieljahr rund 470.000 t CO₂e/a unvermeidbarer THG-Emissionen einer Senkenleistung von 8.300 t CO₂e/a gegenüber. Die Differenz muss folglich durch natürliche Senken in anderen Kommunen ausgeglichen werden.

Einen Beitrag dazu kann Beispielkommune 3 leisten. Zwar ist in Beispielkommune 3, aufgrund der hohen unvermeidbaren THG-Emissionen speziell im Bereich der Landwirtschaft und Landnutzung (144.000 im 2045-Tempo und 143.000 t CO₂e/a im 2030-Tempo), bis 2045 lediglich eine THG-Minderung von 84 % möglich. Aufgrund der großen Waldfläche werden die unvermeidbaren THG-Emissionen jedoch durch die lokale Senkenleistung (170.000 t CO₂e/a) überschritten. In den Szenarien kann nur in Beispielkommune 3 Treibhausgasneutralität entsprechend der Definition in Kapitel 2.1 erreicht werden.

Kumulierte THG-Einsparungen bis 2045

In Beispielkommune 2 werden die kumulierten THG-Emissionen zwischen 2021 und 2045 durch das 2030-Tempo gegenüber dem 2045-Tempo von 57,7 Mio. t CO₂e auf 51,2 Mio. t CO₂e reduziert werden. Dies entspricht einer Reduktion um 11 %. In den Beispielkommunen 1 und 3

liegt der Reduzierte THG-Ausstoß durch das 2030-Tempo gegenüber dem 2045-Tempo bei 9 % und 6 %.

TextBox 11: Vorteil des 2030-Tempos gegenüber dem 2045-Tempo

Entsprechend der in Kapitel 3.1.1 festgelegten Methodik investieren die Kommunen im 2030-Tempo und 2045-Tempo in der Summe die gleichen Ressourcen in den kommunalen Klimaschutz. Der zentrale Unterschied zwischen den beiden Tempi ist die Geschwindigkeit, in der die kommunalen Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden. Im 2045-Tempo werden die kommunalen Klimaschutzmaßnahmen bis zum Jahr 2045 umgesetzt, im 2030-Tempo bereits bis zum Jahr 2030. Nach dem Jahr 2030 fährt die Kommune im 2030-Tempo ihre Klimaschutzaktivitäten zurück.

Im Rahmen der Erstellung dieser Studie wurde diese methodische Annahme aus unterschiedlichen Blickwinkeln diskutiert. Alternativ zu der in Kapitel 3.1.1 festgelegten Methodik könnte auch angenommen werden, dass Kommunen im 2030-Tempo auch in den folgenden Jahren bis 2045 ihre Bemühungen im Einflussbereich 4 („Beraten/Motivieren“) höchst ambitioniert weiterverfolgen. Wird diese Annahme den Berechnungen zugrunde gelegt, behalten die Szenarien im 2030-Tempo auch bis zum Jahr 2045 einen gewissen Vorteil hinsichtlich der Endenergiebedarfsminderung gegenüber denen im 2045-Tempo bei. Der Vorteil nimmt zwar ebenfalls 2030 und 2045 ab, liegt dann aber im Jahr 2045 noch zwischen 4 Prozentpunkten (Beispielkommune 1 und 2) und 5 Prozentpunkten (Beispielkommune 3). In der Folge erhöht sich auch der Vorteil des 2030-Tempos gegenüber dem 2045-Tempo hinsichtlich der kumulierten THG-Einsparungen bis zum Jahr 2045. Der Vorteil des 2030-Tempos bei den kumulierten THG-Einsparungen liegt dann zwischen 12 % (Beispielkommune 2) und 9 % (Beispielkommune 3).

3.1.4 Erkenntnisse und Zwischenfazit

3.1.4.1 Vorzeitige Treibhausgasneutralität nicht möglich

Die Szenarien zeigen, dass durch die schnelle Umsetzung von kommunalen Klimaschutzmaßnahmen erhebliche THG-Minderungen erzielt werden können. Kommunale Klimaschutzmaßnahmen sind ein wichtiger Baustein für das Erreichen der nationalen Treibhausgasneutralität. Die Szenarien zeigen jedoch auch, dass selbst bei einer schnellen und höchst ambitionierten Umsetzung der kommunalen Klimaschutzmaßnahmen die THG-Emissionen in den drei Beispielkommunen bis zum Jahr 2030 nur um 44 % bis 54 % gegenüber dem Ausgangsjahr 2021 gesenkt werden können. Eine kommunale Treibhausgasneutralität entsprechend der Definition in Kapitel 2.1 ist somit vorzeitig, also vor dem Erreichen der Treibhausgasneutralität auf Bundesebene, nicht möglich. Die Herausforderungen liegen insbesondere in den folgenden Bereichen:

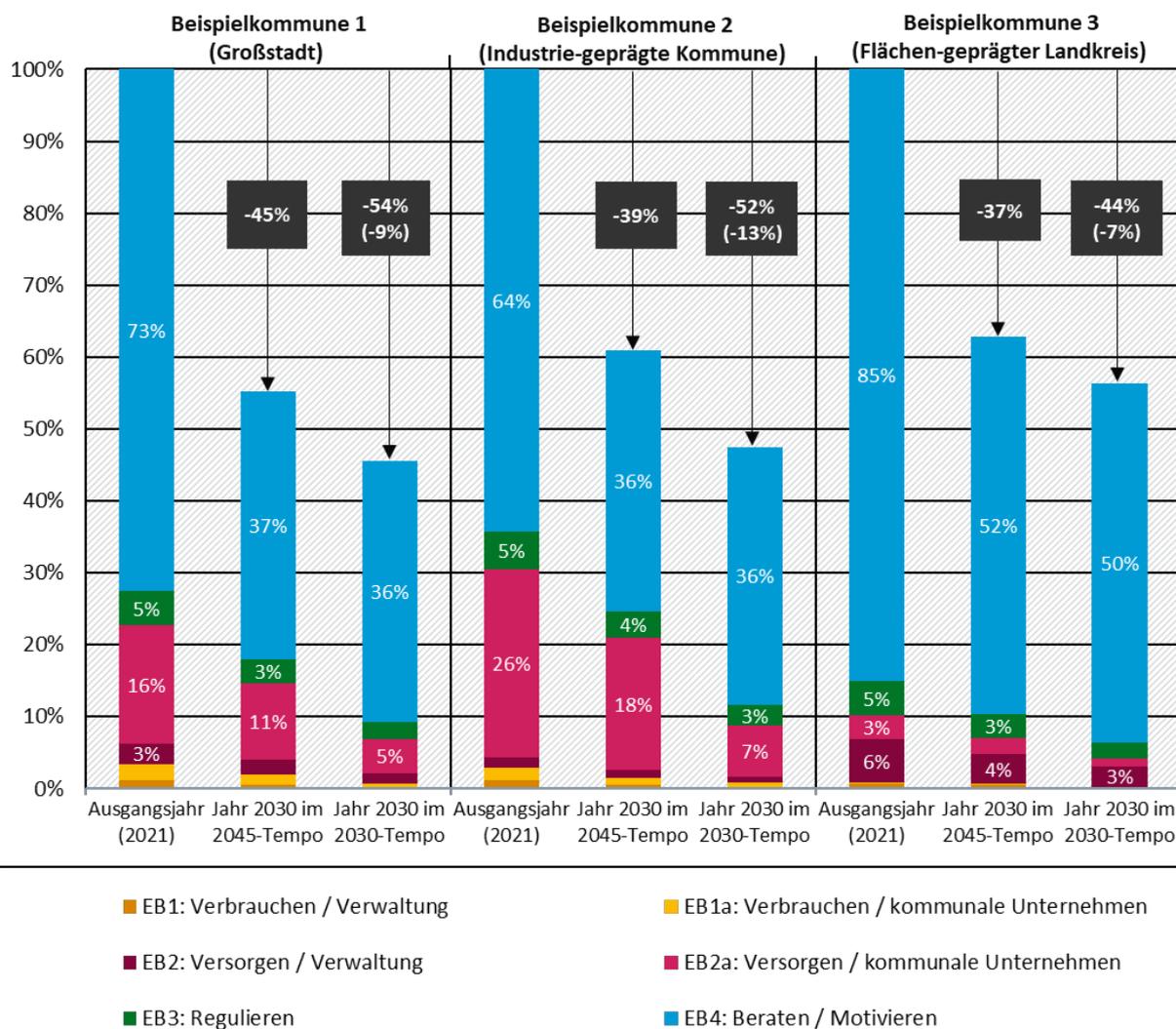
- ▶ Einsatz fossiler Brennstoffe in privaten Haushalten, GHD und Industrie
- ▶ Verbrennung fossiler Kraftstoffe in Fahrzeugen auf dem Territorium der Kommune
- ▶ Einsatz fossiler Energien im bundesweites Stromsystem
- ▶ THG-Emissionen aus Landwirtschaft und Landnutzung

3.1.4.2 Bereiche in denen vorzeitige Klimaschutzambitionen erhebliche THG-Minderung erreichen

Aus den Szenarien wird ersichtlich, dass durch kommunale Klimaschutzmaßnahmen erhebliche THG-Minderungen speziell in Einflussbereichen 1 (Verbrauchen), 2 (Versorgen) und 3

(Regulieren) bereits bis 2030 erreicht werden können. In diesen Einflussbereichen können Kommunen bereits vorzeitig ihren adäquaten Beitrag zur nationalen Treibhausgasneutralität leisten.

Abbildung 34: Verteilung der kommunalen Einflussbereiche in den THG-Bilanzen der Beispielkommunen sowie THG-Reduktionsmöglichkeiten bis zum Jahr 2030



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Abbildung 34 stellt, unterteilt nach Einflussbereichen, dar, um welche Anteile die THG-Bilanzen in den drei Beispielkommunen bis zum Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2021 reduziert werden können. Dabei werden jeweils die Reduktionen im 2045-Tempo und im 2030-Tempo gegenübergestellt. Die Mehreinsparung im 2030-Tempo gegenüber dem 2045-Tempo in Prozentpunkten ist jeweils in Klammern dargestellt. Ersichtlich ist, dass der Vorteil des 2030-Tempos gegenüber des 2045-Tempos in Beispielkommune 2 (der Industrie-geprägten Kommune) am höchsten ist. In Beispielkommune 2 kann im 2030-Tempo bis zum Jahr 2030 eine THG-Reduktion um 52 % erreicht werden, was die THG-Reduktion des 2045-Tempos um 13 Prozentpunkte übersteigt. Grund für diesen großen Vorteil des 2030-Tempos ist der große Anteil an THG-Emissionen in den Einflussbereichen 1 bis 3. Im Ausgangsjahr 2021 fallen insgesamt 36 % der THG-Emissionen von Beispielkommune 2 in diese Einflussbereiche. In Beispielkommune 3 fallen hingegen nur 15 % der THG-Emissionen im Ausgangsjahr in die

Einflussbereiche 1 bis 3. Der Vorteil des 2030-Tempos gegenüber dem 2045-Tempo ist deshalb in Beispielkommune 3 mit 7 Prozentpunkten am geringsten.

Die Szenarien zeigen auch, dass eine schnelle Umsetzung der kommunalen Maßnahmen dazu führt, dass die bis zum Jahr 2045 insgesamt ausgestoßenen THG-Emissionen sichtbar reduziert werden können. So können in Beispielkommune 2 die kumulierten THG-Emissionen zwischen 2021 und 2045 durch das 2030-Tempo gegenüber dem 2045-Tempo von 57,7 Mio. t CO_{2e} auf 51,2 Mio. t CO_{2e} reduziert werden. Dies entspricht einer Reduktion um 11 %. In den Beispielkommunen 1 und 3, in denen der Anteil der Einflussbereiche 1 bis 3 etwas geringer ist, liegt der reduzierte THG-Ausstoß durch das 2030-Tempo gegenüber dem 2045-Tempo bei 9 % und 6 %.

Aus den Analyseergebnissen kann das Fazit gezogen werden, dass Kommunen umso mehr THG-Emissionen durch die vorzeitige Umsetzung von kommunalen Maßnahmen einsparen können, desto höher der Anteil der Einflussbereiche 1 bis 3 an deren THG-Bilanz ist.

In die Einflussbereiche 1 bis 3 fallen überwiegend **direkten Maßnahmen**⁶. Folgende direkte Maßnahmen müssen sowohl durch die Kommunalverwaltung als auch durch die kommunalen Unternehmen umgesetzt werden:

- ▶ Energetische Sanierung städtischer Gebäude sowie Umstieg auf erneuerbare Energieversorgung dieser Gebäude.
- ▶ Energetische Sanierung von Gebäuden im Besitz kommunalen Unternehmen sowie Umstieg auf erneuerbare Energieversorgung dieser Gebäude.
- ▶ Dekarbonisierung und Ausbau der Fernwärme.
- ▶ Effizienzanforderungen in Bebauungsplänen und städtebaulichen Verträgen, um eine Zunahme des Energiebedarfs der Kommune zu vermeiden.
- ▶ Errichtung neuer Wärmenetze für die Wärmeversorgung von Gebäuden, bei denen keine dezentrale erneuerbare Wärmeversorgung möglich ist.
- ▶ Ausbau der Stromverteilnetze, um den Betrieb von Wärmepumpen und Ladeinfrastruktur zu ermöglichen.
- ▶ Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV).
- ▶ Umstellung des kommunalen Fuhrparks sowie des Fuhrparks kommunaler Unternehmen auf alternative Antriebe.
- ▶ Ausbau der Fuß- und Radinfrastruktur sowie der Ladeinfrastruktur.
- ▶ Umsetzung von technischen Maßnahmen zur Reduzierung der THG-Emissionen im Bereich der Abwasserbehandlung und Abfallentsorgung
- ▶ Umbau des Waldes in kommunalem Besitz und Extensivierung der Bewirtschaftung, um Senkenleistung zu erhalten.
- ▶ Wiedervernässung von Mooren auf kommunalen Flächen

⁶„Als eine **direkte Maßnahme** wird eine Handlung/Aktivität verschiedener Akteure zur Umsetzung eines vorhandenen THG-Einsparpotenzials bezeichnet. [...] Als **indirekte Maßnahme** wird die Handlung der Kommune [...] bezeichnet, die andere Personengruppen/Unternehmen/ Akteure zu einer Aktivität (direkte Maßnahme) motiviert oder sie bei der Umsetzung unterstützt.“ (Gugel et al. 2024).

Die Maßnahmen in den Einflussbereichen 1 bis 3 können (unter Vorbehalt der Verfügbarkeit entsprechender kommunaler Ressourcen) losgelöst von den übergeordneten politischen Ebenen durch die Kommunen bzw. die kommunalen Unternehmen zeitnah umgesetzt werden.

Eine vollständige Reduktion der THG-Emissionen bis zum Jahr 2030 ist jedoch auch in den Einflussbereichen 1 bis 3 nicht möglich. Hintergrund ist, dass im Jahr 2030 bezogener Strom, der sowohl für direkte Nutzerstromanwendungen oder auch indirekt für die Wärmebereitstellung mittels Wärmepumpen benötigt wird, voraussichtlich erst zu 80 % aus erneuerbaren Energien erzeugt wird (EEG 2023).

Zum 2030-Tempo muss einschränkend berücksichtigt werden, dass es je nach Maßnahme evtl. nicht mehr möglich ist diese Ziele zeitkonform einzuhalten. Beispielsweise benötigen die vollständige Dekarbonisierung und der Ausbau der Fernwärme gewisse Planungs- und Umsetzungszeiträume. Mit fortlaufender Zeit ist eine vollständige Umsetzung bis 2030 kaum mehr möglich.

3.1.4.3 Bereiche mit begrenzten Einflussmöglichkeiten von Kommunen auf eigene Treibhausgasneutralität

Neben den Möglichkeiten, die Kommunen haben ihre THG-Emissionen zu reduzieren, werden in den Szenarien auch die Grenzen der kommunalen Einflussmöglichkeiten sichtbar. Auch wenn durch die Umsetzung kommunaler Maßnahmen die THG-Emissionen im Einflussbereich 4 (Beraten / Motivieren) reduziert werden können, ist die vollständige Ausschöpfung der Reduktionsmöglichkeiten stark von den übergeordneten politischen Ebenen und lokalen Akteuren*Akteurinnen abhängig. In den Szenarien betrifft das besonders die folgenden Bereiche:

- ▶ Vollständige Abkehr von fossilen Energieträgern in den Sektoren private Haushalte, GHD und Industrie bei dezentraler Wärmeversorgung.
- ▶ Vollständige Abkehr von der Verbrennung fossiler Kraftstoffe in Fahrzeugen auf dem Territorium der Kommune, besonders stark bei Durchgangsverkehren.
- ▶ Adäquate THG-Reduktion in der Landwirtschaft auf nicht kommunalen Flächen.
- ▶ Wiedervernässung von Mooren auf nicht kommunalen Flächen.
- ▶ Erhalt der Senkenleistung von nicht kommunalen Waldflächen.
- ▶ Stromversorgung über ein fossilfreies bundesweites Stromsystem.

Da in den untersuchten Beispielkommunen jedoch der Großteil der THG-Emissionen in den Einflussbereich 4 fällt, haben kommunale Maßnahmen, die auf diesen wirken, ebenfalls ein relevantes THG-Minderungspotenzial. Die kommunalen Maßnahmen, mit denen die THG-Emissionen im Einflussbereich 4 adressiert werden können, fallen in den Bereich der **indirekten Maßnahmen**. Für die Ausschöpfung der kommunalen Klimaschutzpotenziale müssen auch indirekte Maßnahmen durch die Kommunalverwaltung und teilweise durch kommunale Unternehmen umgesetzt werden, darunter:

- ▶ Beraten und Motivieren von Gebäudeeigentümer*innen und Unternehmen zur Reduzierung des Endenergieverbrauchs.
- ▶ Bereitstellung von Beratungs- und Unterstützungsangeboten zum Umstieg von fossiler auf erneuerbare Wärmeversorgung in Gebieten, in denen kein Anschluss an ein Wärmenetz möglich ist.

- Mobilitätsberatung um Einwohner*innen beim Umstieg auf den Umweltverbund zu unterstützen.

Die Auflistung beschreibt die notwendigen indirekten Maßnahmen auf einer übergeordneten Flugebene. Die gelisteten indirekten Maßnahmen untergliedern sich in der kommunalen Praxis in eine Vielzahl an indirekten Maßnahmen. Eine detaillierte Beschreibung der indirekten Maßnahmen findet sich im Abschlussbericht der Studie „Kommunales Einflusspotenzial zur Treibhausgasreduzierung“ (Kenkmann et al. 2022). Des Weiteren wird aktuell im Projekt „Instrumente für die kommunale Klimaschutzarbeit“ ein Tool mit einer umfassenden Liste an indirekten Maßnahmen inkl. Bewertungskriterien erarbeitet (Gugel et al. 2024).

