

BISKO Bilanzierungs- Systematik Kommunal

Methoden und Daten für die kommunale
Treibhausgasbilanzierung für den Energie-
und Verkehrssektor in Deutschland

METHODENPAPIER

Version
April 2024

Frank Dünnebeil
Benjamin Gugel
Nicole Rogge
Lena Schreiner
Philipp Wachter



Agentur für
kommunalen
Klimaschutz

lifu
Deutsches Institut
für Urbanistik

Anmerkung

Das vorliegende Papier ist das Ergebnis eines Abstimmungsprozesses zwischen kommunalen Akteur*innen und der Wissenschaft aus den Jahren 2012–2016 im Rahmen des Vorhabens „Klimaschutz-Planer – Kommunaler Planungsassistent für Energie und Klimaschutz“. Das Methodenpapier wurde bisher vom Institut für Energie und Umweltforschung gGmbH (ifeu) überarbeitet und aktualisiert.

Diese vierte, aktualisierte Auflage des Methodenpapiers wurde im Rahmen des von der Nationalen Klimaschutzinitiative geförderten Projekts „Agentur für kommunalen Klimaschutz“ gemeinsam mit dem ifeu im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aktualisiert.

Die Änderungen zwischen den verschiedenen Versionen sind in Kapitel 7 dokumentiert.

Impressum

Herausgeber

Agentur für kommunalen Klimaschutz am Deutschen Institut für Urbanistik gGmbH (Difu),
Zimmerstraße 13-15, 10969 Berlin, im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und
Klimaschutz (BMWK)

Autor*innen

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



Nicole Rogge
Agentur für kommunalen Klimaschutz



Redaktion

Luisa Müller

Layout

Drees + Riggers GmbH

Alle Rechte vorbehalten. Berlin, April 2024.

Diese Veröffentlichung wird kostenlos zum Download angeboten und ist nicht für den Verkauf bestimmt.

— Inhalt

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	4
1. EINFÜHRUNG	5
2. ENTWICKLUNG DER BILANZIERUNGS-SYSTEMATIK	7
2.1 Hintergrund	7
2.2 Kriterien bei der Entwicklung der Bilanzierungs-Systematik	7
2.3 Grenzen der Bilanzierungs-Systematik und Ausblick	8
3. GRUNDLAGEN FÜR DIE KOMMUNALE ENERGIE- UND THG-BILANZIERUNG	9
3.1 Bilanzierungsprinzip	9
3.2 Definition von Verbrauchssektoren	10
3.3 THG-Emissionsfaktoren	10
3.4 Datengüte	12
4. THG-BILANZIERUNG IM STATIONÄREN BEREICH	13
4.1 Datenquellen für die THG-Bilanzierung im stationären Bereich	13
4.2 THG-Emissionsfaktoren	15
4.2.1 THG-Emissionsfaktoren bei Verbrennungsprozessen	15
4.2.2 THG-Emissionsfaktoren für Strom	17
4.2.3 Allokation von Koppelprodukten	18
5. THG-BILANZIERUNG IM SEKTOR VERKEHR	19
5.1 Datenquellen für die THG-Bilanzierung im Verkehr	19
5.1.1 Fahrleistungen im Straßenverkehr	19
5.1.2 Öffentlicher Straßenpersonenverkehr	20
5.1.3 Energieverbräuche im Schienenverkehr	20
5.1.4 Energieverbräuche der übrigen Verkehrsmittel	20
5.2 Energieverbrauchs- und THG-Emissionsfaktoren für den Verkehr	21
6. ERGÄNZENDE DARSTELLUNG ZUR BASISBILANZ	24
6.1 Regionale Stromerzeugung	24
6.2 Witterungskorrektur	24
6.3 THG-Emissionen nicht-energetischer Sektoren	24
7. ÄNDERUNGEN GEGENÜBER FRÜHEREN VERSIONEN DES BSKO-PAPIERS	25
ANHANG	26
Berechnung des territorialen Strommix	26
Berechnung der exergetischen Allokation	26
Literaturverzeichnis	28

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Endenergiebasiertes Territorialprinzip	9
Abbildung 2	Endenergiebilanz von Musterstadt für das Jahr 2022 nach dem Territorialprinzip	11
Abbildung 3	THG-Bilanz von Musterstadt für das Jahr 2022 nach BSKO (Basisbilanz)	11
Abbildung 4	Beitrag des territorialen Strommix zur Basisbilanz mit Bundesstrommix	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Beispielhafter Energieverbrauch einer Kommune und die daraus ermittelte Datengüte für die Gesamtbilanz	12
Tabelle 2	Datenquellen für kommunale Energie- und THG-Bilanzen im stationären Bereich	14
Tabelle 3	THG-Emissionsfaktoren Endenergie Wärme	15
Tabelle 4	THG-Emissionsfaktoren für Energieerzeugung	16
Tabelle 5	THG-Emissionsfaktoren ohne Brennstoffinputinformationen für die Jahre 2000 bis 2021	17
Tabelle 6	Zeitreihe THG- Emissionsfaktor Bundesstrommix	18
Tabelle 7	Fahrleistungsaufteilung für Linien-, Reise- und Fernbusse zur Differenzierung von Energieverbrauch und THG-Emissionen nach Straßenkategorien	21
Tabelle 8	Bundesdurchschnittliche Endenergieverbrauchs- und THG-Emissionsfaktoren im Straßenverkehr	22
Tabelle 9	Bundesdurchschnittliche Endenergieverbrauchs- und THG-Emissionsfaktoren für den ÖPNV	23
Tabelle 10	THG-Emissionsfaktoren (Well-to-Wheel) nach Kraftstoffen im Verkehr unter Berücksichtigung der Beimischung von Biokraftstoffen (in CO ₂ -Äquivalenten) für das Jahr 2021	23
Tabelle 11	Stromerzeugung ohne Brennstoff(input) zur Berechnung des territorialen Strommix	27

1. — Einführung

Energie- und Treibhausgasbilanzen (THG-Bilanzen) bilden die Basis des quantitativen Monitorings und Controllings für den Klimaschutz von Kommunen. Die Bilanzen geben einen Überblick über die Verteilung der Energieverbräuche und THG-Emissionen nach verschiedenen Sektoren wie private Haushalte, Gewerbe, Industrie und Energieträgern wie Öl, Gas und Strom in einer Kommune. So helfen sie dabei, über Jahre hinweg die langfristigen Tendenzen des Energieeinsatzes und der THG-Emissionen aufzuzeigen. Um diese Entwicklung darzustellen, sollten Energie- und THG-Bilanzen auf Ebene des gesamten kommunalen Gebiets (für alle Sektoren) mindestens alle fünf Jahre, besser alle drei Jahre¹, fortgeschrieben werden.

Die Bilanzdaten sind zudem eine wesentliche Voraussetzung für die Darstellung von Klimaschutzindikatoren. Indikatoren helfen dabei, die Ergebnisse der Bilanz ins Verhältnis zu kommunalen Strukturdaten zu setzen. Die Ergebnisse werden somit besser interpretierbar und für den Vergleich mit anderen Kommunen nutzbar. Zudem können verschiedene Unterziele (wie der Anteil erneuerbarer Energien im Bereich der Wärmeerzeugung) festgelegt und der Grad der Zielerreichung kontrolliert werden. Eine Übersicht, welche Klimaschutzindikatoren aus der Bilanz abgeleitet werden können, bietet eine Veröffentlichung des Umweltbundesamts (UBA) zum Thema Klimaschutz-Monitoring (UBA 2022a). Neben der Erstellung einer Bilanz wird in der Veröffentlichung zudem empfohlen, kommunale Klimaschutzaktivitäten im Rahmen eines umfassenderen Klimaschutz-Monitorings zu dokumentieren und zu evaluieren (UBA 2022a).

In diesem Papier werden die methodischen Grundlagen zur Erstellung einer THG-Bilanz nach dem BSKO-Standard beschrieben. Darüber hinaus beinhaltet das Papier Datenquellen und jährlich aktualisierte Emissionsfaktoren zur Erstellung einer THG-Bilanz. Das Papier richtet sich somit in erster Linie an Bilanzherstellende, aber auch an Unternehmen, die Bilanzierungstools entwickeln und betreiben.

¹ Bei Großstädten mit entsprechenden Kapazitäten kann auch eine Bilanzierung alle zwei Jahre angestrebt werden.

Die wesentlichen Elemente des BSKO-Standards sind:

**Endenergiebasierte Territorial-
bilanz für den stationären und
mobilen Bereich**

Kapitel 3.1

**THG-Emissionsfaktor
Bundesstrommix für den
Stromverbrauch (Basisbilanz)**

Kapitel 4.2.2

**Differenzierte Aufteilung in
Sektoren und Energieträger**

Kapitel 3.2

**Exergetische Allokation bei
der Berechnung der Fern-
und Nahwärmeemissionen**

Kapitel 4.2.2

**Ausweisung der
Datengüte**

Kapitel 3.4

**Bilanzierung ohne
Witterungskorrektur
(Basisbilanz)**

Kapitel 6.2

**THG-Emissionsfaktoren mit
Äquivalenten und Vorketten**

Kapitel 3.3, 4.2.1, 4.2.2, 5.2

2. — Entwicklung der Bilanzierungs-Systematik

2.1 Hintergrund

Das bis Frühjahr 2016 laufende, über die Nationale Klimaschutzinitiative (NKI) geförderte Vorhaben „Klimaschutz-Planer – Kommunalen Planungsassistent für Energie und Klimaschutz“ hatte die Entwicklung eines standardisierten Instrumentensatzes für Kommunen zum Ziel (Klima-Bündnis 2023). Um dieses Ziel zu erreichen, wurde die Bilanzierungs-Systematik Kommunal (BISKO) entwickelt, mit der eine einheitliche Berechnung kommunaler THG-Emissionen ermöglicht wird. Im Vordergrund der Entwicklung standen neben einer methodischen Konsistenz auch die Vergleichbarkeit der Bilanzen sowie die Transparenz der Berechnungen und der Datengrundlagen. Auf Basis der genannten Punkte leiten sich empfehlenswerte Regeln für die kommunale THG-Bilanzierung ab. Die methodischen Grundlagen wurden in Workshops mit Teilnehmer*innen aus der Wissenschaft und aus der kommunalen Praxis besprochen. Zudem wurden die Empfehlungen von mehreren wissenschaftlichen Instituten im Rahmen von Kurz-Reviews überprüft. Die Empfehlungen und Ergebnisse wurden in einem umfassenden Bericht festgehalten (ifeu 2014).

Das vorliegende Methodenpapier stellt eine Kurzfassung und Weiterentwicklung des Berichts aus dem Jahr 2014 dar.

2.2 Kriterien bei der Entwicklung der Bilanzierungs-Systematik

In verschiedenen Workshops wurde deutlich, dass unterschiedliche Interessengruppen mit einer kommunalen Energie- und THG-Bilanz verschiedene Ziele verfolgen. Der Anspruch an den BISKO-Standard war, eine einheitliche Methode einzuführen und trotzdem auf diese Zielkonflikte einzugehen.

EINE ODER MEHRERE BILANZEN FÜR DIE KOMMUNE?

Um zu vermeiden, dass mehrere kommunale Bilanzen unterschiedlicher Methodik berechnet und veröffentlicht werden, wurde der Begriff der **Basisbilanz** eingeführt. Diese Basisbilanz bildet die offizielle BISKO-Bilanz einer Kommune ab. Welche Elemente diese Bilanz beinhaltet, wird im folgenden Papier erläutert.

Darüber hinaus haben Kommunen die Möglichkeit, die Ergebnisse der Basisbilanz mit anderen methodischen Ergebnissen zu vergleichen und die Unterschiede zum Beispiel aufgrund von Witterung oder regionaler Stromerzeugung darzustellen (siehe Kapitel 6). Anhand der Darstellungsform sollte klar erkennbar sein, was die Basisbilanz ist und welche methodischen Änderungen beim Vergleich vorgenommen wurden.

Vor diesem Hintergrund sind folgende drei Entscheidungskriterien für die Entwicklung der Berechnungsmethoden wesentlich. Sie stellen einen ausgewogenen Kompromiss zwischen den verschiedenen Ansprüchen dar und wurden so im Harmonisierungsprozess herausgearbeitet:

- **Vergleichbarkeit der Bilanzierung zwischen den Kommunen**
Ein wichtiges Ziel des Harmonisierungsprozesses war es, Bilanzen von Kommunen einheitlich bewerten zu können. Dazu müssen die Ergebnisse der Bilanzen miteinander vergleichbar sein.
- **Konsistenz innerhalb der Methodik**
Im Harmonisierungsprozess wurde versucht, unter Berücksichtigung der anderen beiden Kriterien eine Konsistenz innerhalb der Methodik zu entwickeln, sodass keine Doppelbilanzierung erfolgt und lokale Akteur*innen nicht aufgrund der Methodik falsche Schlüsse für ihr Klimaschutzhandeln ziehen.

