



INSTITUT FÜR ENERGIE-  
UND UMWELTFORSCHUNG  
HEIDELBERG

# Kommunale Energie- und Treibhausgasbilanz des Jahres 2022 für die Stadt Frankfurt am Main

---

Darstellung aktueller Ergebnisse und Entwicklungen

Heidelberg, April 2025

---





# Inhalt

---

<b>1 Zusammenfassung</b>	<b>3</b>
<b>2 Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>3 Methodische Grundlagen</b>	<b>7</b>
<b>4 Aktuelle Bilanzergebnisse</b>	<b>11</b>
4.1 Endenergieverbrauch der Stadt Frankfurt am Main 2022	11
4.2 THG-Emissionen der Stadt Frankfurt am Main 2022	13
4.3 Entwicklung der Energie- und THG-Bilanz in Frankfurt am Main	15
4.3.1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs 1990 bis 2022	15
4.3.2 Entwicklung der THG-Emissionen 1990 bis 2022	17
<b>5 Nachrichtliche Informationen</b>	<b>21</b>
<b>Anhang: BSKO Methodik und Datenquellen</b>	<b>23</b>
Ergänzungen zum Bilanzierungsprinzip	23
Datenquellen für die Bilanzierung	24
THG-Emissionsfaktoren	27
THG-Allokation von Koppelprodukten	28
Definition von Verbrauchssektoren	29
Berechnung des Territorialmix Strom	29
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>31</b>

# 1 Zusammenfassung

---

## Energie- und Treibhausgas-Bilanzen als Monitoring-Instrument

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.

## Endenergiebilanz als Grundlage der Treibhausgas-Bilanzierung

Die THG-Bilanz berechnet sich aus den Energieverbräuchen innerhalb des Stadtgebiets. Der Gesamtenergieverbrauch wird für verschiedene Energieträger und Verbrauchssektoren erhoben und entsprechend dargestellt.

Demnach betrug der witterungskorrigierte Endenergieverbrauch im Jahr 2022 in Frankfurt am Main etwa 25.600 GWh. Die verschiedenen Sektoren hatten folgende Anteile:

- Gewerbe (30 %, 7.800 GWh)
- Industrie (24 %, 6.200 GWh)
- Verkehr (27 %, 7.000 GWh)
- Private Haushalte (18 %, 4.600 GWh)

Der Sektor Gewerbe nutzte überwiegend Strom (56 %, 4.400 GWh), wobei Rechenzentren fast die Hälfte des Stromverbrauchs ausmachten. Industrie setzte primär auf Ferndampf (55 %, 3.400 GWh). Verkehr wurde hauptsächlich durch Kraftstoffe im Straßenverkehr (66 %, 4.600 GWh) und Kerosin (29 %, 2.000 GWh) geprägt. Im Haushaltssektor dominierte Erdgas (61 %, 2.800 GWh), gefolgt von Strom (21 %, 900 GWh).

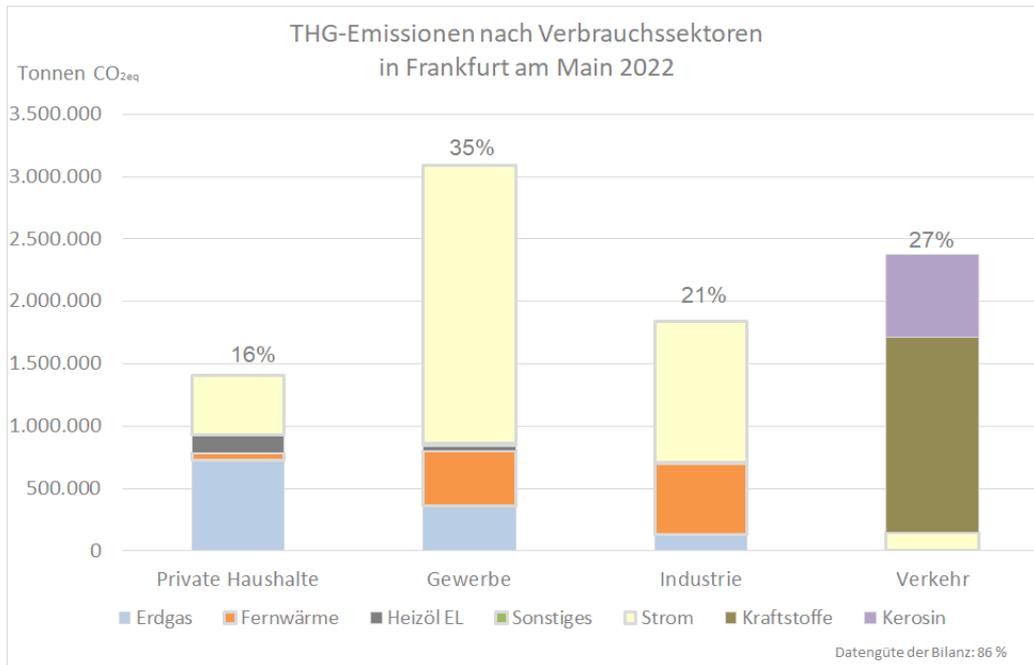
## Treibhausgasbilanz der Stadt Frankfurt am Main

Aus dem Endenergieverbrauch lässt sich mit Hilfe einer Multiplikation mit so genannten THG-Emissionsfaktoren die THG-Emissionen ermitteln, welche aus dem Energieverbrauch resultieren.

In der Stadt Frankfurt am Main wurden im Jahr 2022 rund 8,7 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2eq</sub>) emittiert. Die größten THG-Emissionen fanden sich im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (35 %, 3,1 Mio. t CO<sub>2eq</sub>). Verkehr besitzt einen Anteil von 27 % (2,4 Mio. t CO<sub>2eq</sub>) und die Industrie trug mit gut einem Fünftel (1,8 Mio. t CO<sub>2eq</sub>) zu den Gesamtemissionen bei. Private Haushalte hatten einen Anteil von 16 % bzw. gut 1,4 Mio. t CO<sub>2eq</sub>. Der gesamte Stromverbrauch ist für fast die Hälfte der THG-Emissionen verantwortlich (46 % inkl. Verkehrsstrom). Wärme und Verkehr haben jeweils einen Anteil von etwa 27 % an den Gesamtemissionen.

Flugverkehr verursacht ca. 660.000 Tonnen CO<sub>2eq</sub> (8 % der städtischen Emissionen).

Abbildung 1-1: THG-Emissionen der Stadt Frankfurt am Main 2022 nach Sektoren und Energieträgern



### Entwicklung seit 1990

Die Stadt Frankfurt am Main hat bzw. hatte aus Klimaschutzsicht verschiedene Herausforderungen bei den Rahmenbedingungen. So erlebte sie in den letzten Jahren einen deutlichen Bevölkerungszuwachs. Auch der Verkehr hat seit 1990 deutlich zugenommen. Zuletzt hat sich der Stromverbrauch der Rechenzentren zwischen 2017 und 2022 mehr als verdoppelt und macht inzwischen knapp 30 % des Stromverbrauchs in der Stadt aus.

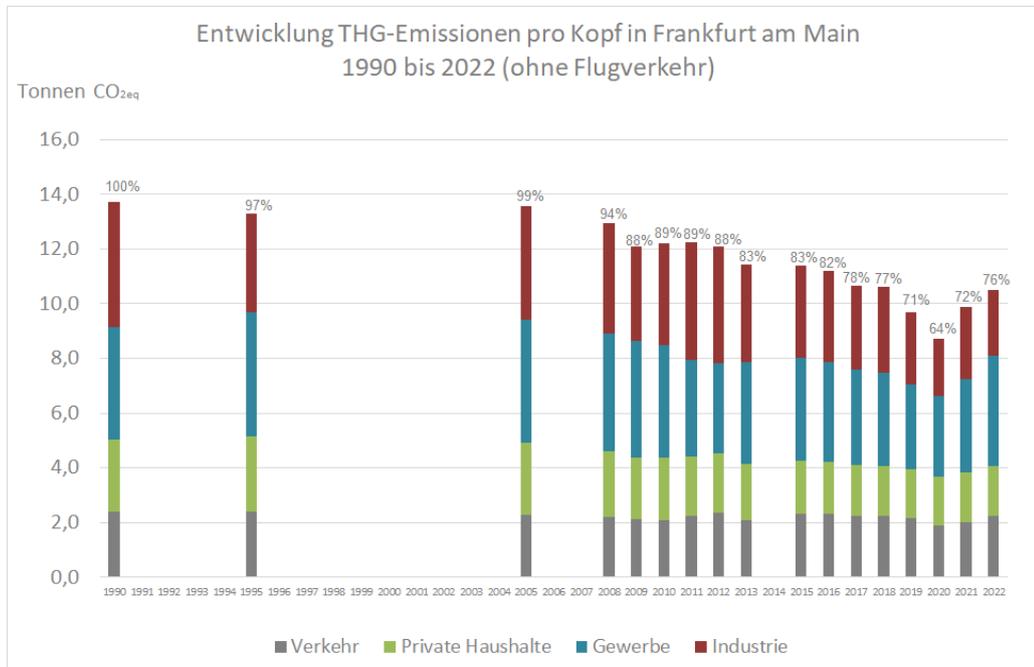
Trotz dieser Entwicklungen konnte der Energieverbrauch gegenüber 1990 in etwa gehalten (- 1 %) und die THG-Emissionen um 9 % reduziert werden. Wie in Abbildung 1-2 ersichtlich sanken die Pro-Kopf-Emissionen von 13,7 t CO<sub>2eq</sub> (1990) auf 10,5 t CO<sub>2eq</sub> (2022). Das Jahr 2020 und in geringerem Maße auch die Folgejahre bilden aufgrund der Corona-Pandemie besondere Bilanzjahre, da insbesondere die Energieverbräuche und THG-Emissionen im Verkehr in diesen Jahren deutlich zurückgegangen sind.