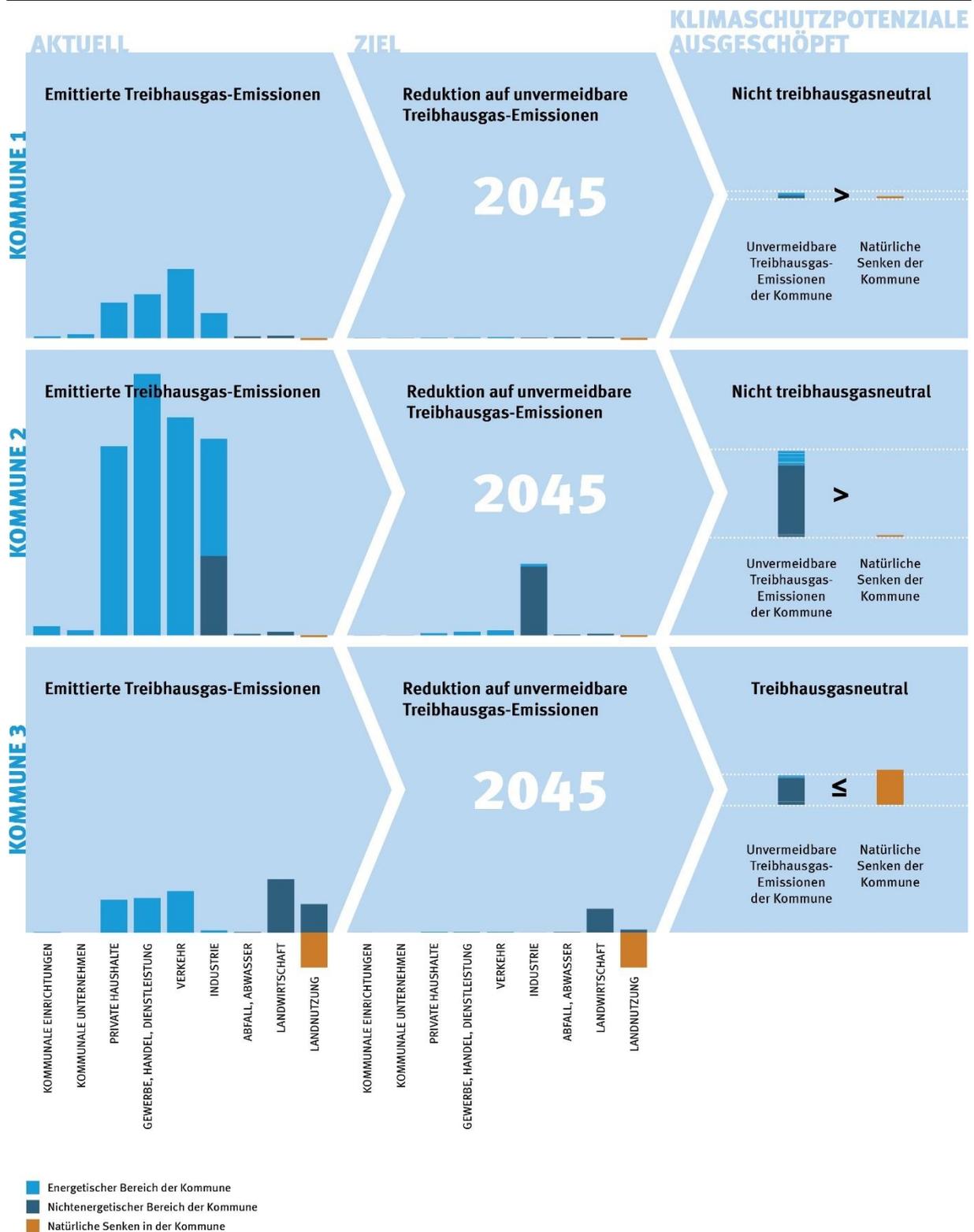
3.1.4.4 Treibhausgasneutralität bis 2045 nur in einem Teil der Kommunen möglich

Die Szenarien zeigen, dass trotz Ausschöpfung der Klimaschutzpotenziale in den Beispielkommunen nur in Beispielkommune 3 Treibhausgasneutralität entsprechend der Definition in Kapitel 2.1 erreicht werden kann (siehe Abbildung 35). Hintergrund ist die inhomogene Verteilung von nicht vermeidbaren THG-Emissionen und Senken. Nicht-energetische Emissionen aus industriellen Prozessen wie bspw. der Zementherstellung (siehe Beispielkommune 2) fallen häufig in Ballungszentren mit geringen Senkenpotenzialen an. Daraus resultiert der Umstand, dass einige Kommunen Treibhausgasneutralität nicht erreichen können. Bei sehr geringer Senkenleistung können auch geringe, aber nicht vermeidbare THG-Emissionen, die mit der Stromversorgung verbunden sind (u.a. durch das Entweichen von SF₆ aus Schaltanlagen oder durch den Schlupf von CH₄ und N₂O aus Biogasanlagen) dazu führen, dass Kommunen Treibhausgasneutralität nicht erreichen können (siehe Beispielkommune 1).

Dennoch können Kommunen, wie zuvor erläutert, ihren adäquaten Beitrag zur nationalen Treibhausgasneutralität leisten. Dazu gehört auch, dass Kommunen mit hohen Senkenpotenzialen diese ausnutzen und gleichzeitig ihre vollständigen Minderungspotenziale heben. Nur so können deutschlandweit die unvermeidbaren THG-Emissionen durch natürliche Senken ausgeglichen werden. In den Szenarien der Beispielkommunen wurde deutlich, dass die zusätzliche Senkenleistung, die nicht benötigt wird, um Treibhausgasneutralität in Beispielkommune 3 zu erreichen, rechnerisch ausreichen würde, um die unvermeidbaren THG-Emissionen aus Beispielkommune 1 auszugleichen. Für den erheblichen Anteil verbleibender THG-Emissionen aus dem Zementwerk in Beispielkommune 2 bräuchte es aber weitere Senkenleistungen aus anderen Kommunen. Um dies zu ermöglichen ist es wichtig, dass Kommunen durch schnelle Umsetzung von Maßnahmen die unvermeidbaren THG-Emissionen auf ein möglichst geringes Maß reduzieren.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass Kommunen die eventuelle Nicht-Erreichbarkeit der Treibhausgasneutralität in ihrer Klimaschutz-Zielstellung sowie Kommunikation transparent machen, da die kommunalen Klimaschutzbemühungen sonst an Glaubwürdigkeit verlieren können. Gleichzeitig darf die fehlende Möglichkeit zum Erreichen der Treibhausgasneutralität nicht die Klimaschutzambitionen von Kommunen mindern. Das Ausschöpfen der Klimaschutzpotenziale ist sehr relevant für das Erreichen der Treibhausgasneutralität auf nationaler Ebene. Empfehlungen hierfür finden sich in Kapitel 4.

Abbildung 35: Entwicklung der THG-Emissionen bei Ausschöpfung der Klimaschutzpotenziale



Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt und ifeu

3.2 Weiterführende Untersuchungen

3.2.1 Ausbau lokaler erneuerbarer Stromerzeugung

Aufgrund der methodischen Orientierung an BSKO bzw. der Berechnung der mit dem Stromverbrauch verbundenen THG-Emissionen mit dem Bundesstrommix, ist der Ausbau lokaler erneuerbarer Stromerzeugung in der Analyse im Unterkapitel 3.1 nicht sichtbar. Deshalb erfolgt in diesem Unterkapitel eine weiterführende Untersuchung, um das Potenzial des Ausbaus der lokalen erneuerbaren Stromerzeugung exemplarisch in den THG-Bilanzen bzw. Szenarien der Beispielkommune 3 (dem Flächen-geprägten Landkreis) sichtbar zu machen.

3.2.1.1 Methodik sowie Randbedingungen und Annahmen

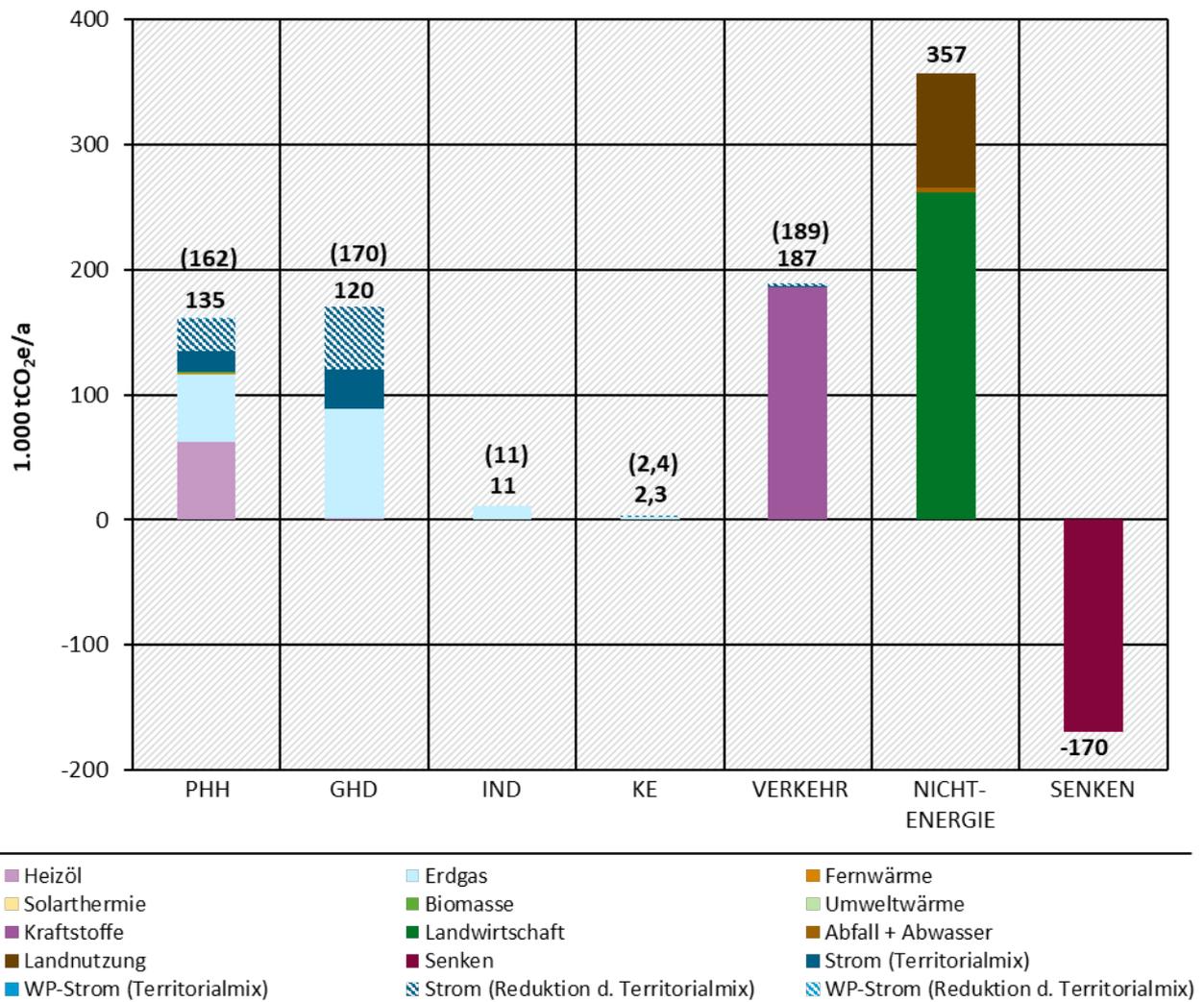
In den Szenarien von Beispielkommune 3 werden die mit dem Stromverbrauch verbundenen THG-Emissionen mit Territorialmix berechnet. Das Flächenpotenzial Wind in Beispielkommune 3 liegt bei 2,9 % bzw. einer jährlichen Stromerzeugung von 3.900 GWh/a. Das Potenzial an Erzeugung von PV-Strom liegt in Beispielkommune 3 bei 500 GWh/a (gebäudenahe PV inkl. Freiflächen-PV). Der Strombedarf von Beispielkommune 3 liegt im Jahr 2021 bei 268 GWh/a und im Jahr 2045 bei 446 GWh/a. Bei vollständiger Ausschöpfung der Potenziale übersteigt die lokale Produktion an erneuerbarem Strom den zukünftigen Bedarf der Beispielkommune 3 um ca. das Zehnfache.

Im 2045-Tempo wird das Potenzial an lokaler erneuerbarer Stromerzeugung bis zum Jahr 2045 und im 2030-Tempo bereits bis zum Jahr 2030 vollständig technisch erschlossen. Die weiteren Randbedingungen sind parallel zu Kapitel 3.1. Bei der Untersuchung in diesem Unterkapitel handelt es sich bewusst um eine Extremwertbetrachtung um maximal mögliche Einflüsse des Ausbaus lokaler erneuerbarer Stromerzeugung auf die Entwicklung der THG-Bilanz sichtbar zu machen.

3.2.1.2 Analyseergebnisse

Abbildung 36 zeigt die THG-Emissionen der Beispielkommune 3 im Ausgangsjahr 2021 mit Territorialmix. Die Reduktion der mit dem Stromverbrauch verbundenen THG-Emissionen durch deren Berechnung mit dem Territorialmix ist straffiert dargestellt. Im Diagramm finden sich die mit Territorialmix gerechneten THG-Emissionen zu jedem Sektor jeweils über den Balken. In Klammern sind (zum Vergleich) die THG-Emissionen mit Bundesmix vermerkt. Die THG-Emissionen mit Territorialmix sind ohne Klammern aufgeführt.

In der Summe liegen die Emissionen im Jahr 2021 in Beispielkommune 3 bei 813.000 t CO₂e/a bei der Berechnung mit Territorialmix und bei 891.000 t CO₂e/a bei der Berechnung mit Bundesmix. Die THG-Emissionen der Beispielkommune 3 sinken durch die Berechnung mit Territorialmix somit um 9 %. Hintergrund ist, dass die durch den hohen Anteil an lokaler erneuerbarer Stromerzeugung (97 %) der Territorialmix mit 182 g CO₂e/kWh bereits deutlich besser ist als der Bundesmix mit 472 g CO₂e/kWh. Da 46 % des lokalen Strombedarfs mit Biogas gedeckt wird, ist der THG-Emissionsfaktor des Territorialmix trotz des hohen Anteils erneuerbarer Energien noch relativ hoch.

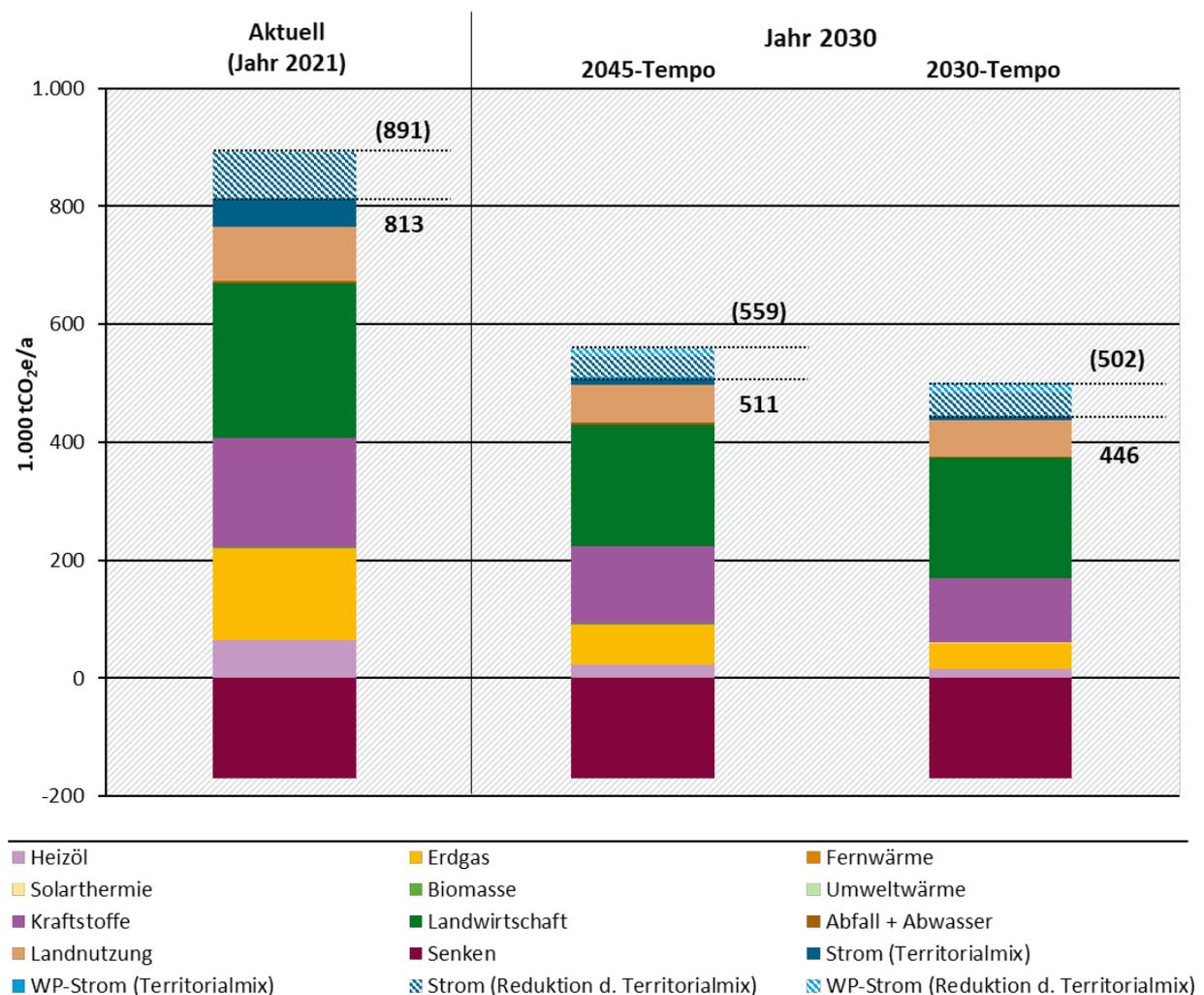
Abbildung 36: THG-Bilanz Beispielkommune 3 im Ausgangsjahr (2021) – Territorialmix vs. Bundesmix

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

In den Szenarien wird davon ausgegangen, dass der Bundesmix im Jahr 2030 bei 167 g CO₂e/kWh liegt. Der Anteil erneuerbarer Energie liegt dann bundesweit, entsprechend dem EEG, bei 80 %. Der Territorialmix in Beispielkommune 3 liegt im Jahr 2030 deutlich unter dem Bundesstrommix – im 2045-Tempo bei 37 g CO₂e/kWh und im 2030-Tempo bei 23 g CO₂e/kWh. Sowohl im 2030-Tempo als auch im 2045-Tempo wird in Beispielkommune 3 bei der Territorialmixbetrachtung im Jahr 2030 der Strombedarf zu 100 % erneuerbar gedeckt. Die Emissionsfaktoren im 2030-Tempo ist besser als der im 2045-Tempo, weil bei einer vollständigen Ausschöpfung der Potenziale deutlich mehr Strom aus Windenergie und anteilmäßig nur noch sehr wenig Strom aus Biomasse erzeugt wird. Windstrom weist einen deutlich besseren Emissionsfaktor als Biomasse auf, weil bei Biomasseanlagen (trotz Abdichtung) das Treibhausgas Methan entweicht.