- **Darstellung der Prioritäten im Klimaschutz in der Bilanz: Lokale Energieeinsparung und Energieeffizienz vor lokaler Energieerzeugung**
Eine Energie- und THG-Bilanz als Klimaschutz-Monitoring-Instrument soll über die Jahre den Erfolg einer Kommune im Klimaschutz dokumentieren. Wünschenswert ist, dass alle Klimaschutzaktivitäten innerhalb der Kommune gleichermaßen abgebildet werden. Ist dies nicht möglich oder entstehen Konflikte in der Darstellung der Aktivitäten, haben die Aktivitäten Priorität, die für den Klimaschutz relevanter sind. Dabei sollte an erster Stelle die Reduktion des Energieverbrauchs stehen. An zweiter Stelle steht das Ziel, die weiterhin nötige Energie möglichst effizient zu nutzen. Und erst an dritter Stelle folgt das Bestreben, den Energieverbrauch mit einer klimafreundlichen Versorgung (erneuerbare Energien, Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)) zu decken. Wird ein Klimaschutzaspekt durch Priorisierung anderer Aspekte in der Basisbilanz nicht oder unvollständig abgebildet, wird versucht, diesen Aspekt in anderer Form darzustellen.

Neben den drei Hauptentscheidungskriterien wurden bei der Entwicklung der Methodik weitere Kriterien berücksichtigt:

- Vergleichbarkeit der kommunalen Bilanzen über mehrere Jahre
- Konsistenz mit anderen Vorgaben und Empfehlungen auf kommunaler Ebene (wie Sustainable Energy and Climate Action Plan (SECAP), Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC))
- (Weitestgehende) Konsistenz mit Landes- und Bundesebene
- Erfolgskontrolle für umgesetzte Maßnahmen und Abschätzung von Minderungspotenzialen (anhand lokaler Daten)

Im Verkehrsbereich stellen sich für die Festlegung standardisierter Bilanzierungsregeln zusätzliche Fragen: Ein großer Teil der Personalfahrten und Gütertransporte erfolgt über die Kommunengrenzen hinaus und kann den einzelnen Kommunen anhand unterschiedlicher Systemgrenzen vollständig oder teilweise zugerechnet werden. Daher wurden neben den oben genannten Kriterien noch folgende Kriterien in die Entwicklung der Berechnungsmethode einbezogen:

- **Abdeckung des kommunalen Handlungsbereichs**
Die bilanzierten Verkehrsaktivitäten sollten sich möglichst gut mit dem Handlungsbereich der Kommunen decken. Das heißt, es sollte ein ursächlicher Zusammenhang zwischen den bilanzierten Verkehrsaktivitäten und dem Handlungs- und Einflussbereich der Kommune gegeben sein. Wichtige Zielgruppen von Maßnahmen sowie weitere Akteur*innen für Maßnahmen sollten unter kommunale Zuständigkeit fallen beziehungsweise für Kooperationen erreichbar sein.

- **Identifizierung wichtiger kommunaler Handlungsfelder**

Die Bilanzierungsmethode sollte helfen, wichtige Ursachen der verkehrsbedingten THG-Emissionen zu identifizieren, bei denen kommunale Klimaschutzmaßnahmen zuerst ansetzen müssen. Dazu müssen kommunenspezifische Einflüsse möglichst gut in der Bilanz abgebildet und nach Ortsbezug und Ursachen der Verkehrsaktivitäten differenziert werden.

- **Erfolgskontrolle für umgesetzte Maßnahmen**

Die Erfolge durchgeführter lokaler Maßnahmen sollten in Bilanzen zukünftiger Jahre sichtbar werden. Dazu muss die Datensammlung in der kommunalen Bilanz weitgehend mit kommunenspezifischen Daten erfolgen, da nationale Kennwerte keine lokalen Maßnahmenwirkungen darstellen können.

In der Praxis kann die Festlegung der Bilanzierungsmethodik nicht allein über die Bilanzierungsziele erfolgen, sondern muss auch die **Datenverfügbarkeit** in den Kommunen berücksichtigen. In den einzelnen Kommunen sind lokalspezifische Verkehrsdaten in geeigneter Datengüte und der notwendigen Differenzierung meist nicht verfügbar oder können nur mit erheblichem Zusatzaufwand ermittelt werden. In der Entwicklung der Bilanzierungsmethodik wurde daher gleichzeitig auch das deutschlandweite Vorhandensein regional aufgelöster Verkehrsdaten für verschiedene Systemgrenzen und darauf aufbauend die Möglichkeit zur Bereitstellung deutschlandweiter gemeindefeiner Defaultwerte (voreingestellte Werte, vgl. Kap. 5.1) für Fahr- und Verkehrsleistungen untersucht.

2.3 Grenzen der Bilanzierungs-Systematik und Ausblick

Für die Weiterentwicklung einer einheitlichen Bilanzierung sind weitere Festlegungen vorstellbar. Zielführend wären zum Beispiel eine einheitliche Datengrundlage und ein einheitlicher Umgang mit den Daten. Insbesondere für nicht-leitungsgebundene Energieträger gibt es verschiedene Möglichkeiten, Daten zu erheben und verschiedene Methoden, deren Energieverbrauch zu ermitteln. Aktuell werden bei BSKO die unterschiedlichen Datenerhebungen lediglich über die Angabe der Datengüte berücksichtigt. Welche Datengrundlagen für eine Bilanz genutzt werden oder wie eine Verarbeitung dieser Daten erfolgt, wird nicht festgelegt. Weiterhin wäre eine inhaltliche Weiterentwicklung beispielsweise durch die Berücksichtigung nicht-energetischer Sektoren denkbar (UBA 2020).

3. — Grundlagen für die kommunale Energie- und THG-Bilanzierung

3.1 Bilanzierungsprinzip

Bei der Wahl des Bilanzierungsprinzips für THG-Bilanzen eines bestimmten Gebiets wird in der Regel der territoriale Ansatz gewählt. Dies bedeutet, dass alle Emissionen innerhalb des betrachteten Territoriums berücksichtigt werden. Dieses Prinzip ist Grundlage der Bilanzierung auf Landes-, Bundes- und internationaler Ebene.

Auf kommunaler Ebene wird ebenfalls das Territorialprinzip verfolgt (vgl. [Abbildung 1](#)), allerdings wird im Bereich des Strom- und Fernwärmeverbrauchs vom klassischen Ansatz des Emissionskatasters (Quellenbilanz) zu Gunsten einer Verursacherbilanz abgewichen. Dieser Ansatz wird als **endenergiebasierte Territorialbilanz²** bezeichnet.

WAS BESAGT DIE ENDENERGIEBASIERTE TERRITORIALBILANZ?

Es werden alle im betrachteten Territorium anfallenden Verbräuche auf Ebene der Endenergie (Energie, die zum Beispiel am Hauszähler gemessen wird) berücksichtigt und den verschiedenen Verbrauchssektoren (vgl. [Kapitel 3.2](#)) zugeordnet. Über spezifische Emissionsfaktoren werden dann die THG-Emissionen berechnet. Graue Energie, die beispielsweise in konsumierten Produkten steckt, sowie Energie, die von Bürger*innen außerhalb des Gebiets der Kommune verbraucht wird, fließen nicht in die Bilanz mit ein.

² In statistischen Berichten (unter anderem der statistischen Landesämter) wird hier auch von der Verursacherbilanz gesprochen (im Gegensatz zu Quellenbilanzen).

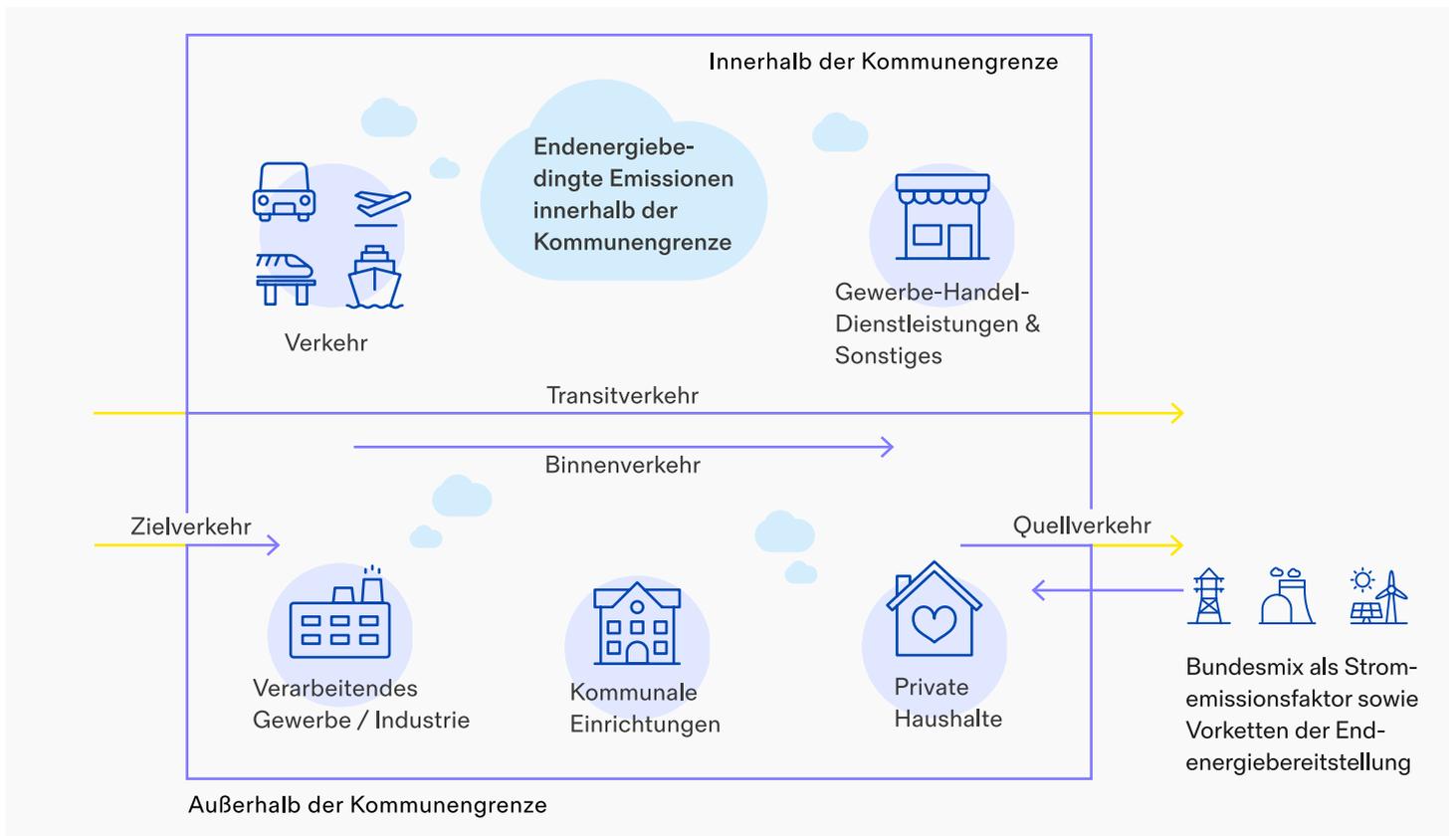


Abbildung 1: Endenergiebasiertes Territorialprinzip (Quelle: eigene Darstellung)

Im Verkehr umfasst eine endenergiebasierte Territorialbilanz die Fahrleistungen und damit verbundenen Endenergieverbräuche sämtlicher motorisierter Verkehrsmittel im Personen- und Güterverkehr innerhalb der Gemeindegrenzen und damit innerhalb des unmittelbaren politischen Handlungsfelds der Kommune. Im Straßenverkehr wird ergänzend eine erweiterte ursachenbezogene Differenzierung (insbesondere eine Aufteilung zwischen Binnen-, Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr) empfohlen. Dies ermöglicht die Identifizierung von konkreten Handlungsbereichen, die Ableitung gezielter Maßnahmen sowie die Abschätzung von Potenzialen unter Berücksichtigung der kommunenspezifischen Beeinflussbarkeit der Verkehrsaktivitäten. Der Flugverkehr wird über die Emissionen der Starts und Landungen auf dem Territorium (Landing and Take-off Cycle (LTO-Zyklus)) erfasst.

