



INSTITUT FÜR ENERGIE-  
UND UMWELTFORSCHUNG  
HEIDELBERG

# BISKO

## Bilanzierungs-Systematik Kommunal

---

### Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland Kurzfassung (Aktualisierung 11/2019)

*Im Rahmen des Vorhabens „Klimaschutz-Planer – Kommunaler  
Planungsassistent für Energie und Klimaschutz“*

Hans Hertle, Frank Dünnebeil, Benjamin Gugel, Eva Rechsteiner, Carsten Reinhard

Heidelberg, November 2019

---

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



### **Anmerkung**

Der vorliegende Bericht ist das Ergebnis eines 1 ½ jährigen Abstimmungsprozesses zwischen kommunalen Akteuren und der Wissenschaft aus den Jahren 2011-2014. Der Bericht wurde seitdem überarbeitet. Die Unterschiede/Änderungen zwischen den verschiedenen Versionen sind in Kapitel 6 dokumentiert.

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH,  
Wilckensstr. 3, D-69120 Heidelberg; Tel. 06221-4767-0; Fax -4767-19;  
E-Mail: [verkehr@ifeu.de](mailto:verkehr@ifeu.de); Internet: [www.ifeu.de](http://www.ifeu.de)

# Inhalt

---

<b>1</b>	<b>Wesentliche Elemente des BSKO-Standards</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Der Weg zur Harmonisierung in der kommunalen Energie- und THG-Bilanzierung</b>	<b>5</b>
2.1	Kommunale Energie- und THG-Bilanzen als Monitoring-Tool	5
2.2	Hintergrund des Harmonisierungsprozesses	5
2.3	Kriterien bei der Entwicklung der Methodik	6
<b>3</b>	<b>Allgemeine Empfehlungen zur kommunalen Energie- und THG-Bilanzierung</b>	<b>8</b>
3.1	Bilanzierungsprinzip	8
3.2	THG-Emissionsfaktoren	9
3.3	Datengüte	9
<b>4</b>	<b>Empfehlungen zur Bilanzierung im stationären Bereich</b>	<b>11</b>
4.1	Datenquellen für die Bilanzierung im stationären Bereich	11
4.2	Definition von Verbrauchssektoren	13
4.3	Einsatz der THG-Emissionsfaktoren	14
4.3.1	Emissionsfaktoren bei Verbrennungsprozessen	14
4.3.2	Emissionsfaktoren für Strom	15
4.3.3	Allokation von Koppelprodukten	17
4.4	THG Emissionen nicht energetischer Sektoren	18
4.5	Witterungskorrektur	18
<b>5</b>	<b>Empfehlungen zur Bilanzierung im Sektor Verkehr</b>	<b>19</b>
5.1	Methodische Empfehlungen zur BSKO-konformen Bilanzierung im Sektor Verkehr	19
5.2	Datenquellen für die Bilanzierung im Verkehr	21
5.2.1	Fahrleistungen im Straßenverkehr	22
5.2.2	Öffentlicher Straßenpersonenverkehr	23
5.2.3	Energieverbräuche im Schienenverkehr	23
5.2.4	Energieverbräuche der übrigen Verkehrsmittel	24
5.2.5	Spezifische Energieverbräuche und THG-Emissionsfaktoren der Energieträger	25
<b>6</b>	<b>Änderungen gegenüber früheren Versionen des BSKO-Papiers</b>	<b>26</b>
6.1	Änderungen zwischen Version 1 und Version 2	26
6.2	Änderungen zwischen Version 2 und Version 3	26
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>27</b>

# Inhalt

---

<b>Anhang</b>	<b>28</b>
Berechnung des Territorialmix Strom	28
Berechnung der exergetischen Allokation	29

# 1 Wesentliche Elemente des BSKO-Standards

---

Zusammenfassend werden hier die wesentlichen Elemente des BSKO-Standards beschrieben. Dabei handelt es sich um einen Minimal-Konsens, dessen einzelne Elemente im Entwicklungsprozess (vgl. Kapitel 2) auch teilweise kritisch betrachtet wurden. Aktuell lassen sich folgende Elemente als Teil des BSKO-Standards zusammenfassen.

Bislang festgelegte Elemente des BSKO-Standards	Kapitel
Endenergiebasierte Territorialbilanz für den stationären und mobilen Bereich	3.1
Differenzierte Aufteilung in Sektoren und Energieträger	3.2
Ausweisung der Datengüte	3.3
CO <sub>2</sub> -Faktoren mit Äquivalenten und Vorketten	4.2 sowie 4.3.1 und 4.3.2
Bundesweiter Emissionsfaktor (Bundesmix) bei der Berechnung der Emissionen aus dem Stromverbrauch vor Ort	4.3.2
Exergetische Allokation bei der Berechnung der Fern- und Nahwärmeemissionen	4.3.3
Bilanzierung ohne Witterungskorrektur	4.5

Für die Weiterentwicklung einer einheitlichen Bilanzierung sind viele weitere Festlegungen vorstellbar. Zielführend wären z.B. 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.

**BSKO ist damit aktuell kein Standard, der festlegt, welche Datengrundlagen für eine Bilanz genutzt werden oder wie eine Verarbeitung dieser Daten erfolgt.**

## 2 Der Weg zur Harmonisierung in der kommunalen Energie- und THG-Bilanzierung

---

### 2.1 Kommunale Energie- und THG-Bilanzen als Monitoring-Tool

Energie- und Treibhausgas(THG)-Bilanzen bilden die Basis des quantitativen Monitorings und Controllings beim Klimaschutz von Kommunen. Die Bilanzen geben einen Überblick über die Verteilung der Energieverbräuche und THG-Emissionen nach verschiedenen Sektoren (z. B. Private Haushalte, Gewerbe, Industrie) und Energieträgern (z. B. Öl, Gas, Strom) in einer Kommune und helfen dabei über Jahre hinweg die langfristigen Tendenzen des Energieeinsatzes und der THG-Emissionen aufzuzeigen. Zur Darstellung dieser Entwicklungen sollten Energie- und THG-Bilanzen auf Ebene des gesamten kommunalen Gebietes (für alle Sektoren) mindestens alle fünf Jahre, besser alle drei Jahre<sup>1</sup> fortgeschrieben werden.

Die Bilanzdaten sind zudem eine wesentliche Voraussetzung für die Darstellung von Klimaschutzindikatoren im Rahmen des „Benchmarks Kommunaler Klimaschutz“. Anhand der Indikatoren werden die Ergebnisse der Bilanz ins Verhältnis zu kommunalen Strukturdaten gesetzt und sind somit besser interpretierbar und für den Vergleich mit anderen Kommunen nutzbar. Zudem können verschiedene Unterziele (z. B. Anteil erneuerbarer Energien) festgelegt und der Grad der Zielerreichung kontrolliert werden.

Neben der Erstellung einer Bilanz wird empfohlen, kommunale Klimaschutzaktivitäten auch auf weiteren Ebenen zu dokumentieren und evaluieren.

### 2.2 Hintergrund des Harmonisierungsprozesses

Das bis Frühjahr 2016 laufende vom BMUB geförderte Vorhaben „Klimaschutz-Planer – Kommunaler Planungsassistent für Energie und Klimaschutz“ hatte die Entwicklung eines standardisierten Instrumentensatzes für Klimaschutzkommunen zum Ziel. Dazu wurde eine Methodik entwickelt, mit der eine einheitliche Berechnung kommunaler THG-Emissionen ermöglicht wird. Im Vordergrund standen dabei neben einer methodischen Konsistenz auch die Vergleichbarkeit der Bilanzen sowie die Transparenz der Berechnung und die Datengrundlage der Bilanz. Auf Basis der genannten Punkte leiten sich die Empfehlungen für zukünftige Regeln der kommunalen Treibhausgasbilanzierung ab.

Das vorliegende Methodenpapier ist die Kurzfassung des Berichts, der im Rahmen des Klimaschutz-Planers entwickelt wurde<sup>2</sup>. Die methodischen Grundlagen für das Bilanzierungstool des Klimaschutz-Planers wurden u.a. in drei Workshops mit Teilnehmern aus der

---

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

<sup>2</sup> [https://www.ifeu.de/energie/pdf/Bilanzierungsmethodik\\_IFEU\\_April\\_2014.pdf](https://www.ifeu.de/energie/pdf/Bilanzierungsmethodik_IFEU_April_2014.pdf)

Wissenschaft sowie zwei Workshops mit Teilnehmern aus der kommunalen Praxis besprochen. Zudem wurden die Empfehlungen von mehreren wissenschaftlichen Instituten im Rahmen von Kurz-Reviews überprüft.