In Abbildung 37 sind die THG-Bilanzen der Beispielkommune 3 im Jahr 2030 berechnet mit Territorialmix und Bundesmix (Werte in Klammern) sowohl im 2045-Tempo als auch im 2030-Tempo dargestellt. Des Weiteren werden die THG-Bilanzen in der Abbildung 37 der Ausgangsbilanz im Jahr 2021 gegenübergestellt.

Abbildung 37: Entwicklung THG-Bilanzen der Beispielkommune 3 bis zum Jahr 2030 – Territorialmix vs. Bundesmix



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Wird mit **Bundesmix** gerechnet, liegen die THG-Emissionen der Beispielkommune 3 im Jahr 2021 bei 891.000 t CO₂e/a. Bis zum Jahr 2030 können diese im 2045-Tempo um 37,3 % (auf 559.000 t CO₂e/a) und im 2030-Tempo um 43,7 % (auf 502.000 t CO₂e/a) reduziert werden. Der **Vorteil** durch die schnellere Ausschöpfung der lokalen Potenziale im **2030-Tempo** gegenüber dem 2045-Tempo beträgt dann **6,4 Prozentpunkte**. Bei der Berechnung mit Bundesmix sind, entsprechend der Methodik, keine Vorteile durch den Ausbau der lokalen erneuerbaren Stromerzeugung sichtbar.

Wird hingegen mit **Territorialmix** gerechnet, liegen die THG-Emissionen der Beispielkommune 3 im Jahr 2021 bereits bei 813.000 t CO₂e/a. Bis zum Jahr 2030 könnten diese im 2045-Tempo um 37,1 % (auf 511.000 t CO₂e/a) und im 2030-Tempo um 45,1 % (auf 446.000 t CO₂e/a) reduziert werden. Der **Vorteil** durch die schnellere Ausschöpfung der lokalen Potenziale im **2030-Tempo** gegenüber dem 2045-Tempo beträgt dann **8,0 Prozentpunkte** und liegt somit um **1,6 Prozentpunkte höher** als bei Berechnung mit Bundesmix. Durch die Berechnung mit Territorialmix kann ein ambitionierter Ausbau der lokalen erneuerbaren Stromerzeugung somit sichtbar gemacht werden.

Des Weiteren zeigt die Untersuchung, dass auch bei Verwendung des Territorialmix in Beispielkommune 3 bis zum Jahr 2030 keine Treibhausgasneutralität erreicht werden kann. Die THG-Emissionen im 2030-Tempo liegen mit 446.000 t CO₂e/a noch deutlich über der Senkenleistung in Höhe von 170.000 t CO₂e/a. Ausschlaggebend dafür sind die THG-Emissionen, die mit dem Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr, der dezentrale Wärmebereitstellung sowie der Landwirtschaft verbunden sind. Diese lassen sich, wie bereits in Kapitel 3.1.3 dargestellt, nur eingeschränkt durch Kommunen beeinflussen.

3.2.1.3 Erkenntnisse und Zwischenfazit

Werden die lokalen Potenziale an erneuerbarer Stromerzeugung bereits bis zum Jahr 2030 ausgeschöpft (2030-Tempo) und wird mit Territorialmix gerechnet, liegt im Jahr 2030 die THG-Reduktion gegenüber dem Ausgangsjahr 2021 um **1,6 Prozentpunkte** höher als bei der Berechnung mit Bundesmix. Durch die Berechnung mit Territorialmix kann also ein ambitionierter Ausbau der lokalen erneuerbaren Stromerzeugung in der THG-Bilanz sichtbar gemacht werden. Da in Beispielkommune 3 die mit dem Stromverbrauch verbunden THG-Emissionen bereits im Ausgangsjahr mit nur 13 % (Bundesmix) bzw. 5 % (Territorialmix) einen relativ geringen Anteil an den Gesamtemissionen haben, ist der Unterschied relativ gering. Eine Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2030 ist jedoch auch bei Verwendung des Territorialmix in Beispielkommune 3 nicht möglich. Hintergrund sind THG-Emissionen aus dem Verkehr, der Landwirtschaft und der dezentralen Wärmebereitstellung, die nur eingeschränkt durch die Kommune beeinflusst werden können

Mit der Ausschöpfung der Potenziale in Beispielkommune 3 können jährlich 4,4 TWh/a erneuerbarer Strom erzeugt werden. Zum Vergleich: Dies entspricht in etwa dem Stromverbrauch von Beispielkommune 2 (Industrie-geprägte Kommune) im Jahr 2045 bzw. ist fast 1 % des aktuellen Strombedarfs von Deutschland. Dieser essenzielle Beitrag zum Erreichen der nationalen Treibhausgasneutralität wird jedoch auch durch die Verwendung des Territorialmix nicht ausreichend deutlich. Im Rahmen der Erarbeitung von sinnvollen (vorgezogenen) Zielstellungen in Kapitel 4 muss deshalb über die THG-Bilanz hinausgegangen werden bzw. die THG-Bilanz um weitere Zielwerte ergänzt werden.

3.2.2 Auswirkung vorzeitiger Zielstellung auf Landesebene

Einige Bundesländer haben sich das Ziel gesetzt, bereits im Jahr 2040 Treibhausgasneutralität zu erreichen. Das bedeutet, dass in diesen Bundesländern bereits bis zum Jahr 2040 der Energiebedarf mit erneuerbaren Energien gedeckt werden soll (vgl. bspw. § 2 des Niedersächsisches Klimagesetz (NKlimaG 2024)). Bei den Szenarien in Unterkapitel 3.1 werden vorzeitige Zielstellungen auf Landesebene nicht berücksichtigt. In diesem Unterkapitel wird deshalb exemplarisch anhand von Beispielkommune 2 (Industrie-geprägte Kommune) untersucht, welche Auswirkungen eine vorzeitige Zielstellung auf Landesebene auf die Klimaschutzbeiträge der Kommune hat.

3.2.2.1 Methodik sowie Randbedingungen und Annahmen

Abweichend zur Methodik in Unterkapitel 3.1 wird in dieser weiterführenden Untersuchung mit einem landesspezifischen Stromemissionsfaktor („Landesstrommix“) gerechnet. Für die Berechnung des Landesstrommix wird angenommen, dass die Beispielkommune 2 in Niedersachsen liegt. Der Landesstrommix wird parallel zu BSKO mit Vorketten und Äquivalenten berechnet und liegt im Ausgangsjahr (2021) bei 206 g CO₂e/kWh (zum Vergleich: der Bundesstrommix im Jahr 2021 liegt bei 472 g CO₂e/kWh). Durch die vorzeitiger Zielstellung auf Landesebene wird bereits im Jahr 2040 ein Stromemissionsfaktor von 10 g CO₂e/kWh erreicht. Die aus den veränderten Rahmenbedingungen resultierenden Szenarien werden

„Landesszenarien“ genannt. In den Landesszenarien wird des Weiteren die Fernwärme spätestens bis zum Jahr 2040 dekarbonisiert. In Beispielkommune 2 wird angenommen, dass dies durch Großwärmepumpen erreicht wird.

Auch in den Landesszenarien werden für Beispielkommune 2 zwei Szenarien mit unterschiedlichen kommunalen Umsetzungsgeschwindigkeiten gerechnet. Die Randbedingungen und Annahmen der Kommune im 2040-Tempo orientiert sich an den in Kapitel 3.1.2 definierten Randbedingungen der Kommune im 2045-Tempo. Die Randbedingungen der Kommune im 2030-Tempo bleiben (bis auf die Berechnung mit Landesstrommix) identisch. Die von Unterkapitel 3.1 abweichenden Randbedingungen werden in Tabelle 7 zusammengestellt.

Tabelle 7: Zusammenstellung der abweichenden Rahmenbedingungen in den Landesszenarien

		Landesszenario, Kommune im 2040-Tempo	Landesszenario, Kommune im 2030-Tempo
Emissionsfaktor Strom	Ausgangsjahr (2021)	Eigener Stromemissionsfaktor für Niedersachsen: 0,206 g CO _{2e} /kWh	
	Bis 2040	Lineare Absenkung - Annahme: Emissionsfaktor von 10 g CO _{2e} /kWh wird in Niedersachsen schon 2040 erreicht	
Emissionsfaktor Fernwärme	Ausgangsjahr (2021)	Emissionsfaktor Fernwärme bleibt unverändert gegenüber Standardszenario Beispielkommune 3	
	Bis 2040	Lineare Absenkung bis 2040 100 % EE durch Groß-WP erreicht wird	Bereits 2030 wird 100 % EE über Groß-WP erreicht. Emissionen der Fernwärme sinken dennoch schneller als im Standardszenario Beispielkommune 3 im 2030-Tempo da Strom-EF geringer ist

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

3.2.2.2 Analyseergebnisse und Erkenntnisse

In Tabelle 8 sind die Analyseergebnisse der Landesszenarien den Standardszenarien gegenübergestellt. Es werden sowohl die THG-Emissionen im Ausgangsjahr und in den Stützjahren 2025, 2030, 2035 und 2040 also auch die kumulierten THG-Emissionen bis 2040 aufgeführt.

Tabelle 8: Gegenüberstellung der Ergebnisse der Landesszenarien mit den der Standardszenarien

		Standard-szenario, Kommune im 2045-Tempo	Standard-szenario, Kommune im 2030-Tempo	Landes-szenario, Kommune im 2040-Tempo	Landes-szenario, Kommune im 2030-Tempo
THG-Emissionen in den Stützjahren in Mio. t CO _{2e} /a	Ausgangsjahr (2021)	4,3	4,3	3,6	3,6
	2025	3,7	3,5	3,1	2,9
	2030	2,7	2,1	2,5	1,8

		Standard-szenario, Kommune im 2045-Tempo	Standard-szenario, Kommune im 2030-Tempo	Landes-szenario, Kommune im 2040-Tempo	Landes-szenario, Kommune im 2030-Tempo
	2035	2,0	1,6	1,6	1,3
	2040	1,2	1,0	0,8	0,7
Kumulierte THG-Emissionen 2021 bis 2040 in Mio. t CO₂e/a		53,9	47,8	45,9	39,3
Einsparung kumulierter THG-Emissionen im 2030-Tempo		Referenz	11,3%	Referenz	14,4 %

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Da in Niedersachsen der Anteil der Stromerzeugung aus Kohle und Erdgas im Jahr 2021 nur einen Anteil von 22 % hatte (Landesamt für Statistik Niedersachsen 2022), gegenüber einem bundesweiten Anteil von 43 % (Destatis 2022), liegen die Emissionen der Beispielkommune 2 bereits im Ausgangsjahr in den Landesszenarien (3,6 Mio. t CO₂e/a) unter denen der Standardszenarien (4,3 Mio. t CO₂e/a). Auch wenn sich der absolute Unterschied zwischen den jährlichen THG-Emissionen verringert, ist der Vorteil hinsichtlich der THG-Emissionen aufgrund des Landesstrommix auch im Jahr 2040 noch deutlich sichtbar (mit 0,7 bzw. 0,8 Mio. t CO₂e/a in den Landesszenarien gegenüber 1,0 bzw. 1,2 Mio. t CO₂e/a in den Standardszenarien).

Der Einfluss auf die potenziellen Klimaschutzbeiträge der Beispielkommune 2 werden beim Vergleich der kumulierten THG-Emissionen von 2021 bis 2040 sichtbar. Durch die schnellere Umsetzung von kommunalen Klimaschutzmaßnahmen im 2030-Tempo können, gegenüber der Kommune im 2040-Tempo, in den Landeszenarien 14,4 % der kumulierten THG-Emissionen eingespart werden. Bei den Standardszenarien liegt der Vorteil des 2030-Tempos bei nur 11,3 % und ist somit 3,1 Prozentpunkte geringer. Der Hintergrund ist, dass kommunale Maßnahmen, die eine Elektrifizierung beschleunigen (wie bspw. der Umstieg auf Großwärmepumpen in der Fernwärme bis zum Jahr 2030 oder ein Umstieg auf strombetriebene öffentliche Verkehrsmittel) bei einem frühzeitig guten Stromemissionsfaktor eine höhere Klimaschutzwirkung entfalten.

3.2.2.3 Erkenntnisse und Zwischenfazit

In der weiterführenden Untersuchung wurde angenommen, dass eine vorzeitige Zielstellungen auf Landesebene mit einer schnelleren Dekarbonisierung der Energieversorgung einher geht. Dies wirkt sich positiv auf die potenziellen Klimaschutzbeiträge von Kommunen aus. Dies liegt insbesondere daran, dass kommunale Klimaschutzmaßnahmen, mit denen die Elektrifizierung von Anwendungen beschleunigt wird, bei einem höheren Anteil erneuerbarer Energien in der Stromversorgung einen höheren Klimaschutzeffekt haben.

4 Sinnvolle (vorzeitige) Klimaschutzziele

In diesem Kapitel finden sich, aufbauend auf der Definition der Treibhausgasneutralität in Kommunen in Kapitel 2 sowie den Ergebnissen der Szenarien in Kapitel 3, Empfehlungen für Klimaschutzzielstellungen in Kommunen. Zunächst wird in Unterkapitel 4.1 die Vorgehensweise bei der Erarbeitung der Klimaschutzzielstellungen in dieser Studie erläutert. In Unterkapitel 4.2 finden sich Empfehlungen für kommunale Klimaschutzziele bezogen auf das Jahr 2045 – diese Zielstellungen sollten alle Kommunen verfolgen. Kommunen, die bereits vorzeitig, also vor dem Erreichen der Treibhausgasneutralität auf Bundesebene, ihren adäquaten Beitrag zur nationalen Treibhausgasneutralität leisten möchten, finden in Unterkapitel 4.3 Vorschläge, wie sie diese Bestrebung in operationalisierbaren Klimaschutzzielstellungen verankern können. Praktische Hinweise zur Anwendung der empfohlenen Klimaschutzziele finden sich in Unterkapitel 4.4.

Speziell mit den Ansätzen für Zielstellungen vor dem Jahr 2045 sollen die hohen Ambitionen von Vorreiterkommunen gewürdigt werden. Die Ansätze sollen dabei helfen die hohen Ambitionen in Ziele zu überführen, die operationalisierbar sind. Es soll vermieden werden, dass sich Kommunen dafür rechtfertigen müssen, dass sie unerreichbare Ziele, trotz höchstambitionierter Maßnahmenumsetzung, nicht erreichen können.

4.1 Methodisches Vorgehen in dieser Studie

In dieser Studie werden Empfehlungen für die Klimaschutzzielstellung von Kommunen formuliert. Diese Empfehlungen beruhen auf der Auswertung eines Fachaustausches mit Kommunen und Landesenergieagenturen und eines Arbeitstreffens des Projektteams, die im Rahmen dieser Studie durchgeführt wurden. Details zum Fachaustausch und dem Arbeitstreffen finden sich in den folgenden Unterkapitel.

4.1.1 Fachaustausch

Die Agentur für kommunalen Klimaschutz⁷ veranstaltet jährlich einen Fachaustausch zur Bilanzierungs-Systematik kommunal (BISKO⁸) mit Kommunen und Landesenergieagenturen. Der Fachaustausch im Jahr 2024 trug den Titel „Treibhausgasneutralität mit BISKO – Herausforderungen und Lösungsansätze“ und fand am 3. Juli 2024 (digital) statt. Er wurde von der Agentur für kommunalen Klimaschutz in Zusammenarbeit mit den Autoren*Autorinnen dieser Studie durchgeführt. Teilgenommen haben sieben Kommunen und sechs Landesenergieagenturen. Ziel des Fachaustauschs für diese Studie war es, Meinungsbilder für praxisnahe Ansätze für sinnvolle kommunale Klimaschutzzielstellungen zu sammeln.

Als Diskussionsgrundlage wurden den Teilnehmenden zunächst die Ergebnisse der Arbeitspakete 1 (Definition der Treibhausgasneutralität in Kommunen – vgl. Kapitel 2) und 2 (Auswirkung vorzeitiger Zielstellungen – vgl. Kapitel 3) präsentiert. An einer digitalen Metaplanwand wurden anschließend Ideen gesammelt und diskutiert.

Die Teilnehmenden waren sich einig, dass sich die Treibhausgasneutralität nur bedingt als alleiniges Klimaschutzziel eignet. Als einen möglichen Lösungsansatz für die Kommunikation wurde die Festlegung von spezifischen Sektorzielen für Stützjahre vorgeschlagen. Dies bietet die Möglichkeit, Zwischenerfolge besser zu kommunizieren. Auch der Fokus der Ziele auf die kommunalen Handlungsmöglichkeiten wurde positiv bewertet. Obwohl vorzeitige Treibhausgasneutralitätsziele, beispielsweise bis 2030, kaum erreichbar sind, muss gegenüber

⁷ <https://www.klimaschutz.de/de/agentur/ueber>

⁸ Weiterführende Informationen zu BISKO finden sich in Kapitel 2.1

der Politik und der Zivilgesellschaft deutlich gemacht werden, dass sich die Kommune auf einem „Treibhausgasneutral-konformen Pfad“ befindet. Um diese komplexeren Ziele einfach kommunizieren zu können, wurde ein Label als ein möglicher Ansatz genannt.