3.2 Definition von Verbrauchssektoren

Für eine einheitliche Bilanzierung sollten die verschiedenen Verbrauchssektoren möglichst einheitlich dargestellt werden.

Folgende Sektoren werden empfohlen:

<ul style="list-style-type: none"> Private Haushalte Verarbeitendes Gewerbe / Industrie Kommunale Einrichtungen Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD) / Sonstiges 	}	<p>Stationärer Bereich (Kapitel 4)</p>
---	---	--

Verkehr (Kapitel 5)

Im stationären Bereich unterscheiden sich bei den verschiedenen Datenbereitstellern (wie Energieversorgungsunternehmen, Statistische Landesämter) jedoch die Definitionen zu diesen Sektoren. Die folgenden Definitionen stellen daher eine Empfehlung bei Anfragen an die verschiedenen Datenbereitsteller dar:

Private Haushalte: Der Sektor umfasst alle Ein- und Mehrpersonenhaushalte (einschließlich der Personen in Gemeinschaftsunterkünften). Dazu gehören demnach auch sämtliche Wohnheime und kommunale Einrichtungen, die dem Zweck Unterkunft beziehungsweise Wohnen dienen. Eine Trennung vom Sektor Kleingewerbe (vgl. Sektor GHD/Sonstiges) ist anzustreben.

Verarbeitendes Gewerbe / Industrie: Hierzu zählen Betriebe des verarbeitenden Gewerbes (Industrie und verarbeitendes Handwerk) und Betriebe des produzierenden Gewerbes mit 20 und mehr Beschäftigten. Damit wird der Definition im Rahmen der Energieverbrauchserfassung statistischer Landesämter entsprochen.

Kommunale Einrichtungen: Dieser Sektor beinhaltet die Summe der Energieverbräuche kommunaler Einrichtungen wie Verwaltungsgebäude, kommunale Schulen, Kindertagesstätten und Straßenbeleuchtung. Darüber hinaus zählen zu diesem Sektor auch noch andere kommunale Gebäude und der Energieverbrauch von kommunalen Infrastrukturanlagen unter anderem aus den Bereichen Wasser/Abwasser, Straßen und Abfall.

Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) / Sonstiges: In diesen Sektor fallen die Energieverbräuche aller bisher nicht erfassten wirtschaftlichen Betriebe: Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sowie Betriebe des Bergbaus, der Gewinnung von Steinen und Erden, Betriebe des verarbeitenden Gewerbes mit weniger als 20 Mitarbeitenden und landwirtschaftliche Betriebe.

Verkehr: Im Verkehrssektor wird der Endenergie- und Kraftstoffverbrauch sämtlicher motorisierter Verkehrsmittel im Personen- und Güterverkehr auf öffentlicher Verkehrsinfrastruktur innerhalb der Kommune erfasst.

Abbildung 2 (Seite 11) zeigt für die Sektoren private Haushalte, Industrie, kommunale Einrichtungen, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und Sonstiges sowie den Sektor Verkehr eine Energiebilanz nach dem endenergiebasierten Territorialprinzip. Aus den ermittelten Energieverbräuchen lässt sich schließlich durch Multiplikation mit den jeweiligen Emissionsfaktoren die THG-Bilanz berechnen. Diese stellt die kommunale Basisbilanz nach BSKO dar und ist in Abbildung 3 dargestellt.

3.3 THG-Emissionsfaktoren

Je nach Wahl der THG-Emissionsfaktoren können kommunale THG-Bilanzen um bis zu 20 Prozent variieren. Für ein standardisiertes Vorgehen nach BSKO werden für alle Sektoren die energiebezogenen Vorketten der einzelnen Energieträger (Strom, flüssige und gasförmige Energieträger) sowie neben den reinen CO₂-Emissionen weitere Treibhausgase (unter anderem N₂O und CH₄) in CO₂-Äquivalenten berücksichtigt (ifeu 2014).

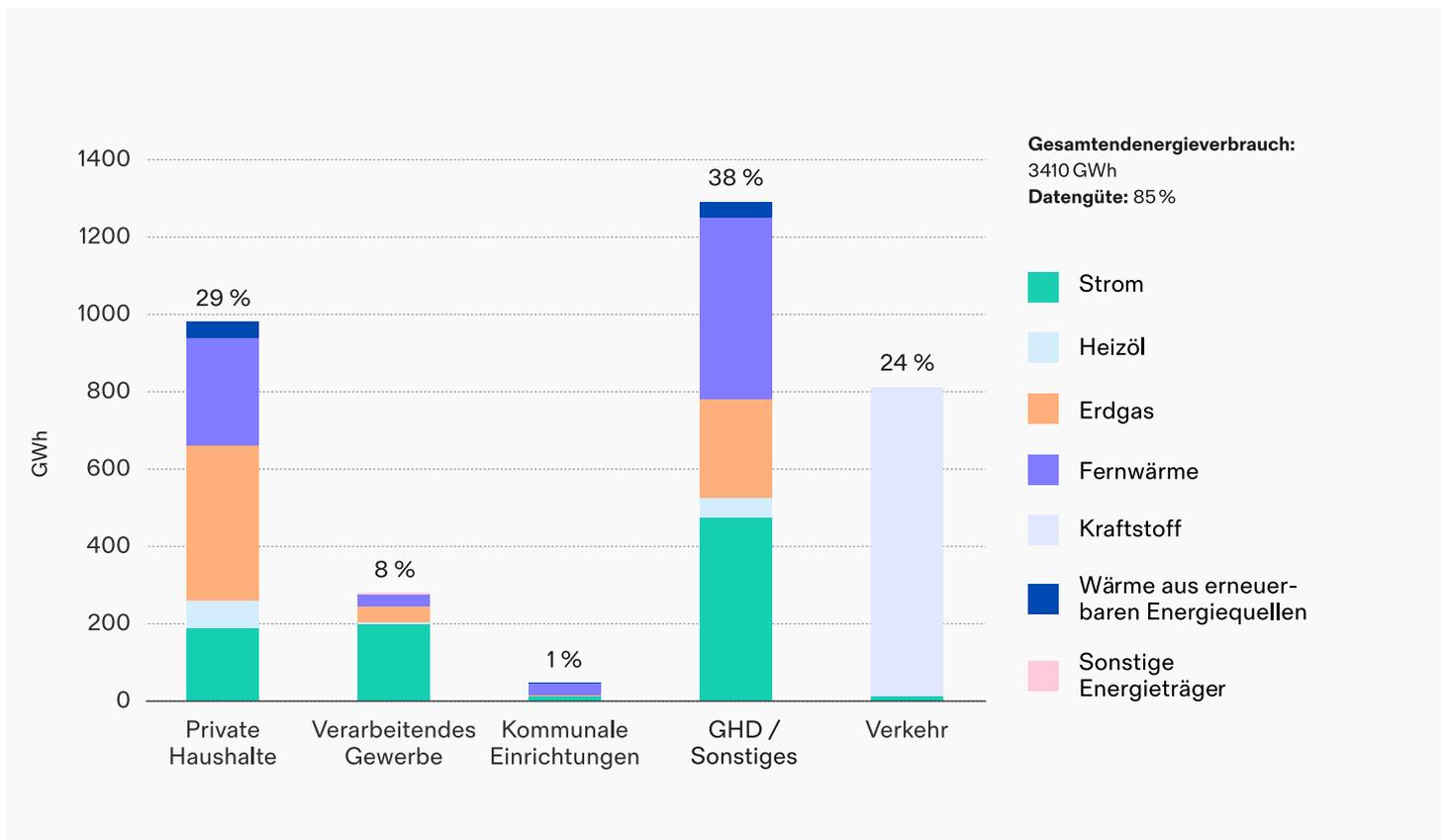


Abbildung 2: Endenergiebilanz von Musterstadt für das Jahr 2022 nach dem Territorialprinzip (Quelle: eigene Darstellung)

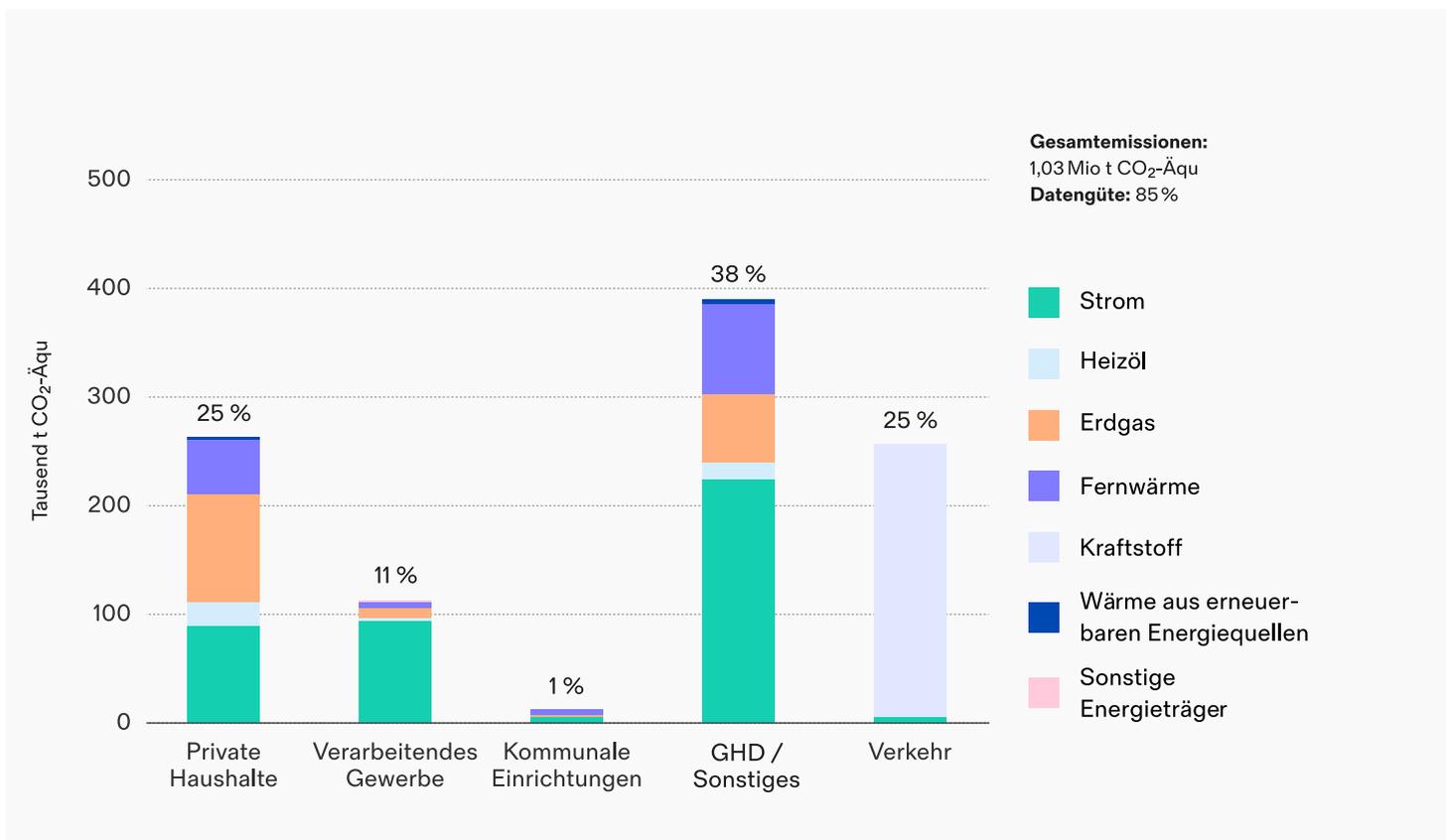


Abbildung 3: THG-Bilanz von Musterstadt für das Jahr 2022 nach BSKO (Basisbilanz) (Quelle: eigene Darstellung)

3.4 Datengüte

Für alle kommunalen Energie- und THG-Bilanzen wird nach BSKO-Standard eine Datengüte der Bilanz angegeben. Die Datengüte zeigt die Aussagekraft der Bilanz und der ihr zugrundeliegenden Daten. Dazu wird jedem Energieträger und dessen Verbrauch eine Datengüte zugeteilt. Grundlage für diese Zuteilung ist die Datenquelle beziehungsweise Datenherkunft. Die Wertung der Datengüte erfolgt in den Abstufungen A (höchste Güte) bis D (niedrigste Güte):

- Datengüte A (Regionale Primärdaten) → Faktor 1
- Datengüte B (Hochrechnung regionaler Primärdaten) → Faktor 0,5

- Datengüte C (Regionale Kennwerte und Statistiken) → Faktor 0,25
- Datengüte D (Bundesweite Kennzahlen) → Faktor 0

Eine Einschätzung der Datengüte unterschiedlicher Datenquellen finden sich auch in Kapitel 4.1. Die Datengüte einer Bilanz erhält man, indem der Anteil des Verbrauchs des Endenergieträgers am Gesamtenergieverbrauch mit der Datengüte multipliziert wird und diese ermittelten Werte für alle Energieverbräuche aufaddiert werden. Ein Beispiel zu Berechnung der Datengüte findet sich in Tabelle 1.