## 2.3 Kriterien bei der Entwicklung der Methodik

In verschiedenen Workshops wurde deutlich, dass unterschiedliche Interessengruppen verschiedene Ziele mit einer kommunalen Energie- und THG-Bilanz verfolgen. Der Anspruch des Projektes 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 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 den Ergebnissen aus anderen methodischen Vorgaben zu vergleichen und die Unterschiede z.B. aufgrund von Witterung oder lokaler Stromerzeugung darstellen zu können. Bei der Darstellungsform sollte klar dargestellt 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, die einen ausgewogenen Kompromiss zwischen den verschiedenen Ansprüchen darstellen und so im Harmonisierungsprozess herausgearbeitet wurden:

- **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, so dass keine Doppelbilanzierung erfolgt und lokale Akteure nicht aufgrund der Methodik falsche Schlüsse für ihr Klimaschutzhandeln ziehen.

- **Darstellung der Prioritäten im Klimaschutz in der Bilanz: Lokale Energieeinsparung und Energieeffizienz vor lokaler Erzeugung**

Eine Energie- und THG-Bilanz als Klimaschutz-Monitoring Instrument soll über die Jahre den Erfolg im Klimaschutz einer Kommune dokumentieren. Grundsätzlich gilt, dass möglichst alle Aktivitäten gleichermaßen abgebildet werden sollen. Ist dies nicht möglich oder entstehen Konflikte in der Darstellung der Aktivitäten, so haben die Aktivitäten Priorität, die für den Klimaschutz relevanter sind.

Neben den drei Hauptentscheidungskriterien spielten bei der Harmonisierung der Methodik weitere Punkte eine Rolle:

- Vergleichbarkeit der kommunalen Bilanzen über mehrere Jahre

- Konsistenz zu anderen Vorgaben/Empfehlungen auf kommunaler Ebene (SEAP, Greenhouse Gas Protocol)
- (Weitestgehende) Konsistenz zu anderen Ebenen
- Erfolgskontrolle für umgesetzte Maßnahmen und Abschätzung von Minderungspotenzialen (anhand lokaler Daten)

Die Kriterien für die Festlegung von standardisierten Bilanzierungsregeln für kommunale Treibhausgasbilanzen im Verkehrsbereich wurden neben den oben genannten Kriterien noch weiter definiert. Zentrale Zielstellung ist die Beurteilung der kommunalen Ausgangssituation als Grundlage zur Ableitung und Bewertung von geeigneten Klimaschutzmaßnahmen. Das umfasst insbesondere folgende Anforderungen an die Bilanzierung:

- Abdeckung des kommunalen Handlungsbereichs

Die bilanzierten Verkehrsaktivitäten sollten sich möglichst gut mit dem Handlungsbereich der Kommunen decken. D.h. es sollte ein ursächlicher Zusammenhang des Verkehrs zur Kommune gegeben sein, wichtige Zielgruppen von Maßnahmen sowie weitere Akteure für Maßnahmen sollten unter kommunale Zuständigkeit fallen bzw. für Kooperationen erreichbar sein.

- Identifizierung wichtiger kommunaler Handlungsfelder

Die Bilanzierungsmethode sollte helfen, wichtige Ursachen der verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen zu identifizieren, bei denen kommunale Klimaschutzmaßnahmen zuerst ansetzen müssen. Dazu müssen kommunenspezifische Einflüsse möglichst gut in der Bilanz abgebildet und eine möglichst gute Differenzierung nach Ortsbezug und Ursachen der Verkehrsaktivitäten erreicht werden.

- Erfolgskontrolle für umgesetzte Maßnahmen

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

# 3 Allgemeine Empfehlungen zur kommunalen Energie- und THG-Bilanzierung

---

## 3.1 Bilanzierungsprinzip

Bei der Wahl des Bilanzierungsprinzips für Treibhausgasbilanzen eines bestimmten Gebietes 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, allerdings wird im Bereich des Strom- und Fernwärmeverbrauchs vom klassischen Ansatz des Emissionskatasters (Quellenbilanz) zu Gunsten einer Verursacherbilanz abgewichen<sup>3</sup>. Im Harmonisierungsprozess bestand Konsens über die Nutzung dieses Ansatzes, der im Praxisleitfaden Kommunaler Klimaschutz<sup>4</sup> als **endenergiebasierte Territorialbilanz**<sup>5</sup> bezeichnet wird: *Es werden alle im betrachteten Territorium anfallenden Verbräuche auf Ebene der Endenergie (Energie, die z.B. am Hauszähler gemessen wird) berücksichtigt und den verschiedenen Verbrauchssektoren zugeordnet. Über spezifische Emissionsfaktoren werden dann die THG-Emissionen berechnet. Graue Energie wird nicht bilanziert*<sup>6</sup>.

In Abbildung 2-1 ist für die Sektoren Private Haushalte, Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und Sonstiges und den Verkehrsbereich eine Endenergiebilanz nach dem endenergiebasierten Territorialprinzip dargestellt. Dies stellt die kommunale Basisbilanz dar.

---

<sup>3</sup> Zudem werden bei den THG-Emissionen auch die Vorketten der Energiebereitstellung berücksichtigt (vgl. Abschnitt 3.2)

<sup>4</sup> Siehe: <http://www.klimaschutz-in-kommunen.de/links-und-literatur/praxisleitfaden>

<sup>5</sup> In statistischen Berichten wird hier auch von der Verursacherbilanz gesprochen (Im Gegensatz zu Quellenbilanzen).

<sup>6</sup> Der Begriff graue Energie bezeichnet Energie, die bei der Herstellung von Gütern benötigt wird.

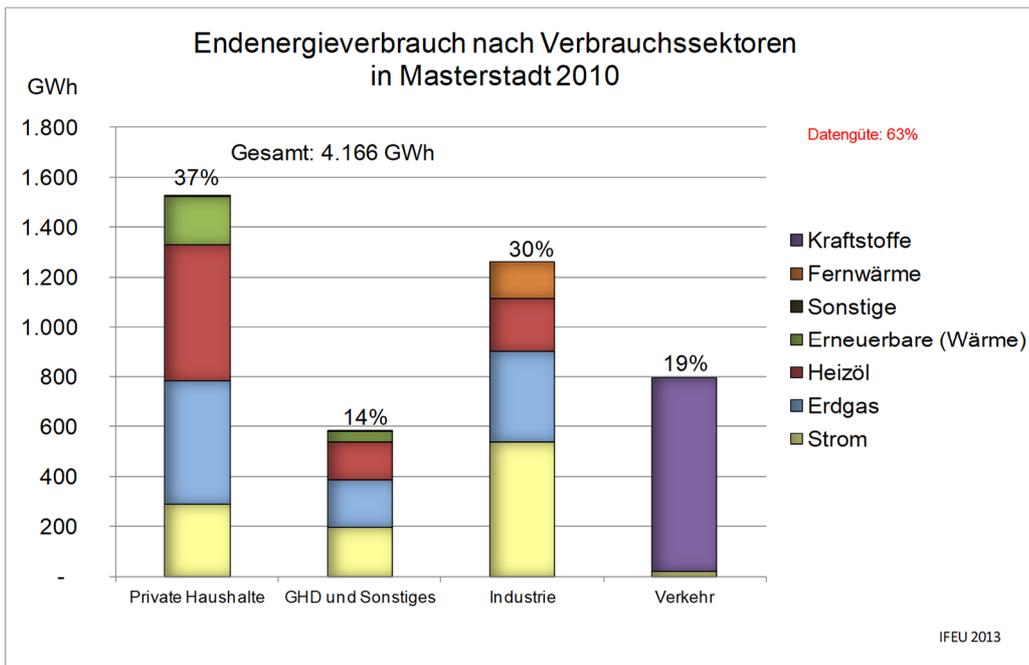


Abbildung 3-1: Beispiel für eine Basisbilanz Endenergie nach dem endenergiebasierten Territorialprinzip

### 3.2 THG-Emissionsfaktoren

Je nach Wahl der THG-Emissionsfaktoren können kommunale THG-Bilanzen um bis zu 20% variieren. Es stellt sich daher die Frage, ob bei der Umrechnung des Energieverbrauchs in THG-Emissionen nur die reinen CO<sub>2</sub>-Emissionen berücksichtigt werden oder noch weitere Aspekte berücksichtigt werden.