4.1.2 Arbeitstreffen

Auf Basis der Ergebnisse der Arbeitspakete 1 (Definition der Treibhausgasneutralität in Kommunen – vgl. Kapitel 2) und 2 (Auswirkung vorzeitiger Zielstellungen – vgl. Kapitel 3) sowie den Meinungsbildern aus dem Fachaustausch wurden bei einem Arbeitstreffen des Projektteams folgende Ansätze für Klimaschutzzielstellungen in Kommunen diskutiert:

- ▶ **„Nur zwei Werte“:** In diesem Ansatz werden je Kommune zwei Zielwerte definiert. Der erste Zielwert ist ein kommunenspezifischer Treibhausgaszielwert je Einwohner*in in t CO₂e/(a·EW). Der zweite, ebenfalls kommunenspezifische, Zielwert ist ein Ausbauziel für die Produktion erneuerbaren Stroms auf dem Territorium der Kommune in kWh/(a·EW).
- ▶ **„Umsetzungsbewertung“:** Angelehnt an das Projekt „Instrumente für die kommunale Klimaschutzarbeit“ (Gugel et al. 2024) orientiert sich diese Zielstellung alleine daran, in wie weit Kommunen ihre Handlungsmöglichkeiten ausschöpfen. Da THG-Einsparungen von der Ausschöpfung der Handlungsmöglichkeiten aller politischen Ebenen (Kommune, Land, Bund, EU) abhängig sind, wird der Fokus nicht wie bisher üblich auf den Impact (wie viel THG-Emissionen lassen sich einsparen), sondern stärker auf den Output (was kann die Kommune konkret leisten) gelegt.
- ▶ **„Indikatoren-Set“:** Unterteilt nach den sechs Einflussbereichen von Kommunen (Kenkmann et al. 2022) wird in diesem Ansatz ein Set mit 20 bis 30 Indikatoren definiert. Die Indikatoren beziehen sich auf THG-Einsparungen, Endenergieeinsparungen und Potenzialausschöpfungen in den jeweiligen Einflussbereichen. Für jeden Indikator wird ein Zielwert definiert (teils kommununenunabhängig und teils kommunenspezifisch). Unter den Indikatoren finden sich bspw. der Anteil an erneuerbaren Energien an der Fernwärme sowie die Endenergiereduktion der kommunalen Verwaltung und Unternehmen.
- ▶ **„Sektorspezifischer Ansatz“:** In Anlehnung an das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG 2024) werden Zielwerte für das Zieljahr und Zwischenziele für jeden Sektor vorgegeben. Die Sektoren orientieren sich dabei an den Verbrauchssektoren von BSKO. Zusätzlich wird ein kommunenspezifisches Ziel für die Erzeugung erneuerbaren Stroms ausgegeben.
- ▶ **„Jährliches Minderungsziel“:** In Anlehnung an § 6 „Einsparverpflichtung öffentlicher Stellen; Verordnungsermächtigungen“ des Energieeffizienzgesetz (EnEfG 2023) wird ein jährliches Minderungsziel definiert. Das Minderungsziel bezieht sich jeweils auf die THG-Emissionen zum Vorjahr.

Die unterschiedlichen Ansätze wurden im Arbeitstreffen zunächst vorgestellt und anschließend anhand der folgenden (im Vorhinein festgelegten) Kriterien bewertet und diskutiert:

- ▶ **BSKO-konform:** Wird die Konformität mit BSKO eingehalten? Bspw. keine Verrechnung von fossilen THG-Emissionen mit Senken oder Kompensation.
- ▶ **Übergeordnete Ziele:** Wird die System-Dienlichkeit für den nationalen Klimaschutz sichergestellt? Bspw. Energiebedarfsminderung und Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung.
- ▶ **Vollständig:** Werden alle Bereiche der Treibhausgasneutralität in Kommunen entsprechend der Definition in Kapitel 2 abgedeckt?

- ▶ **Einfachheit:** Ist der Ansatz einfach verständlich und für Kommunen gut kommunizierbar?
- ▶ **Transparenz:** Deckt der Ansatz auf, ob eine Kommune ihre Klimaschutzmaßnahmen schnell und ambitioniert umsetzt?
- ▶ **Mehrwerte:** Werden Mehrwerte des kommunalen Klimaschutzes adressiert? Bspw. macht die Mobilitätswende neben THG-Einsparung auch eine Stadt lebenswerter.

Die Bewertung der im Arbeitstreffen diskutierten Ansätze für Klimaschutzzielstellungen in Kommunen findet sich in Tabelle 9.

Tabelle 9: Bewertung unterschiedlicher Ansätze für Klimaschutzzielstellungen in Kommunen

Benennung Ansatz	Inhaltlich			Kommunikativ		
	BISKO-konform	Übergeordnete Ziele	Vollständig	Einfachheit	Transparent	Mehrwerte
Nur zwei Werte	ja	teilweise	teilweise	ja	teilweise	nein
Umsetzungsbewertung	nein	nein	nein	teilweise	ja	ja
Indikatoren-Set	ja	ja	ja	teilweise	ja	nein
Sektor-spezifischer Ansatz	ja	teilweise	teilweise	ja	teilweise	nein
Jährliches Minderungsziel	ja	teilweise	teilweise	ja	teilweise	nein

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Nach der Diskussion im Arbeitstreffen bestand Einigkeit, dass keiner der aufgeführten Ansätze alle Kriterien ausreichend zufriedenstellen erfüllt. Als Konsens konnte festgehalten werden, dass eine sinnvolle Zielstellung sowohl den Bereich THG-Emissionen als auch den Bereich Potenzialausschöpfung abdecken muss. Des Weiteren bestand große Zustimmung dazu, dass sich speziell vorzeitige Zielstellungen an den Einflussbereichen der Kommune orientieren sollen. Sowohl das Thema Einfachheit als auch das Thema Vollständigkeit hatten einen hohen Stellenwert in der Diskussion. Hier zeigte sich ein Dilemma, da Ansätze mit einem hohen Grad an Vollständigkeit eine gewisse Komplexität aufweisen und bei einfachen Ansätzen Lücken nicht vollständig vermieden werden können.

Aufbauend auf Elementen der oben aufgeführten Ansätze und unter Berücksichtigung der genannten Diskussionsschwerpunkte wurde im Arbeitstreffen ein weiterer Ansatz konzeptioniert. Der Ansatz unterteilt sich in eine Zielstellung für 2045 und in eine Zielstellung vor 2045. In der Zielstellung bis zum Jahr 2045 ist die gesamte THG-Bilanz der Kommune auf die unvermeidbaren THG-Emissionen zu reduzieren. In der Zielstellung vor dem Jahr 2045 werden hingegen je nach Einflussbereich der Kommune unterschiedliche Reduktionsziele gewählt. Die Ausarbeitung der Ansätze erfolgte in der Nachbereitung des Arbeitstreffens und findet sich in den Kapiteln 4.2 und 4.3. Um das Dilemma „Vollständigkeit vs. Einfachheit“ zu

umgehen, wurden für die Zielstellung vor 2045 ein umfassender Ansatz und ein verkürzter Ansatz ausgearbeitet.

4.2 Empfehlungen für kommunale Klimaschutzziele bis 2045

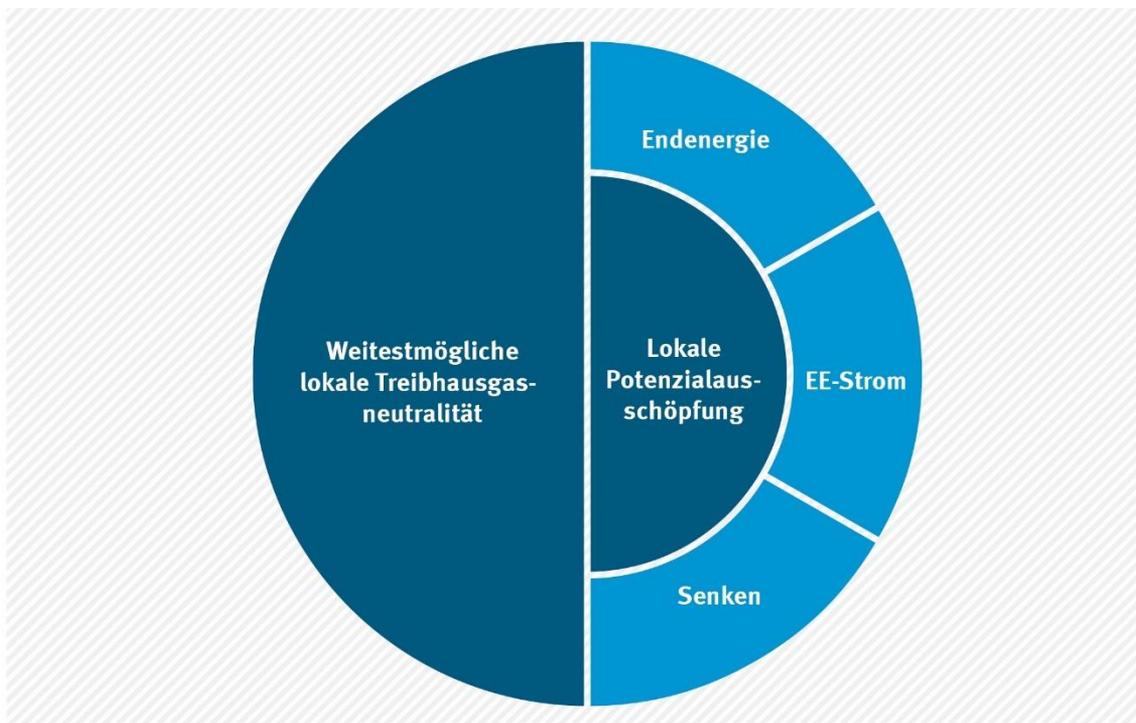
Bis zum Jahr 2045 soll, entsprechend der nationalen Klimaschutzziele, Deutschland Treibhausgasneutral werden (KSG 2024). Um einen adäquaten Beitrag zur nationalen Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 zu leisten, wird allen Kommunen mindestens die in den folgenden Unterkapiteln dargelegte Zielstellung empfohlen.

4.2.1 Grundsätzliche Darstellung des Ansatzes

Um sicherzustellen, dass die lokalen Klimaschutzpotenziale ausgeschöpft werden, sollten kommunale Klimaschutzzielstellungen aus den folgenden zwei Zielbereichen bestehen (siehe Abbildung 38):

1. Weitestmögliche lokale Treibhausgasneutralität
2. Lokale Potenzialausschöpfung

Abbildung 38: Kommunale Klimaschutzzielstellung bis 2045



Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt und ifeu

4.2.1.1 Weitestmögliche lokale Treibhausgasneutralität

Grundsätzlich sollten Kommunen eine Treibhausgasneutralität entsprechend der Definition in Kapitel 2.1, also ein Gleichgewicht aus THG-Emissionen und Senken auf dem eigenen Territorium, anstreben. Da, wie in Kapitel 3 dargelegt, dies nicht in allen Kommunen möglich ist, wird für die Zielstellung der Begriff „weitestmögliche lokale Treibhausgasneutralität“ vorgeschlagen. Mit weitestmöglicher lokaler Treibhausgasneutralität wird in diesem Bericht ein Zustand beschrieben, in dem alle technisch vermeidbaren THG-Emissionen vermieden und soweit möglich durch natürliche Senken ausgeglichen werden. Weitestmögliche Treibhausgasneutralität wird also erreicht, wenn alle Klimaschutzpotenziale ausgeschöpft sind

(vgl. Kapitel 2.2) auch wenn dies, abhängig der lokalen Gegebenheiten, bedeuten kann, dass die Treibhausgasneutralität entsprechend der Definition in Kapitel 2.1 nicht erreicht ist.

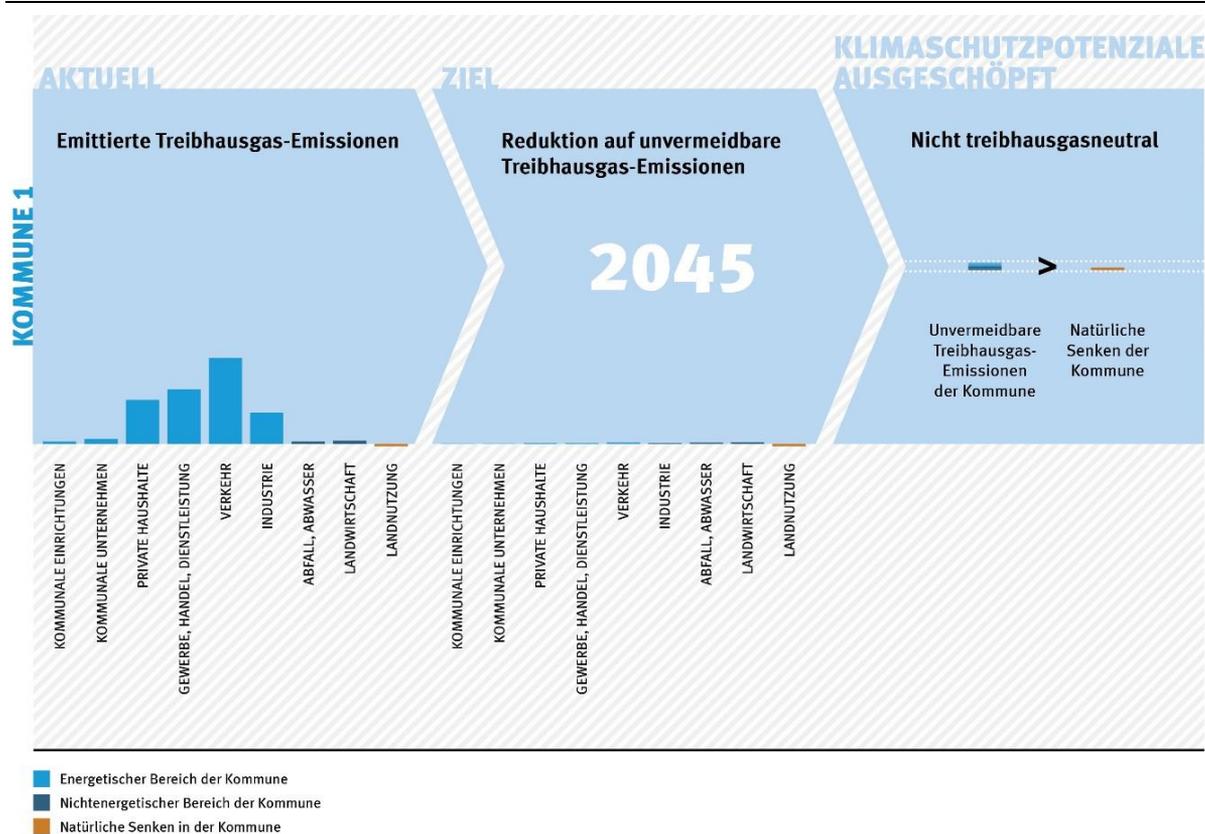
4.2.1.2 Lokale Potenzialausschöpfung

Mit einer weitestmöglichen lokalen Treibhausgasneutralität allein kann jedoch nicht sichergestellt werden, dass alle Kommunen ihre Klimaschutzpotenziale ausschöpfen und ihren adäquaten Beitrag zur nationalen Treibhausgasneutralität leisten. Hintergrund ist, dass die Potenziale an erneuerbarer Stromerzeugung sowie Senkenpotenziale ungleichmäßig verteilt sind. Einige Kommunen müssen mit der Erzeugung erneuerbaren Stroms über den eigenen Bedarf hinausgehen und/oder eine höhere Leistung an natürlichen Senken bereitstellen, als sie für den Ausgleich ihrer unvermeidbaren THG-Emissionen benötigen. Um sicherzustellen, dass das begrenzte Angebot an erneuerbaren Energien für alle reicht, müssen zudem alle Kommunen ihren Endenergiebedarf entsprechend ihrer Einsparpotenziale senken. Der Bereich Potenzialausschöpfung unterteilt sich deshalb in die drei Teilbereiche Endenergieerzeugung, erneuerbare Stromerzeugung und Senken. Eine Erläuterung der drei Teilbereiche findet sich im folgenden Kapitel.

4.2.2 Veranschaulichung anhand von Beispielkommune 1

Die Zielstellung für das Jahr 2045 wird im Folgenden anhand von Beispielkommune 1 (Großstadt ohne relevante Anteile nicht-energetischer THG-Emissionen – siehe auch Charakterisierung der Beispielkommunen in Kapitel 3.1) veranschaulicht. Die Entwicklung der THG-Emissionen der Beispielkommune 1 bei Ausschöpfung der Klimaschutzpotenziale wird in Abbildung 39 dargestellt (Zielbereichen „**Weitestmögliche lokale Treibhausgasneutralität**“).

Abbildung 39: Weitestmögliche Treibhausgasneutralität in Beispielkommune 1 bei Ausschöpfung der Klimaschutzpotenziale

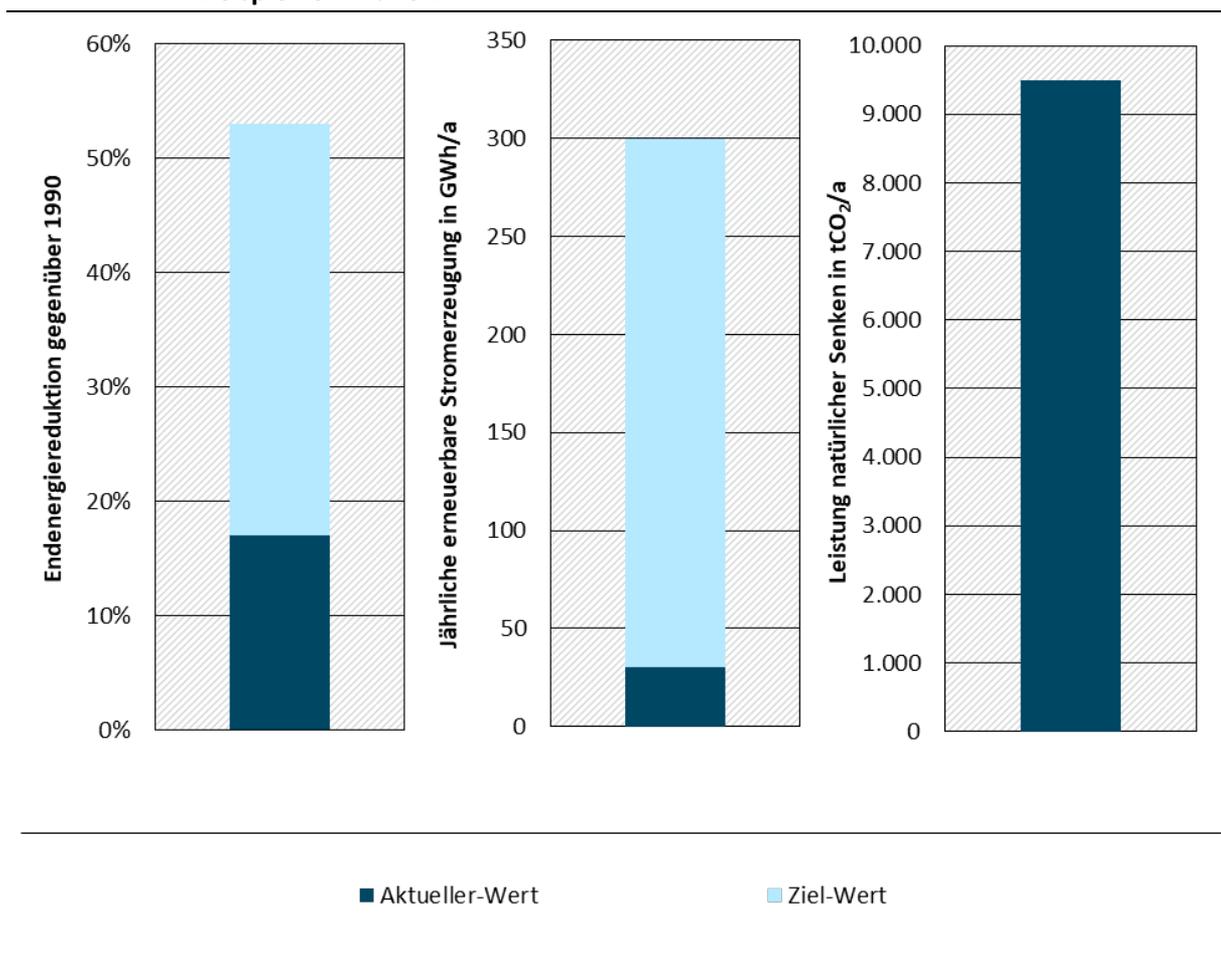


Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt und ifeu

Die Beispielkommune 1 kann bis zum Jahr 2045 ihre THG-Emissionen um 98 % reduzieren, von heute 899.000 t CO₂e/a auf 23.000 t CO₂e/a. Die Potenziale an natürlichen Senken sind jedoch auf 9.500 t CO₂/a beschränkt – also weniger als die insgesamt Restemissionen in Höhe von 23.000 t CO₂e/a. Somit ist Beispielkommune 1 auch im Zielzustand darauf angewiesen, dass ein Teil ihrer THG-Emissionen in einer anderen Kommune mit größeren Senkenpotenzialen ausgeglichen wird. Da in Beispielkommune 1 im Jahr 2045 jedoch alle technisch vermeidbaren THG-Emissionen vermieden werden sowie die lokalen Senken entsprechend der Potenziale ausgeschöpft sind, kann von **weitestmöglicher Treibhausgasneutralität** gesprochen werden. Die auf die Bevölkerung der Beispielkommune 1 bezogen Restemissionen liegen dann bei 0,2 t CO₂e je Einwohner*in und Jahr.