DATEN	QUELLE	DATEN-GÜTE	WERTUNG DATENGÜTE	ANTEIL AM ENDENERGIE-VERBRAUCH	ANTEILIGE DATENGÜTE
Strom	Netzbetreiber	A	1,0	26,0 %	26,0%
Erdgas	Netzbetreiber	A	1,0	20,4%	20,4%
Fernwärme	Energieversorger	A	1,0	23,6%	23,6%
Heizöl	Schornsteinfeger*innen	B	0,5	3,6%	1,8%
Biomasse	Schornsteinfeger*innen	B	0,5	1,3%	0,7%
Solarthermie	Förderprogramme	B	0,5	0,0%	0,0%
Umweltwärme	Energieversorger & Annahme	B	0,5	1,0%	0,5%
Fahrleistungen Straße	Regionaldatenbank Statistisches Landesamt	B	0,5	22,9%	11,5%
Energieverbrauch Schienenverkehr	ifeu auf Basis DB AG	B	0,5	0,4%	0,2%
Energieverbrauch Linienbus	ÖPNV-Unternehmen	A	1,0	0,5%	0,5%
Gesamtdatengüte					85,2%

Tabelle 1: Beispielhafter Energieverbrauch einer Kommune und die daraus ermittelte Datengüte für die Gesamtbilanz (Quelle: eigene Darstellung)

4. — THG-Bilanzierung im stationären Bereich

4.1 Datenquellen für die THG-Bilanzierung im stationären Bereich

Die Datenquellen für die Erstellung einer Endenergiebilanz können sehr vielfältig sein. In einigen Bundesländern gibt es bereits verschiedene Unterstützungsangebote seitens des Landes, der Landesenergieagenturen oder anderer Stellen.

Grundsätzlich ist die Erhebung konsistenter Daten bei der Erstellung der Erstbilanz mit größerem Aufwand verbunden. Ziel ist es, sowohl für leitungsgebundene Energieträger (wie Erdgas) als auch für nicht-leitungsgebundene Energieträger (wie Heizöl) den Endenergieverbrauch aufgeteilt nach den verschiedenen Verbrauchssektoren (vgl. [Kapitel 3.3](#)) zu erhalten.

Grundsätzlich wird vor Beginn der Datenerhebung empfohlen, folgende Fragen zu klären:

- Gibt es seitens des Landes eine bereitgestellte Software, in der auch das Datenerhebungsprozedere erläutert wird?
- Gibt es seitens des Landes Unterstützungsangebote zur Datenerhebung (wie die zentrale Bereitstellung verschiedener Daten)?
- Gibt es eine Übersicht der Personen, die in den verschiedenen Institutionen die Daten bereitstellen oder koordinieren?
- Werden die Daten regelmäßig nach einheitlicher Methodik aktualisiert?

NOTWENDIGE DATEN FÜR EINE BSKO-KONFORME BILANZ

BSKO gibt derzeit nicht vor, welche Datenquellen die Bilanzen haben sollen beziehungsweise wie diese Daten verarbeitet werden sollen.

Mit dem endenergiebasierten Territorialprinzip verfolgt BSKO jedoch den Anspruch, dass alle Energieverbräuche innerhalb der Gemarkung einer Kommune erfasst werden. Aus diesem Grund wird empfohlen, im stationären Bereich leitungsgebundene Energieträger aus Originalquellen (Netzbetreiber, Konzessionszahlung, Fernwärme: Energieversorger) zu erfassen. Bei nicht-leitungsgebundenen Energieträgern wird empfohlen, eine Annäherung mindestens zu Heizöl, Biomasse, Solarthermie und Wärmepumpen zu erheben. Diese Verbräuche lassen sich über allgemein vorliegende Datenquellen hochrechnen ([siehe Tabelle 2](#)).

DATENQUELLE	INHALT	BERÜCKSICHTIGTE SEKTOREN	DATENGÜTE
Verteilnetzbetreiber	Energieverbrauch Strom und Erdgas der Gesamtkommune ³	Alle	A
Energieversorger	Wärmeverbrauch Fern- und Nahwärme	Alle	A
Eigene Erhebungen für nicht leitungsgebundene Energieträger	Energieverbrauch (Heizöl, Solarthermie-, Biomasse- und Geothermieanlagen)	Je nach Erhebung	A
Stromverbrauch für Wärmepumpen	Wärmeerzeugung /-verbrauch aus elektrischen Wärmepumpen	Alle	B
Daten der Schornsteinfeger*innen	Ermittlung Heizöl- und Biomasseverbrauch über Leistung der Kessel ⁴	Private Haushalte und GHD	B
Förderprogramme	Ermittlung für verschiedene Energieträger anhand von den Förderungen im Zeitrahmen des Förderprogramms für Gesamtkommune ⁵	Je nach Förderprogramm; meist jedoch: Private Haushalte und GHD	B
Gebäudekennzahlen	Wärmeerzeugung aus nicht leitungsgebundenen Energieträgern (keine Aufteilung) auf Basis von Gebäudetypologien und angenommenen Verbräuchen ⁶	Private Haushalte und GHD	C
Heizölverbrauch über Kennzahlen und Erdgasverbrauch	Berechnung des Wärmeverbrauchs (Heizöl) über Gesamtwärmebedarf (ermittelt über Einwohner- und SV-Beschäftigten-Kennwerte) in Abhängigkeit des Erdgasverbrauchs	Private Haushalte und GHD	C–D
Ermittlung des Energieverbrauchs der Industrie über Kennzahlen	Berechnung des Wärmeverbrauchs in der Industrie über Kennzahlen der Beschäftigtenzahlen	Industrie	C–D
Sektorspezifische Auswertungen: Kommune	Strom- und Wärmeverbrauch kommunaler Gebäude	Kommunale Einrichtung	A
Sektorspezifische Auswertungen: Industrie	Strom- und Wärmeverbrauch nach Energieträgern für alle Energieträger aufgrund von Betriebsbefragungen	Industrie	A

Tabelle 2: Datenquellen für kommunale Energie- und THG-Bilanzen im stationären Bereich (**Quelle:** eigene Darstellung)

- 3** Vielfach liegen Informationen zur Aufteilung der einzelnen Verbrauchssektoren über Standardlastprofile (SLP) und Kunden mit Registrierter-Leistungs-Messung (RLM) vor.
- 4** Bei der Abfrage ist zu klären, ob die Kehrbezirke auch mit den Grenzen der Kommune übereinstimmen. Eine Abfrage nach Postleitzahl ist hier förderlich.
- 5** Hier geben vor allem die Förderdaten aus dem Marktanreizprogramm erste Hinweise. Daten finden sich unter www.solaratlas.de, www.biomasseatlas.de und www.waermepumpenatlas.de
- 6** Gebäudedaten finden sich in den Ergebnissen des Zensus 2011 (<https://ergebnisse2011.zensus2022.de/datenbank/online/>)

4.2 THG-Emissionsfaktoren

4.2.1 THG-Emissionsfaktoren bei Verbrennungsprozessen

Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit von Bilanzen wird empfohlen, einheitliche THG-Emissionsfaktoren zu nutzen,

die sowohl CO₂-Äquivalente als auch Vorketten beinhalten (siehe oben). Die in Tabelle 3 benannten THG-Emissionsfaktoren werden für die kommunale Energie- und THG-Bilanzierung empfohlen⁷. Die Emissionsfaktoren sind jeweils auf den Heizwert bezogen.

ENERGIE-TRÄGER	THG-EMISSIONSFAKTOR (t CO ₂ -Äqu/MWh)						GENAUE PROZESS-BEZEICHNUNG
	2000 -2004	2005 -2009	2010 -2014	2015 -2019	2020	2021	
Erdgas*	0,257	0,258	0,250	0,247	0,247	0,247	Gas Heizung Brennwert DE (Endenergie)
Heizöl*	0,320	0,321	0,320	0,318	0,318	0,318	Öl-Heizung DE (Endenergie)
Biomasse**	0,036	0,028	0,027	0,025	0,021	0,022	Holz Pellet Holzwirt. Heizung 10 kW (Endenergie); ab 2020 Mittelwert Wärmebereitstellung aus fester Biomasse (private Haushalte und GHD) sowie Industrie
Flüssiggas*	0,277	0,278	0,267	0,276	0,276	0,276	Flüssiggas Heizung-DE (Endenergie) Ab 2015: Flüssiggas-(LPG)-Heizung-DE (Endenergie)
Steinkohle**	0,464	0,443	0,444	0,438	0,429	0,433	Kohle Brikett Heizung DE (Endenergie), ab 2020 Wärmebereitstellung aus fossilen Energieträgern in privaten Haushalten, im GHD-Sektor und der Industrie
Braunkohle**	0,437	0,436	0,434	0,411	0,443	0,445	Braunkohle Brikett Heizung DE (Mix Lausitz / rheinisch), ab 2020 Wärmebereitstellung aus fossilen Energieträgern in privaten Haushalten, im GHD-Sektor und der Industrie
Solarthermie**	0,049	0,047	0,025	0,024	0,019	0,023	Solarkollektor Flach DE, ab 2020 Wärmebereitstellung aus Solarthermie
Sonstige erneuerbare Energieträger***	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	individuell veränderbar
Sonstige konventionelle Energieträger***	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	individuell veränderbar

Tabelle 3: THG-Emissionsfaktoren Endenergie Wärme (**Quelle:** eigene Darstellung in Anlehnung an *GEMIS; **bis GEMIS 5.0, UBA 2021, UBA 2022b; ***ifeu Berechnungen / Annahmen)

⁷ Mit neueren Versionen von GEMIS (zuletzt 5.1) und UBA-Berichterstattungen zu erneuerbaren Energien wurden einige Werte gegenüber ifeu (2014) geringfügig angepasst.

Bei großindustriellen Prozessen und bei der Energieerzeugung in großen Heiz(kraft)werken weichen die THG-Emissionsfaktoren in der Regel von den oben dargestellten Faktoren ab. Zumindest bei der Berechnung der Sekundär-

energie (wie Strom, Dampf, Wärme) aus Heiz(kraft)werken können daher die THG-Emissionsfaktoren der Tabelle 4 herangezogen werden.

ENERGIE-TRÄGER	THG-EMISSIONSFAKTOR (t CO ₂ -Äqu/MWh)						GENAUE PROZESS- BEZEICHNUNG
	2000 -2004	2005 -2009	2010 -2014	2015 -2019	2020	2021	
Erdgas*	0,235	0,237	0,235	0,233	0,233	0,233	Gas Kessel DE (Endenergie)
Heizöl*	0,313	0,314	0,311	0,311	0,311	0,311	Öl leicht Kessel DE (Endenergie)
Steinkohle**	0,448	0,440	0,436	0,431	0,429	0,433	Kohle Kessel WSF DE (Endenergie), ab 2020 Wärmebereitstellung aus fossilen Energieträgern in privaten Haushalten, im GHD-Sektor und der Industrie
Braunkohle**	0,469	0,487	0,465	0,473	0,443	0,445	Braunkohlekessel-WSF-DE-rheinisch (Endenergie) Ab 2015: Braunkohlekessel-WSF-DE-rheinisch (Endenergie), ab 2020 Wärmebereitstellung aus fossilen Energieträgern in privaten Haushalten, im GHD-Sektor und der Industrie
Abfall***	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	Angepasst von 0,111 auf 0,121
Feste Biomasse**	0,029	0,034	0,024	0,022	0,022	0,022	Holz HS Waldholz Heizung 50 kW (Endenergie); ab 2020 Mittelwert Wärmebereitstellung aus fester Biomasse in der Industrie
Flüssige Biomasse****	0,108	0,108	0,154	0,116	0,112	0,110	Palmöl-BHKW (Blockheizkraftwerk)-gross-DE-2010 (IST) (anpasst an UBA- 2013); ab 2015 Palmöl BHKW TA-Luft
Biogas****	0,052	0,052	0,056	0,113	0,111	0,124	Biogas-Gülle-BHKW-500kW 2010 (IST) ab 2015 Biogas (Gülle) BHKW TA-Luft
Klärgas****	0,015	0,015	0,015	0,035	0,035	0,038	Klärgas-BHKWGM-200-2010/en; ab 2015 Klärgas BHKW - TA-Luft
Sonstige erneuerbare Energieträger***	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	individuell veränderbar
Sonstige konventionelle Energieträger***	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	individuell veränderbar

Tabelle 4: THG-Emissionsfaktoren für Energieerzeugung (**Quelle:** eigene Darstellung in Anlehnung an *GEMIS; **GEMIS 5.0, UBA 2021, UBA 2022b; ***ifeu Berechnungen; ****UBA 2009, UBA 2013, UBA 2018, UBA 2021, UBA 2022b)

Liegen keine detaillierten Informationen zum Brennstoffinput der in die Fernwärme einspeisenden Heiz(kraft)werke vor, kann **vereinfacht** auf die Emissionsfaktoren der Tabelle 5 zurückgegriffen werden.