Vier positive Entwicklungen tragen für die Minderungen der THG-Emissionen seit 1990 im Wesentlichen bei:

- Gleichbleibender Energieverbrauch im Sektor Private Haushalte trotz deutlich steigender Bevölkerungszahl seit den 2010er Jahren
- Reduktion des Energieverbrauchs in der Industrie Anfang der 1990er und seit 2015
- Umstellung auf klimafreundliche Wärmeenergieträger

- Deutliche Verbesserung des Bundesstrommixes seit 1990, mit dem der Frankfurter Stromverbrauch bewertet wird (aufgrund des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland)

Abbildung 1-2: Entwicklung der Pro-Kopf-THG-Emissionen in Frankfurt am Main



Aufgrund dieser Entwicklungen ist auch für zukünftige THG-Bilanzen der Stadt Frankfurt am Main davon auszugehen, dass die THG-Emissionen sich weiter reduzieren werden, auch wenn im Verkehrsbereich sowie den Rechenzentren der Trend in die entgegengesetzte Richtung geht.

## 2 Einleitung

---

### **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) regelmäßig<sup>1</sup> fortgeschrieben werden.

Die Bilanzdaten sind zudem eine wesentliche Voraussetzung für die Darstellung von Klimaschutzindikatoren. 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.

In Verantwortung des Klimareferats der Stadt Frankfurt am Main werden neben der Energie- und THG-Bilanz auch Klimaschutzberichte erstellt, in dem die Aktivitäten aller Akteure im Stadtgebiet dargestellt werden.

Der vorliegende Bericht basiert auf der vom ifeu entwickelten Bilanzierungssystematik Kommunal (BISKO), welche auch Grundlage für die Energie- und THG-Bilanzierung der Stadt Frankfurt am Main ist.

Im Folgenden wird die Methodik sowohl für den stationären Energiebereich (ohne Verkehr) als auch für den Verkehr kurz vorgestellt. Weitere bzw. vertiefte Informationen finden sich im Anhang. Anschließend werden die Ergebnisse für das Bilanzjahr 2022 vorgestellt und die verschiedenen Entwicklungen seit 1990 aufgezeigt.

---

<sup>1</sup> Bei Großstädten mit entsprechenden Kapazitäten kann auch eine Bilanzierung alle zwei Jahre angestrebt werden. Die Stadt Frankfurt am Main hat gemäß Beschluss der Stadtverordnetenversammlung §1650 vom 12.05.2022 beschlossen, die Bilanz jährlich fortzuschreiben.

## 3 Methodische Grundlagen

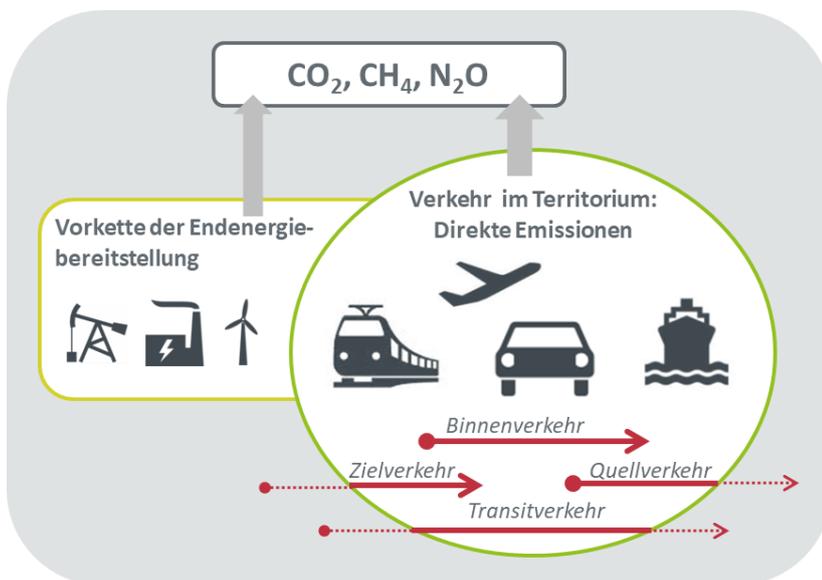
### Bilanzierungsprinzip

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 auf Basis des Endenergieverbrauchs berücksichtigt werden.

**In Frankfurt am Main wird ebenfalls das Prinzip der endenergiebasierten Territorialbilanz genutzt. Dies stellt die kommunale Basisbilanz dar.**

Auch im Verkehr empfiehlt BSKO in kommunalen Treibhausgasbilanzen eine endenergiebasierte Territorialbilanz unter Einbezug sämtlicher motorisierter 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<sup>2</sup> (LTO-Zyklus) erfasst.

Abbildung 3-1: ifeu-Empfehlungen zur Bilanzierungssystematik im Verkehr



**In Frankfurt am Main wird im Verkehrsbereich nach dem endenergiebasierten Territorialprinzip bilanziert. Dies bedeutet, dass alle Energieverbräuche innerhalb des Stadtgebiets berücksichtigt werden. Der Verkehr Flughafen Frankfurt wird ebenfalls nach diesem Prinzip mit bilanziert (LTO-Zyklus). Da er jedoch nicht komplett auf Frankfurter Stadtgebiet steht, werden die Energieverbräuche nur anteilig berücksichtigt (ca. 85 %). Zudem werden die Emissionen des Flugverkehrs für eine Vergleichbarkeit mit anderen Kommunen nachrichtlich dargestellt.**

<sup>2</sup> Maßgebend für das Territorium ist die Gesamtfläche des Flughafens und nicht die Verteilung der Landebahnen.

## THG-Emissionsfaktoren

Im BSKO-Standard werden neben den reinen CO<sub>2</sub>-Emissionen weitere Treibhausgase (N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub>) in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten und Vorketten<sup>3</sup> bei den Emissionsfaktoren berücksichtigt. Die in der Bilanz genutzten THG-Emissionsfaktoren für verschiedene Energieträger werden im Anhang aufgeschlüsselt dargestellt<sup>4</sup>.

Emissionsfaktoren werden für den Verkehr differenziert nach Verkehrsmitteln und Energieträgern sowie (im Straßenverkehr) nach Straßenkategorien. In Deutschland liegen mit dem Modell TREMOD<sup>5</sup> harmonisierte und regelmäßig aktualisierte Emissionsfaktoren für alle Verkehrsmittel vor.

**In Frankfurter THG-Bilanzen werden ebenfalls CO<sub>2</sub>-Äquivalente und Vorketten bei der Ermittlung der lokalen Emissionen berücksichtigt. Deswegen wird in diesem Bericht auch von einer THG-Bilanz gesprochen. Umgangssprachlich hat sich jedoch der Begriff CO<sub>2</sub>-Bilanz etabliert.**

## Sonderfall Strom-Emissionsfaktor

Je nach Ziel der Bilanzierung können in Kommunen unterschiedliche Stromemissionsfaktoren verwendet werden. Im BSKO-Harmonisierungsprozess wurde festgelegt, dass bei der Bilanzierung von Strom der Bundesmix genutzt werden sollte, um so einen Vergleich der Bilanzen zwischen den Kommunen zu ermöglichen. Nachrichtlich können auch andere Bilanzen mit dem lokalem Strommix dargestellt werden.

**In Frankfurt am Main werden die in im Anhang aufgeführten Bundesstrommix-Faktoren in allen Bilanzen angewendet. Der lokale Strommix wird nachrichtlich in Kapitel 5 aufgeführt und die Methodik im Anhang erläutert.**

## Datengüte

Die Datengüte kann Werte zwischen 0 % und 100 % haben. Je höher der Wert, desto aussagekräftiger sind die Daten für die Beurteilung der Bilanz. Die Datengüte wird anteilig der Energieträger am Gesamtenergieverbrauch und ihrer Datengüte berechnet. Alle in die Bilanz eingehenden Daten werden mit einer der folgenden Datengüte aufgrund ihrer Herkunft versehen.

- Datengüte A (Regionale Primärdaten) -> Faktor 100 %
- Datengüte B (Hochrechnung regionaler Primärdaten) -> Faktor 50 %
- Datengüte C (Regionale Kennwerte und Statistiken) -> Faktor 25 %
- Datengüte D (Bundesweite Kennzahlen) -> Faktor 0 %

<sup>3</sup> Hier nur energiebezogene Vorketten (u.a. Infrastruktur, Abbau und Transport von Energieträgern).

<sup>4</sup> Im Anhang wird auch die Allokation bei Emissionsfaktoren bei Kraft-Wärme-Kopplung erläutert.

<sup>5</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.

Während Stromverbrauchsdaten aufgrund der Netzerfassung detailliert überliefert werden können (Datengüte 100 %), müssen nicht-leitungsgebundene Energieträger (Heizölverbrauch, Kraftstoffverbrauch) über verschiedene Stützdaten abgeschätzt werden. Sie haben einen Wert zwischen 0 % und 50 % bei der Datengüte. Die in Frankfurt an Main genutzten Quellen finden sich im Anhang.