Der Zielbereich „**Lokale Potenzialausschöpfung**“ wird in Abbildung 40 dargestellt.

Abbildung 40: Potenzialausschöpfung Endenergie, erneuerbare Stromerzeugung und Senken in Beispielkommune 1



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Ein Ausschöpfen der drei oben erwähnten Potenziale bedeutet für die Beispielkommune 1 Folgendes:

- **Endenergiereduktion:** Das Endenergiereduktionsziel wird in Beispielkommune 1 auf das Jahr 1990 bezogen. Das Bezugsjahr entspricht somit dem der sogenannten Masterplankommunen⁹. Entsprechend der aktuellen Energiebilanz der Beispielkommune

⁹ <https://www.klimaschutz.de/de/foerderung/foerderprogramme/masterplan-100-klimaschutz>

wurde die Endenergie gegenüber dem Jahr 1990 um 17 % reduziert. Das Potenzial für die Endenergiereduktion in Beispielkommune 1 liegt bei **53 %** (siehe Ergebnisse der Szenarien in Kapitel 3.1). Dies entspricht einem Endenergiebedarf von 1.500 GWh/a bzw. **13 MWh je Einwohner*in und Jahr**. Um die lokalen Potenziale auszuschöpfen, sollte dieser Zielwert spätestens bis zum Jahr 2045 erreicht werden.

- ▶ **Erneuerbare Stromerzeugung:** Bisher werden in Beispielkommune 1 jährlich 30 GWh/a erneuerbarer Strom erzeugt. Der adäquate Beitrag der Beispielkommune zum nationalen Treibhausgasneutralität, der entsprechend einer Potenzialanalyse im Rahmen der lokalen Potenziale möglich ist, ist eine jährlich erneuerbarer Stromerzeugung von **300 GWh/a**. Spätestens bis zum Jahr 2045 müssen somit zusätzlich Anlagen mit einer jährlichen erneuerbaren Stromerzeugung von 270 GWh/a errichtet werden. *Hinweis: Aufgrund beschränkter Potenziale, wird in Beispielkommune 1 im Jahr 2045 die lokale erneuerbare Stromerzeugung unter dem Strombedarf (der entsprechend den Szenarien in Kapitel 3.1 im Jahr 2045 rund 770 GWh/a beträgt) liegen.*
- ▶ **Senken:** Die Leistung der natürlichen Senken in Beispielkommune 1 liegt aktuell bei **9.500 t CO₂/a**. Aufgrund der Flächennutzung in der hochverdichteten Großstadt besteht kein relevantes Potenzial zur Steigerung der Senkenleistung. Hauptaufgabe der Kommune ist es, die aktuelle Senkenleistung, die durch Störungen (also natürliche Ereignisse wie Windwurf, Borkenkäfer, Waldbrand oder Dürre) bedroht ist, zu erhalten.

4.3 Empfehlungen für kommunale Klimaschutzziele vor 2045

Die Analyseergebnisse in Kapitel 3 zeigen, dass die Beispielkommunen durch eine schnelle Umsetzung von kommunalen Klimaschutzmaßnahmen ihre kumulierten THG-Emissionen bis zum Jahr 2045 um 6 % bis 11 % reduzieren können. Deshalb wird Kommunen empfohlen, sich ambitionierte Klimaschutzziele zu setzen und ihren adäquaten Beitrag zur nationalen Treibhausgasneutralität bereits vorzeitig zu leisten. Bei Zielstellungen vor dem Jahr 2045 müssen Kommunen jedoch berücksichtigen, dass sie aufgrund des politischen Mehrebenensystems auf die verschiedenen Bereiche der kommunalen THG-Bilanz unterschiedlichen Einfluss haben. Für die Zielgröße der THG-Emissionen sollten deshalb je nach Einflussbereich unterschiedliche Reduktionsziele gewählt werden.

In den folgenden Unterkapiteln werden zwei Ansätze vorgestellt, wie Kommunen ihre Einflussbereiche in Zielstellungen **vor** dem Jahr 2045 berücksichtigen können. Der „umfassende Ansatz“ (Kapitel 4.3.1) wird allen Kommunen empfohlen, unabhängig von der Kommunengröße. Für den umfassenden Ansatz müssen jedoch Reduktionsziele je Einflussbereich berechnet werden, was mit einer bestimmten Komplexität verbunden ist und einen gewissen Zeitaufwand bedeutet. Mit dem „verkürzten Ansatz“ (Kapitel 4.3.2) können Kommunen hingegen direkt starten. Auch Kommunen, die mit dem verkürzten Ansatz starten, wird eine Umsetzung des umfassenden Ansatzes empfohlen, sobald sie die Reduktionsziele je Einflussbereich bestimmt haben.

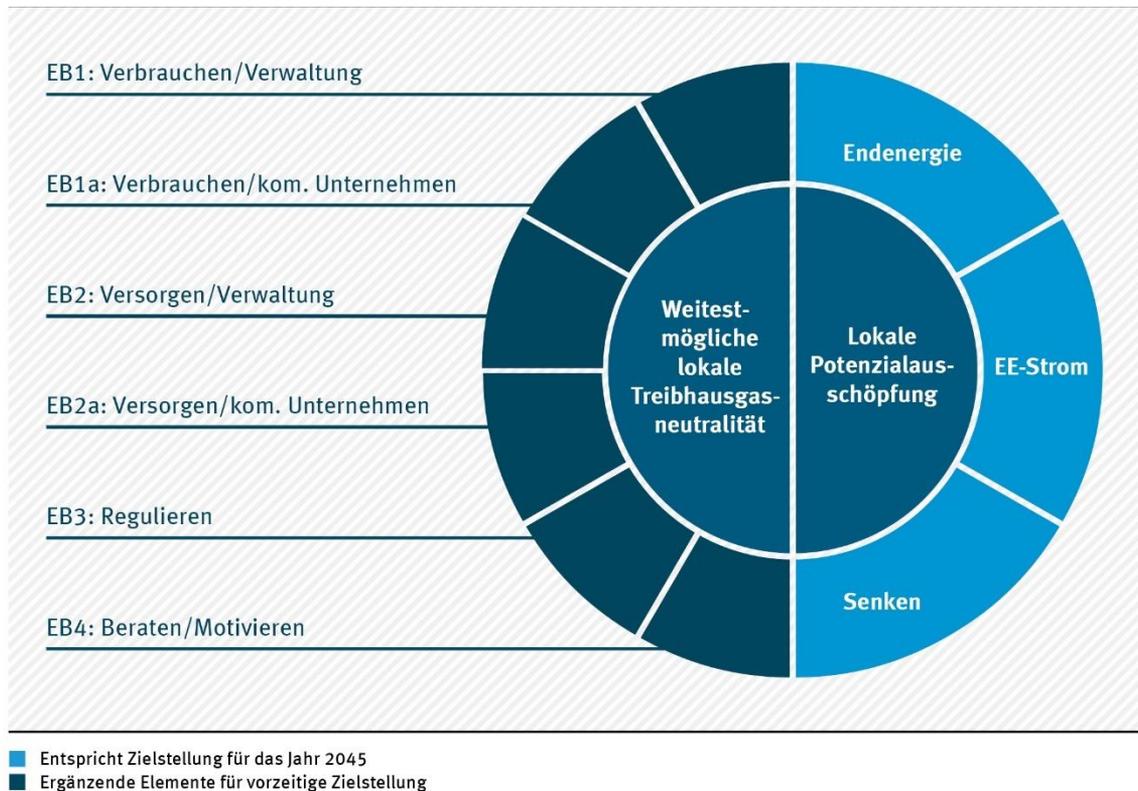
4.3.1 Umfassender Ansatz

4.3.1.1 Grundsätzliche Darstellung des Ansatzes

Die Zielstellung **vor** dem Jahr 2045 unterscheidet sich von der Zielstellung **bis zum** Jahr 2045 speziell im Teilbereich „Weitestmögliche lokale Treibhausgasneutralität“ (siehe Abbildung 41). In der Zielstellung bis zum Jahr 2045 müssen alle technisch vermeidbaren THG-Emissionen vermieden und soweit möglich durch natürliche Senken ausgeglichen werden. In der

Zielstellung vor dem Jahr 2045 werden hingegen je nach Einflussbereich der Kommune unterschiedliche Reduktionsziele gewählt. Je nach kommunalen Gegebenheiten können auch Steigerungsziele der lokalen Senkenleistung je Einflussbereich definiert werden.

Abbildung 41: Darstellung der Zielstellung vor dem Jahr 2045 – Umfassender Ansatz



Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt und ifeu

Die Einflussbereiche können wie folgt charakterisiert werden¹⁰:

- ▶ **Einflussbereich 1 „Verbrauchen / Verwaltung“ (EB1):** THG-Emissionen, die mit dem direkten Energieverbrauch der Kommunalverwaltung verbunden sind (Stichworte: kommunale Gebäude, kommunaler Fuhrpark). Je nach kommunalen Gegebenheiten kann in diesem Einflussbereich auch die Leistung der Senken auf kommunalen Flächen (Stichwort: Stadtwald) eingeordnet werden.
- ▶ **Einflussbereich 1a „Verbrauchen / kommunale Unternehmen“ (EB1a):** THG-Emissionen, die mit dem direkten Energieverbrauch der kommunalen Unternehmen verbunden sind (Stichwort: kommunalen Wohnungsbaugesellschaft).
- ▶ **Einflussbereich 2 „Versorgen / Verwaltung“ (EB2):** THG-Emissionen, die durch Versorgungsangebote der Kommunalverwaltung beeinflusst werden können (Stichworte: Ausbau von Radwegen, Straßenumgestaltung).
- ▶ **Einflussbereich 2a „Versorgen / kommunale Unternehmen“ (EB2a):** THG-Emissionen, die durch Versorgungsangebote der kommunalen Unternehmen entstehen bzw. beeinflusst werden können (Stichworte: Fernwärmeversorgung, ÖPNV-Angebot).

¹⁰ Hinweis: Eine detaillierte Erläuterung aller Einflussbereiche findet sich in Kapitel 3.1.1 Abbildung 9

- ▶ **Einflussbereich 3 „Regulieren“ (EB3):** THG-Emissionen, die durch regulierende Maßnahmen beeinflusst werden können (Stichworte: Flächennutzungsplanung, Bauleitplanung, kostenpflichtiges Parken).
- ▶ **Einflussbereich 4 „Beraten / Motivieren“ (EB4):** THG-Emissionen, die durch Maßnahmen im Bereich Beratung und Motivation beeinflusst werden können (Stichworte: Private Gebäude, motorisierter Individualverkehr). Je nach kommunalen Gegebenheiten kann in diesem Einflussbereich auch die Leistung der Senken, die durch Maßnahmen im Bereich Beratung und Motivation beeinflusst werden können, eingeordnet werden.

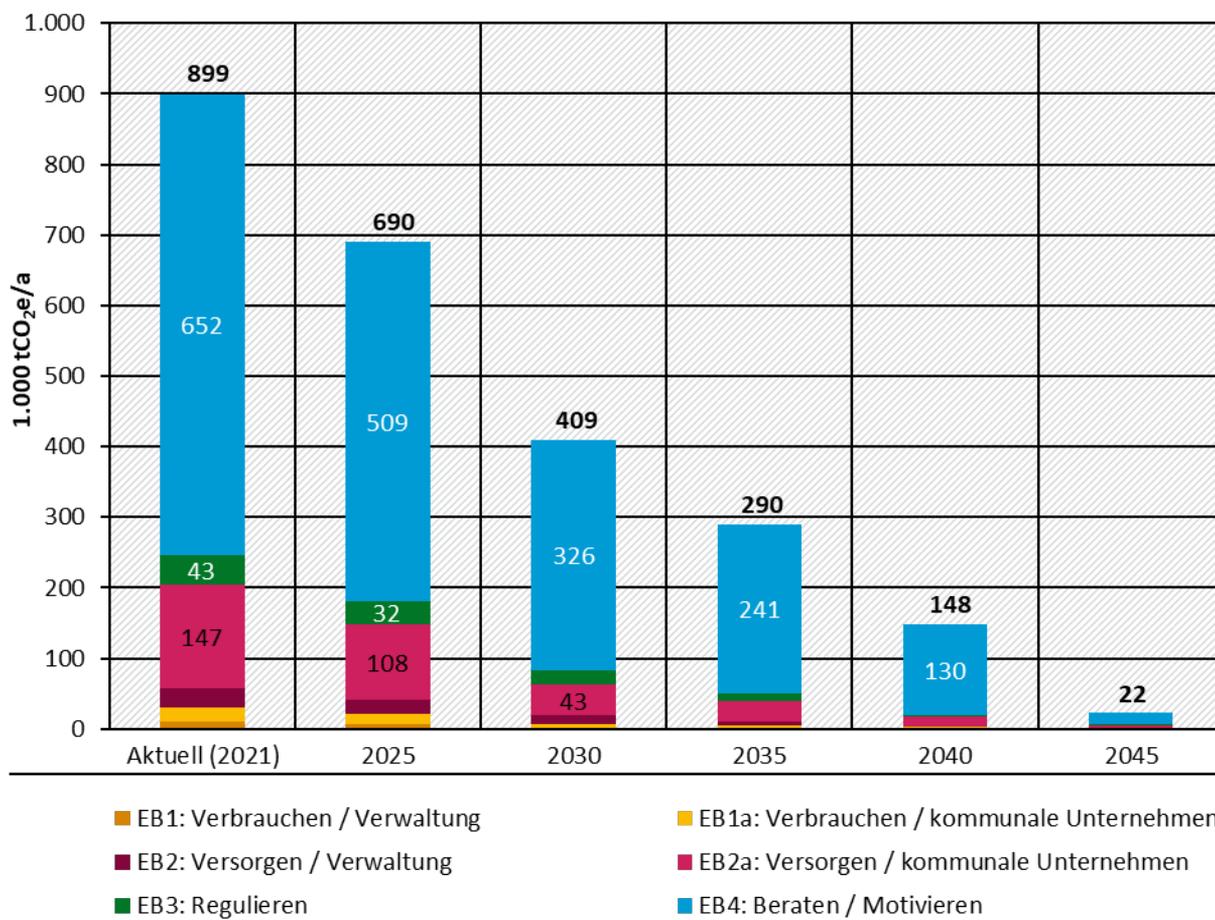
Die Einflussmöglichkeiten der Kommune je Einflussbereich sinken mit steigender Nummerierung. Im Einflussbereich 1 „Verbrauchen / Verwaltung“ (EB1) kann bspw. bis zum Jahr 2030 ein hohes THG-Reduktionsziel festgelegt werden. Hintergrund ist, dass Kommunen durch die Sanierung ihrer Gebäude die THG-Emissionen in diesem Einflussbereich unmittelbar beeinflussen können. Im Einflussbereich 4 „Beraten / Motivieren“ (EB 4) muss hingegen ein geringeres THG-Reduktionsziel angesetzt werden, da hier der Einflüsse der übergeordneten Ebenen (Land, Bund und EU) sowie die individuellen Entscheidungen von bspw. Gebäudeeigentümer*innen und Unternehmen eine relevante Rolle spielen.

4.3.1.2 Veranschaulichung anhand von Beispielkommune 1

Im Folgenden wird der umfassende Ansatz für eine Zielstellung vor dem Jahr 2045 anhand der Beispielkommune 1 veranschaulicht. Abbildung 42 zeigt die Entwicklung der THG-Emissionen in Beispielkommune 1 nach Einflussbereichen im 2030-Tempo entsprechend der Szenarien in Kapitel 3. Setzt sich Beispielkommune 1 als Ziel, die zentralen Klimaschutzmaßnahmen in ihrem Einflussbereich bis zum Jahr 2030 umzusetzen, zeichnet das in Abbildung 42 dargestellte Szenario den Zielpfad.

In dem folgenden Beispiel wird vereinfacht auf die Darstellung der Senken verzichtet. Hintergrund ist zum einen, dass in Beispielkommune 1 die Senken gegenüber den THG-Emissionen hinsichtlich der Größenordnungen eine untergeordnete Rolle spielen. Zum anderen liegt in Beispielkommune 1 die zentrale Aufgabe im Erhalt der lokalen Senkenleistung durch einen Umbau des Waldes und durch Extensivierung der Bewirtschaftung. Für eine relevante Steigerung der Senkenleistung bzw. für Steigerungsziele bestehen keine Potenziale.

Abbildung 42: Zielpfad der THG-Emissionen in Beispielkommune 1 – nach Einflussbereichen im 2030-Tempo



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Aus diesem Szenario können dann, jeweils bezogen auf das Ausgangsjahr (in diesem Fall 2021), THG-Reduktionsziele je Einflussbereich abgeleitet werden. Die THG-Reduktionsziele in den Stützjahren 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045 finden sich in Tabelle 10. Für die Jahre zwischen den Stützjahren können Reduktionsziele mittels linearer Interpolation berechnet werden.

Der Ansatz ist vergleichbar mit den Treibhausgasminderungszielen des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG 2024). Der zentrale Unterschied ist, dass die Ziele nicht je Sektor, sondern je Einflussbereich festgelegt werden. Dadurch wird den Einflussmöglichkeiten der Kommunalpolitik im Mehrebenensystem Rechnung getragen.