ENERGIETRÄGER	THG-EMISSIONSFAKTOR (t CO ₂ -Äqu/MWh)
Fernwärme – überwiegend* Kohle KWK	0,260
Fernwärme – überwiegend* Erdgas BHKW	0,150
Fernwärme – überwiegend* Erdgas GuD (Gas-und-Dampfturbinen-Kraftwerk)	0,140
Fernwärme – überwiegend* Abfall KWK	0,130
Fernwärme – überwiegend* Biogas KWK	0,080
Fernwärme – überwiegend* Biomasse HW (Heizwerk)	0,030
Fernwärme – überwiegend* Biomasse KWK	0,020

Tabelle 5: THG-Emissionsfaktoren ohne Brennstoffinputinformationen für die Jahre 2000 bis 2021 (**Quelle:** eigene Darstellung in Anlehnung an ifeu Berechnungen)

**Liegt der energetische Anteil der entsprechenden Anlagentechnik bei unter 80 Prozent der gesamten Wärmeerzeugung, wird die Verwendung der aufgeführten Emissionsfaktoren nicht empfohlen. Stattdessen sollte auf den Wert aus der Tabelle 3 zurückgegriffen werden oder alternativ eine eigene Berechnung des Emissionsfaktors über die exergetische Allokation erfolgen.*

4.2.2 THG-Emissionsfaktoren für Strom

Je nach Ziel der Bilanzierung werden in den Kommunen unterschiedliche Stromemissionsfaktoren verwendet. Um einen Vergleich der Bilanzen zwischen den Kommunen zu ermöglichen wird nach BSKO mit dem Bundesstrommix als Emissionsfaktor Strom bilanziert. Die in Tabelle 6 dargestellten Emissionsfaktoren für den Bundesstrommix wurden mit dem „ifeu-Strommaster“⁸ für alle einzelnen Jahre berechnet.

Bei der Nutzung des Bundesstrommix für Berechnungen ist darauf zu achten, dass sich dieser mit der Zeit verändert. Durch den bundesweiten Ausbau erneuerbarer Energien zeigt sich eine Reduktion der Stromemissionen in den kommunalen THG-Bilanzen, ohne dass die eigene Kommune etwas dazu beigetragen haben muss. Deshalb sollte dieser

externe Effekt bei Fortschreibungen gesondert ausgewiesen werden, was die Unterscheidung zwischen Maßnahmen der Kommune und den außerhalb ihres Einflussgebiets liegenden Effekten erleichtert. Neben der Basisbilanz eignet sich hierzu eine nachrichtliche Darstellung mit einem territorialen Emissionsfaktor Strom (vgl. Kapitel 6.1).

8 Der „ifeu-Strommaster“ ist ein Tool, mit dem jährlich auf Basis von Erzeugungsdaten der Emissionsfaktor des Bundesstrommix berechnet wird.

JAHR	THG-EMISSI- ONSFAKTOR (t CO ₂ -Äqu/MWh)						
1990	0,872	1998	0,738	2006	0,687	2014	0,620
1991	0,889	1999	0,715	2007	0,656	2015	0,600
1992	0,830	2000	0,709	2008	0,656	2016	0,581
1993	0,831	2001	0,712	2009	0,620	2017	0,554
1994	0,823	2002	0,712	2010	0,614	2018	0,544
1995	0,791	2003	0,732	2011	0,633	2019	0,478
1996	0,774	2004	0,700	2012	0,645	2020	0,429
1997	0,752	2005	0,702	2013	0,633	2021	0,472

Tabelle 6: Zeitreihe THG-Emissionsfaktor Bundesstrommix (Quelle: ifeu-Strommaster)

4.2.3 Allokation von Koppelprodukten

Prinzipiell soll bei der Allokation von Koppelprodukten bei Kraft-Wärme-Kopplungs-Prozessen (KWK-Prozesse) die exergetische Methode (auch Carnot-Methode oder exergetische Allokation genannt) genutzt werden. Bei der exergetischen Methode (UBA 2015) wird neben der Quantität auch die Qualität der Energie betrachtet. Die exergetische Methode ist eine einfache, physikalisch basierte Methode, bei der lediglich Input und Output der Anlagen inklusive Temperaturniveau der Wärme benötigt werden. Sie ist nicht von Referenzsystemen abhängig und daher nur auf den tatsächlich betrachteten Koppelprozess bezogen. Ein weiterer Vorteil der exergetischen Methode ist die Anwendbarkeit auf Abwärmenutzung und Low-Ex-Systeme mit Kaskadennutzung. So können auch den Wärmeströmen aus der Industrie, die nicht aus KWK-Prozessen stammen, und der Wärmeentnahme aus dem Rücklauf eines Fernwärmesystems Emissionsfrachten eindeutig zugeordnet werden. Eine ausführliche Beschreibung zur Berechnung der exergetischen Allokation ist im Anhang zu finden.

5. — THG-Bilanzierung im Sektor Verkehr

5.1 Datenquellen für die THG-Bilanzierung im Verkehr

Voraussetzung für die deutschlandweite Anwendbarkeit des BSKO-Standards ist die Verfügbarkeit aller notwendigen kommunalen Eingabedaten für die Bilanzierung, insbesondere für den Kfz-Verkehr. Dies ist bisher in vielen Fällen eine besondere Herausforderung für die Kommunen, da gemeindespezifische Verkehrsdaten häufig nicht in geeigneter Form verfügbar sind und auch nicht mit vertretbarem Aufwand allein für Zwecke der THG-Bilanzierung durch die Kommunen selbst ermittelt werden können. Im Rahmen der Entwicklung des BSKO-Standards wurden umfangreiche Recherchen zur Verfügbarkeit gemeindefeiner Verkehrsdaten durchgeführt. Es wurden Datenquellen identifiziert, anhand derer Gemeinden die Verkehrsmengen in ihrem Territorium individuell bestimmen können, beziehungsweise mit denen eine zentrale Bereitstellung kommunenspezifischer Verkehrsdaten für alle Gemeinden in Deutschland möglich ist.

Deutschlandweit verfügbare Verkehrsdaten werden vom ifeu gemeindefein als Defaultwerte für eine Bilanzierung nach BSKO-Standard aufbereitet. Solche BSKO-Defaultwerte gemeindefeiner Verkehrsdaten sind derzeit für alle motorisierten Verkehrsmittel mit Ausnahme des öffentlichen Straßenpersonenverkehrs (Linienbus, Straßen-, Stadt- und U-Bahnen) verfügbar. Sie sind in den meistgenutzten Bilanzierungstools für Deutschland direkt implementiert.

Nichtsdestotrotz empfiehlt es sich, dass Gemeinden eigene, regelmäßig aktualisierte Verkehrsdaten unter Einbezug lokaler Datengrundlagen (wie Verkehrsmodellen) nutzen, um die Datengüte der Bilanz mit eigenen Daten zu verbessern.

Die folgenden Abschnitte geben eine Übersicht möglicher Datenquellen für die einzelnen Verkehrsmittel sowie die Verfügbarkeit gemeindefeiner BSKO-Defaultwerte.

5.1.1 Fahrleistungen im Straßenverkehr

Fahrleistungen im Straßenverkehr (in Fahrzeug-km) können für eine Gemeinde aus verschiedenen Datenquellen ermittelt werden. Größere Städte verfügen in vielen Fällen über eigene kommunale Verkehrsmodelle, mit denen die Fahrleistungen auf dem Territorium der Stadt berechnet werden können. Auch einige Bundesländer ermitteln jährlich gemeindefeine Fahrleistungsdaten im Straßenverkehr.

Im Rahmen der Entwicklung des BSKO-Standards wurden gemeindefeine Kfz-Fahrleistungen für sämtliche Gemeinden in Deutschland abgeleitet. Diese Defaultwerte sollen Gemeinden den Einstieg in die Bilanzierung des Verkehrs nach BSKO-Standard ermöglichen, falls sie über keine eigenen territorialen Verkehrsdaten verfügen. Die abgeleiteten Defaultwerte der Kfz-Fahrleistungen basieren ausschließlich auf deutschlandweit verfügbaren Primärdaten. Sie können damit kleinräumige Verkehrssituationen in Einzelgemeinden teilweise nur eingeschränkt abbilden. Das gilt besonders für die Fahrleistungen im untergeordneten Straßennetz: Höhere Modal-Split-Anteile des Umweltverbundes bedeuten beispielsweise eine geringere einwohnerspezifische Pkw-Nutzung. Deshalb wird trotz Verfügbarkeit der gemeindefeinen BSKO-Defaultwerte grundsätzlich empfohlen, dass Gemeinden längerfristig die Verwendung eigener, regelmäßig aktualisierter Verkehrsdaten unter Einbezug zusätzlicher lokaler Datengrundlagen (wie Verkehrsmodellen) anstreben.

Datengrundlage der abgeleiteten Defaultwerte für gemeindefeine Kfz-Fahrleistungen ist die deutschlandweite Regionalisierung aller nationalen Emissionen mit dem GIS-basierten Software-Tool GRETA (Gridding Emission Tool for ArcGIS), des UBA (2016). Die lokalen Gegebenheiten werden in den regionalisierten Emissionen des Verkehrs für verschiedene Straßentypen unterschiedlich stark abgebildet. Die regionalisierten Emissionen auf Autobahnen und Bundesstraßen basieren auf streckenfeinen Verkehrsdaten der bundesweiten Straßenverkehrszählungen (SVZ). Im untergeordneten Straßennetz wird eine Zurechnung der gesamtdeutschen Emissionen je Kfz-Kategorie über die räumliche Bevölkerungsverteilung vorgenommen⁹. Die lokalen Gegebenheiten werden dadurch schwächer abgebildet als auf Autobahnen und Bundesstraßen. Das UBA hat dem ifeu zur Berechnung der Defaultwerte regionalisierte Emissionen des Straßenverkehrs differenziert

⁹ Detaillierte Informationen finden sich im UBA-Bericht (2016) zum Forschungsvorhaben in Kapitel 3.4.3.

nach Fahrzeugklassen und Straßenklassen für die Jahre 2010 und 2015 aus GRETA zur Verfügung gestellt. Aus den Datensätzen geht die prozentuale Emissionsaufteilung auf alle Gemeinden für jede einzelne Fahrzeugkategorie auf den verschiedenen Straßenklassen hervor. Die Datensätze wurden vom ifeu mit gesamtdeutschen Fahrleistungen und Emissionen des Kfz-Verkehrs 2010 und 2015 aus dem Modell TREMOD (Transport Emission Model) verknüpft und darüber absolute Fahrleistungen pro Gemeinde abgeleitet. Für die Zwischenjahre 2011 bis 2014 wurden prozentuale Fahrleistungsaufteilungen gemeindespezifisch interpoliert und dann mit den gesamtdeutschen Verkehrsentwicklungen je Kfz-Kategorie und Straßenkategorie verknüpft. Für die Jahre 2016 bis 2021 wurden die Fahrleistungen für jede Gemeinde über die gesamtdeutschen Verkehrsentwicklungen unter Beibehaltung der prozentualen Fahrleistungsaufteilungen je Kfz-Kategorie und Straßenkategorie von 2015 fortgeschrieben. Mit diesen differenzierten Fortschreibungen wird erfasst, dass die Fahrleistungen einzelner Fahrzeugkategorien sich unterschiedlich entwickeln und dass die Verkehrsentwicklung auf Autobahnen von der innerörtlichen Verkehrsentwicklung abweicht. Die inhaltliche Verantwortung für alle abgeleiteten gemeindefeinen Fahrleistungen liegt vollständig beim ifeu, nicht beim UBA, das die Datengrundlagen bereitgestellt hat.