**Für Frankfurt am Main ergibt sich im Jahr 2022 beispielhaft eine Datengüte von 86 %. Ab Werten bei der Datengüte um etwa 75 % kann davon gesprochen werden, dass eine Bilanz gewisse Aussagekraft hat und die Entwicklungen über die Jahre auch vergleichbar sind. Der Grund für die hohe Datengüte in Frankfurt am Main ist ein hoher Anteil leitungsgebundener Energieträger (u.a. Erdgas, Strom, Fernwärme), bei denen es sich um regionale Primärdaten (Datengüte A) handelt. Es wurden lediglich die Energieträger Kraftstoffe, Heizöl und Kohle aus Primärdaten hochgerechnet (u.a. aus Verkehrszählungen, Schornsteinfegerdaten), was Datengüte B entspricht.**

### **Betrachtete Verbrauchssektoren**

Für eine einheitliche Bilanzierung sollten auch die verschiedenen Verbrauchssektoren möglichst einheitlich dargestellt werden. Es wird angestrebt, dass eine Bilanz sich nach folgenden Sektoren unterscheidet:

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

Darüber hinaus ist in der nächsten Bilanz geplant, mit den Daten des kommunalen Energiemanagements den Sektor „Kommunale Einrichtungen“ als separaten Sektor auszuweisen.

**In Frankfurt am Main wird versucht, die aufgeführte Aufteilung der Verbrauchssektoren zu erreichen. Gerade in Hinblick auf ältere Bilanzen kann es jedoch aufgrund von neuen zur Verfügung stehenden Daten seitens der Datenbereitsteller zu Unschärfen in der Sektorenaufteilung geben. Seit den Bilanzen ab dem Jahr 2008 liegen einheitliche Sektorenaufteilungen vor.**

**Relevante Großverbraucher in Frankfurt am Main, wie beispielsweise Banken, Rechenzentren, Universität oder Fraport (ohne Flugverkehr), werden alle dem Sektor GHD/Sonstiges zugeordnet. Vereinfacht wird dieser Sektor in der Bilanz „GHD“ bezeichnet.**

### **Witterungskorrektur**

Die Witterungskorrektur bei kommunalen Energie- und THG-Bilanzen wird häufig durchgeführt. Im Rahmen der BSKO-Bilanzierung wurde jedoch für die Basisbilanz einer Kommune davon Abstand genommen<sup>6</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

<sup>6</sup> Die Hintergründe können der Langfassung des Methodenpapiers (2014) entnommen werden.

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.

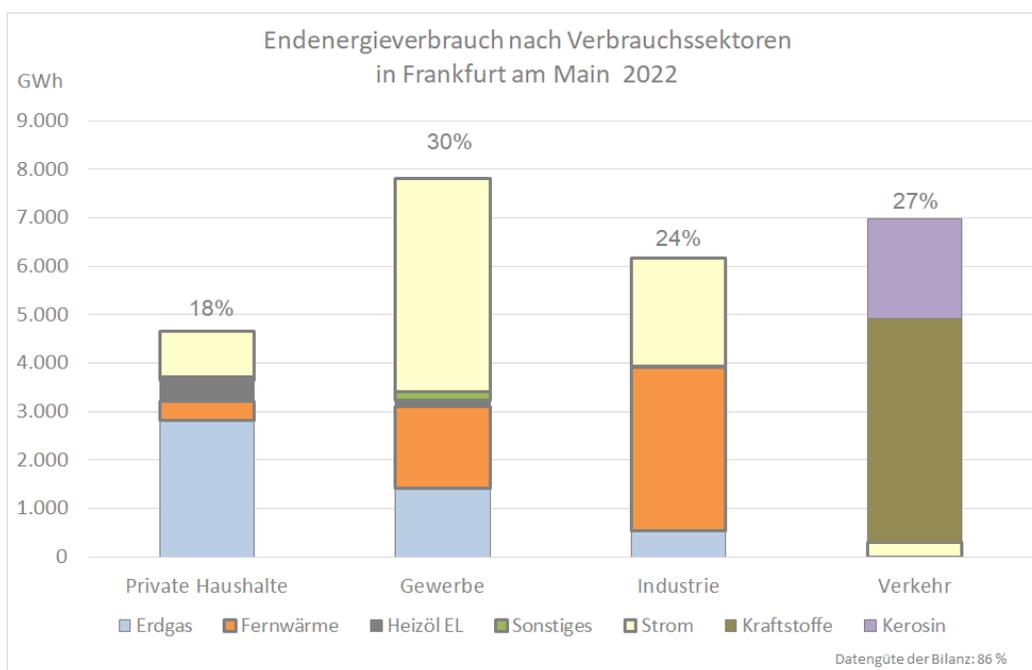
**In Frankfurt am Main wird von BSKO abweichend der ermittelte Heizwärmeverbrauch witterungskorrigiert. Dies ermöglicht eine bessere Analyse über die verschiedenen Bilanzjahre und eine nachvollziehbarere Zeitreihe.**

## 4 Aktuelle Bilanzergebnisse

### 4.1 Endenergieverbrauch der Stadt Frankfurt am Main 2022

Der witterungskorrigierte Endenergieeinsatz der Stadt Frankfurt am Main betrug im Jahr 2022 rund 25.600 GWh (vgl. Abbildung 4-1). Davon entfielen auf die Sektoren Gewerbe mit 30 % (7.800 GWh) und Industrie mit 24 % (6.200 GWh) des Gesamtverbrauchs die größten Anteile. Der Sektor Verkehr hatte einen Anteil von 27 % (7.000 GWh) während Private Haushalte für etwa 18 % (4.600 GWh) des Gesamtenergieverbrauchs verantwortlich waren.

Abbildung 4-1: Witterungskorrigierter Endenergieverbrauch der Stadt Frankfurt am Main 2022 nach Sektoren und Energieträgern



Im Sektor Private Haushalte dominiert der Energieträger Erdgas mit 61 % (2.800 GWh). Danach folgt der Stromverbrauch mit einem Anteil von 21 % (900 GWh). Wärmebereitstellungen aus Fernwärme (9 % und 400 GWh) und Heizöl (10 % und 500 GWh) machen einen geringeren Teil aus. Weitere Energieträger (u.a. erneuerbare Energien (unter Sonstige)) spielen nur eine geringe Rolle (1 %). Die Wärmeerzeugung im Haushaltssektor wird folglich größtenteils mittels Erdgas gedeckt.

Beim Sektor Gewerbe dominiert der Energieträger Strom mit einem Anteil von 56 % (4.400 GWh). Der Stromverbrauch der Rechenzentren macht im Jahr 2022 bereits knapp die Hälfte des Stromverbrauchs des Sektors aus. Weitere vielfach genutzte Energieträger im Sektor sind Fernwärme/Dampf mit 22 % (1.700 GWh) und Erdgas

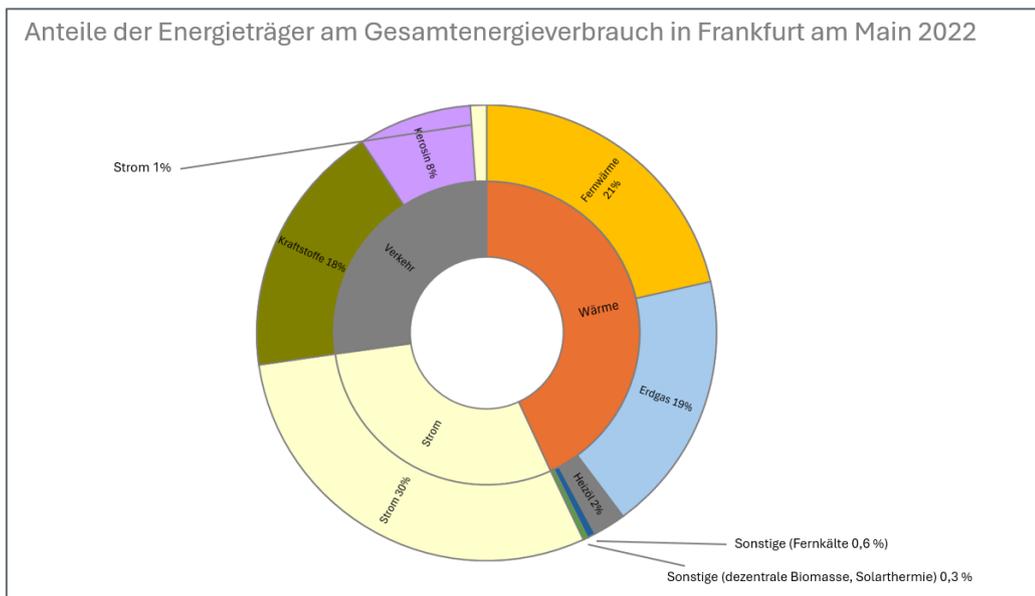
mit 18 % (1.400 GWh). Der Anteil aus Heizöl betrug 2 % (100 GWh). Der Anteil sonstiger Energieträger am Gesamtenergieverbrauch des Sektors Gewerbe betrug im Jahr 2022 ebenfalls 2 % (100 GWh).

Im Sektor Industrie fällt der größte Anteil auf den Energieträger Ferndampf mit 55 % (3.400 GWh), gefolgt von Strom mit 36 % (2.200 GWh). Der Anteil der Wärme aus Erdgas (9 % und 500 GWh) ist in diesem Sektor eher gering.