Auf Grundlage des Harmonisierungsprozesses wird nun empfohlen, neben den **reinen CO<sub>2</sub>-Emissionen weitere Treibhausgase (N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub>)<sup>7</sup> in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten und Vorketten<sup>8</sup> bei den Emissionsfaktoren zu berücksichtigen**. Die Gründe für diese Wahl können in ifeu (2014) im Detail nachgelesen werden.

### 3.3 Datengüte

Für alle kommunalen Energie- und THG-Bilanzen wird empfohlen, eine Datengüte der Bilanz anzugeben. Die Datengüte zeigt die Aussagekraft der Bilanz und der ihr zu Grunde liegenden Daten.

<sup>7</sup> Wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe bzw. perfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFC, PFC) und Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>), welche zusätzlich im nationalen Treibhausgasinventar erfasst werden, haben einen Anteil von 1,6% an den bundesweiten Treibhausgasemissionen in Deutschland. Aufgrund der geringen Relevanz und vor allem aufgrund der schwierigen Erfassbarkeit auf kommunaler Ebene (diese Gase werden bei Produktanwendungen wie PKW-Klimaanlagen, Anlagen für Gewerbe- und Industriekälte, Straßenasphaltierung und bei der Aluminiumherstellung emittiert) wird vorgeschlagen, diese Gase zunächst zu vernachlässigen bzw. nur grob abzuschätzen.

<sup>8</sup> Hier nur energiebezogene Vorketten (u.a. Infrastruktur, Abbau und Transport von Energieträgern).

Zur Ermittlung der Datengüte wird das Vorgehen aus dem Praxisleitfaden Kommunaler Klimaschutz empfohlen. Dazu soll für jeden Energieträger und dessen Verbrauch eine Datengüte zugeteilt werden. Grundlage für diese Zuteilung ist die Datenquelle. Die Wertung der Datengüte A bis D erfolgt auf Basis der Herkunft - und die damit verbundene Aussagekraft der Energieverbräuche - des Energieträgers folgendermaßen:

- 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 im folgenden Kapitel. Die Datengüte einer Bilanz erhält man, indem der Anteil des Endenergieträgers am Gesamtenergieverbrauch mit der Datengüte multipliziert wird und diese ermittelten Werte für alle Energieträger aufaddiert werden<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Ein Beispiel zu Berechnung der Datengüte findet sich unter [http://www.leitfaden.kommunaler-klimaschutz.de/leitfaden/b4-quantitative-ist-analyse-co2-bilanz.html#toc4\\_2](http://www.leitfaden.kommunaler-klimaschutz.de/leitfaden/b4-quantitative-ist-analyse-co2-bilanz.html#toc4_2)

# 4 Empfehlungen zur Bilanzierung im stationären Bereich

---

## 4.1 Datenquellen für die 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 von anderen Stellen.

Grundsätzlich ist die Erhebung konsistenter Daten bei der Erstellung der Erstabilanz mit größerem Aufwand verbunden. Ziel ist es, sowohl für leitungsgebundene Energieträger (z.B. Erdgas) als auch für nicht-leitungsgebundene Energieträger (z.B. Heizöl) den Endenergieverbrauch aufgeteilt nach den verschiedenen Verbrauchssektoren (u.a. Private Haushalte) 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 (z.B. zentrale Bereitstellung verschiedener Daten)?
- Wer sammelt die Kontaktdaten der Datenquellen nach den in der folgenden Tabelle aufgeführten Datenquellen?
- Werden die Daten regelmäßig nach einheitlicher Methodik aktualisiert?

### **Infobox: Notwendige Daten für eine BSKO-konforme Bilanz**

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

Mit dem endenergiebasierte Territorialprinzip verfolgt BSKO jedoch den Anspruch, dass alle Energieverbräuche innerhalb der Gemarkung auf 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 Daten erheben (siehe folgende Tabelle).

Wichtige Datenquellen können Tabelle 4-1 entnommen werden.

Tabelle 4-1: Datenquellen für kommunale Energie- und THG-Bilanzen im stationären Bereich

Datenquelle	Inhalt	Berücksichtigte Sektoren	Datengüte
Verteilnetzbetreiber	Energieverbrauch Strom und Erdgas für Gesamtkommune <sup>10</sup>	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
Schornsteinfegerdaten	Ermittlung Heizölverbrauch über Leistung der Kessel <sup>11</sup>	Private Haushalte und GHD	B
Förderprogramme	Ermittlung für verschiedene Energieträger anhand von den Förderungen im Zeitrahmen des Förderprogramms für Gesamtkommune <sup>12</sup>	Je nach Förderprogramm. Meist jedoch: Private Haushalte und GHD	B
Gebäudekennzahlen	Wärmeerzeugung aus nicht leitungsgebundene Energieträger (keine Aufteilung) auf Basis von Gebäudetypologien und angenommenen Verbräuchen <sup>13</sup>	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 kommunale Gebäude	Kommune	A
Sektorspezifische Auswertungen: Industrie	Strom und Wärmeverbrauch nach Energieträgern für alle Energieträger aufgrund von Betriebsbefragungen	Industrie	A

<sup>10</sup> Vielfach liegen Informationen zur Aufteilung der einzelnen Verbrauchssektoren über Standardlastprofile (SLP) und Kunden mit Registrierter-Leistungs-Messung (RLM) vor.

<sup>11</sup> Bei der Abfrage ist zu klären, ob die Kehrbezirke auch mit den Grenzen der Kommune übereinstimmen. Eine Abfrage nach PLZ ist hier förderlich.

<sup>12</sup> Hier geben v.a. die Förderdaten aus dem Marktanreizprogramm erste Hinweise. Daten finden sich unter [www.solaratlas.de](http://www.solaratlas.de), [www.biomasseatlas.de](http://www.biomasseatlas.de) und [www.waermepumpenatlas.de](http://www.waermepumpenatlas.de)

<sup>13</sup> Gebäudedaten finden sich aus den Ergebnissen des Zensus 2011 (<https://ergebnisse.zensus2011.de>)

## 4.2 Definition von Verbrauchssektoren

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

Es wird angestrebt, dass eine Bilanz sich im stationären Bereich nach folgenden Sektoren unterscheidet:

1. Private Haushalte
2. Gewerbe-Handel-Dienstleistung (GHD) / Sonstiges
3. Industrie / Verarbeitendes Gewerbe
4. Kommunale Einrichtungen

Aktuell unterscheiden sich bei den verschiedenen Datenbereitstellern (Energieversorgungsunternehmen, Statistische Landesämter etc.) jedoch noch die Definitionen zu diesen Sektoren. Die folgenden Definitionen stellen daher eine Empfehlungen 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 bzw. Wohnen dienen. Eine Trennung vom Sektor Kleingewerbe (vgl. Sektor GHD/Sonstiges) ist anzustreben.

**Industrie:** Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes (Industrie und Verarbeitendes Handwerk) von Unternehmen des Produzierenden Gewerbes mit 20 und mehr Beschäftigten. Damit wird der Definition im Rahmen der Energieverbrauchserfassung statistischer Landesämter entsprochen. Es ist davon auszugehen, dass bei anderen Datenbereitstellern (z.B. Energieversorger) der Sektor Industrie/Verarbeitendes Gewerbe weitestgehend den Branchen entspricht, wie sie in den einzelnen Abschnitten des Wirtschaftszweigs Verarbeitendes Gewerbe aufgeführt sind.

**Kommunale Einrichtungen:** Hier definiert als die Summe der Energieverbräuche kommunaler Einrichtungen. Eine Differenzierung nach Verwaltungsgebäuden, kommunalen Schulen und Kindertagesstätten sowie der Straßenbeleuchtung ist für die Darstellung von Kennwerten im Benchmark kommunaler Klimaschutz<sup>14</sup> anzustreben. Darüber hinaus zählen zu diesem Sektor auch noch andere kommunale Gebäude sowie der Energieverbrauch von kommunalen Infrastrukturanlagen u.a. aus den Bereichen Wasser/Abwasser, Straßen und Abfall<sup>15</sup>.

**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, dem Verarbeitenden Gewerbes mit weniger als 20 Mitarbeitern und landwirtschaftliche Betriebe).

<sup>14</sup> <http://www.benchmark-kommunaler-klimaschutz.de/>

<sup>15</sup> In ifeu (2014) wird der Bereich der sonstigen Infrastruktur dem GHD/Sonstigen Sektor zugeordnet. Das Feedback aus den Kommunen der Key-User hat jedoch ergeben, dass auch dieser Bereich den kommunalen Einrichtungen zugeordnet werden soll.