5.1.2 Öffentlicher Straßenpersonenverkehr

Unter den öffentlichen Straßenpersonenverkehr (ÖSPV) fallen Linienbusse sowie Straßen-, Stadt- und U-Bahnen (SSU). Deutschlandweite Angaben zur Fahrplanleistung (Fahrzeug-km) sowie Beförderungsangebot (Platz-km) und Beförderungsleistung (Personen-km) gibt es beim Statistischen Bundesamt (2021) auf Ebene der Bundesländer. Angaben auf Kreis- oder Gemeindeebene sind bisher nicht als deutschlandweite Datensätze verfügbar.

Gemeindefeine Informationen zum Verkehrsangebot (Platz-km) und zur erbrachten Verkehrsleistung (Personen-km) können üblicherweise bei den lokalen Verkehrsunternehmen ermittelt werden, zum Teil liegen auch direkt Informationen zum Energieverbrauch (Kraftstoff, Fahrstrom) vor. Gegebenenfalls kann das Verkehrsangebot auch anhand des Fahrplanangebots (Fahrleistungen / „Betriebsleistungen“ in Fahrzeug-km, Wagen-km) mit ergänzenden Annahmen zur Beförderungskapazität der eingesetzten Fahrzeuge hochgerechnet werden. Da das Fahrplanangebot im ÖSPV im Allgemeinen kommunenfein abgerechnet wird, dürften in den meisten Fällen bei den Verkehrsunternehmen und -verbänden auch bei einem Betrieb über die Gemeindegrenzen hinaus kommunenfein abgegrenzte Informationen vorliegen.

Notfalls kann jede Kommune mit begrenztem Aufwand selbst Verkehrsdaten für Bus- und Bahnfahrten auf dem Territorium näherungsweise über die Auswertung von

Fahrplänen (Fahrtenhäufigkeit pro Linie) und Netzplänen (Fahrtlänge pro Linie) berechnen.

5.1.3 Energieverbräuche im Schienenverkehr

Der Umweltbereich der Deutschen Bahn (DB AG) nutzt ein geodatenbasiertes Umweltinformationssystem zur Ermittlung von Umweltmonitoring-Daten für die Bereiche Schallschutz, Luftqualität und Naturschutz. Dieses Umweltinformationssystem erfasst den gesamten Schienenverkehr in Deutschland streckenfein und jährlich aktualisiert mit differenzierten Daten für verschiedene Zuggattungen im Personen- und Güterverkehr, einschließlich Informationen zu Energieverbräuchen¹⁰.

Die DB AG hat dem ifeu für den BSKO-Standard gemeindefeine Endenergieverbrauchswerte für ein ausgewähltes Fahrplanjahr bereitgestellt. Auf dieser Grundlage wurden prozentuale Aufteilungen der Energieverbräuche im Schienenverkehr auf alle Gemeinden abgeleitet. Anschließend wurden anhand der im Modell TREMOD enthaltenen jährlichen Energieverbräuche des gesamtdeutschen Schienenverkehrs gemeindefeine Energieverbräuche berechnet. Der in TREMOD ebenfalls enthaltene Energieverbrauch des Rangierbetriebs im Güterverkehr wird dabei proportional zur Aufteilung der Energieverbräuche im Zugbetrieb den Gemeinden zugerechnet. Die inhaltliche Verantwortung für alle daraus abgeleiteten gemeindefeinen Energieverbräuche des Schienenverkehrs liegt vollständig beim ifeu, nicht bei der DB AG, die die Datengrundlagen bereitstellt.

5.1.4 Energieverbräuche der übrigen Verkehrsmittel

Für die Bilanzierung von Binnenschiffen und Flugverkehr werden mit dem Modell TREMOD gemeindefeine Endenergieverbräuche der einzelnen Verkehrsträger differenziert nach Energieträgern ermittelt.

- **Binnenschiff:** Für alle Wasserstraßen in Deutschland liegen Gütertransportmengen im Binnenschiffverkehr jährlich aktualisiert beim Statistischen Bundesamt vor. Über den Längenanteil einer Kommune an den jeweiligen Streckenabschnitten können die Verkehrsleistungen (Tonnen-km) einer Binnenwasserstraße den Kommunen zugerechnet werden. Auf dieser Grundlage werden in dem Modell TREMOD Energieverbräuche aus dem Binnenschiffverkehr jährlich gemeindefein berechnet. Dabei fließen auch wasserstraßenspezifische Einflüsse in die spezifischen Energieverbräuche ein (vgl. Erläuterungen zur Methodik ifeu 2013).
- **Flugverkehr:** Für die wichtigsten Verkehrsflughäfen in Deutschland liegen vom Statistischen Bundesamt

¹⁰ Nähere Informationen finden sich zum Beispiel unter Löchter und Koschmidder (2015).

jährliche Informationen zur Anzahl der Starts und Landungen im gewerblichen Flugverkehr vor. Auf dieser Grundlage erfolgen im Modell TREMOD Berechnungen von mit den Flugbewegungen verbundenen Energieverbräuchen und Emissionen für den Landing and Take-off Cycle (LTO-Zyklus) unter Verwendung flugzeugtypspezifischer Emissionsfaktoren. Ausführliche Erläuterungen der Methodik zur Berechnung der LTO-Energieverbräuche und Emissionen auf den erfassten Verkehrsflughäfen gibt der wissenschaftliche Grundlagenbericht vom UBA (2012). Für die Bereitstellung gemeindefeiner Energieverbrauchswerte zur kommunalen THG-Bilanzierung wurden zusätzlich die Verkehrsflughäfen mittels GIS-Anwendung entsprechend ihrer Flächenanteile auf einzelnen Gemeindegebieten den jeweiligen Kommunen zugerechnet.

Prinzipiell können auch alle weiteren motorisierten Verkehrsmittel, die in einzelnen Kommunen Beiträge zu den Verkehrsleistungen erbringen (wie lokale Flugplätze, Fähren, Seilbahnen), in die Bilanzierung einbezogen werden. Allerdings liegen dafür keine deutschlandweit verfügbaren Datenquellen zu Verkehrsmengen oder Energieverbräuchen vor. Ein Einbeziehen in die Bilanzierung ist dann möglich, wenn für die betreffende Gemeinde aus anderen Datenquellen Energieverbräuche bestimmt und mit den spezifischen THG-Emissionsfaktoren der eingesetzten Energieträger verknüpft werden.

5.2 Energieverbrauchs- und THG-Emissionsfaktoren für den Verkehr

Zur Berechnung von Endenergieverbrauch und THG-Emissionen des Verkehrs einer Kommune werden zu den Verkehrsmengen (Fahrleistungen, Verkehrsleistungen) passende jahresaktuelle spezifische Energieverbräuche und THG-Emissionsfaktoren (CO₂-Äquivalente inklusive Vorketten) benötigt. Diese werden primär von der Zusammensetzung und Energieeffizienz der Fahrzeugflotten sowie den Anteilen verschiedener Verkehrssituationen (Geschwindigkeiten, Fahrdynamik) an den Fahrleistungen bestimmt. Da diese Parameter nur begrenzt gemeindefeinspezifisch variieren, können deutschlandweit harmonisierte Werte in der Bilanzierung eingesetzt werden. Dies erleichtert auch einen Vergleich der Bilanzergebnisse zwischen den Gemeinden. Zukünftig könnte der Hochlauf der Elektromobilität stärkeren lokalen Schwankungen unterliegen. In diesem Fall kann zukünftig eine Differenzierung der Flottenzusammensetzung sinnvoll sein.

KFZ-KATEGORIE	STRASSENKATEGORIE	FAHRLEISTUNGSaufTEILUNG IN %		
		2010	2015	2021
Linienbus	Autobahnen	7	7	7
	Außerortsstraßen	60	61	64
	Innerortsstraßen	33	32	29
Reise- und Fernlinienbus	Autobahnen	40	38	40
	Außerortsstraßen	41	36	35
	Innerortsstraßen	20	26	26

Tabelle 7: Fahrleistungsaufteilung für Linien-, Reise- und Fernbusse zur Differenzierung von Energieverbrauch und THG-Emissionen nach Straßenkategorien. (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an ifeu 2023)

In Deutschland liegen mit dem Modell TREMOD harmonisierte und regelmäßig aktualisierte Energieverbrauchs- und Emissionsfaktoren für alle motorisierten Verkehrsmittel vor. In den gängigen Bilanzierungstools in Deutschland sind für alle notwendigen Berechnungsparameter nationale Datensätze mit gewichteten Flottenzusammensetzungen sowie innerhalb verschiedener Straßenkategorien ge-

wichteten Verkehrssituationen implementiert. In Tabelle 7 bis 10 werden bundesdurchschnittliche Verbrauchs- und Emissionsfaktoren für Kfz-Verkehr und Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) sowie THG-Emissionsfaktoren für den Verbrauch von Kraftstoffen und Strom für ausgewählte Bilanzjahre bereitgestellt.

KFZ-KATEGORIE	STRASSENKATEGORIE	ENDENERGIE (kWh/Fahrzeug-km)			THG-EMISSIONSFAKTOR (g CO ₂ -Äqu/Fahrzeug-km)		
		2010	2015	2021	2010	2015	2021
Motorisierte Zweiräder	Autobahnen	0,55	0,54	0,55	173	173	186
	Außerortsstraßen	0,40	0,39	0,38	129	129	133
	Innerortsstraßen	0,41	0,38	0,37	133	129	132
Pkw	Autobahnen	0,80	0,75	0,74	247	237	246
	Außerortsstraßen	0,58	0,56	0,56	181	176	186
	Innerortsstraßen	0,87	0,83	0,82	270	262	274
Leichte Nutzfahrzeuge	Autobahnen	1,35	1,30	1,25	422	409	409
	Außerortsstraßen	0,88	0,88	0,83	276	271	273
	Innerortsstraßen	1,01	1,02	0,98	316	321	322
Lkw über 3,5 t	Autobahnen	3,03	2,95	2,86	953	938	947
	Außerortsstraßen	2,69	2,65	2,61	846	844	865
	Innerortsstraßen	3,42	3,29	3,15	1073	1043	1041
Linienbusse	alle	3,79	3,82	3,68	1181	1197	1211
Reise- und Fernbusse	alle	3,22	3,18	3,03	1008	1006	1000

Tabelle 8: Bundesdurchschnittliche Endenergieverbrauchs- und THG-Emissionsfaktoren im Straßenverkehr (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an ifeu 2023 alle THG-Emissionsangaben inkl. energetischer Vorkette)

FAHRZEUG-KATEGORIE	ENDENERGIE-VERBRAUCH (kWh/Personen-km)			ENDENERGIE-VERBRAUCH (kWh/Platz-km)			THG-EMISSIONS-FAKTOR (g CO ₂ -Äqu/Personen-km)			THG-EMISSIONS-FAKTOR (g CO ₂ -Äqu/Platz-km)		
	2010	2015	2021*	2010	2015	2021	2010	2015	2021*	2010	2015	2021
Linienbus	0,25	0,25	0,33	0,049	0,051	0,047	77	79	108	15,3	16,1	15,3
Straßen-, Stadt- und U-Bahnen	0,12	0,11	0,17	0,021	0,020	0,019	73	65	80	13,5	12,2	9,2
Schienenpersonennahverkehr	0,16	0,14	0,22	0,040	0,037	0,034	79	64	93	19,8	17,6	14,3

Tabelle 9: Bundesdurchschnittliche Endenergieverbrauchs- und THG-Emissionsfaktoren für den ÖPNV (**Quelle:** eigene Darstellung in Anlehnung an ifeu 2023)

*Aufgrund coronabedingter Einbrüche in der Verkehrsmittelauslastung in den Jahren 2020 und 2021 (ähnliches Fahrplanangebot wie 2019, aber deutlich weniger Fahrgäste) kann bei Verwendung der Verkehrsnachfrage (Personen-km) die Entwicklung der spezifischen Verbräuche und THG-Emissionsfaktoren für die Jahre zwischen 2015 und 2021 nicht linear interpoliert werden. Vereinfacht sollte für 2016 bis 2019 jeweils der Faktor von 2015 beibehalten werden, für 2020 der Faktor von 2021 verwendet werden. Bei Berechnung von Energieverbräuchen und THG-Emissionen über das Fahrplanangebot (Platz-km), können die Faktoren der Zwischenjahre interpoliert werden.