Tabelle 10: THG-Reduktionsziele je Einflussbereich in Beispielkommune 1 im 2030-Tempo

	2025	2030	2035	2040	2045
EB1: Verbrauchen / Verwaltung	-38%	-83%	-86%	-93%	-99%
EB1a: Verbrauchen / kommunale Unternehmen	-26%	-70%	-72%	-79%	-85%
EB2: Versorgen / Verwaltung	-26%	-54%	-81%	-98%	-100%
EB2a: Versorgen / kommunale Unternehmen	-27%	-72%	-83%	-94%	-99%

	2025	2030	2035	2040	2045
EB3: Regulieren	-26%	-54%	-81%	-98%	-100%
EB4: Beraten / Motivieren	-22%	-50%	-63%	-80%	-97%
Gesamt	-23%	-55%	-68%	-84%	-98%

Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Um die THG-Reduktionsziele je Einflussbereich entsprechend der Tabelle 10 zu erreichen, müssen unter anderem die folgenden zentralen Klimaschutzmaßnahmen **bis zum Jahr 2030** umgesetzt werden:

- ▶ **Einflussbereich 1 „Verbrauchen / Verwaltung“ (EB1):** Energetische Sanierung städtischer Gebäude sowie Umstieg auf erneuerbare Energieversorgung dieser Gebäude. Umstellung des kommunalen Fuhrparks auf alternative Antriebe.
- ▶ **Einflussbereich 1a „Verbrauchen / kommunale Unternehmen“ (EB1a):** Energetische Sanierung von Gebäuden im Besitz von kommunalen Unternehmen sowie Umstieg auf eine erneuerbare Energieversorgung dieser Gebäude. Umstellung des kommunalen Fuhrparks auf alternative Antriebe.
- ▶ **Einflussbereich 2 „Versorgen / Verwaltung“ (EB2):** Ausbau der Fuß- und Radinfrastruktur. Rückbau von Parkplätzen / Pkw-Straßenraum (Straßenumgestaltung).
- ▶ **Einflussbereich 2a „Versorgen / kommunale Unternehmen“ (EB2a):** Dekarbonisierung und Ausbau der Fernwärme. Errichtung neuer Wärmenetze für die Wärmeversorgung von Gebäuden, bei denen keine dezentrale erneuerbare Wärmeversorgung möglich ist. Ausbau der Ladeinfrastruktur. Ausbau der Stromverteilnetze, um den Betrieb von Wärmepumpen und Ladeinfrastruktur zu ermöglichen. Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV). Umsetzung von technischen Maßnahmen zur Reduzierung der THG-Emissionen im Bereich der Abwasserbehandlung und Abfallentsorgung
- ▶ **Einflussbereich 3 „Regulieren“ (EB3):** Effizienzanforderungen in Bebauungsplänen und städtebaulichen Verträgen, um eine Zunahme des Energiebedarfs der Kommune zu vermeiden. Die Einführung kostenpflichtigen Parkens.
- ▶ **Einflussbereich 4 „Beraten / Motivieren“ (EB4):** Beraten und Motivieren von Gebäudeeigentümer*innen und Unternehmen zur Reduzierung des Endenergieverbrauchs. Bereitstellung von Beratungs- und Unterstützungsangeboten zum Umstieg von fossiler auf erneuerbare Wärmeversorgung in Gebieten, in denen kein Anschluss an ein Wärmenetz möglich ist. Mobilitätsberatung um Einwohner*innen beim Umstieg auf den Umweltverbund zu unterstützen.

4.3.2 Verkürzter Ansatz

Im Folgenden wird der „verkürzte Ansatz“ erläutert. Der „verkürzte Ansatz“ wird nur ergänzend zum umfassenden Ansatz empfohlen, um ein schnelles Handeln in den Kommunen zu ermöglichen (siehe auch Textbox 11 am Ende des Kapitels).

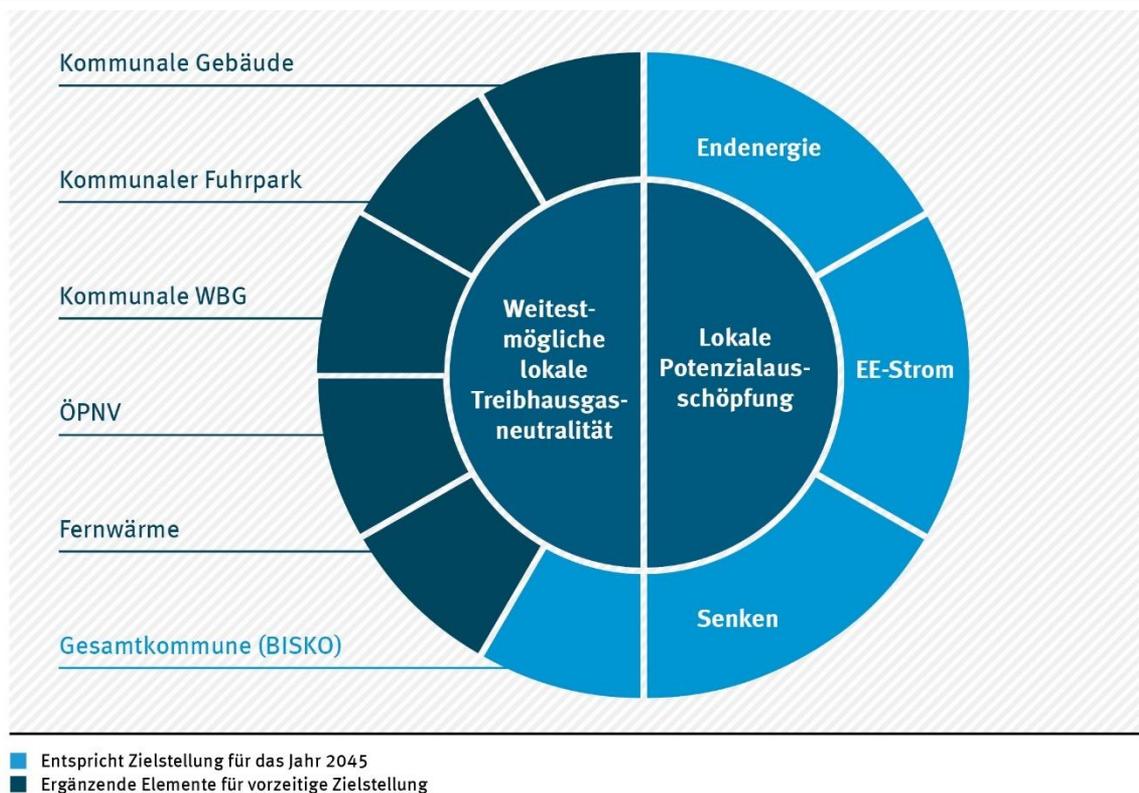
4.3.2.1 Grundsätzliche Darstellung des Ansatzes

Der verkürzte Ansatz ist in Abbildung 43 dargestellt. Im verkürzten Ansatz werden im Zeitraum vor 2045 im Teilbereich der weitestmöglichen lokalen Treibhausgasneutralität die direkten

THG-Emissionen (Scope-1-Emissionen) der folgenden Organisationseinheiten in den Fokus gerückt:

- ▶ **Kommunale Gebäude** (ist Teil des Einflussbereichs 1)
- ▶ **Kommunaler Fuhrpark** (ist Teil des Einflussbereichs 1)
- ▶ **Kommunale Wohnungsbaugesellschaft (WBG)** (ist Teil des Einflussbereichs 1a)
- ▶ **Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)** (ist Teil des Einflussbereichs 2a)
- ▶ **Fernwärmeerzeugung** (ist Teil des Einflussbereichs 2a, sofern die Fernwärme im Besitz eines kommunalen Unternehmens, bspw. der Stadtwerke, ist)

Abbildung 43: Darstellung der Zielstellung vor dem Jahr 2045 – Verkürzter Ansatz



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

Es liegt im direkten Einflussbereich der Kommunen bzw. der kommunalen Unternehmen, ihre Scope-1-Emissionen komplett auf null zu reduzieren. Deshalb ist im verkürzten Ansatz, im Gegensatz zum umfassenden Ansatz, die Bestimmung der Zielwerte einfach möglich: Diese liegen jeweils bei null. Die Herausforderung liegt auch im verkürzten Ansatz in der Definition des Zieljahrs (bspw. 2030 oder 2035). In einigen Kommunen wurde bereits ein Treibhausgas- bzw. Klimaneutralitätszieljahr politisch festgelegt. In diesen Kommunen bietet es sich an, dieses Zieljahr auf das Erreichen der „null Scope-1-Emissionen“ in den ausgewählten Organisationseinheiten anzuwenden.

Die Scope-2-Emissionen der oben aufgeführten Organisationseinheiten fallen im Bereich Wärme auf die Fernwärme und im Bereich Strom auf den Bundesstrommix. Die Betrachtung der Scope-2-Emissionen wird im verkürzten Ansatz zugunsten der Einfachheit ausgeklammert. Gerechtfertigt wird dies zum einen damit, dass die Scope-2-Emissionen der kommunalen

Gebäude und der Gebäude der kommunalen Wohnungsbaugesellschaft im Bereich Wärme bereits mit den Scope-1-Emissionen der Fernwärmeerzeugung abgedeckt sind. Der kommunale Fuhrpark sowie der öffentlicher Personennahverkehr haben keine Scope-2-Emissionen im Bereich Wärme. Die Scope-2-Emissionen der oben aufgeführten Organisationseinheiten im Bereich Strom fallen auf den Bundesstrommix. Der positive Einfluss der Kommunen auf die Entwicklung des Bundesstrommix ist mit dem übergeordneten Ziel der Potenzialausschöpfung erneuerbare Stromerzeugung (siehe Abbildung 43) ebenfalls abgedeckt.

Auch die Scope-3-Emissionen (Vorketten) werden zugunsten der Einfachheit im verkürzten Ansatz ausgeklammert, da diese auch bei einer vollständigen Defossilisierung des Hintergrundsystems nicht auf null gehen (siehe Kapitel 3.1.2). Würden die Scope-3-Emissionen im verkürzten Ansatz einbezogen werden, wären für die Festlegung der Zielwerte Zielszenarien je Organisationseinheiten zu berechnen, was im verkürzten Ansatz explizit vermieden werden soll.

Die Zielstellung für das Jahr 2045 inkl. der weitestmöglichen lokalen Treibhausgasneutralität der gesamten Kommune sowie der Potenzialausschöpfung bleiben im verkürzten Ansatz weiterhin bestehen. Als Hilfestellung für Kommunen, um herauszufinden welche Maßnahmen dafür sinnvoll sind, wird aktuell im Projekt „Instrumente für die kommunale Klimaschutzarbeit“ ein Tool mit einer umfassenden Maßnahmenliste inkl. Bewertungskriterien erarbeitet (Gugel et al. 2024). Der Fortschritt bei der Erfüllung der Zielstellung für 2045 muss, parallel zu den vorzeitigen Teilbereichen, vom Klimaschutzmonitoring erfasst werden.

TextBox 11: Verkürzter Ansatz nur als Übergangslösung

Der „verkürzte Ansatz“ wird nur ergänzend zum umfassenden Ansatz empfohlen, um ein schnelles Handeln in den Kommunen zu ermöglichen. Mit dem verkürzten Ansatz werden die Klimaschutzpotenziale der Kommunen nicht vollständig ausgeschöpft. Beispielsweise können die Scope-1-Emissionen von kommunalen Gebäuden auch ohne Endenergieeinsparung auf null reduziert werden, indem deren Wärmeversorgung komplett über eine erneuerbare Fernwärme gedeckt wird. Das notwendige Klimaschutzpotenzial der Endenergiereduktion bleibt entsprechend ungenutzt. Deshalb sollte der verkürzte Ansatz nur als Übergangslösung gesehen werden, bis die entsprechenden Vorbereitungen für den umfassenden Ansatz getroffen wurden.

4.3.2.2 Veranschaulichung anhand Beispielkommune 1

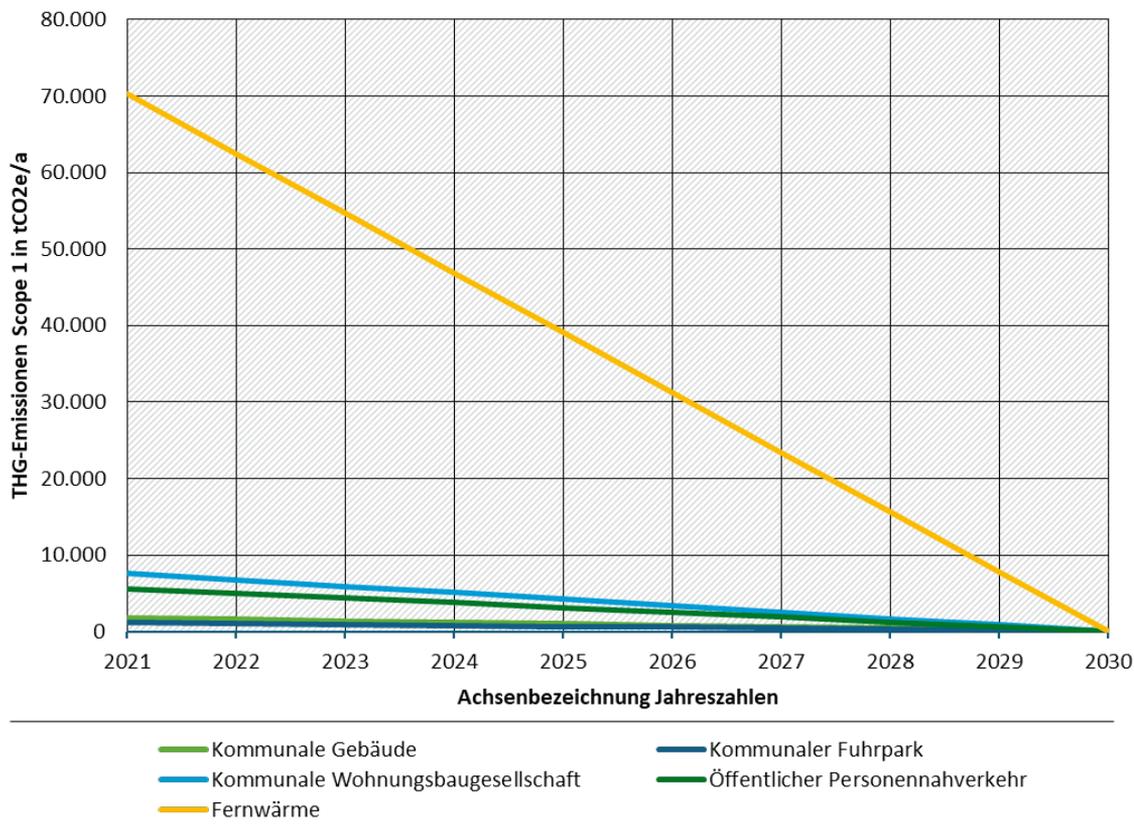
In Abbildung 44 sind exemplarisch die Zielpfade der Scope-1-Emissionen der ausgewählten Organisationseinheiten für Beispielkommune 1 dargestellt. In diesem Beispiel wurde der einfachste Zielpfad, eine lineare Reduzierung bis zum Jahr 2030, gewählt. Alternativ wäre auch eine degressiver Zielpfad oder ein in den ersten Jahren flacher (um ein Zeitfenster für notwendige Vorbereitungen und Planungen zu berücksichtigen) und in den letzten Jahren stark absinkender Zielpfad denkbar.

Um das Ziel „null Scope-1-Emissionen“ zu erreichen, ist in den Organisationseinheiten folgendes notwendig:

- ▶ **Kommunale Gebäude:** Reduzierung des Endenergieverbrauchs durch energetische Gebäudesanierungen und vollständiger Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger wie Erdgas und Heizöl durch den Umstieg auf direkte erneuerbarer Wärmeerzeuger und Fernwärme.

- ▶ **Kommunaler Fuhrpark:** Vollständiger Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger wie Benzin und Diesel durch die Umstellung des Fuhrparks auf Fahrzeuge mit alternativen Antrieben.
- ▶ **Kommunale Wohnungsbaugesellschaft (WBG):** Reduzierung des Endenergieverbrauchs durch energetische Gebäudesanierungen und vollständiger Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger wie Erdgas und Heizöl durch den Umstieg auf direkte erneuerbare Wärmeerzeuger und Fernwärme.
- ▶ **Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV):** Vollständiger Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger wie Benzin und Diesel durch die Umstellung des Fuhrparks auf Fahrzeuge mit alternativen Antrieben.
- ▶ **Fernwärmeerzeugung:** Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung durch die Umstellung der Wärmeerzeugung auf Großwärmepumpen (Luft-, Gewässer-, Abwasser-/Klärwasser- oder Abwärme-Wärmepumpen) und/oder direkte Nutzung erneuerbarer Quellen wie Geothermie oder Solarthermie. Um Lastspitzen in der Wärmeversorgung abzufedern, kann punktuell auch grüner Wasserstoff zum Einsatz kommen. Voraussetzung für die Umstellung der Wärmeerzeugung ist häufig eine Reduzierung der Netztemperatur.

Abbildung 44: Exemplarische Darstellung Zielpfade Scope-1-Emissionen ausgewählter Organisationseinheiten in Beispielkommune 1 – Verkürzter Ansatz



Quelle: eigene Darstellung, ifeu

4.4 Praktische Hinweise und weiterer Forschungsbedarf

Sowohl hinsichtlich der THG-Emissionen als auch der Potenziale sollten Aktuelle-Werte (bzw. Ist-Wert) und Ziel-Werte nach einer einheitlichen Methodik berechnet werden. Die Entwicklung

neuer Standards oder genauer Vorgehensweisen ist jedoch explizit nicht Teil diese Studie. Im Folgenden wird deshalb soweit möglich auf bestehende Standards verwiesen. An den Stellen, an denen es noch keine Standards gibt, werden Ansätze für weiterführende Untersuchungen genannt.

4.4.1 Weitestmögliche lokale Treibhausgasneutralität

Der **Aktuelle-Wert** der THG-Emissionen einer Kommune wird nach BSKO ermittelt. Um die in Kapitel 2 definierten Bilanzbereiche vollständig abzudecken, sind die methodischen Erweiterungen entsprechend des Forschungsprojekts zur Weiterentwicklung von BSKO (Gugel et al. 2020) zu erarbeiten. Bis die Weiterentwicklung von BSKO erfolgt ist, kann mit dem bisherigen Standard gearbeitet werden.