## 4.3 Einsatz der THG-Emissionsfaktoren

### 4.3.1 Emissionsfaktoren bei Verbrennungsprozessen

Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit von Bilanzen wird empfohlen, einheitliche Emissionsfaktoren zu nutzen, die sowohl CO<sub>2</sub>-Äquivalente als auch Vorketten beinhalten (s.o.). Im Rahmen der Harmonisierung wird überwiegend auf Daten der GEMIS-Datenbank und Studien des Umweltbundesamtes zurückgegriffen. Folgende THG-Emissionsfaktoren werden für die kommunale Energie- und THG-Bilanzierung empfohlen<sup>16</sup>.

Tabelle 4-2: Emissionsfaktoren Endenergie Wärme (t/MWh) in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten

Zeiträume	2000-2004	2005-2009	2010-2014	2015-2019	Quelle	Genauere Prozessbezeichnung
Erdgas	0,257	0,258	0,250	0,247	Gemis 4.94, Gemis 5.0	Gas Heizung Brennwert DE (Endenergie)
Heizöl	0,320	0,321	0,320	0,318	Gemis 4.94, Gemis 5.0	Öl-Heizung DE (Endenergie)
Biomasse	0,036	0,028	0,027	0,025	Gemis 4.94, Gemis 5.0	Holz Pellet Holzwirt. Heizung 10kW (Endenergie)
Flüssiggas	0,277	0,278	0,267	0,276	Gemis 4.94, Gemis 5.0	Flüssiggas Heizung-DE (Endenergie) Ab 2015: Flüssiggas (LPG)-Heizung-DE (Endenergie)
Steinkohle	0,464	0,443	0,444	0,438	Gemis 4.94, Gemis 5.0	Kohle Brikett Heizung DE (Endenergie)
Braunkohle	0,437	0,436	0,434	0,411	Gemis 4.94, Gemis 5.0	Braunkohle Brikett Heizung DE (Mix Lausitz/rheinisch)
Solarthermie	0,049	0,047	0,025	0,024	Gemis 4.94, Gemis 5.0	Solarkollektor Flach DE
Fernwärme	0,270	0,270	0,270	0,270	Eigene Berechnung	Fernwärme aus Kohle-KWK
Sonstige erneuerbare Energieträger	0,025	0,025	0,025	0,025	ifeu (Annahme)	individuell veränderbar
Sonstige konventionelle Energieträger	0,330	0,330	0,330	0,025	ifeu (Annahme)	individuell veränderbar

<sup>16</sup> Mit der neuen Version von GEMIS 4.94 wurden einige Werte gegenüber ifeu (2014) geringfügig angepasst.

Tabelle 4-3: Emissionsfaktoren ohne Brennstoffinputinformationen in t/MWh in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten für KWK-Wärme

Zeiträume	2000-2004	2005-2009	2010-2014	2015-2019	Quelle	Genaue Prozessbezeichnung
Feste Biomasse (KWK)	0,077	0,077	0,077	0,029	UBA 2009, UBA 2013, UBA 2018	Waldholz-DT-HKW; ab 2015 Wald-Restholz – TA Luft
Flüssige Biomasse	0,108	0,108	0,154	0,116	UBA 2009, UBA 2013, UBA 2018	Palmöl-BHKW-gross-DE-2010 (IST) (anpasst an UBA- 2013); ab 2015 Palmöl BHKW TA-Luft
Biogas	0,052	0,052	0,056	0,113	UBA 2009, UBA 2013, UBA 2918	Biogas-Gülle-BHKW-500kW 2010 (IST) ab 2015 Biogas (Gülle) BHKW TA-Luft

Bei großindustriellen Prozessen und bei der Energieerzeugung in großen Kraftwerken weichen die Emissionsfaktoren in der Regel von den oben dargestellten Faktoren ab. Zumindest bei der Berechnung der Sekundärenergie (z.B. Strom, Dampf, Wärme) aus Kraftwerken können daher die Emissionsfaktoren der Tabelle 4-4 herangezogen werden.

Tabelle 4-4: Emissionsfaktoren für Erzeugung (t/MWh) in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten

Zeiträume	2000-2004	2005-2009	2010-2014	2015-2019	Quelle	Genaue Prozessbezeichnung
Erdgas	0,235	0,237	0,235	0,233	Gemis 4.94, Gemis 5.0	Gas Kessel DE (Endenergie)
Heizöl	0,313	0,314	0,311	0,311	Gemis 4.94, Gemis 5.0	Öl leicht Kessel DE (Endenergie)
Steinkohle	0,448	0,440	0,436	0,431	Gemis 4.94, Gemis 5.0	Kohle Kessel WSF DE (Endenergie)
Braunkohle	0,469	0,487	0,465	0,473	Gemis 4.94, Gemis 5.0	Braunkohle WSK Kessel DE rheinisch (Endenergie) Ab 2015: Braunkohlekessel-WSF-DE-rheinisch (Endenergie)
Abfall	0,121	0,121	0,121	0,121	ifeu Berechnungen	Angepasst von 0,111 auf 0,121
Biomasse	0,029	0,034	0,024	0,022	Gemis 4.94, Gemis 5.0	Holz HS Waldholz Heizung 50 kW (Endenergie)
Sonstige erneuerbare Energieträger	0,050	0,050	0,050	0,050	ifeu (Annahme)	individuell veränderbar
Sonstige konventionelle Energieträger	0,330	0,330	0,330	0,330	ifeu (Annahme)	individuell veränderbar

#### 4.3.2 Emissionsfaktoren für Strom

Je nach Ziel der Bilanzierung werden aktuell in den Kommunen unterschiedliche Stromemissionsfaktoren verwendet. In der Diskussion mit Praktikern und Wissenschaftlern wurde deutlich, dass bei der Bilanzierung von Strom der Bundesmix genutzt werden sollte, um so

einen Vergleich der Bilanzen zwischen den Kommunen zu ermöglichen. Die folgenden Emissionsfaktoren für den Bundesstrommix wurden mit dem Strommaster des ifeu für alle einzelnen Jahre berechnet.

Tabelle 4-5: Zeitreihe Strom Bundesmix (Quelle: ifeu-Strommaster<sup>17</sup>) in t/MWh in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten

Jahr									
1990	0,872	1996	0,774	2002	0,727	2008	0,656	2014	0,620
1991	0,889	1997	0,752	2003	0,732	2009	0,620	2015	0,600
1992	0,830	1998	0,738	2004	0,700	2010	0,614	2016	0,581
1993	0,831	1999	0,715	2005	0,702	2011	0,633	2017	0,554
1994	0,823	2000	0,709	2006	0,687	2012	0,645		
1995	0,791	2001	0,712	2007	0,656	2013	0,633		

Neben der Nutzung des Bundesmixes Strom äußerten die kommunalen Vertreter darüber hinaus den Wunsch, dass lokale Bemühungen im Stromerzeugungsbereich anhand eines Territorialmix Strom berücksichtigt werden sollten. Dieser Territorialmix Strom soll darstellen, inwieweit die regionale Energieversorgungsstruktur zum Klimaschutz beiträgt. Es soll damit keine zweite THG-Bilanz mit einem zweiten Wert der Emissionen erzeugt werden, sondern die Einsparung/Steigerung der THG-Emissionen in Relation zur Basisbilanz dargestellt werden (vgl. Abbildung 3-1). Das Vorgehen zur Berechnung des Territorialmixes Strom findet sich im Anhang 0.