	BENZIN	DIESEL	ERDGAS (CNG)*	LPG**	
THG-Emissionsfaktoren (g CO ₂ -Äqu/kWh)		337	331	210	291

Tabelle 10: THG-Emissionsfaktoren (Well-to-Wheel) nach Kraftstoffen im Verkehr unter Berücksichtigung der Beimischung von Biokraftstoffen (in CO₂-Äquivalenten) für das Jahr 2021 (**Quelle:** eigene Darstellung in Anlehnung an ifeu 2023)

Anmerkung: Die THG-Emissionsfaktoren für den Bundesstrommix finden sich in Tabelle 2.

*CNG = compressed natural gas; **LPG = liquefied petroleum gas (zum Beispiel Propan)

Für den Straßenverkehr stehen über das Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) neben national gewichteten mittleren Emissionsfaktoren auch hoch differenzierte Emissionsfaktoren für alle Fahrzeugschichten und vielfältigen Verkehrssituationen zur Verfügung. Damit besteht für Kommunen prinzipiell die Möglichkeit, die Genauigkeit der THG-Bilanz für den Straßenverkehr mit lokalspezifischen Anpassungen der Kfz-Flottenzusammensetzung beziehungsweise der Verkehrsabläufe zu erhöhen. In diesem Fall sollten Endenergieverbrauchs-faktoren in der erforderlichen Differenzierung direkt aus dem HBEFA ermittelt und damit die Endenergieverbräuche berechnet werden. Anschließend werden durch Verknüpfung mit passenden energieträgerspezifischen Emissionsfaktoren die THG-Emissionen berechnet.

Im ÖPNV hängen die spezifischen Emissionen von einer Vielzahl von Einflüssen ab (Fahrzeuggrößen, Alter des Fahrzeugbestands, Haltestellenabstände, Fahrverhalten der Fahrzeugführer*innen, Topografie etc.). Damit gibt es in der Realität große Schwankungsbreiten zwischen verschiedenen Kommunen. Wenn von den lokalen Verkehrsbetrieben aktuelle Daten über den Kraftstoffverbrauch (Linienbus, Dieselzug) beziehungsweise den Fahrstromverbrauch (Straßen-, U-Bahn, Regionalzüge, Elektrobüs) vorliegen, können die THG-Emissionen des ÖPNV in der Kommune direkt durch Multiplikation der Verbrauchsangaben mit energieträgerspezifischen Emissionsfaktoren bestimmt werden.

6. — Ergänzende Darstellung zur Basisbilanz

6.1 Regionale Stromerzeugung

Neben der BSKO-Basisbilanz gibt es die Möglichkeit, lokale Bemühungen im Stromerzeugungsbereich mit einer ergänzenden Bilanz darzustellen. Anstelle des Bundesstrommix wird dafür ein territorialer Emissionsfaktor verwendet. Dieser territoriale Strommix soll darstellen, inwieweit die regionale Energieversorgungsstruktur zum Klimaschutz beiträgt. Es soll damit keine zweite THG-Bilanz mit einem zweiten Ergebnis erzeugt werden, sondern die Einsparung beziehungsweise Steigerung der THG-Emissionen in Relation zur Basisbilanz dargestellt werden (vgl. [Abbildung 4](#)). Das Vorgehen zur Berechnung des territorialen Strommix findet sich im Anhang.

THG-Emissionen bezeichnet. In kommunalen Konzepten liegt der Schwerpunkt derzeit auf der Bilanzierung energetisch-bedingter THG-Emissionen. Es gibt wenige Beispiele, bei denen die nicht-energetischen THG-Emissionen zusätzlich bilanziert werden. Dies liegt unter anderem an der geringen Datenverfügbarkeit auf kommunaler Ebene. Erste Vorschläge für eine vereinfachte Darstellung werden im Praxisleitfaden „Klimaschutz in Kommunen“ präsentiert (Difu 2023), um in einer einmaligen überschlägigen Kurzbilanz das Verhältnis zwischen energetischen und nicht-energetischen Emissionen aufzuzeigen. Aufgrund der wenig vorliegenden lokalen Daten wird empfohlen, bei der Erstellung der Bilanz nur eine überschlägige Ermittlung der nicht-energetischen THG-Emissionen in einer Nebenbilanz durchzuführen¹¹. Sie sind somit nicht Teil der Basisbilanz.

6.2 Witterungskorrektur

In offiziellen Energie- und THG-Bilanzen auf Landes- und Bundesebene erfolgt keine Witterungskorrektur, weshalb auch BSKO in der Basisbilanz von einer Witterungskorrektur absieht. Gleichwohl können Kommunen ihre Bilanzen für einen Vergleich mit der Basisbilanz witterungskorrigieren und dies als ergänzende Darstellung abbilden. Dieses Vorgehen empfiehlt sich vor allem bei einer Bilanzierung über mehrere Jahre. Bei der Witterungskorrektur werden die Anteile des Heizenergieverbrauchs am Wärmeverbrauch in den verschiedenen Sektoren – also ohne Warmwasser und Kochen – witterungskorrigiert. Dafür wird der Verbrauch gemäß VDI 2067 mit dem Gradtagszahlverhältnis des langjährigen Mittels mit dem jeweiligen Bilanzjahr multipliziert. Das Ergebnis ist der witterungsbereinigte Heizenergieverbrauch.

6.3 THG-Emissionen nicht-energetischer Sektoren

80 Prozent der gesamten THG-Emissionen in Deutschland resultieren aus dem Energieverbrauch. Zu den verbleibenden 20 Prozent der THG-Emissionen tragen vor allem industrielle Prozesse, Landwirtschaft und Abfall sowie Abwasser bei. Diese werden auch als nicht-energetische

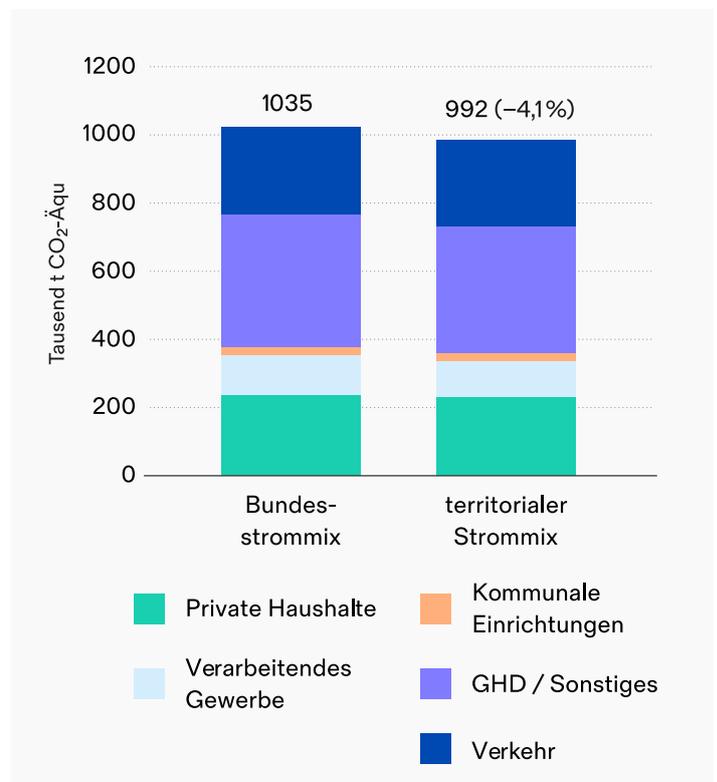


Abbildung 4: Beitrag des territorialen Strommix zur Basisbilanz mit Bundesstrommix (Quelle: eigene Darstellung)

¹¹ Weitere Informationen finden sich auch in ifeu 2014. Daten über THG-Emissionen aus der Landwirtschaft werden vom Thünen-Institut zudem auf Landkreisebene zur Verfügung gestellt: https://atlas.thuenen.de/layers/geonode_data_ingest:geonode:emissionen_lawi_1990_2021_thg.

7. — Änderungen gegenüber früheren Versionen des BSKO-Papiers

Dies ist nach August 2015 (Version 1), Juni 2016 (Version 2) und November 2019 (Version 3) die vierte Version des BSKO-Papiers. Die Anpassungen zwischen den verschiedenen Versionen werden hier dokumentiert.

Änderungen zwischen Version 1 und Version 2

- Gegenüber Version 1 wurden die THG-Emissionsfaktoren für den Bundesstrommix jetzt einheitlich mit dem Strommaster des ifeu berechnet (siehe Tabelle 6).
- Tabelle 3 und Tabelle 4 wurden umgestellt und ergänzend erläutert.

Änderungen zwischen Version 2 und Version 3

- Ein neues zusammenfassendes Kapitel zu den wesentlichen Elementen des Standards (siehe Tabelle 6) wurde hinzugefügt.
- Die Anforderungen an eine Bilanz wurden in Kapitel 2.2 um die „Erfolgskontrolle für umgesetzte Maßnahmen“ ergänzt.
- Der Emissionsfaktor für Abfall wurde für alle Jahre angepasst (Kapitel 4.2.1).
- Eine Infobox zu Datenquellen nach BSKO-Standard wurde hinzugefügt (Kapitel 4.1).
- Die stationären Emissionsfaktoren wurden aktualisiert (Kapitel 4.2).
- Datenquellen (Kapitel 5.1) im Verkehrsbereich wurden genauer erläutert.

Änderungen zwischen Version 3 und Version 4

- Aktualisierung von stationären Emissionsfaktoren (Kapitel 4.2) sowie teilweise Wechsel der Quellen, um Konsistenz und zukünftige Aktualisierungen sicherzustellen.
- Emissionsfaktoren bei Heiz(kraft)werken ohne Brennstoffinputinformationen (Tabelle 5) wurden überarbeitet und erläuternder Text eingefügt.
- Erläuternder Text zu Fahrleistungen im Straßenverkehr (Kapitel 5.1.1) wurde überarbeitet.
- Emissionsfaktoren für alle Verkehrsmittel von 2010 bis 2021 wurden neu eingefügt (Kapitel 5.2).
- Kapitel 6 „Ergänzende Darstellung zur Basisbilanz“ wurde eingefügt.
- Kapitelübergreifend wurden Aktualisierung von Grafiken sowie Optimierungen an Formulierungen und der Struktur für ein besseres Verständnis vorgenommen.

— Anhang

Berechnung des territorialen Strommix

Neben der Berechnung mit dem Bundesstrommix kann die regionale Stromerzeugung mit einem Territorialmix ergänzend dargestellt werden. Die Berechnung eines territorialen Strommix hängt unter anderem davon ab, welche lokalen Erzeugungsanlagen in welchem Umfang berücksichtigt werden. Für die Berechnung wird folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

- Der territoriale Strommix berücksichtigt alle Anlagen zur Stromerzeugung auf dem Territorium der Kommune.
- Liegt der Gesamtstromverbrauch im zu betrachtenden Territorium höher als der territorial „erzeugte“ Strom, werden zunächst die THG-Emissionen des lokalen Kraftwerkparks bilanziert.
- Die „verbleibende Differenz“, also die „verbrauchte“ Strommenge, subtrahiert mit der „erzeugten“ Strommenge, wird mit dem Bundesstrommix berechnet.
- Doppelzählungen lokaler Anlagen bleiben durch das beschriebene Vorgehen im Grunde unberücksichtigt. Um Doppelzählungen zu vermeiden, müsste für die Berechnung der THG-Emissionen der „verbleibenden Differenz“ ein Emissionsfaktor für den Bundesstrommix abzüglich der territorialen Erzeugung berechnet werden. Da sich vorrausichtlich nur in wenigen Ausnahmefällen der Bundesstrommix vom Bundesstrommix ohne den lokalen Anteil der jeweiligen Kommunen unterscheidet, kann vereinfacht darauf verzichtet werden.
- Sollten die lokalen Anlagen mehr als 100 Prozent des lokalen Stromverbrauchs erzeugen, wird der regionale Stromverbrauch mit einem Emissionsfaktor-Mix der lokalen Anlagen berechnet. Stromproduktionen darüber hinaus bleiben bei der THG-Bilanzierung unberücksichtigt.
- Eine exemplarische Darstellung einer nachrichtlichen THG-Bilanz unter Verwendung des territorialen Strommix findet sich in Abbildung 4.
- In der kommunalen Basisbilanz wird der Bundesstrommix und nicht der territoriale Strommix berücksichtigt. Es ist davon auszugehen, dass sich mit Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien der Bundesstrommix deutlich senken wird, sodass Kommunen in ihren Bilanzen davon profitieren werden.
- Wie mit Beteiligungen außerhalb der Kommune, dem Händlermix der Vertriebsgesellschaften beziehungsweise Ökostrombezug und anderen umgegangen werden kann, wird in der Langfassung des Papiers zur Bilanzierung vom ifeu (2014) beschrieben.
- In Tabelle 11 werden die Emissionsfaktoren für verschiedene Anlagen zur Stromerzeugung dargestellt.