Im Sektor Verkehr dominierte beim Endenergieverbrauch der Kraftstoffverbrauch aus dem Straßenverkehr mit 66 % (4.600 GWh). Der Kerosinverbrauch bei Start- und Landebewegungen am Frankfurter Flughafen machte 29 % (2.000 GWh) aus. Der Stromverbrauch war mit einem Anteil von knapp 4 % (300 GWh) relativ gering.

In Abbildung 4-2 werden statt nach Verbrauchssektoren die Anteile der Energieträger am Gesamtenergieverbrauch noch einmal detailliert nach den drei Handlungsfeldern/Bereichen Verkehr, Strom und Wärme dargestellt. Den höchsten Anteil am Gesamtenergieverbrauch hat der Bereich Wärme mit 43 %. Dominierende Energieträger sind Fernwärme und Erdgas. Innerhalb der Fernwärme finden sich auch erneuerbare Energieträger (u.a. bei der Fernwärmeerzeugung im Heizkraftwerk Fachsenheim und dem biogenen Anteil im Müllheizkraftwerk). Zusammen mit den dezentralen erneuerbaren Energieträgern (Biomasse und Solarthermie) liegt der Anteil erneuerbarer Energieträger bei ca. 5 % im Bereich Wärme. Der Stromverbrauch und der Sektor Verkehr haben mit 30 % und 27 % ähnlich hohe Anteile am Gesamtenergieverbrauch.

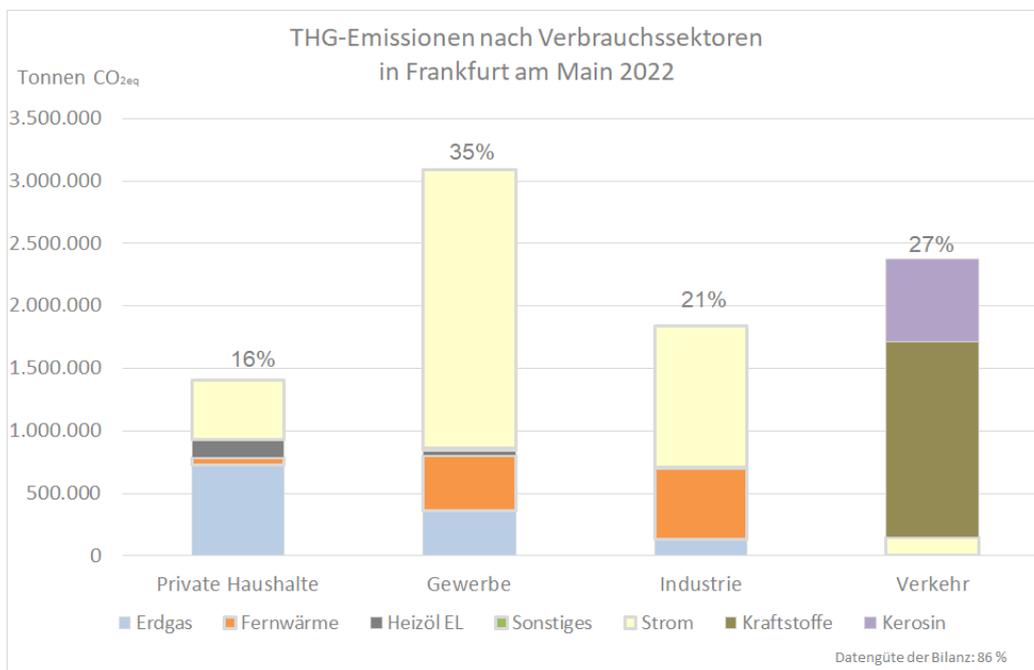
Abbildung 4-2: Darstellung des Endenergieverbrauchs in der Stadt Frankfurt am Main 2022 nach Energieträgern



## 4.2 THG-Emissionen der Stadt Frankfurt am Main 2022

Anhand der verbrauchten Energieträger und anhand spezifischer Emissionsfaktoren lässt sich aus der Endenergiebilanz eine witterungskorrigierte THG-Bilanz ermitteln. Demnach wurden im Jahr 2022 rund 8,7 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2eq</sub>) emittiert (vgl. Abbildung 4-3). Die höchsten THG-Emissionen finden sich im Sektor GHD mit einem Anteil von 35 % (3,1 Mio. t CO<sub>2eq</sub>), gefolgt vom Sektor Verkehr mit etwa 27 % (2,4 Mio. t CO<sub>2eq</sub>). Im Sektor Industrie werden anteilig 21 % (1,8 Mio. t CO<sub>2eq</sub>) und im Sektor Private Haushalte etwa 16 % (1,4 Mio. t CO<sub>2eq</sub>) der THG-Emissionen emittiert.

Abbildung 4-3: THG-Emissionen der Stadt Frankfurt am Main 2022 nach Sektoren und Energieträgern



### CO<sub>2</sub>-Budget für Frankfurt am Main?

Ein CO<sub>2</sub>-Budget beschreibt, wie viele Emissionen noch erfolgen können, um die Pariser Klimaschutzziele (Erderwärmung unter 1,5 Grad gegenüber dem vorindustriellen Niveau) zu erreichen. Auf globaler Ebene können anhand von Klimamodellen ein solches Budget und die damit verbundenen Temperatursteigerungen ermittelt werden. Die Verteilung des Budgets auf nationalstaatlicher Ebene wird intensiv diskutiert und es gibt mehrere Allokationsmodelle. Der von der Bundesregierung eingesetzte Sachverständigenrat für Umweltfragen erläutert verschiedene Ansätze und empfiehlt für Deutschland den pro Kopf-Ansatz<sup>7</sup>. Im März 2024 veröffentlichte der Sachverständigenrat, dass Deutschlands Budget für die Erreichung eines 1,5 Grad Ziels bereits aufgebraucht ist. Dies gilt also auch für die Stadt Frankfurt am Main. Der Rat empfiehlt, in Zukunft nicht mehr ein Restbudget, sondern ein „Überschreitungsbudget“ auszuweisen und sich transparent zu der Verantwortung und den damit verbundenen Schäden zu bekennen und die Frage nach Entschädigungen für betroffene Staaten glaubwürdig in die Diskussion aufzunehmen.

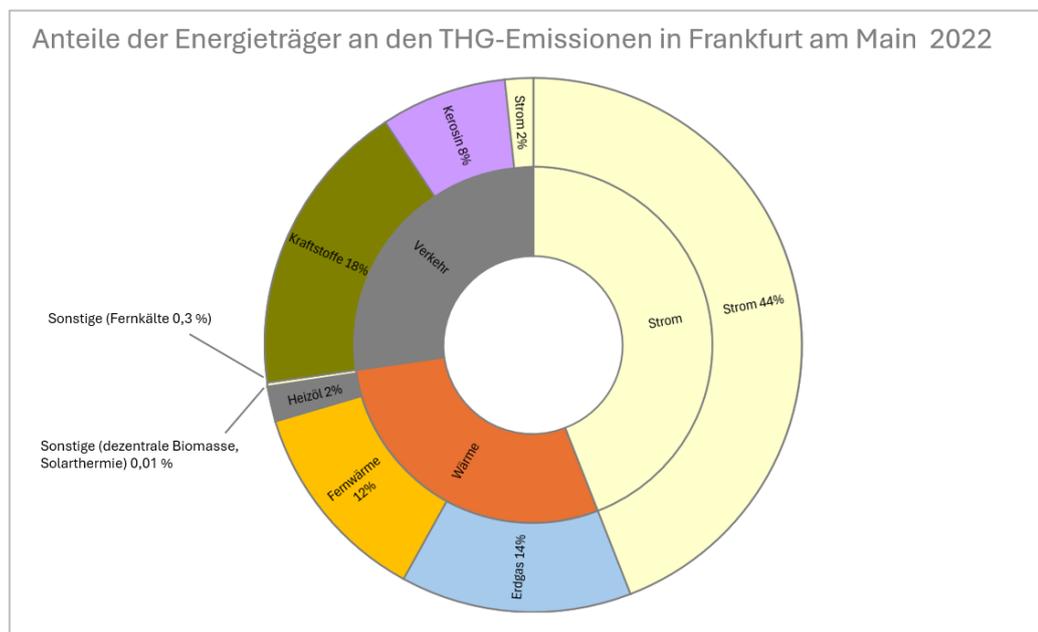
<sup>7</sup>

[https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04\\_Stellungnahmen/2020\\_2024/2024\\_03\\_CO2\\_Budget.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=17](https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2024_03_CO2_Budget.pdf?__blob=publicationFile&v=17)

Die THG-Emissionen der Stadt Frankfurt am Main müssten also einem solchen Überschreitungsbudget jährlich zugerechnet werden. Die Ermittlung eines Budgets enthält große Unsicherheiten. Der Abgleich der jährlichen BSKO-Bilanz mit einem definierten Pfad zur THG-Neutralität sollte Priorität haben.

Abbildung 4-4 zeigt die THG-Emissionen nach Handlungsfeldern/Bereichen. Es wird ersichtlich, dass die Emissionen aus Stromverbrauch fast für die Hälfte der THG-Emissionen im Stadtgebiet verantwortlich (46 % inkl. Verkehrstrom) sind. Die Bereiche Wärme und Verkehr (inkl. Strom) haben jeweils 28 % Anteil den Gesamtemissionen. Kraftstoffe im Verkehrsbereich sind auf alle Sektoren bezogen für 18 %, der Erdgasverbrauch für 14 % und der Fernwärmeverbrauch für etwa 12 % verantwortlich. Kerosin und Heizöl machen 8 % und 2 % aus.