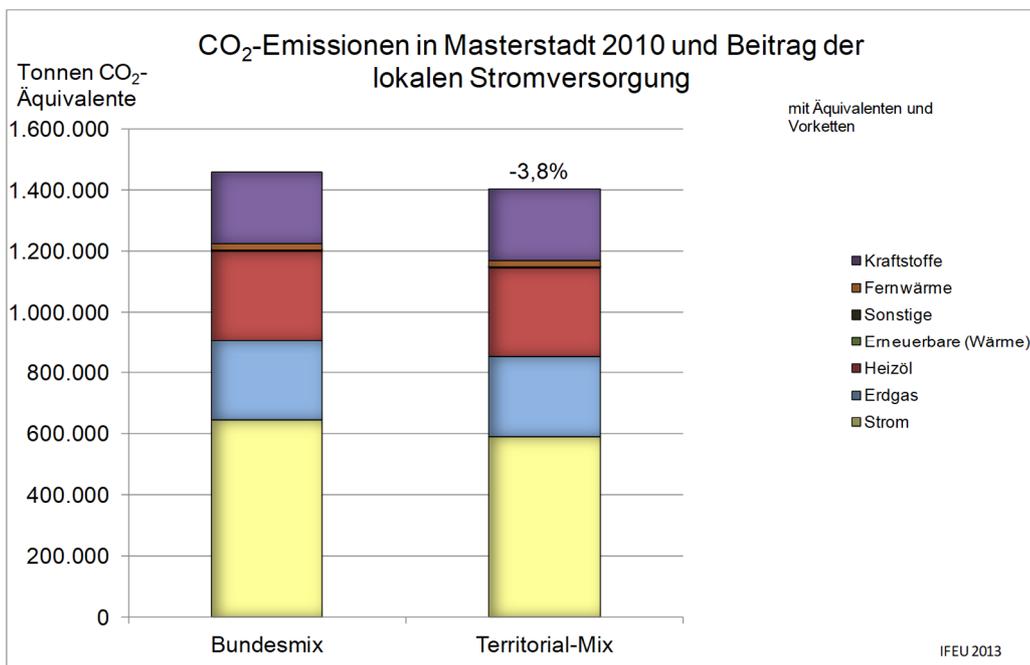


Abbildung 4-1: Beispiel für die Darstellung des territorialen Mixes in einer mit dem Bundesmix berechneten Bilanz

<sup>17</sup> Derzeit werden im ifeu-Strommaster zwar Vorketten, allerdings noch nicht die Infrastruktur berücksichtigt, welche u.a. für die Bewertung von Strom aus Erneuerbare Energien-Anlagen wichtig ist. Dies wird aktuell angepasst.

Im Folgenden werden die Emissionsfaktoren für verschiedene Anlagen zur Stromerzeugung dargestellt.

Tabelle 4-6: Stromerzeugung ohne Brennstoff(input) (t/MWh) in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten zur Berechnung des Territorialmixes

Zeiträume	2000-2004	2005-2009	2010-2014	2015-2019	Quelle	Genauere Prozessbezeichnung
Windenergie	0,019	0,019	0,011	0,010	Gemis 4.94, Gemis 5.0	Wind-KW-DE-2015-Bestand Wind KW DE 2010 Binnenland und Wind KW-Park klein DE 2000
Geothermie	0,228	0,228	0,228	0,192	Gemis 4.94 UBA 2017	Geothermie-KWK-SMB-DE
Wasserkraft	0,003	0,003	0,003	0,003	Gemis 4.94	Wasser KW groß DE 2010 (update)
PV-Anlagen	0,129	0,129	0,063	0,040	Gemis 4.94, Gemis 5.0	Solar PV multi Rahmen mit Rack DE
Deponiegas, Klärgas, Grubengas	0,051	0,051	0,026	0,050	UBA 2009, UBA 2013, UBA 2018	Deponiegas-BHKW-GM 1 MW-2010/brutto, (angepasst an UBA 2013), ab 2015 Deponiegas – BHKW TA Luft
Feste Biomasse (KWK)	0,021	0,021	0,025	0,038	UBA 2009, UBA 2013, UBA 2018	Altholz-DT-KW; ab 2015 Wald-Restholz DT- TA Luft
Flüssige Biomasse	0,274	0,274	0,316	0,116	UBA 2009, UBA 2013, UBA 2018	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	UBA 2009, UBA 2013, UBA 2018	Biogas-Gülle-BHKW-500kW 2010 (IST) (angepasst an UBA-ZSE 2013); ab 2015 Biogas (Gülle) BHKW TA Luft

### 4.3.3 Allokation von Koppelprodukten

Prinzipiell soll bei der Allokation von Koppelprodukten bei KWK-Prozessen die exergetische Methode (auch Carnot-Methode genannt) genutzt werden. Bei der Exergiemethode (vgl. ifeu 2015<sup>18</sup>) wird neben der Quantität auch die Qualität der Energie betrachtet. Die exergetische Methode ist eine einfache, physikalisch basierte Methode, bei der lediglich Input, Output der Anlagen inkl. 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. Es können daher z.B. auch den Wärmeströmen aus der Industrie, die nicht aus KWK-Prozessen stammen, oder der Wärmeentnahme aus dem Rücklauf eines Fernwärmesystems Emissionsfrachten eindeutig zugeordnet werden. Eine ausführliche Beschreibung zur Berechnung der exergetischen Allokation ist im Anhang zu finden.

<sup>18</sup> Mehr Informationen zur exergetischen Bewertung unter:  
[https://www.ifeu.de/index.php?bereich=ene&seite=exergetische\\_bewertung](https://www.ifeu.de/index.php?bereich=ene&seite=exergetische_bewertung)

## 4.4 THG Emissionen nicht energetischer Sektoren

80% der gesamten THG-Emissionen in Deutschland resultieren aus dem Energieverbrauch. Zu den verbleibenden 20% der THG-Emissionen tragen vor allem industrielle Prozesse, Landwirtschaft sowie Abfall (und Abwasser) bei. In kommunalen Konzepten liegt der Schwerpunkt derzeit auf der Bilanzierung energetisch-bedingter THG-Emissionen. Es gibt wenige Beispiele, bei denen die beschriebenen THG-Emissionen zusätzlich bilanziert werden<sup>19</sup>. Dies liegt unter anderem an der geringen Datenverfügbarkeit auf kommunaler Ebene.

Erste Vorschläge für eine vereinfachte Darstellung wurden im Praxisleitfaden Kommunaler Klimaschutz präsentiert, um in einer einmaligen überschlägigen Kurzbilanz das Verhältnis zwischen energetischen und nicht-energetischen Emissionen aufzuzeigen. Die Berechnungen erfolgen dabei auf Basis bundesweit ermittelter Kennwerte, die mit lokalen Basisdaten (Einwohner, Tierzahlen, Flächen) verknüpft werden. 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 durchzuführen. Sie sind somit nicht Teil der Basisbilanz.

## 4.5 Witterungskorrektur

Die Witterungskorrektur bei kommunalen Energie- und THG-Bilanzen wird häufig durchgeführt. Im Rahmen des Harmonisierungsprozesses wurde jedoch für die Basisbilanz einer Kommune davon Abstand genommen<sup>20</sup>.

Gleichwohl können Kommunen ihre Bilanzen für einen Vergleich mit der Basisbilanz witterungskorrigieren. 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 3807) mit dem Gradtagszahlverhältnis des langjährigen Mittels mit dem jeweiligen Bilanzjahr multipliziert. Das Ergebnis ist der witterungsbereinigte Heizenergieverbrauch.

---

<sup>19</sup> z.B. bei GRIP (<http://www.euco2.eu/resources/Brosch%C3%BCre-Deutsch-Kurzfassung.pdf>)

<sup>20</sup> Die Hintergründe können der ifeu Veröffentlichung (2014) entnommen werden.

# 5 Empfehlungen zur Bilanzierung im Sektor Verkehr

---

## 5.1 Methodische Empfehlungen zur BSKO-konformen Bilanzierung im Sektor Verkehr

Das Methodenpapier empfiehlt für die Erfassung des Verkehrs in kommunalen Treibhausgasbilanzen eine endenergiebasierte Territorialbilanz unter Einbezug sämtlicher motorisierten Verkehrsmittel im Personen- und Güterverkehr. Im Straßenverkehr wird ergänzend eine erweiterte Differenzierung nach Herkunft und Ursachen empfohlen. Der Flugverkehr wird über die Emissionen der Starts und Landungen auf dem Territorium (LTO-Zyklus) erfasst.

Die Treibhausgasbilanz für den Verkehr im Territorium der Kommune umfasst sowohl gut kommunal beeinflussbare Verkehre als auch solche Verkehre, die kaum durch kommunale Maßnahmen beeinflusst werden können. Unter der Voraussetzung, dass die empfohlene erweiterte Differenzierung im Straßenverkehr durchgeführt wurde, können alle Verkehrsaktivitäten und damit verbundene Emissionen in der Bilanz entsprechend ihrer Beeinflussbarkeit durch kommunale Maßnahmen differenziert dargestellt werden. Als gut kommunal beeinflussbar werden Binnen- und Quell-/Zielverkehr im Straßenverkehr (MIV, Lkw, LNF) sowie öffentlicher Personennahverkehr ÖPNV eingestuft. Emissionen aus dem Straßen- Durchgangsverkehr, öffentlichen Personenfernverkehr ÖPFV (Bahn, Reisebus, Flug) sowie aus dem Schienen- und Binnenschiffsgüterverkehr werden als kaum kommunal beeinflussbar eingestuft.<sup>21</sup>

Für eine kommunenspezifische Anpassung der Emissionsberechnungen werden die Fahrleistungen im Straßenverkehr nach Straßenkategorien (innerorts, außerorts, Autobahn) differenziert. Darüber hinausgehende Differenzierungen nach Straßentypen und Verkehrssituationen sind nicht erforderlich. Ebenso ist keine kommunenspezifische Anpassung von Kfz-Flottenzusammensetzungen gegenüber dem Bundesdurchschnitt erforderlich, da diese (im Unterschied zu Luftschadstoffemissionen) bei Energieverbräuchen und Emissionen nur geringe Ergebnisrelevanz hat.