In Klimaschutzkonzepten ist es bereits üblich, Potenzialanalysen und darauf aufbauend THG-Reduktionsszenarien zu erstellen. Im Zieljahr der Szenarien wird in der Regel ein Zielzustand der Kommune skizziert, in dem alle technisch vermeidbaren THG-Emissionen vermieden werden. Daraus kann ein kommunenspezifischer **Ziel-Wert** für die (unvermeidbaren) THG-Emissionen abgeleitet werden. Die methodischen Vorgehensweisen bei der Erstellung von Potenzialanalysen und Szenarien ist jedoch bisher nicht standardisiert. Um sicherzustellen, dass den Szenarien ein einheitliches Verständnis von unvermeidbaren THG-Emissionen zugrunde liegt, ist ein Standard zu entwickeln. Bis ein solcher Standard entwickelt ist, kann sich hinsichtlich der Ausgestaltung des Zielbilds an den in Kapitel 2.2 formulierten Randbedingungen und Annahmen orientiert werden.

Liegt noch kein kommunenspezifisches Ziel-Szenario vor, wird vorgeschlagen, um keine Zeit zu verlieren, vorläufig den Ziel-Wert aus nationalen Szenarien abzuleiten. Die RESCUE-Studie kommt im Szenario GreenSupreme im Zielbild auf unvermeidbare jährliche Restemissionen in Höhe von 36 Mio. t CO₂e für Deutschland (Purr et al. 2019). Unter der Annahme einer konstanten Bevölkerung entspricht dies 0,43 t CO₂e je Einwohner*in und Jahr. In den „Langfristszenarien 3“ liegen die unvermeidbare Restemissionen im Jahr 2045 im Szenario T45-Strom bei 55 Mio. t CO₂e pro Jahr (Sensfuß et al. 2022). Dies entspricht (ebenfalls unter der Annahme einer konstanten Bevölkerung) 0,65 t CO₂e je Einwohner*in und Jahr. Im Mittel der beiden Szenarien liegen die unvermeidbare Restemissionen also bei rund **0,5 t CO₂e je Einwohner*in und Jahr**. Vereinfacht können Kommunen vorläufig diesen Ziel-Wert anstreben. Bei Städten ohne Zement-, Kalk oder Glasindustrie und mit wenig Landwirtschaft werden die unvermeidbare Restemissionen jedoch deutlich geringer liegen (vgl. Beispielkommune 1 mit unvermeidbaren Restemissionen in Höhe von 0,2 t CO₂e je Einwohner*in und Jahr; siehe Kapitel 4.2.2). Es wird deshalb dringend empfohlen, ein kommunenspezifisches Ziel-Szenario zu erstellen und den Ziel-Wert daran auszurichten. Die Erstellung eines Ziel-Szenarios ist mit vertretbarem Aufwand möglich.

4.4.2 Lokale Potenzialausschöpfung – Endenergieerduktion

Um eine prozentuale Endenergieerduktion zu berechnen, muss ein Bezugswert bzw. ein Bezugsjahr definiert werden. Viele Kommunen (wie bspw. auch die sogenannten Masterplankommunen¹¹) verwenden das Jahr 1990 als Bezugswert. Die Bilanzierungsregeln für den Endenergieverbrauch einer Kommune finden sich in BSKO. Ist der Endenergieverbrauch der Kommune im Jahr 1990 nicht bekannt, muss dieser erhoben werden. Ist es nicht mehr möglich die dafür benötigten Daten zu erheben, bietet es sich alternativ an, das Jahr 2008 als Bezugsjahr zu wählen. Das Energieeffizienzgesetz bezieht sich ebenfalls auf das Jahr 2008

¹¹ <https://www.klimaschutz.de/de/foerderung/foerderprogramme/masterplan-100-klimaschutz>

(EnEfG 2023). Der aktuelle Endenergieverbrauch der Kommune wird nach BISKO berechnet. Aus dem Endenergieverbrauch im Bezugsjahr und den aktuellen Endenergieverbrauch kann der **Aktuelle-Wert** der Endenergiereduktion berechnet werden.

Liegen in der Kommune bereits Potenzialanalysen und Szenarien vor, kann daraus der **Ziel-Wert** der Endenergiereduktion abgeleitet werden. Hinsichtlich Szenarien im Bereich der Endenergiereduktion gibt es, parallel zu den Szenarien der Treibhausgasneutralität, noch kein standardisiertes Vorgehen. Als Orientierung für ein Endenergiereduktions-Ziel kann entweder das Ziel der Masterplankommunen (Reduktion um 50 % gegenüber 1990) oder das Energieeffizienzgesetz (Reduktion um 45 % gegenüber 2008) herangezogen werden. Ein Reduktionsziel, das hinsichtlich der Ambition unterhalb dieser Orientierungswerte liegt, sollte nur in begründeten Fällen gewählt werden (bspw. falls im Rahmen einer Potenzialanalyse ermittelt wurde, dass der Endenergieverbrauch der Kommune durch einen Industriebetrieb mit geringen Einsparpotenzialen dominiert wird).

Liegt noch kein kommunenspezifisches Ziel-Szenario vor, wird vorgeschlagen, um keine Zeit zu verlieren, auch im Bereich der Endenergiereduktion den Ziel-Wert vorläufig aus nationalen Szenarien abzuleiten. Die RESCUE-Studie kommt im Szenario GreenSupreme im Zielbild auf einen jährlichen Endenergiebedarf von 1.338 TWh für Deutschland (Purr et al. 2019). Unter der Annahme einer konstanten Bevölkerung entspricht dies 16 MWh je Einwohner*in und Jahr. In den „Langfristszenarien 3“ liegt der jährliche Endenergiebedarf im Jahr 2045 im Szenario T45-Strom bei 1.603 TWh (Sensfuß et al. 2022). Dies entspricht (ebenfalls unter der Annahme einer konstanten Bevölkerung) 19 MWh je Einwohner*in und Jahr. Im Mittel der beiden Szenarien liegt der Endenergiebedarf im Zielbild bei **17,5 MWh je Einwohner*in und Jahr**. Vereinfacht können Kommunen vorläufig diesen Ziel-Wert anstreben. Da der einwohnerspezifische Endenergiebedarf von Kommunen stark abhängig von lokalen Gegebenheiten wie Industriebetrieben vor Ort ist, wird auch im Bereich der lokalen Potenzialausschöpfung der Endenergiereduktion dringend empfohlen, ein kommunenspezifisches Ziel-Szenario zu erstellen und den Ziel-Wert daran auszurichten. In Beispielkommune 1 liegt bspw. der Endenergiebedarf im Zielzustand bei 13 MWh je Einwohner*in und Jahr (siehe Kapitel 4.2.2).

4.4.3 Lokale Potenzialausschöpfung – Erneuerbare Stromerzeugung

Der **Aktuelle-Wert** der jährlichen Stromerzeugung kann beim lokalen Stromnetzbetreiber angefragt werden. Alternativ zur jährlichen Stromerzeugung kann der Indikator zur Ausschöpfung des Potenzials an erneuerbarer Stromerzeugung auch auf die installierte Leistung bezogen werden. Die installierte Leistung von Stromerzeugungseinheiten kann öffentlich und kommunenscharf (nach Gemeindegemeinschaft) im Marktstammdatenregister¹² abgerufen werden.

Der **Ziel-Wert** an erneuerbarer Stromerzeugung muss individuell für eine Kommune ermittelt werden. Er sollte sich sowohl am bundesweiten Bedarf an erneuerbarer Stromerzeugung als auch den lokalen Potenzialen orientieren. In den „Langfristszenarien 3“ wird mit Szenario T45-Strom von einer bundesweit benötigten installierten PV-Leistung von 400 GW_P im Jahr 2045 ausgegangen (Sensfuß et al. 2024). Unter der Annahme einer konstanten Bevölkerung entspricht dies 4,8 kW_P je Einwohner*in. In der Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“ (Prognos et al. 2021) liegt die installierte PV-Leistung bei 385 GW_P bzw. 4,6 kW_P je Einwohner*in. Im Mittel der beiden Szenarien liegt die benötigte installierte **PV-Leistung bei 4,8 kW_P je Einwohner*in**¹³. Speziell in hochverdichteten Städten ist das Erreichen dieses Ziel-

¹² <https://www.marktstammdatenregister.de/>

¹³ Die RESCUE Studie kommt im Szenario GreenSupreme auf eine im Zielbild deutschlandweit benötigte installierte PV-Leistung von 131 GW_P (Purr et al. 2019). Da dieser Wert deutlich unter denen der aktuelleren Studien (Langfristszenarien 3 und Klimaneutrales Deutschland 2045) liegt, wird empfohlen sich hinsichtlich des PV-Ausbaus an den aktuelleren Studien zu orientieren.

Werts mit den vorhandenen Dachflächen- und Freiflächenpotenzialen nicht immer möglich. Deshalb sollte dieser Wert nur als erste Orientierungsgröße dienen und mit einer lokalen Potenzialerhebung abgeglichen werden. Einige Bundesländer haben die Solar- bzw. Photovoltaikpotenziale bereits kommunenscharf ermittelt und stellen diese ihren Kommunen kostenfrei in sogenannten Energieatlanten zur Verfügung.

Um ausreichend Flächen für benötigte Windkraftanlagen bereitzustellen, sollen mit dem sogenannte „Wind-an-Land-Gesetz“ **zwei Prozent** der Bundesfläche für die Windenergie ausgewiesen werden (WindBG 2023). Auf Basis dieses Gesetzes haben einige Bundesländer bereits Flächenziele auf Landkreisebene bzw. Regionalverbandsebene ausgegeben. Diese Flächenziele wurden bzw. müssen in konkrete **Vorranggebieten für Windenergie** überführt werden. Auf Basis der Vorrangflächen, die auf den jeweiligen kommunalen Territorien liegen, kann dann ein kommunales Potenzial an erneuerbarer Stromerzeugung aus Wind abgeleitet werden. Bundesländer, die noch keine entsprechenden Flächen ausgewiesen haben, müssen dies entsprechend des Wind-an-Land-Gesetzes spätestens bis zum 31. Dezember 2027 bzw. 31. Dezember 2032 tun. Die bundeslandspezifischen Flächenbeitragswerte für die beiden Stichjahre finden sich in der Anlage des Wind-an-Land-Gesetz.

4.4.4 Lokale Potenzialausschöpfung – Senken

Für die Bestimmung des **Aktuellen-Werts** der natürlicher Senkenleistung auf kommunaler Ebene gibt es noch kein standardisiertes Vorgehen. Im Rahmen der Weiterentwicklung von BSKO sollten daher methodische Details zur Bilanzierung der Senken diskutiert werden. Auch hinsichtlich der Bestimmung des **Ziel-Werts** gibt es kein standardisiertes Vorgehen.

4.4.5 Ziele nach Einflussbereichen

Die Methodik, mit der eine endenergiebasierte Territorialbilanz nach BSKO in die Einflussbereiche einer Kommune unterteilt werden kann, wurden in der Studie „Kommunales Einflusspotenzial zur Treibhausgasminderung“ (Kenkmann et al. 2022) entwickelt. Die in der Studie gewählten Verteilungsansätze¹⁴ finden sich in Tabelle 11. Weitere Details zur Methodik finden sich im Abschlussbericht der Studie (Kenkmann et al. 2022) in Kapitel 3.2.2.

Um THG-Reduktionsziele je Einflussbereich für eine Kommune zu bestimmen, muss zunächst ein Zielszenario mit einer Entwicklung der Endenergieverbräuche und THG-Emissionen nach Energieträger und Sektor erstellt werden, wie es in kommunalen Klimaschutzkonzepten bereits üblich ist. Hinsichtlich der Randbedingungen kann sich dabei an den in Kapitel 3.2.1 aufgeführten Parametern orientiert werden. Mit dem Zielszenario liegt dann für jedes Stützjahr eine Endenergiebilanz und eine THG-Bilanz für die Kommune vor. Auf Basis des Zielszenarios kann mithilfe der in Tabelle 11 aufgeführten Verteilungsansätze für jedes Stützjahr eine THG-Bilanz unterteilt nach Einflussbereich der Kommune („Einflussbilanz“) erstellt werden. Aus dem Verhältnis der THG-Emissionen je Einflussbereich in den Stützjahren zu den Ausgangswerten können anschließend die Reduktionsziele abgeleitet werden.

¹⁴ „Bei den gewählten Verteilungsansätzen handelt es sich um begründete, datenbasierte Abschätzungen durch Bilanzierungsexperten*expertinnen.“ (Kenkmann et al. 2022)

Tabelle 11: Grundannahmen und Ansätze zur Verteilung der Einflussbereiche auf die Energie- und THG-Emissionen der Kommunen

Einflussbereiche	Stationär	Verkehr	Nicht-energetische THG-Emissionen
Einflussbereich 1 (Verbrauchen / Verwaltung)	100 % Energieverbrauch und damit verbundene THG-Emissionen bei kommunalen Liegenschaften, Straßenbeleuchtung, Infrastruktur	Kommunaler Fuhrpark	
Einflussbereich 1a (Verbrauchen / kommunale Unternehmen)	Eigenverbrauch kommunaler Unternehmen (Strom & Wärme), z. B. Stadtwerke, Schwimmbäder, Krankenhäuser, Wärmeverbrauch der kommunalen Wohnungsbau-Gesellschaften (WBG) (davon 50 % des Erdgasverbrauchs, 50 % des Fernwärmeverbrauchs)	Energieverbrauch des Fuhrparks des Öffentlichen Straßenpersonennahverkehrs (ÖSPV) sowie der weiteren kommunalen Unternehmen	
Einflussbereich 2 (Versorgen / Verwaltung)		75 % des Binnenverkehrs (Motorisierter Individualverkehr (MIV) + leichte Nutzfahrzeuge (LNF))	
Einflussbereich 2a (Versorgen / kommunale Unternehmen)	Private Haushalte (HH) und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sowie Sonstige (GHD): 80 % Erdgas- und 100 % Fernwärmeverbrauch (und damit verbundene THG-Emissionen), soweit die Verteilnetze und die Fernwärmeerzeugung in der Hand von lokalen kommunalen Unternehmen sind (abzüglich 50 % des Wärmeverbrauchs der WBG); Industrie: 20 % des Erdgas- und 50 % des Fernwärmeverbrauchs	50 % Quell-Ziel-Verkehr (MIV+LNF)	100 % Optimierung der Abfallentsorgung (Deponien, Kompostierung, Vergärung), 100 % Abwasserentsorgung
Einflussbereich 3 (Regulieren)		25 % Binnenverkehr, 50 % Quell-Ziel-Verkehr (MIV+LNF) aufgrund regulierender Möglichkeiten (Parkraummanagement, Tempolimits u. ä.).	25 % Landwirtschaft (sowohl jeweils bei Gemeinden und Städten sowie Landkreisen) aufgrund der Eigentumsverhältnisse von landwirtschaftlichen

Einflussbereiche	Stationär	Verkehr	Nicht-energetische THG-Emissionen
Einflussbereich 4 (Beraten / Motivieren)	HH und GHD: Verbleibender Wärmeverbrauch sowie Stromverbrauch und damit verbundene THG-Emissionen; Industrie: Verbleibender Wärmeverbrauch sowie Stromverbrauch und damit verbundene THG-Emissionen	100 % Durchgang (MIV+LNF), 100 % LKW, 100 % Schiene, Schiff, Flug	Flächen oder der Regionalplanungskompetenzen 75 % Landwirtschaft (davon 50 % übergeordnete Ebenen (EU, Bund und Land) und 25 % jeweils Gemeinden und Städte bzw. Landkreis)

Quelle: In Anlehnung an (Kenkmann et al. 2022)

Je nach kommunalen Gegebenheiten können auch Steigerungsziele für die Senkenleistung im Zielzustand sowie für die Stützjahre definiert werden. In Kenkmann et al. 2022 sind Senken nicht Teil der Untersuchung. Aufbauend auf der Logik des in Kenkmann et al. 2022 erarbeiteten Ansatzes können Senken auf kommunalen Flächen dem Einflussbereich 1 und alle weiteren Senken dem Einflussbereich 4 zugeordnet werden.

4.4.6 THG-Bilanzen Kommunalverwaltung und kommunale Unternehmen

In vielen Kommunen gibt es bereits ein kommunales Energiemanagement und es werden die jährlich Endenergieverbräuche der kommunalen Gebäude und Infrastruktur erfasst. Auch die Erfassung der getankten Kraftstoffmengen des kommunalen Fuhrparks ist bereits üblich. Auf dieser Datenbasis ist die Berechnung der Scope-1-Emissionen der kommunalen Gebäude und des kommunalen Fuhrparks mit einem geringen Aufwand möglich.

Bei Unternehmen nimmt die Anzahl derer zu, die durch Berichtsvorschriften (beispielsweise durch die EU-Richtlinie zur Unternehmens-Nachhaltigkeitsberichterstattung „Corporate Sustainability Reporting Directive – CSRD“) verpflichtet sind, regelmäßig eine THG-Bilanz zu erstellen (EP und Rat 2022). Auch hier ist der Mehraufwand für die Ausweisung der Scope-1-Emissionen der kommunalen Unternehmen vertretbar.

Herausforderung bei kommunalen Unternehmen, die auch über die territorialen Grenzen der eigenen Kommune hinweg aktiv sind, ist es aus der THG-Bilanz im Rahmen der Nachhaltigkeitsberichterstattung die Scope-1-Emissionen herauszufiltern, die auf das Territorium der Kommune fallen. Hier wird ein pragmatischer Ansatz empfohlen. Kommunale Unternehmen sollten dann ihre gesamten Scope-1-Emissionen reduzieren (unabhängig vom Ort der Entstehung).

Erstellen Kommunalverwaltung und kommunale Unternehmen bisher keine regelmäßigen THG-Bilanzen bzw. sind nicht dazu verpflichtet, bietet der verkürzte Ansatz bereits einen guten Anlass, um damit zu beginnen. Eine regelmäßige THG-Bilanzierung ist die Grundlage eines funktionierenden Klimaschutzmonitorings.

5 Zusammenfassung, Empfehlungen und Ausblick

5.1 Zusammenfassung der Befunde

Entsprechend der in Kapitel 2 erarbeiteten Definition muss für die Treibhausgasneutralität in einer Kommune ein Gleichgewicht aus unvermeidbaren THG-Emissionen und lokaler Senken auf dem eigenen Territorium erreicht werden. Die Szenarien in Kapitel 3 für die drei Beispielkommunen zeigen, dass das Erreichen der Treibhausgasneutralität nur in einer der dargestellten Kommunen möglich ist. Treibhausgasneutralität hängt also stark von lokalen Gegebenheiten ab. Je kleinräumiger Bilanzgrenzen gezogen werden, desto ungleichmäßiger sind unvermeidbare THG-Emissionen und Senken verteilt. Kommunen mit hohen unvermeidbaren THG-Emissionen, beispielsweise mit einem Zementwerk, verfügen nicht zwangsläufig über die entsprechende lokale Senkenleistung durch beispielsweise große Waldflächen. Deshalb ist das auf Bundesebene sinnvolle Ziel der Treibhausgasneutralität nur bedingt auf die kommunale Ebene übertragbar. Kommunen sollten sich jedoch an diesem Ziel orientieren und eine weitestmögliche lokale Treibhausgasneutralität anstreben. Das bedeutet, dass alle technisch vermeidbaren THG-Emissionen vermieden und soweit möglich durch natürliche Senken ausgeglichen werden.