Abbildung 4-4: Darstellung der THG-Emissionen in der Stadt Frankfurt am Main 2022 nach Energieträgern



### Sonderfall Frankfurter Flughafen

Nach der BSKO-Methodik werden alle territorialen Energieverbräuche erfasst. Für den Flugverkehr schlägt die Methodik vor, die Energieverbräuche während der Start- und Landezyklen zu erfassen. Diese Daten werden seit 2013 auch für den Frankfurter Flughafen miterfasst. Da der Flughafen nur zu 85 % auf dem Gebiet der Stadt Frankfurt am Main liegt, wird der Flugverkehr entsprechend anteilig der Stadt zugeordnet. Für die Darstellung der Zeitreihen, für welche keine vollständigen Daten seit 1990 vorliegen sowie für die Vergleichbarkeit mit anderen Kommunen, wurde der Flugverkehr deswegen in unten aufgeführten Zeitreihen zu Endenergieverbrauch und THG-Emissionen nicht dargestellt.

Für das Jahr 2022 machen die mit dem Flugverkehr verbundenen THG-Emissionen knapp 660.000 Tonnen CO<sub>2</sub>eq aus. In einer Frankfurter THG-Bilanz mit Flugverkehr beträgt der Anteil des Flugverkehrs damit etwas mehr als 8 % der gesamten Frankfurter THG-Emissionen. Hier gilt es zu beachten, dass nach 2020 und 2021 auch 2022 der Flugverkehr Pandemie-bedingt noch nicht das Niveau der Vorjahre erreicht hatte.

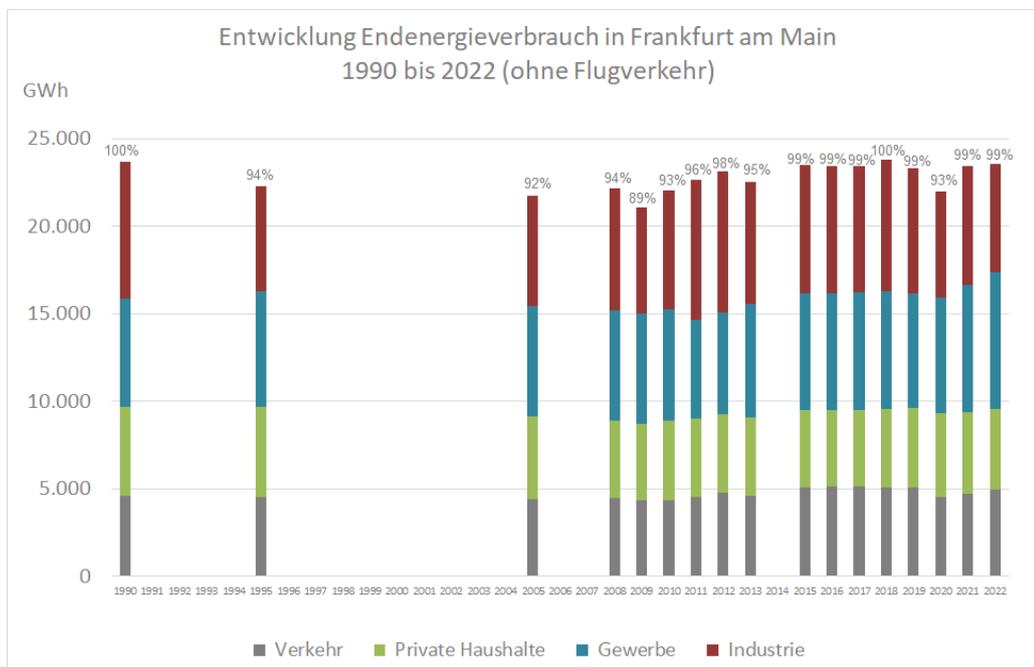
## 4.3 Entwicklung der Energie- und THG-Bilanz in Frankfurt am Main

### 4.3.1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs 1990 bis 2022

Die folgenden Entwicklungen über einen Zeitraum von 1990 bis 2022 werden ohne den Flugverkehr dargestellt. Ausgangsjahr ist theoretisch die Bilanz des Jahres 1995, für welches erstmal auch Verkehrsverbräuche erhoben wurden und so eine durchgängige Zeitreihe erstellt werden kann. Im stationären Bereich wurde die erste Bilanz bereits für das Jahr 1987 erstellt. Um eine Darstellung von 1990 bis 2022 zu erhalten, wurden für diesen Bericht die Werte für das Jahr 1990 interpoliert.

Insgesamt lässt sich in den Jahren 1990 bis 2022 ein minimaler Rückgang des Endenergieverbrauchs um 1 % erkennen (vgl. Abbildung 4-5). Es gab zwischen den Jahren 1990 bis 2005 Einsparungen bis zu 8 %. Danach stiegen die Endenergieverbräuche bis 2015 wieder an. Mit dem Corona-Jahr 2020 sanken die Energieverbräuche, insbesondere im Verkehrssektor, deutlich. In den beiden Folgejahren hatte der Energieverbrauch in etwa wieder das Niveau von 1990 bzw. 2015 und 2019.

Abbildung 4-5: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Frankfurt am Main nach Sektoren 1990 bis 2022<sup>8</sup>



Blickt man auf die Entwicklung in den einzelnen Sektoren seit 2005, so zeigt sich für manche Sektoren eine deutliche Veränderung des lokalen Energieverbrauchs. Im Verkehr (ohne Flugverkehr) hat der Energieverbrauch stetig zugenommen, bevor er im Jahr 2020 einbrach. Im Sektor Haushalte ist der Gesamtenergieverbrauch in etwa auf dem Niveau von 2005 bzw. 2010. Vor dem Hintergrund, dass die Bevölkerung zwischen 2005 und 2022 gleichzeitig deutlich wuchs (+22 % bzw. ca. 137.000 Ein-

<sup>8</sup> Für die Zukunft ist angestrebt, auch Zwischenjahre ab dem Jahr 2000 in der Grafik aufzunehmen

wohner\*innen), ist diese Entwicklung bemerkenswert. Dies bedeutet, dass im Neubau energieeffizient gebaut wurde und der Bestand entsprechend saniert wurde. Der Energieverbrauch im Sektor Industrie hatte Anfang der 1990er Jahre einen Einbruch und wuchs bis 2015, bevor er zuletzt deutlich unter den Vorjahren lag. Im Sektor Gewerbe wiederum erkennt man insbesondere aufgrund des Ausbaus der Rechenzentren eine deutliche Steigerung des Energieverbrauchs seit 2005.

Tabelle 4-1: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in den einzelnen Sektoren

	1990	1995	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022
<b>Verkehr</b>	100%	99%	96%	95%	111%	110%	99%	102%	107%
<b>Private Haushalte</b>	100%	102%	93%	90%	86%	90%	94%	93%	92%
<b>Gewerbe</b>	100%	106%	101%	102%	107%	104%	107%	116%	125%
<b>Industrie</b>	100%	77%	80%	87%	94%	92%	77%	87%	79%
<b>Gesamt</b>	100%	94%	92%	93%	99%	98%	93%	99%	99%

### Stromverbrauch der Rechenzentren im Stadtgebiet Frankfurt

In Abschnitt 3.1 wurde bereits der hohe Anteil der Rechenzentren am Stromverbrauch des Gewerbesektors beschrieben. In der folgenden Tabelle wird die Entwicklung des Stromverbrauchs verschiedener Sektoren seit dem Jahr 2017 dargestellt. Für das Bilanzjahr 2017 wurden zum ersten Mal der Stromverbrauch der Rechenzentren bei den Netzbetreibern abgefragt.

Der Stromverbrauch stieg in diesem Zeitraum um 1.259 GWh von 1.100 GWh im Jahr 2017 auf 2.359 GWh im Jahr 2022 und hat sich damit mehr als verdoppelt.

Es wird deutlich, dass der zusätzliche Stromverbrauch der Rechenzentren innerhalb dieses Zeitraums sowohl den Großteil des Zuwachses im Sektor Gewerbe als auch in der Gesamtstadt ausmacht. Der Stromverbrauch der Rechenzentren entspricht 2022 knapp 30 % des gesamtstädtischen Stromverbrauchs und hat das Niveau des Stromverbrauchs des Industriesektors (2.253 GWh) erreicht.

Es ist aufgrund aktueller Planungen davon auszugehen, dass diese Entwicklung in den nächsten Jahren anhält und Rechenzentren einen wesentlichen Anteil an der Frankfurter Energie- und THG-Bilanz ausmachen werden.