Emissionsfaktoren werden für den Verkehr differenziert nach Verkehrsmitteln und Energieträgern sowie (im Straßenverkehr) nach Straßenkategorien. In Deutschland liegen mit dem Modell TREMOD<sup>22</sup> harmonisierte und regelmäßig aktualisierte Emissionsfaktoren für alle

---

<sup>21</sup> Bei entsprechender Datenverfügbarkeit kann im motorisierten Individualverkehr darüber hinaus eine Differenzierung nach Wegezwecken (Beruf, Einkauf, Privat...) durchgeführt werden. Das liefert zusätzliche Informationen für eine zielgerichtete Identifizierung wichtiger Handlungsfelder und Maßnahmenzielgruppen und zur Ableitung maßnahmenspezifischer Minderungspotenziale auf Grundlage der Bilanz.

<sup>22</sup> TREMOD: Transport Emission Model, Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030; ifeu Heidelberg, im Auftrag des Umweltbundesamtes; seit 1993. TREMOD ist Grundlage für die Emissionsberichterstattung der Bundesregierung für den Verkehr. Mit dem Modell können die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte sowie einzelfahrzeugspezifische verbrauchs- bzw. emissionsrelevante Parameter für die Bezugsjahre 1960-2050 berücksichtigt werden. TREMOD wird fortlaufend aktualisiert und an aktuelle Entwicklungen angepasst.

Verkehrsmittel vor. Sie sind als nationale Kennwerte in den meistgenutzten Online-Bilanzierungstools für Deutschland direkt implementiert und werden für ausgewählte Jahre z.B. im Praxisleitfaden „Klimaschutz in Kommunen“<sup>23</sup> bereitgestellt. Auf Nachfrage können Faktoren auch in Einzelfällen durch ifeu gegen eine Aufwandsentschädigung direkt bereitgestellt werden. Alle Werte sind analog zu den stationären Sektoren in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) inkl. Vorkette der Energieträgerbereitstellung.

Abbildung 4-1 stellt die Empfehlungen zur Bilanzierungssystematik im Verkehr grafisch dar.

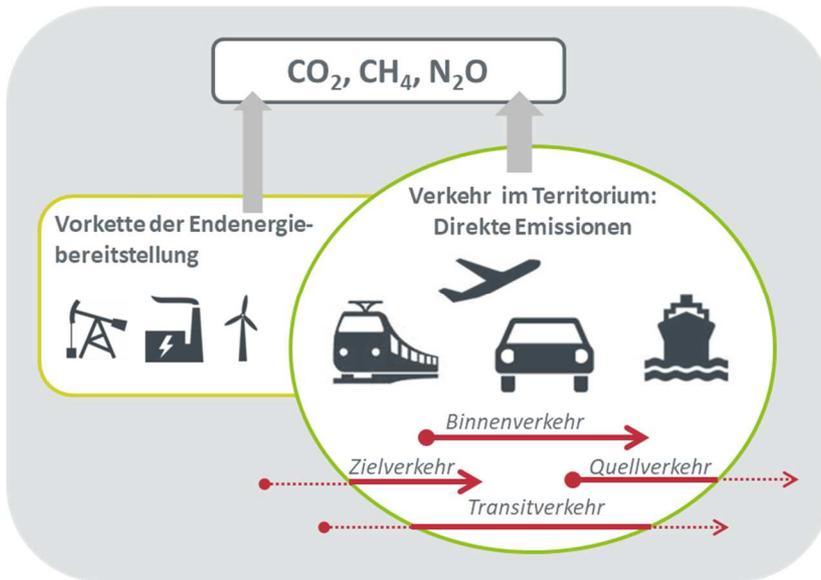


Abbildung 5-1: ifeu-Empfehlungen zur Bilanzierungssystematik im Verkehr

Wesentliche Gründe für die methodischen Empfehlungen im Sektor Verkehr werden nachfolgend zusammengefasst dargestellt.

### Datenverfügbarkeit

Ein zentrales Kriterium für die Eignung der Bilanzierungsregeln ist die breite Verfügbarkeit kommunenspezifischer Verkehrsdaten, insbesondere für den Kfz-Verkehr. Eine endenergiebasierte Territorialbilanz umfasst die Emissionen des motorisierten Verkehrs innerhalb der Gemeindegrenzen. Dies ist bisher in vielen Fällen eine besondere Herausforderung für die Kommunen, da gemeindefinanzierte Verkehrsdaten häufig nicht in geeigneter Form verfügbar sind und auch nicht mit vertretbarem Aufwand allein für Zwecke der Treibhausgasbilanzierung durch die Kommune selbst ermittelt werden können.

Fahr- und Verkehrsleistungsdaten für den Verkehr im Territorium einer Kommune können grundsätzlich aus verschiedenen Datenquellen ermittelt werden. Im Rahmen der Entwicklung der BISCO-Systematik hat das ifeu-Institut umfangreiche Recherchen zur Verfügbarkeit gemeindefinanzierter Verkehrsdaten in Deutschland durchgeführt und Datenquellen identifiziert, anhand derer Gemeinden Verkehrsdaten für ihr Territorium ermitteln können (s. Erläuterungen in Kapitel 5.2). Von ifeu wurden deutschlandweit verfügbare Verkehrsdaten für alle motorisierten Verkehrsmittel mit Ausnahme des öffentlichen Straßenpersonenverkehrs

<sup>23</sup> <https://leitfaden.kommunaler-klimaschutz.de/>

gemeindefein aufbereitet und können direkt als Defaultwerte zur Bilanzierung nach BSKO-Systematik bereitgestellt werden. Die BSKO-Empfehlungen beinhalten jedoch keine Verpflichtung zur Verwendung dieser Defaultwerte oder anderer festgelegter Datenquellen.

Trotz Verfügbarkeit der gemeindefeinen BSKO-Defaultwerte wird seitens ifeu grundsätzlich empfohlen, dass Gemeinden die Verwendung eigener, regelmäßig aktualisierter Verkehrsdaten unter Einbezug lokaler Datengrundlagen (z.B. Verkehrsmodelle) anstreben, um die Datengüte der Bilanz mit eigenen Daten zu verbessern.

### **Kommunaler Handlungsbereich**

Das Territorium entspricht dem politischen Handlungsfeld der Kommune. Es werden sowohl Emissionen der Einwohner als auch der auswärtigen Besucher erfasst. Der überwiegende Teil der bilanzierten Fahrten (Binnen- und Quell-/Zielverkehr) beginnt und/oder endet in der Kommune. Somit hat die Kommune für einen Großteil der Emissionen einen Angriffspunkt für kommunale Maßnahmen.

### **Identifizierung kommunaler Handlungsfelder und Potenzialanalyse**

Eine Differenzierung der Bilanz nach Binnen-, Quell-, Ziel- und Transitverkehr sowie (im Optimalfall) nach Wegezwecken ermöglicht die Identifizierung von konkreten Handlungsbereichen, die Ableitung von gezielten Maßnahmen sowie die Abschätzung von Potenzialen unter Berücksichtigung der kommunenspezifischen Eigenschaften.

### **Erfolgsmonitoring für durchgeführte kommunale Maßnahmen**

Territoriale Verkehrsdaten sind auf Grund ihrer Lokalspezifität Maßnahmen-sensitiv. Wenn eine Maßnahme zur Verringerung des Pkw-Verkehrs (und Erhöhung des ÖPNV) führt, kann das mit zukünftigen Bilanzen quantifiziert werden.

### **Methodische Konsistenz und Kompatibilität zu internationalen Empfehlungen**

In der Territorialbilanz werden alle bodengebundenen Verkehre nach einheitlicher Methodik kommunenspezifisch erfasst. Werden Verkehre zwischen unterschiedlichen Verkehrsmitteln verlagert, wird dies damit korrekt in der Bilanz ebenso wie in auf der Bilanz aufbauenden Potenzial- und Szenarienrechnungen erfasst.