Berechnung der exergetischen Allokation

Bei der exergetischen Allokation werden die THG-Emissionen eines gekoppelten Prozesses den Produkten Strom und Wärme gemäß ihrer Wertigkeit zugeordnet. Die Allokation erfolgt in fünf Schritten:

1. Erfassung des Brennstoffinputs und der Outputs (Strom / Wärme) des Prozesses

Brennstoffinput und -output der Anlagen werden separat für jede Umwandlungsanlage erfasst. Beim Output Fernwärme muss darüber hinaus noch ermittelt werden, welches Temperaturniveau die Fernwärme hat (Vorlauf / Rücklauf).

2. Ermittlung der mit der Erzeugung verbundenen Emissionen

Die Energieträger-Inputs in Megawattstunden (MWh) werden für jede Anlage mit den spezifischen Emissionsfaktoren (t/MWh) multipliziert (siehe Tabelle 4). Das Ergebnis sind die Gesamtemissionen für die Anlage in Tonnen.

3. Berechnung der Exergetischen Faktoren Fernwärme

Die Exergie eines Wärmestroms wird über den Carnot-Faktor bestimmt:

$$\eta_c = 1 - \frac{T_U}{T_A}$$

Wobei T_A die Temperatur des Arbeitsmediums ist; im Fall eines Fernwärmesystems die thermodynamische Mitteltemperatur. T_U ist die Umgebungstemperatur (Annahme 283 Grad Kelvin). Bei der exergetischen Methode werden daneben keine weiteren Faktoren berücksichtigt. Sind die exakten Temperaturniveaus nicht bekannt, können folgende überschlägige Exergetischen Faktoren angenommen werden (jeweils mit Vorlauf und Rücklauf in Grad Celsius):

- Ferndampf: 0,33
- Fernwärme alt (130/90): 0,26
- Fernwärme neu (110/60): 0,21
- Nahwärme (90/60): 0,19
- LowEx 1 (60/40): 0,13

Der Exergetische Faktor für Strom hat den Wert 1.

4. Ermittlung des Allokationsfaktors

Der Allokationsfaktor für die Stromauskopplung ergibt sich aus:

$$a_{el} = \frac{\eta_{el}}{\eta_{el} + \eta_c \eta_{th}}$$

Äquivalent ergibt sich der thermische Allokationsfaktor zu (UBA 2015):

$$a_{th} = \frac{\eta_c \eta_{th}}{\eta_{el} + \eta_c \eta_{th}}$$

5. Zuteilung der Emissionsfrachten auf die jeweiligen Energieträger

Die Gesamtemissionen des Prozesses aus Schritt zwei werden mit Allokationsfaktoren multipliziert. Das Ergebnis sind die spezifischen Emissionsfrachten für die jeweiligen Produkte des Prozesses. Mit diesen zugeteilten Emissionsfrachten kann dann der spezifische Emissionsfaktor, zum Beispiel für Ferndampf oder Fernwärme, berechnet werden. Dieser bezieht sich auf die Sekundärenergie ab Kraftwerk. Durch Berücksichtigung der Leitungsverluste erhält man den gewünschten Emissionsfaktor bezogen auf Endenergie (Hauseingang).

ENERGIE-TRÄGER	THG-EMISSIONSFAKTOR (t CO ₂ -Äqu/MWh)						GENAUE PROZESS-BEZEICHNUNG
	2000 -2004	2005 -2009	2010 -2014	2015 -2019	2020	2021	
Windenergie*	0,019	0,019	0,011	0,010	0,018	0,018	Wind-KW-DE-2015-Bestand Wind KW DE 2010 Binnenland und Wind KW-Park klein DE 2000; ab 2020 Windkraft - onshore Windturbine
Geothermie**	0,228	0,228	0,228	0,192	0,145	0,162	Geothermie-KWK-SMB-DE, ab 2017 geothermischen Stromerzeugung
Wasser- kraft***	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	Wasser KW groß DE 2010 (update), ab 2020 Stromerzeugung aus Wasserkraft - Laufwasser
Photovolta- ik(PV)- Anlagen*	0,129	0,129	0,063	0,040	0,056	0,056	Solar PV multi Rahmen mit Rack DE, ab 2020 Stromerzeugung aus Photovoltaik
Deponiegas, Klärgas, Gruben- gas****	0,051	0,051	0,026	0,050	0,048	0,055	Deponiegas-BHKW-GM 1 MW- 2010/brutto, (angepasst an UBA 2013), ab 2015 Deponiegas – BHKW TA Luft, ab 2021 BHKW – 44. BImSchV
Feste Biomas- se (KWK)****	0,021	0,021	0,025	0,038	0,035	0,037	Altholz-DT-KW; ab 2015 Wald-Restholz DT- TA Luft
Flüssige Bio- masse****	0,274	0,274	0,316	0,116	0,111	0,110	Palmöl-BHKW-gross-DE-2010 (IST) (angepasst an UBA- 2013); ab 2015 Palmöl BHKW – TA Luft
Biogas****	0,323	0,323	0,216	0,130	0,125	0,140	Biogas-Gülle-BHKW-500kW 2010 (IST) (angepasst an UBA-ZSE 2013); ab 2015 Biogas (Gülle) BHKW TA Luft

Tabelle 11: Stromerzeugung ohne Brennstoff(input) zur Berechnung des territorialen Strommix (**Quelle:** eigene Darstellung in Anlehnung an * GEMIS 4.94, GEMIS 5.0, UBA 2021, UBA 2022b; ** GEMIS 4.94, UBA 2017, UBA 2021, UBA 2022b; *** GEMIS 4.94, UBA 2021, UBA 2022b; **** UBA 2009, UBA 2013, UBA 2018, UBA 2021, UBA 2022b)

Literaturverzeichnis

- **Klima-Bündnis** (Klima-Bündnis der europäischen Städte mit indigenen Völkern der Regenwälder Services GmbH) (2023): Klimaschutz-Planer. Online verfügbar unter <https://www.klimaschutz-planer.de>, abgerufen am 30.10.2023.
- **Difu** (Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH) (Hg.) (2023): Klimaschutz in Kommunen - Praxisleitfaden. Online verfügbar unter <https://leitfaden.kommunaler-klimaschutz.de/>, abgerufen am 30.10.2023.
- **ifeu** (Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH) (Hg.) (2013): Aktualisierung der Emissionsberechnung für die Binnenschifffahrt und Übertragung der Daten in TREMOD. Online verfügbar unter <https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/IFEU-IN-FRAS-2013-Aktualisierung-der-Emissionsberechnung-f%C3%BCr-die-Binnenschifffahrt-und-%C3%9Cbertragung-der-Daten-in-TREMOD3.pdf>, abgerufen am 08.12.2023.
- **ifeu** (Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH) (Hg.) (2014): Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung. Online verfügbar unter https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Bilanzierungsmethodik_IFEU_April_2014.pdf, abgerufen am 30.10.2023.
- **ifeu** (Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH) (2023): TREMOD 6.43 (Transport Emission Model). Heidelberg.
- **Löchter, A. und Koschmidder, R.** (2015): Geo-Informationssystem zur Berechnung und Darstellung von Umweltdaten. In ZEVrail (Jahrgang 139) Ausgabe 09. Online verfügbar unter <http://www.zevrail.de/artikel/geo-informationssystem-zur-berechnung-und-darstellung-von-umweltdaten>, abgerufen am 08.12.2023.
- **Statistisches Bundesamt** (2021): Fachserie 8 Reihe 1.3 – Verkehr – kombinierter Verkehr. Online verfügbar unter <https://www-genesis.de-statis.de/genesis//online?operation=table&code=46181-0010&bypass=true&levelindex=0&levelid=1704363592504#abreadcrumb>, abgerufen am 08.12.2023.
- **UBA** (Umweltbundesamt) (Hg.) (2009): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger - Durch Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Emissionen im Jahr 2007. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3761.pdf>, abgerufen am 08.12.2023.
- **UBA** (Umweltbundesamt) (Hg.) (2012): Entwicklung eines Modells zur Berechnung der Energieeinsätze und Emissionen des zivilen Flugverkehrs – TREMOD AV. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4357.pdf>, abgerufen am 08.12.2023.
- **UBA** (Umweltbundesamt) (Hg.) (2013): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger - Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2012. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_15_2013_emissionsbilanz_erneuerbarer_energietraeger_0.pdf, abgerufen am 08.12.2023.
- **UBA** (Umweltbundesamt) (Hg.) (2015): Die Nutzung von Exergieströmen in kommunalen Strom-Wärme-Systemen zur Erreichung der CO₂-Neutralität von Kommunen bis zum Jahr 2050. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/2016-11-25_endbericht-exergie_final.pdf, abgerufen am 08.12.2023.
- **UBA** (Umweltbundesamt) (Hg.) (2016): ArcGIS basierte Lösung zur detaillierten, deutschlandweiten Verteilung (Gridding) nationaler Emissionsjahreswerte auf Basis des Inventars zur Emissionsberichterstattung-Langfassung. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/2016-11-09_griddingtool_greta_langfassung_final.pdf, abgerufen am 08.12.2023.
- **UBA** (Umweltbundesamt) (Hg.) (2018): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger – Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2017. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-10-22_climate-change_23-2018_emissionsbilanz_erneuerbarer_energien_2017_fin.pdf, abgerufen am 08.12.2023.
- **UBA** (Umweltbundesamt) (Hg.) (2020): Weiterentwicklung des kommunalen Bilanzierungsstandards für THG-Emissionen - Bilanzierungssystematik kommunal – BISCO Abschlussbericht. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_19-2020_endbericht_sv-gutachten_bisko.pdf, abgerufen am 30.10.2023.
- **UBA** (Umweltbundesamt) (Hg.) (2021): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger - Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2020. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2021-12-13_climate-change_71-2021_emissionsbilanz_erneuerbarer_energien_2020_bf_korr-01-2022.pdf, abgerufen am 08.12.2023.
- **UBA** (Umweltbundesamt) (Hg.) (2022a): Klimaschutz-Monitoring in Kommunen - Empfehlungen für die Weiterentwicklung auf dem Weg zur kommunalen Treibhausgasneutralität. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaschutz-monitoring-in-kommunen>, abgerufen am 30.10.2023.
- **UBA** (Umweltbundesamt) (Hg.) (2022b): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger - Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2021. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-12-09_climate-change_50-2022_emissionsbilanz_erneuerbarer_energien_2021_bf.pdf, abgerufen am 08.12.2023.

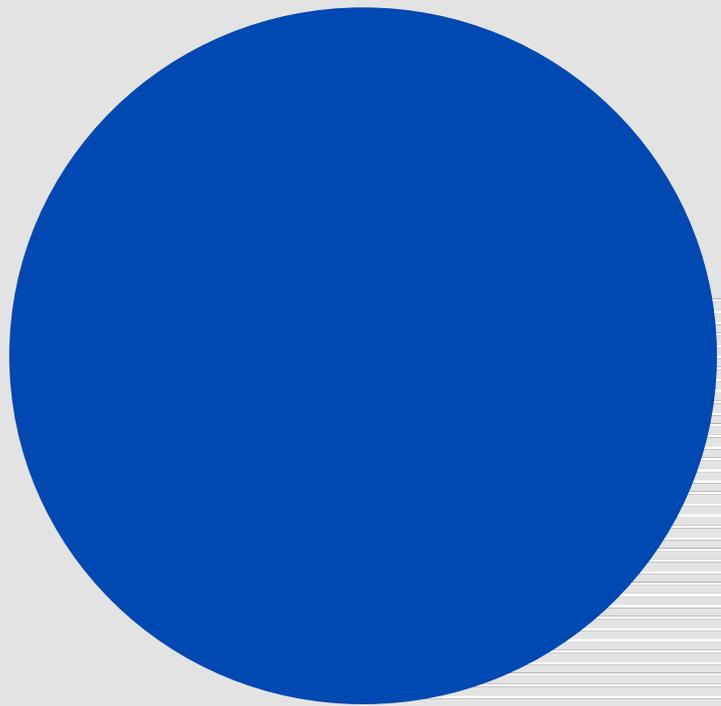


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

Die Agentur für kommunalen Klimaschutz ist ein Projekt im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Mit der Durchführung hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz das Deutsche Institut für Urbanistik beauftragt.



Haben Sie Fragen?
Sprechen Sie uns an:

Agentur für kommunalen Klimaschutz



030 39001-170



agentur@klimaschutz.de



klimaschutz.de/agentur