Tabelle 4-2: Entwicklung des Stromverbrauchs zwischen 2017 und 2022 für verschiedene Sektoren in Frankfurt

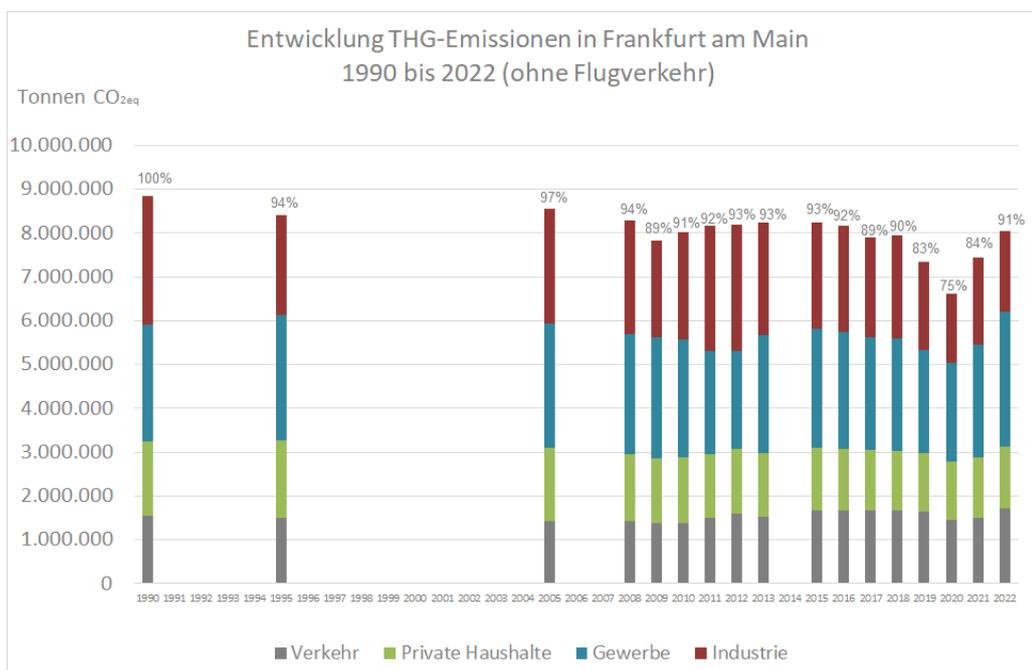
	2017 (GWh)	2022 (GWh)	Veränderung absolut (GWh)	Veränderung relativ (%)
<b>Stromverbrauch Gewerbe gesamt</b>	2.962	4.406	+1.444	+49%
<b>Stromverbrauch Rechenzentren</b>	1.100	2.359	+1.259	+114%
<b>Stromverbrauch Gewerbe ohne Rechenzentren</b>	1.862	2.047	+185	+10%
<b>Stromverbrauch Private Haushalte</b>	949	947	-2	0%
<b>Stromverbrauch Industrie</b>	2.917	2.253	- 664	-23%
<b>Stromverbrauch Gesamtstadt</b>	<b>6.828</b>	<b>7.895</b>	<b>+1.067</b>	<b>+16%</b>

### 4.3.2 Entwicklung der THG-Emissionen 1990 bis 2022

2022 konnten in der Stadt Frankfurt am Main rund 9 % der THG-Emissionen verglichen mit dem Basisjahr 1990 eingespart werden (Abbildung 4-6). Damit ergibt sich beim THG-Ausstoß eine größere Reduktion im Vergleich zum Energieverbrauch, der bis zum Jahr 2022 nur um 1 % sank. Dies ist darauf zurückzuführen, dass im Stadtgebiet verstärkt klimafreundlichere Energieträger genutzt werden. Zudem führt der zunehmend höher werdende Anteil erneuerbarer Energien im bundesdeutschen Strommix dazu, dass die Emissionen pro kWh Stromverbrauch kontinuierlich abnehmen. Lag beispielsweise der Stromemissionsfaktor im Jahr 1990 noch bei 872 g CO<sub>2</sub> eq/kWh Stromverbrauch, sank dieser bis zum Jahr 2022 auf 505 g CO<sub>2</sub> eq/kWh (siehe Tabelle 0-4 im Anhang). Auch hier findet sich im Jahr 2020 eine deutliche Reduktion, die zum einen auf den geminderten Energieverbrauch, zum anderen auf den im Jahr 2020 verhältnismäßig guten Bundesstrommix (429 g CO<sub>2</sub> eq/kWh) zurückzuführen ist<sup>9</sup>.

Die steigenden THG-Emissionen seit 2020 lassen sich neben dem steigenden Energieverbrauch der Rechenzentren und Verkehr auf den verschlechterten Strommix zurückführen.

Abbildung 4-6: Entwicklung der THG-Emissionen in Frankfurt a. M. nach Sektoren 1990 bis 2022 der letzten Jahre und einzelne Zwischenjahre



Ein Blick in die Entwicklung der Sektoren seit 2005 zeigt ein ähnliches Bild wie beim Energieverbrauch (vgl. Tabelle 4-3). Die Entwicklung der THG-Emissionen hängt in hohem Maße davon ab, welche Energieträger eingesetzt werden. Steigt beispielsweise bei gleichbleibendem Energieverbrauch der Anteil erneuerbarer Energieträger, sinken die damit verbundenen THG-Emissionen. Verbunden mit sinkendem Energieverbrauch und klimafreundlichen Energiemix in Frankfurt (u.a. Bundesstrommix,

<sup>9</sup> Gegenüber 2020 konnte im Jahr 2022 der Anteil erneuerbarer Energien am Strommix zwar noch einmal erhöht werden, gleichzeitig wurde aufgrund des russischen Angriffs auf die Ukraine im Jahr 2022 wieder mehr Kohle verstromt, so dass der positive Effekt überlagert wurde.

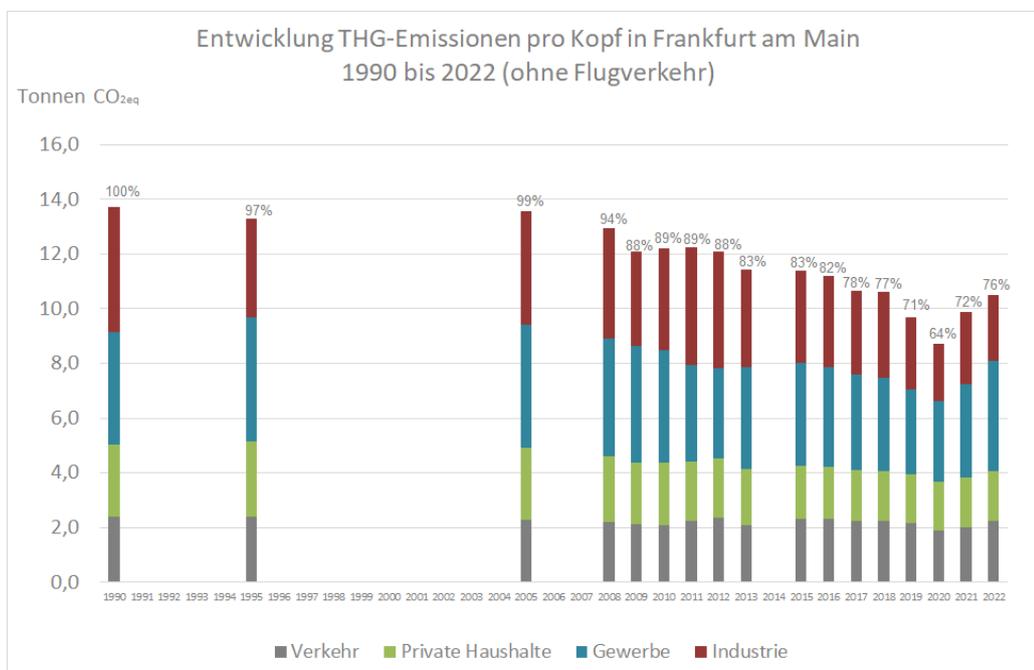
Ausbau erneuerbare Energien, Ausbau Fernwärme, Umbau der Fernwärmebereitstellung) verstärkt sich dieser Effekt. So sind die THG-Einsparungen im Verhältnis zu den Energieeinsparungen noch höher.

Tabelle 4-3: Entwicklung der THG-Emissionen in den einzelnen Sektoren der letzten Jahre und einzelne Zwischenjahre

	1990	1995	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022
<b>Verkehr</b>	100%	98%	93%	89%	109%	106%	94%	98%	111%
<b>Private Haushalte</b>	100%	103%	98%	88%	83%	79%	79%	81%	82%
<b>Gewerbe</b>	100%	108%	107%	101%	102%	89%	84%	97%	116%
<b>Industrie</b>	100%	77%	89%	83%	83%	68%	54%	68%	63%
<b>Gesamt</b>	100%	95%	97%	91%	93%	83%	75%	84%	91%

In Abbildung 4-7 wird die Entwicklung der Bevölkerungszahlen berücksichtigt. Werden die Gesamtemissionen als Indikator pro Kopf gerechnet, können die Effekte des Bevölkerungswachstums in Frankfurt dargestellt werden. Lagen die pro Kopf-Emissionen der Frankfurter\*innen im Jahr 1990 noch bei 13,7 Tonnen CO<sub>2</sub> eq, wurden diese bis zum Jahr 2022 auf 10,5 Tonnen CO<sub>2</sub> eq pro Kopf reduziert. Dies entspricht einem Rückgang von 24 % gegenüber dem Ausgangsjahr 1990. Auch hier findet sich ein noch deutlicherer Rückgang im Corona-Jahr 2020 (-36 %). In diesem Jahr lagen die durchschnittlichen THG-Emissionen pro Person bei 8,7 t CO<sub>2</sub> eq.

Abbildung 4-7: Entwicklung der THG-Emissionen pro Kopf in Frankfurt am Main nach Sektoren (Werte entsprechen Tonnen CO<sub>2</sub> eq pro Kopf)



Ein Blick auf die Entwicklung der einzelnen Sektoren bei den THG-Emissionen pro Kopf macht deutlich, dass das Wachsen der Stadt Frankfurt ein wesentlicher Aspekt für die die Entwicklung der absoluten THG-Emissionen (und des Energieverbrauchs) vor Ort waren. Dieses Wachsen kann durch die Emissionen pro Kopf „bereinigt“ werden. Neben Effizienzmaßnahmen wird durch einen klimafreundlicheren Energiemix

dafür gesorgt, dass sowohl gegenüber 1990 als auch 2005 in allen Sektoren THG-Emissionen pro Kopf reduziert werden konnten.