Im SECAP-Leitfaden des Covenant of Mayors<sup>24</sup> ist zur Erstellung von Emissionsinventaren eine Bilanzierung der Emissionen des Verkehrs auf dem Gebiet der Kommune vorgesehen. Auch im GPC (Global Protocol for Community Scale GHG Emissions)<sup>25</sup>, an dem verschiedene internationale Organisationen (z.B. C40, ICLEI, World Bank, World Resources Institute) mitgewirkt haben, wird als Basismethode eine Territorialbilanz empfohlen.

## **5.2 Datenquellen für die Bilanzierung im Verkehr**

<sup>24</sup> How to develop a Sustainable Energy Action Plan (SEAP) – Guidebook; Covenant of Mayors, European Commission, 2010.

<sup>25</sup> Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories: An Accounting and Reporting Standard for Cities. World Resources Institute et al., 2014.

Voraussetzung für die deutschlandweite Anwendbarkeit der BSKO-Systematik ist die Verfügbarkeit aller notwendigen kommunalen Eingabedaten für die Bilanzierung. Für den Verkehr sieht die BSKO-Systematik analog zu den stationären Sektoren ein endenergiebasiertes Territorialprinzip vor, d.h. die Bilanzierung umfasst die Emissionen des motorisierten Verkehrs innerhalb der Gemeindegrenzen. Im Rahmen der Entwicklung der BSKO-Systematik hat das ifeu-Institut umfangreiche Recherchen zur Verfügbarkeit gemeindefeiner Verkehrsdaten durchgeführt und Datenquellen identifiziert, anhand derer Gemeinden die Verkehrsmengen in ihrem Territorium individuell bestimmen können bzw. eine zentrale Bereitstellung kommunenspezifischer Verkehrsdaten für alle Gemeinden in Deutschland möglich ist.

Deutschlandweit verfügbare Verkehrsdaten wurden von ifeu gemeindefein als Defaultwerte für eine Bilanzierung nach BSKO-Systematik aufbereitet. Solche BSKO-Defaultwerte gemeindefeiner Verkehrsdaten sind derzeit für alle motorisierten Verkehrsmittel mit Ausnahme des öffentlichen Straßenpersonenverkehrs (Linienbus, Straßen-, Stadt- & U-Bahnen) verfügbar. Sie sind in den meistgenutzten Online-Bilanzierungstools für Deutschland direkt implementiert. Auf Nachfrage können gemeindefeine Defaultwerte in Einzelfällen durch ifeu gegen eine Aufwandsentschädigung direkt bereitgestellt werden.

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

### 5.2.1 Fahrleistungen im Straßenverkehr

Fahrleistungen im Straßenverkehr (in Fahrzeug-km) können für eine Gemeinde aus verschiedenen Datenquellen ermittelt werden. Größere Städte verfügen üblicherweise 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 der BSKO-Systematik hat das ifeu gemeindefeine Kfz-Fahrleistungen für sämtliche Gemeinden in Deutschland abgeleitet. Diese Defaultwerte sollen Gemeinden den Einstieg in die Bilanzierung des Verkehrs nach BSKO-Systematik ermöglichen, falls diese über keine eigenen territorialen Verkehrsdaten verfügen. Die von ifeu abgeleiteten Defaultwerte der Kfz-Fahrleistungen basieren ausschließlich auf deutschlandweit verfügbaren Primärdaten. Sie können damit kleinräumige Verkehrssituationen in Einzelgemeinden teilweise nur eingeschränkt abbilden, speziell bei den Fahrleistungen im untergeordneten Straßennetz (z.B. höhere Modal-Split-Anteile des Umweltverbundes und damit geringere einwohnerspezifische Pkw-Nutzung). Deshalb wird seitens ifeu trotz Verfügbarkeit der gemeindefeinen BSKO-Defaultwerte grundsätzlich empfohlen, dass Gemeinden längerfristig die Verwendung eigener, regelmäßig aktualisierter Verkehrsdaten unter Einbezug zusätzlicher lokaler Datengrundlagen (z.B. Verkehrsmodelle) anstreben.

Datengrundlage der von ifeu abgeleiteten Defaultwerte für gemeindefeine Kfz-Fahrleistungen ist die deutschlandweite Regionalisierung aller nationalen Emissionen mit dem GIS-basierten Software-Tool GRETA des Umweltbundesamtes<sup>26</sup>. Das Umweltbundesamt hat dem ifeu hierfür regionalisierte Emissionen des Straßenverkehrs differenziert nach Fahrzeugklassen und Straßenklassen für die Jahre 2010 und 2015 aus GRETA zur Verfügung gestellt. Die

<sup>26</sup> GRETA (GriddingEmission Tool for ArcGIS), entwickelt im UBA-Vorhaben „ArcGIS basierte Lösung zur detaillierten, deutschlandweiten Verteilung (Gridding) nationaler Emissionsjahreswerte auf Basis des Inventars zur Emissionsberichterstattung“. UBA-Texte 71/2016. AVISO GmbH, im Auftrag des Umweltbundesamtes, 2016.

Datensätze wurden vom ifeu mit gesamtdeutschen Fahrleistungen und Emissionen des Kfz-Verkehrs 2010 und 2015 aus dem Modell TREMOD 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 und 2017 wurden die Fahrleistungen für jede Gemeinde über die gesamtdeutschen Verkehrsentwicklungen unter Beibehaltung der prozentualen Fahrleistungsaufteilungen je Kfz-Kategorie und Straßenkategorie von 2015 fortgeschrieben. Die inhaltliche Verantwortung für alle abgeleiteten gemeindefeinen Fahrleistungen liegt vollständig beim ifeu, jedoch nicht bei dem die Datengrundlagen bereitstellenden Umweltbundesamt.

### 5.2.2 Öffentlicher Straßenpersonenverkehr

Unter den öffentlichen Straßenpersonenverkehr (ÖSPV) fallen Linienbusse sowie Straßen-, Stadt- und U-Bahnen (SSU). Deutschlandweite Angaben zur Fahrplanleistung (Fahrzeug-km) gibt es beim Statistischen Bundesamt auf Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte<sup>27</sup>. Gemeindefeine Angaben zum ÖSPV sind 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, z.T. 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 bzw. -verbänden auch bei einem Betrieb über die Gemeindegrenzen hinaus kommunenfein abgegrenzte Informationen grundsätzlich vorliegen.

Notfalls kann jede Kommune mit geringem 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.

### 5.2.3 Energieverbräuche im Schienenverkehr

Der Umweltbereich der Deutschen Bahn (DB Umwelt) 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 Energieverbräuchen.<sup>28</sup>

Die DB AG hat dem ifeu gemeindefeine Endenergieverbrauchswerte für Zugbetrieb und Rangierbetrieb für ein Fahrplanjahr bereitgestellt. Auf dieser Grundlage wurden von ifeu pro-

<sup>27</sup> „Personenverkehr mit Bussen und Bahnen“. Statistisches Bundesamt, Fachserie 8 Reihe 3.1.

<sup>28</sup> Nähere Informationen finden sich z.B. in der Veröffentlichung „Geo-Informationssystem zur Berechnung und Darstellung von Umweltdaten“, A. Löchter & R. Koschmidder in ZEVrail 2015 (Jahrgang 139) Ausgabe 09. <http://www.zevrail.de/artikel/geo-informationssystem-zur-berechnung-und-darstellung-von-umweltdaten>

zentuale Aufteilungen der Energieverbräuche im Schienenverkehr auf alle Gemeinden abgeleitet und anschließend anhand der in TREMOD enthaltenen jährlichen Energieverbräuche des gesamtdeutschen Schienenverkehrs gemeindefeine Energieverbräuche berechnet. Der in TREMOD ebenfalls enthaltene Energieverbrauch des Rangierbetriebs im Personen- und 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 bei ifeu, jedoch nicht bei der die Datengrundlagen bereitstellenden DB AG.

Für die meistgenutzten Online-Bilanzierungstools in Deutschland wurde die Bereitstellung der so abgeleiteten Energieverbräuche des Schienenverkehrs durch die DB AG lizenziert und konnte damit direkt in den Tools implementiert werden. Auf Anfrage ist in Einzelfällen auch eine Bereitstellung von Daten für einzelne Gemeinden direkt durch ifeu unter Berücksichtigung der Nutzungsbedingungen möglich.