Eine vorzeitigen lokale Treibhausgasneutralität, also vor dem Erreichen der Treibhausgasneutralität auf Bundesebene, ist aufgrund von Abhängigkeiten von den übergeordneten politischen Ebenen (EU, Bund und Länder) in keiner der drei betrachteten Beispielkommunen möglich. Kommunen haben nur auf einen Teil ihrer THG-Emissionen direkten Einfluss, weshalb eine Operationalisierung eines vorzeitigen Treibhausgasneutralitätsziel (bspw. 2030 oder 2035) schwierig ist. Gleichzeitig haben Kommunen substantielle Gestaltungsmöglichkeiten, um die THG-Minderung auf ihrem Territorium zu beschleunigen. Und dieses „Vorziehen“ hat einen positiven Effekt auf das Klima, da somit kumuliert bis 2045 weniger Treibhausgase emittiert werden. Werden die zentralen kommunalen Klimaschutzmaßnahmen bereits bis zum Jahr 2030 umgesetzt, können in den Beispielkommunen die kumulierten THG-Emissionen bis zum Jahr 2045 um 6 % bis 11 % geringer ausfallen. Wird ausgehend von den drei Beispielkommunen in einer vereinfachten Abschätzung auf die gesamten Einsparmöglichkeiten für Deutschland geschlossen, so könnten durch die schnelle Umsetzung der zentralen kommunalen Klimaschutzmaßnahmen bis 2045 kumuliert rund 960 Mio. t CO₂e vermieden werden.

5.2 Empfehlung für Kommunen

In Kapitel 4 findet sich eine Empfehlung, wie Kommunen ihre Klimaschutzziele wirksam operationalisieren können. Der konkrete Umgang mit dieser Empfehlung ist jedoch davon abhängig, welche strategischen Klimaschutzziele die jeweilige Kommune bisher beschlossen hat bzw. vor hat zu beschließen. Im Folgenden werden anhand verschiedener Ausgangszustände in Kommunen Empfehlungen zum Umgang bei der Operationalisierung der Klimaschutzziele gegeben.

5.2.1 Vorliegendes Klimaschutzziel mit Zieljahr 2045

Wenn das Klimaschutzziel einer Kommune auf das Jahr 2045 ausgerichtet ist, sollte dieses – falls noch nicht geschehen – konkretisiert werden. Es wird empfohlen, folgende Aspekte zu quantifizieren:

- ▶ Unvermeidbaren THG-Emissionen 2045

- ▶ Auszuschöpfende Potenziale zur Reduktion des lokalen Endenergieverbrauchs
- ▶ Auszuschöpfende Potenziale der erneuerbaren Stromerzeugung
- ▶ Ausschöpfung der lokalen Senkenpotenziale

Aufbauend auf diesen Quantifizierungen können spezifische Zielwerte festgelegt werden (vgl. Kapitel 4.2 Empfehlungen für kommunale Klimaschutzziele bis 2045), welche die lokale Situation berücksichtigen. Um sicherzustellen, dass eine Kommune kontinuierlich Fortschritte auf dem Weg zur Zielerreichung macht, sollten ausgehend von den Zielwerten für das Jahr 2045 Zwischenziele für die vorhergehenden Jahre beschlossen und deren Einhaltung regelmäßig überprüft werden.

Indirekt wirkende THG-Minderungsmaßnahmen (in den Bereichen Regulierung, Beratung und Motivation) werden in dieser Studie auf einer übergeordneten Ebene betrachtet. Im Rahmen des Projekts „Instrumente für die kommunale Klimaschutzarbeit“ wird derzeit ein Tool entwickelt, das eine umfassende Liste dieser sogenannten indirekten Maßnahmen einschließlich Bewertungskriterien enthält (Gugel et al. 2024). Dieses Tool kann Kommunen dabei unterstützen, relevante indirekte Maßnahmen zu priorisieren und ambitioniert anzugehen.

5.2.2 Vorliegendes Klimaschutzziel vor 2045

Wenn in einer Kommune ein Klimaschutzziel vor 2045 beschlossen wurde, beispielsweise die Treibhausgasneutralität bis 2030 oder 2035, empfiehlt es sich, zwischen strategischen und operativen Zielen zu unterscheiden.

Die angestrebte Treibhausgasneutralität bis 2030 oder 2035 ist als strategisches Ziel zu verstehen. Dieses strategische Ziel kann zum einen dazu beitragen, die Bedeutung des Themas nach außen sichtbar zu machen. Zum anderen kann das strategische Ziel nach innen, innerhalb der Verwaltung, die Priorität des Klimaschutzes verdeutlichen. Grundsätzlich wird empfohlen an der vorzeitigen Zielstellung festzuhalten.

Die konkrete Ausgestaltung des strategischen Ziels kann in diesem Zusammenhang wie folgt verstanden werden: „Die Kommune möchte ihren Beitrag zur nationalen Treibhausgasneutralität bereits bis 2030 bzw. 2035 leisten“. Darauf aufbauend lassen sich operationalisierbare Ziele ableiten, die sich an den Einflussbereichen der Kommune orientieren (vgl. Kapitel 4.3 Empfehlungen für kommunale Klimaschutzziele vor 2045). Die operationalisierbaren Ziele können als sogenannte SMARTe-Ziele (**s**pezifisch, **m**essbar, **a**ttaktiv, **r**ealistisch und **t**erminiert) verstanden werden. Es wird empfohlen ergänzend zum strategischen Ziel diese operationalisierbaren Ziele in einem politischen Beschluss zu verankern und auch Zwischenziele festzulegen, die regelmäßig überprüft werden.

Um schnelles Handeln in den Kommunen zu ermöglichen, findet sich in Kapitel 4.3.2 ein verkürzter Ansatz mit Fokus auf die kommunale Verwaltung und kommunale Unternehmen. Der verkürzte Ansatz birgt jedoch die Gefahr, dass Klimaschutzpotenziale und kommunale Handlungsmöglichkeiten ungenutzt bleiben. Deshalb findet sich in Kapitel 4.3.1 auch ein umfassender Ansatz, der jedoch komplexer ist und einen gewissen Zeitaufwand nach sich zieht, sowohl in der Planung und Festlegung der Ziele als auch im Monitoring. Starten Kommunen mit dem verkürzten Ansatz, sollte dieser als Übergangslösung verstanden werden, bis die entsprechenden Vorbereitungen für den umfassenden Ansatz getroffen wurden. Der umfassende Ansatz enthält analog zu Kommunen mit Klimaschutzzielen mit Zieljahr 2045 eine Quantifizierung verschiedener lokaler Potenziale.

Auch bei einem Klimaschutzziel vor 2045 ist es essenziell, dass indirekte Klimaschutzmaßnahmen priorisiert und ambitioniert ausgestaltet werden. Dabei kann das Tool, das im Projekt „Instrumente für die kommunale Klimaschutzarbeit“ (Gugel et al. 2024) erarbeitet wird, helfen.

5.2.3 Noch kein Klimaschutzziel

Wurde in einer Kommune noch kein Klimaschutzziel beschlossen, sollte dies in einem verwaltungsinternen Abwägungsprozess erfolgen und der lokalen Politik ein konkreter Vorschlag zur Verabschiedung präsentiert werden. Um einem möglichst großen positiven Effekt für das Klima zu erreichen, wird empfohlen, dass Kommunen sich das Ziel setzen, ihren adäquaten Beitrag zur nationalen Treibhausgasneutralität bereits vorzeitig zu leisten. Abhängig vom politischen Beschluss hinsichtlich des Zieljahrs der Klimaschutzzielstellung kann dann analog zu Unterkapitel 5.2.1 oder 5.2.2 vorgegangen werden.

5.3 Ausblick

Um alle Bilanzbereiche der in Kapitel 2 erarbeiteten Definition zur Treibhausgasneutralität in Kommunen abzudecken, ist eine Weiterentwicklung der Bilanzierungs-Systematik kommunal (BISKO) notwendig. Im Rahmen der Weiterentwicklung sollten sowohl die Erhebung von lokalen nicht-energetischen Emissionen aus den Sektoren Landwirtschaft, Industrie, LULUCF, Abfall- und Abwasser als auch natürliche Senken im Sektor LULUCF und abgeschiedene CO₂-Emissionen behandelt werden.

Des Weiteren besteht Forschungsbedarf hinsichtlich einheitlicher Standards zur Bestimmung konkreter Zielwerte, um für jede Kommune einen Wert für eine weitestmögliche Treibhausgasneutralität zu ermitteln. Dies betrifft zum einen Standards für die Erstellung von kommunalen Zielszenarien, in denen Rahmenbedingungen aus nationalen Szenarien für jede Kommune runtergebrochen werden. Zum anderen wird empfohlen Standards zu entwickeln, die genutzt werden können, um kommunenspezifische Zielwerte hinsichtlich der Potenzialausschöpfung in den Bereichen Endenergieerzeugung, Erneuerbare Stromerzeugung und Senken zu ermitteln. Erste Orientierungswerte zu Zielszenarien und Zielwerten der Potenzialausschöpfung finden sich im Kapitel 4.4. Umfangreicherer methodischer Forschungsbedarf besteht bei der Ermittlung des lokalen Senkenpotenzials. Insgesamt sollte bei der Entwicklung der Standards die Praktikabilität und die leichte Anwendung durch Kommunen im Zentrum stehen.

Diese „leichte Anwendung“ könnte durch ein Label begünstigt werden. Beim in Kapitel 4.1.1 erwähnten Fachaustausch fand der Vorschlag, ein Label zu entwickeln, das Kommunen bestätigt, wenn sich diese auf einem „treibhausgasneutral-konformen Pfad“ befinden, große Zustimmung. Dieses Label könnte auf den in dieser Studie entwickelten Empfehlungen für kommunale Klimaschutzziele aufbauen. Neben Standards für Zielwerte hinsichtlich der weitestmögliche Treibhausgasneutralität und Potenzialausschöpfung müsste im Rahmen dieses Labels ein einheitliches Vorgehen bei der Bestimmung der Zwischenziele definiert werden. Werden die Zwischenziele erreicht, befindet sich die jeweilige Kommune auf einem treibhausgasneutral-konformen Pfad. Auch ein Ampelsystem wäre denkbar, bei dem eine leichte Pfadabweichung mit gelb und eine starke Pfadabweichung mit rot angezeigt wird. Um den Aufwand für das Label in einem vertretbaren Rahmen zu halten, könnte dieses in ein einfaches Online-Tool eingebettet sein, das von Kommunen selbst bedient wird.

6 Quellenverzeichnis

- BMWK (2024): Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Kohlendioxid-Speicherungsgesetzes. <https://dserver.bundestag.de/btd/20/119/2011900.pdf> (09.10.2024).
- Destatis (2022): Stromerzeugung 2021, Pressemitteilung Nr. 116 vom 17. März 2022. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/03/PD22_116_43312.html (09.10.2024).
- Dittrich, M.; Liebich, A.; Vogt, R.; Münter, D. (2024): REFINE (Umwelt): Betrachtung von Rohstoffaufwendungen und Umweltwirkungen für die Energiewende in einem ressourcenschonenden und treibhausgasneutralen Deutschland. Teilbericht Umweltwirkungen. Noch unveröffentlicht, voraussichtliche Veröffentlichung 2024. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau.
- EEG (2023): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2023) vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 20. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2512) geändert worden ist. https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/BJNR106610014.html (14.10.2024).
- EnEfg (2023): Gesetz zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland (Energieeffizienzgesetz - EnEfg) vom 13. November 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 309). <https://www.gesetze-im-internet.de/enefg/BJNR1350B0023.html> (14.10.2024).
- EP und Rat (2022): Richtlinie (EU) 2022/2464 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2022 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 und der Richtlinien 2004/109/EG, 2006/43/EG und 2013/34/EU hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen (Text von Bedeutung für den EWR). (2022). Official Journal, L 322, 15-80. ELI. <http://data.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj> (14.10.2024).
- EP und Rat (2023): Verordnung (EU) 2023/851 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. April 2023 zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/631 im Hinblick auf eine Verschärfung der CO₂-Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen und für neue leichte Nutzfahrzeuge im Einklang mit den ehrgeizigeren Klimazielen der Union (Text von Bedeutung für den EWR) (OJ L 110 25.04.2023, p. 5, ELI. <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/851/oj> (14.10.2024).
- GEG (2023): Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG) vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 16. Oktober 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 280) geändert worden ist. <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/BJNR172810020.html> (14.10.2024).
- Gugel, B.; Bergk, F.; Hecker, C.; Lütkes, L.; Oehler, H.; Schreiner, L.; Wachter, P. (2024): Empfehlungen zur Bewertung von Maßnahmen im kommunalen Klimaschutz. Heidelberg. https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Publikationen/Energie/Empfehlungen_komm_Klima_Bericht_AP2-4_Massnahmenbewertung_240430_Version2.pdf (09.10.2024).
- Gugel, B.; Hertle, H.; Dünnebeil, F.; Herhoffer, V. (2020): Weiterentwicklung des kommunalen Bilanzierungsstandards für THG-Emissionen (Bilanzierungssystematik kommunal - BSKO. Herausgeber: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_19-2020_endbericht_sv-gutachten_bisko.pdf (09.10.2024).
- Günther, D.; Gniffke, P.; Tarakji, Y. (2023): Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2021. Herausgeber: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/28_2023_cc_berichterstattung_unter_der_klimarahmenkonvention.pdf (26.04.2024).
- Hertle, H.; Dünnebeil, F.; Gugel, B.; Rechsteiner, E.; Reinhard, C. (2019): BSKO Bilanzierungs-Systematik Kommunal – Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland. ifeu, Heidelberg. <https://www.ifeu.de/publikation/bisko-bilanzierungs-systematik-kommunal/> (16.10.2023).
- Kenkmann, T.; Paar, A.; Kummel, Dr. O.; Hohmeyer, Prof. Dr. O. (2022): Kommunales Einflusspotenzial zur Treibhausgasminderung. Herausgeber: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_48-2022_kommunales_einflusspotenzial_zur_treibhausgasminderung.pdf (09.10.2024).

- KSG (2024): Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. Juli 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 235) geändert worden ist. <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/BJNR251310019.html> (14.10.2024).
- Landesamt für Statistik Niedersachsen (2022): Stromerzeugung 2021 in Niedersachsen, Pressemitteilung Nr. 146 vom 20.12.2022. <https://www.statistik.niedersachsen.de/presse/stromerzeugung-2021-in-niedersachsen-rueckgang-aus-erneuerbaren-energien-218153.html#:~:text=Wie%20das%20Landesamt%20f%C3%BCr%20Statistik,kWh>. (09.10.2024).
- NKlimaG (2024): Niedersächsisches Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Minderung der Folgen des Klimawandels (Niedersächsisches Klimagesetz - NKlimaG) vom 10. Dezember 2020 (Nds. GVBl. S. 464) zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 12. Dezember 2023 (Nds. GVBl. S. 289). <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/d083c42e-5da3-3833-baba-23cde5d8b2b5> (14.10.2024).
- Prognos; Öko-Institut; Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende. Agora Energiewende, Berlin. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_231_KNDE2045_Langfassung_DE_WEB.pdf (09.10.2024).
- Purr, K.; Günther, J.; Lehmann, H.; Nuss, P. (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE: Langfassung. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/rescue> (05.07.2023).
- Purr, K.; Spindler, J. (2023): Carbon Capture and Storage Diskussionsbeitrag zur Integration in die nationalen Klimaschutzstrategien. *Diskussionsbeitrag*, Herausgeber: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/carbon-capture-storage-diskussionsbeitrag> (27.03.2024).
- Rechsteiner, E.; Hertle, H. (2023): Leitfaden Klimaneutrale Kommunalverwaltung Baden-Württemberg. ifeu, Heidelberg. https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Kommunaler_Klimaschutz/Wissensportal/Klimaneutrale_Verwaltung/Leitfaden_Klimaneutrale_Kommunalverwaltung_Baden-Wuerttemberg_Dez2023.pdf (18.03.2024).
- Sensfuß, F.; Fleiter, T.; Mellwig, P.; Gnann, T.; Maurer, C. (2022): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland (Langfristszenarien 3), im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Treibhausgasneutrale Szenarien T45, Zusammenfassende Darstellung der Kernergebnisse auf Folien in Form eines Webinars. https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_T45_Szenarien_15_11_2022_final.pdf (09.10.2024).
- Sensfuß, F.; Fleiter, T.; Mellwig, P.; Maurer, C.; Gnann, T. (2024): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland (Langfristszenarien 3), im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Treibhausgasneutrale Szenarien T45 - Update zu T45-Strom*, Zusammenfassende Darstellung der Kernergebnisse auf Folien in Form eines Webinars. https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_T45_Webinar_Feb_2024_Dezentral_final_presented.pdf (09.10.2024).
- Sieck, L.; Purr, K. (2021): Treibhausgasneutralität in Kommunen. *Fact Sheet*, Herausgeber: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgasneutralitaet-in-kommunen> (09.10.2024).
- Thamling, N.; Rau, D.; Kemmler, Dr. A. (2022): Hintergrundpapier zur Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, Basel, München, Freiburg, Heidelberg, Dresden. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Klimaschutz/gebäudestrategie-klimaneutralitaet-2045.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (05.04.2024).
- Tietz, A.; Neumann, R.; Volkenand, S. (2021): Untersuchung der Eigentumsstrukturen von Landwirtschaftsfläche in Deutschland. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig. <https://doi.org/10.3220/REP1616572218000> (12.06.2024).
- Umweltbundesamt (2020): Factsheet Dekarbonisierung der Zementindustrie. Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/dokumente/factsheet_zementindustrie.pdf (12.06.2024).

Umweltbundesamt (2024): Erneuerbare Energien in Deutschland - Daten zur Entwicklung im Jahr 2023. Dessau-Roßlau.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/2024_uba_hg_erneuerbareenergien_dt.pdf (09.10.2024).

Wehnmann, K.; Schultz, K. (2024): Treibhausgas-Projektionen 2024 – Ergebnisse kompakt. Herausgeber: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgasprojektionen-2024-ergebnisse-kompakt> (15.04.2024).

WindBG (2023): Gesetz zur Festlegung von Flächenbedarfen für Windenergieanlagen an Land (Windenergieflächenbedarfsgesetz - WindBG) vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1353), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 26. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 202) geändert worden ist. <https://www.gesetze-im-internet.de/windbg/BJNR135310022.html> (14.10.2024).

WPG (2023): Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz - WPG) vom 20. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 394). <https://www.gesetze-im-internet.de/wpg/BJNR18A0B0023.html> (14.10.2024).