Tabelle 4-4: Entwicklung der THG-Emissionen/Kopf in den einzelnen Sektoren der letzten Jahre und einzelne Zwischenjahre

	1990	1995	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022
<b>Verkehr</b>	100%	100%	95%	88%	97%	90%	80%	84%	93%
<b>Private Haushalte</b>	100%	105%	100%	87%	74%	67%	67%	69%	69%
<b>Gewerbe</b>	100%	110%	109%	100%	91%	75%	71%	83%	98%
<b>Industrie</b>	100%	79%	91%	81%	74%	58%	46%	58%	53%
<b>Gesamt</b>	100%	97%	99%	89%	83%	71%	64%	72%	76%

### Ausblick für die Bilanzen nach 2022

Kommunale Energie- und THG-Bilanzen sind aufgrund der verfügbaren Daten um mindestens 1,5 Jahre zeitversetzt. Ohne dass die Daten und Emissionsfaktoren für Bilanzen nach 2022 bereits vollständig vorliegen, lassen sich jedoch verschiedene Tendenzen absehen, die sich in den kommenden Bilanzen der Stadt voraussichtlich wiederfinden werden.

- **Energieverbrauch:** Der Energieverbrauch der Stadt sank in fast allen Sektoren. Dies ist nicht zuletzt auf die Aktivitäten der Stadt Frankfurt zurückzuführen. Ausnahme bilden die Rechenzentren, deren Energieverbrauch in den letzten Jahren deutlich zugenommen hat. Der Stromverbrauch der Stadt wird deswegen bei ähnlichen Ausbauraten absehbar weiter steigen.
- **Verkehr:** Das Bilanzjahr 2022 war in diesem Sektor noch von den Corona-Einschränkungen geprägt. Es ist davon auszugehen, dass sowohl motorisierter Individualverkehr als auch der Güterverkehr sich in den Folgejahren weiter „erholen“ werden. Auch der Flugverkehr hat aktuell wieder das Vor-Corona-Niveau erreicht bzw. sogar schon übertroffen.
- **Dekarbonisierung der Industrie:** Der europaweite Emissionshandel fördert auch bei Frankfurter Unternehmen die Reduktion der THG-Emissionen. Die Aktivitäten und Planungen u.a. bei InfraserV lassen darauf schließen, dass die Emissionen in diesem Bereich weiter sinken werden.
- **Emissionsfaktor Strom:** 46 % der THG-Emissionen der Stadt sind im Jahr 2022 auf den Stromverbrauch zurückzuführen. Ursache dafür ist, dass einerseits der Stromverbrauch weiter stieg (s.o.), andererseits Strom als Energieträger sehr emissionsintensiv ist. Jede kWh Strom wurde im Jahr 2022 in der Frankfurter THG-Bilanz mit 505 g/CO<sub>2</sub>eq/kWh bewertet. Trotz voraussichtlich steigendem Stromverbrauch werden jedoch auch die THG-Emissionen aus dem Stromverbrauch sinken. Grund hierfür ist der deutschlandweite Ausbau der erneuerbaren Energien und der damit einhergehende deutlich verbesserte Bundesstrommix (vgl. Tabelle 4-5).

Tabelle 4-5: Prognosen für den Bundesstrommix

Emissionsfaktor					Einheit	Quelle
2025	2030	2035	2040	2045		
371	170	108	81	10	g CO <sub>2</sub> eq/kWh	ifeu Strommaster auf Basis von Projektionsbericht 2024

- Klimafreundliche Wärme: Die Fernwärme wird weiter dekarbonisiert werden und Frankfurter Bürger\*innen stellen ihre Heizung auf klimafreundliche Heizsysteme um. Auch dies erfolgt nicht zuletzt aufgrund der Aktivitäten der Stadt Frankfurt am Main, ihrer Unternehmen und Partner. Die THG-Emissionen aus Wärme werden deswegen und aufgrund des reduzierten Energieverbrauchs in den nächsten THG-Bilanzen sinken.

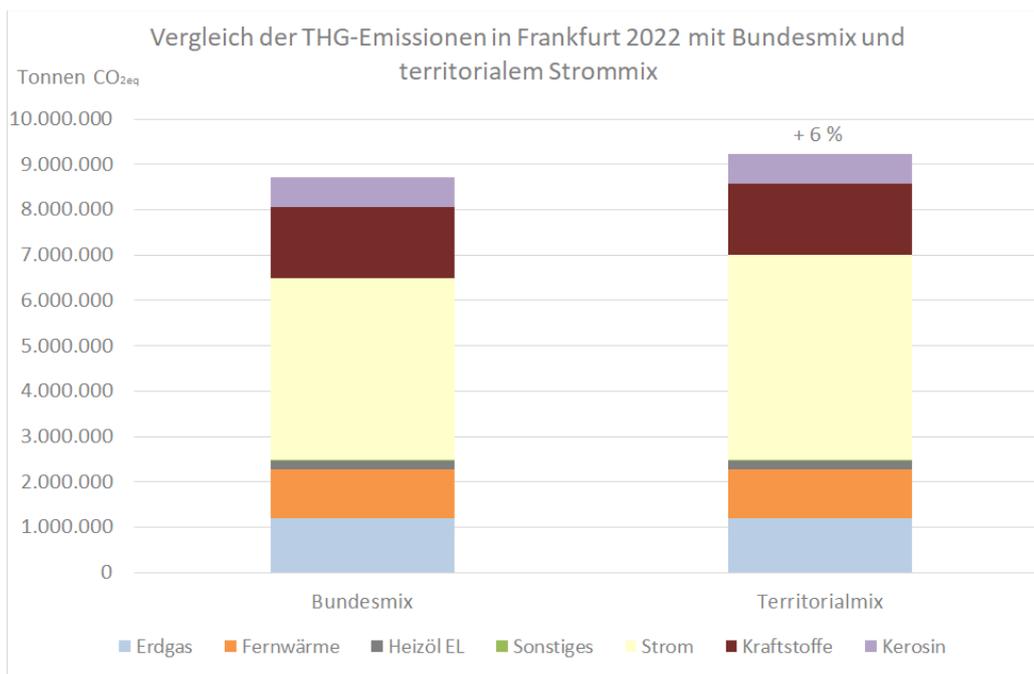
Insgesamt ist für zukünftige Bilanzen der Stadt Frankfurt am Main davon auszugehen, dass die THG-Emissionen weiter sinken werden, auch wenn im Verkehrsbe-  
reich sowie den Rechenzentren der Trend derzeit in die entgegengesetzte Richtung geht.

## 5 Nachrichtliche Informationen

### Territorialer Strommix

In Frankfurt werden die THG-Bilanzen mit dem Strom-Bundesmix gerechnet. Parallel wird ein territorialer Strommix nach dem im Anhang dargestellten Vorgehen berechnet und nachrichtlich ausgewiesen (vgl. Abbildung 5-1). Knapp 1/4 des lokalen Stromverbrauchs wird vor Ort erzeugt. Dieser Anteil fließt in den territorialen Strommix ein. In der letzten Bilanz war der Territorialmix mit 572 g/kWh CO<sub>2</sub> eq etwas schlechter als der Bundesmix (505 g/kWh CO<sub>2</sub> eq). Entsprechend weist die THG-Bilanz mit Territorialmix auch leicht erhöhte THG-Emissionen im Vergleich zur BSKO-Bilanz mit Strombundesmix auf (+6 %)

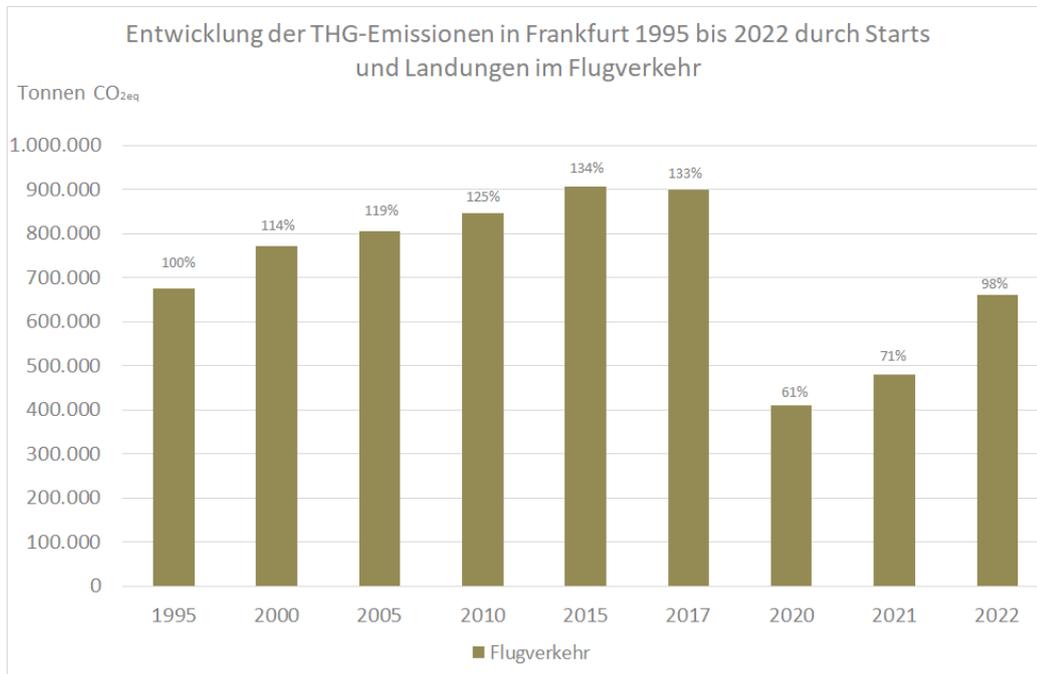
Abbildung 5-1: Frankfurt mit territorialem Mix (Strom) vs. einer mit dem Bundesmix berechneten Bilanz (inkl. Flugverkehr)