#### 5.2.4 Energieverbräuche der übrigen Verkehrsmittel

Für die Bilanzierung von Binnenschiffen und Flugverkehr wurden vom ifeu gemeindefeine Endenergieverbräuche der einzelnen Verkehrsträger differenziert nach Energieträgern mit dem Modell TREMOD 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 auf die spezifischen Energieverbräuche ein. Eine ausführliche Erläuterung der Methodik gibt der wissenschaftliche Grundlagenbericht.<sup>29</sup>
- **Flugverkehr:** Für die wichtigsten Verkehrsflughäfen in Deutschland liegen vom statistischen Bundesamt 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 Energieverbräuche und Emissionen für den LTO-Zyklus (Landing and Take-off Cycle) unter Verwendung flugzeugtypspezifischer Emissionsfaktoren. Ausführliche Erläuterungen der Methodik zur Berechnung der LTO-Energieverbräuche und Emissionen auf den erfassten Verkehrsflughäfen gibt der wissenschaftliche Grundlagenbericht.<sup>30</sup> Für die Bereitstellung gemeindefeiner Energieverbrauchswerte zur kommunalen Treibhausgasbilanzierung wurden zusätzlich die Verkehrsflughäfen mittels GIS-Anwendung entsprechend ihren Flächenanteilen auf einzelnen Gemeindegebieten den jeweiligen Kommunen zugerechnet.

<sup>29</sup> Aktualisierung der Emissionsberechnung für die Binnenschifffahrt und Übertragung der Daten in TREMOD. ifeu Heidelberg in Kooperation mit INFRAS. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Heidelberg, 2013. [https://www.ifeu.de/verkehrundumwelt/pdf/IFEU%202014\\_Bericht%20Binnenschiff-fahrt%20TREMODO.pdf](https://www.ifeu.de/verkehrundumwelt/pdf/IFEU%202014_Bericht%20Binnenschiff-fahrt%20TREMODO.pdf)

<sup>30</sup> Entwicklung eines Modells zur Berechnung der Energieeinsätze und Emissionen des zivilen Flugverkehrs - TREMOD AV; im Auftrag des Umweltbundesamtes, in Zusammenarbeit mit dem Öko-Institut, September 2012. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-eines-modells-zur-berechnung>

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

### 5.2.5 Spezifische Energieverbräuche und THG-Emissionsfaktoren der Energieträger

Bei Parametern, die nur begrenzt gemeindespezifisch variieren bzw. kaum unter kommunalem Einfluss liegen, können deutschlandweit harmonisierte Werte in der Bilanzierung eingesetzt werden. Dies erleichtert auch einen Vergleich der Bilanzergebnisse zwischen den Gemeinden. Dies betrifft insbesondere die Zusammensetzung und Energieeffizienz der Fahrzeugflotten in Deutschland sowie die spezifischen Treibhausgasemissionen der im Verkehr eingesetzten Energieträger. In den meist verbreiteten Online-Bilanzierungstools in Deutschland sind für alle notwendigen Berechnungsparameter direkt nationale Datensätze implementiert. Im Praxisleitfaden „Klimaschutz in Kommunen“<sup>31</sup> werden mittlere Verbrauchs- und Emissionsfaktoren für Kfz-Verkehr und ÖPNV sowie THG-Emissionsfaktoren für den Verbrauch von Kraftstoffen und Strom bereitgestellt.

---

<sup>31</sup> Klimaschutz in Kommunen. Praxisleitfaden - 3., aktualisierte und erweiterte Auflage. DIFU (Hrsg.) in Kooperation mit ifeu Heidelberg und Klima-Bündnis. 2018. <https://leitfaden.kommunaler-klimaschutz.de/>

# 6 Änderungen gegenüber früheren Versionen des BSKO-Papiers

---

Dies ist nach August 2015 (Version 1) und Juni 2016 (Version 2) die dritte Version des BSKO-Papiers. Im Grundsatz hat sich zwischen den bisherigen Papieren nichts verändert. Die Anpassungen zwischen den verschiedenen Versionen werden hier dokumentiert.

## 6.1 Änderungen zwischen Version 1 und Version 2

- Gegenüber der letzten Version 1 wurden die Emissionsfaktoren für den Bundesstrommix jetzt einheitlich mit dem Strommaster des ifeu berechnet (siehe Tabelle 4-5).
- Tabelle 4-2 bis Tabelle 4-4 wurden umgestellt und ergänzend erläutert.

## 6.2 Änderungen zwischen Version 2 und Version 3

- Neues zusammenfassendes Kapitel zu den wesentlichen Elementen des Standards (Kapitel 1)
- Ergänzungen der Anforderungen an eine Bilanz in Kapitel 2.3 um die „Erfolgskontrolle für umgesetzte Maßnahmen“
- Anpassung des Emissionsfaktors für Abfall über alle Jahre (Kapitel 4.3.1)
- Infobox zu Datenquellen nach BSKO-Standard (Kapitel 4.1)
- Aktualisierung von stationären Emissionsfaktoren (Kapitel 4.3)
- Erläuterungen zu Datenquellen (Kapitel 5.2) im Verkehrsbereich.

# 7 Literaturverzeichnis

---

- Deutsches Institut für Urbanistik (Hrsg.) (2018): Klimaschutz in Kommunen - Praxisleitfaden.
- ifeu - Hertle et al. (2015): Exergetische Bewertung kommunaler Energiesysteme. Im Auftrag des Umweltbundesamtes
- ifeu - Hertle et al. (2014): Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgas-bilanzierung. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorschutz.
- ifeu – Knörr et al. (seit 1993): "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030" (TREM-OD). Im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- IINAS - Fritsche et al. (2014): Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch des deutschen Strommix im Jahr 2013. Im Auftrag der Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung (HEA).
- The University of Manchester et al. (2009): Greenhouse gas emissions inventories for 18 European regions.
- UBA (Hrsg.) (2009): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger.
- UBA (Hrsg.) (2013): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger.
- UBA (Hrsg.) (2018): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger.

# Anhang

---

## Berechnung des Territorialmix Strom

Neben der Berechnung mit dem Bundesmix wurde die Berücksichtigung lokaler Anlagen in Form eines territorialen Mixes seitens der kommunalen Vertreter gewünscht. Die Berechnung eines Territorialmix hängt u.a. davon ab, welche lokalen Erzeugungsanlagen in welchem Umfang berücksichtigt werden. Im zweiten Expertenworkshop kamen die Teilnehmer zu der Einigung, dass alle lokalen Anlagen im Territorialmix berücksichtigt werden sollten. Dabei wird bei der Berechnung folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

- Liegt der Gesamtstromverbrauch im Territorium höher als der territorial „erzeugte“ Strom, werden zunächst die THG-Emissionen des lokalen Kraftwerkparks bilanziert.
- Die verbleibende Differenz („verbrauchte“ Strommenge, subtrahiert mit der „erzeugten“ Strommenge) wird mit dem Bundesmix berechnet.
- Sollten die Anlagen mehr als 100% 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. Endenergetisch wird dies in einer eigenen Grafik (vgl. Abbildung 3-1) dargestellt.
- Doppelzählungen lokaler Anlagen (sowohl im Territorial-, als auch im Bundesmix) bleiben im Grunde unberücksichtigt, da sich vorrausichtlich nur in wenigen Ausnahmefällen der Bundesmix vom Bundesmix ohne den lokalen Anteil der jeweiligen Kommunen unterscheidet.
- Der Territorialmix berücksichtigt Anlagen auf dem Territorium der Kommune. Wie mit Beteiligungen außerhalb der Kommune, dem Händlermix der Vertriebsgesellschaften bzw. Ökostrombezug etc. umgegangen werden kann, wird in der Langfassung zur Bilanzierung des ifeu (2014) beschrieben.
- In der kommunalen Basisbilanz und den Szenarien wird allerdings der Bundesmix und nicht der Territorialmix berücksichtigt. Es ist davon auszugehen, dass mit Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien im Bundesstrommix der Faktor Bundesmix sich deutlich senken wird, so dass Kommunen in ihren Bilanzen davon profitieren werden.

## 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 Brennstoffinput 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 MWh werden für jede Anlage mit den spezifischen Emissionsfaktoren (t/MWh) multipliziert. Das Ergebnis sind die Gesamtemissionen für die Anlage in Tonnen.

### 3. Berechnung der Exerriefaktoren 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 Exerriefaktoren 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 Exerriefaktor für Strom hat den Wert 1.

### 4. Ermittlung des Allokationsfaktors

Der Allokationsfaktor für die Stromauskopplung ergibt sich dann aus:

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

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

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

## 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, z.B. 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).