### THG-Emissionen des Flugverkehrs

Die THG-Emissionen im Flugverkehr steigerten sich aufgrund des erhöhten Flugaufkommens über die Jahre. Zwischen 1995 und 2017 erhöhten sich die mit Flugverkehr verbundenen THG-Emissionen um 33 % (vgl. Abbildung 5-2). Die THG-Emissionen lagen im Jahr 2020 und 2021 allerdings deutlich niedriger (- 39 % und - 29 % gegenüber 1995). Im Jahr 2022 erreichten die THG-Emissionen in etwa wieder das Ausgangsniveau von 1995. Es ist aufgrund der Erholung des Sektors davon auszugehen, dass in den Folgejahren bei der Entwicklung der THG-Emissionen wieder (mindestens) ein Vor-Corona-Niveau erreicht wird.

Abbildung 5-2: Entwicklungen der THG-Emissionen aus Flugverkehr im Stadtgebiet Frankfurt am Main



# Anhang: BSKO Methodik und Datenquellen

---

## Ergänzungen zum 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.

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>10</sup>. Im BSKO-Harmonisierungsprozess bestand Konsens über die Nutzung dieses Ansatzes, der im Praxisleitfaden Kommunaler Klimaschutz<sup>11</sup> als **endenergiebasierte Territorialbilanz**<sup>12</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>13</sup>.

Im Verkehrsbereich werden für eine kommunenspezifische Anpassung der Emissionsberechnungen die Fahrleistungen im Straßenverkehr nach Straßenkategorien (innerorts, außerorts, Autobahn) differenziert. Darüber hinaus gehende 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<sup>14</sup>.

---

<sup>10</sup> Zudem werden bei den THG-Emissionen auch die Vorketten der Energiebereitstellung berücksichtigt (vgl. Abschnitt 0)

<sup>11</sup> Siehe: <http://www.klimaschutz-in-kommunen.de/links-und-literatur/praxisleitfaden>

<sup>12</sup> In statistischen Berichten wird hier auch von der Verursacherbilanz gesprochen (im Gegensatz zu Quellenbilanzen).

<sup>13</sup> Unter grauer Energie wird die Energie verstanden, welche zur Herstellung von Gütern sowie für deren Transport, Lagerung und Entsorgung benötigt wird. Diese Vorketten werden lediglich den vor Ort genutzten Energieträgern zugeordnet (siehe Unterabschnitt 2.1.2)

<sup>14</sup> Für das Klimaschutz-Monitoring wäre eine lokale Flottenzusammensetzung (Anteil Elektromobilität) wünschenswert. Die Ermittlung z.B. über Zulassungszahlen entspricht jedoch nicht dem Fahrleistungsanteil Elektromobilität im Stadtgebiet. So ist der elektrische Flottenanteil bei den Zulassungen in Frankfurt mit 3,7 % oberhalb des Bundesschnitts (2,9 %). Im Umland sind die Anteile jedoch unter dem Bundesschnitt. Eine Differenzierung der Fahrleistungen ist deswegen nicht zuletzt aufgrund der hohen Pendlerströme schwierig.

## Datenquellen für die Bilanzierung

### Datenquellen für die stationäre Bilanzierung

Die Datenquellen für die Erstellung einer Endenergiebilanz können sehr vielfältig sein.

Grundsätzlich ist die Erhebung konsistenter Daten 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. Prinzipiell muss in jeder Kommune geprüft werden, für welchen Energieträger welche Datenquelle in Frage kommen kann.

In Frankfurt gibt es seit den ersten Bilanzen regelmäßige Erhebungen zu den lokalen Energieverbräuchen. Die Daten wurden dabei nach der gleichen Systematik abgefragt. Gleichzeitig wurde darauf Wert gelegt, die Konsistenz/Einheitlichkeit der Daten trotz neuer Datenquellen (z.B. aufgrund der Entflechtung im Energieversorgungsbe- reich) und Ansprechpartner\*innen zu gewährleisten. Die Datenquellen für die Erstellung der aktuellen Frankfurter Energie- und THG-Bilanz im stationären Bereich (ohne Verkehr) können Tabelle 0-1 entnommen werden.

Tabelle 0-1: Datenquellen für kommunale Energie- und THG-Bilanzen im stationären Bereich

Datenquelle	Inhalt	Berücksichtigte Sektoren	Datengüte
Mainova / Syna	Energieverbrauch Strom und Erdgas für Gesamtkommune <sup>15</sup>	Alle	A
Mainova/Syna	Wärmeerzeugung/-verbrauch aus elektrischen Wärmepumpen Stromverbrauch für Wärmepumpen	Alle	A
Mainova/Syna	Wärmeverbrauch Fern- und Nahwärme	Alle	A
Mainova/Syna	Brennstoffeinsatz in den Kraftwerken, Stromproduktion, Energiebedarf der Beleuchtung, Absatz Erdgas in Tankstellen	Alle Sektoren	A
Industrieparkbetreiber Höchst, Fechenheim	Strom und Wärmeverbrauch nach Energieträgern für alle Energieträger aufgrund von Betriebsbefragungen	Industrie	A
Statistisches Landesamt	Energieverbrauch verarbeitendes Gewerbe	Industrie	A
Förderstatistik BAFA/KfW	Energieverbrauch (Solarthermie-, Biomasse- und Geothermieanlagen, Wärmepumpen)	Je nach Erhebung	B
Heizöltankstatistik	Ermittlung Heizöl über die Größe der Öltanks	Private Haushalte und GHD	B-C
Nachhaltigkeitsbericht Fraport	Wärme-/Kälteverbrauch	GHD	B

<sup>15</sup> Vielfach liegen Informationen zur Aufteilung der einzelnen Verbrauchssektoren über Standardlastprofile (SLP) und Kunden mit Registrierter-Leistungs-Messung (RLM) vor.

## Datenquellen im Verkehrsbereich

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 energiebasiertes 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.

Im Folgenden werden die Datengrundlagen für die Stadt Frankfurt erläutert:

Grundlage für die Berechnung der Fahrleistungen im **Straßenverkehr** sind Verkehrsmodell- und Verkehrszählungen für das Stadtgebiet Frankfurt. Für das Analysejahr 2014 wurden vom Referat Mobilitäts- und Verkehrsplanung Daten aus dem Verkehrsmodell zur Verfügung gestellt<sup>16</sup>. Diese umfassen werktägliche Fahrleistungen differenziert nach Pkw und verschiedenen Lkw-Größenklassen, nach verschiedenen Geschwindigkeitsbegrenzungen sowie unterschieden nach Binnen-, Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr. Außerdem liegen aggregierte zeitliche Entwicklungen aus der langjährigen Frankfurter Stadtrandzählung mit jeweils etwa 60 Zählpunkten am inneren und äußeren Kordon vor<sup>17</sup>. Über die automatischen Zählstellen der Bundesanstalt für Straßenwesen<sup>18</sup> liegen zudem jährliche Informationen über den Verkehr auf Autobahnen und einzelnen Bundesstraßenabschnitten im Raum Frankfurt vor.

Auf dieser Grundlage wurden zunächst unter Berücksichtigung bundesmittlerer Wochengänge (d.h. Unterschiede der Verkehrsmengen am Samstag & Sonntag ggü. Montag-Freitag) die Jahresfahrleistungen des Kfz-Verkehrs in Frankfurt für das Jahr 2014 hochgerechnet. Im Verkehrsmodell nicht enthaltene Kfz-Kategorien (motorisierte Zweiräder, Busse) wurden anhand bundesmittlerer Verkehrsanteile ergänzt. Anschließend wurden die Fahrleistungen bis zum Jahr 2022 fortgeschrieben. Da aus den jährlichen Verkehrszählungen nur aggregierte Entwicklungen vorliegen, aber keine lokal differenzierten Einzelentwicklungen, gibt diese Fortschreibung nur eine näherungsweise Orientierung zur Gesamtentwicklung des Kfz-Verkehrs.

- Die Verkehrsentwicklung 2014-2022 auf Autobahnen wurde in Anlehnung an die Verkehrsentwicklung an den BAST-Zählstellen abgeleitet, dabei wurde zwischen Leichtverkehr (bis 3,5t zulässige Gesamtmasse) und Schwerverkehr (>3,5t zGM) unterschieden.

<sup>16</sup> Aktuelles Basisjahr im Verkehrsmodell (Verkehrsdatenbank Rhein-Main VDRM) ist 2018. Allerdings sind das abgedeckte Straßennetz und die Klassifizierung in Straßentypen methodisch nicht vergleichbar zum früheren Basisjahr. Die starken Verkehrsrückgänge in der Coronapandemie sind in den Basisdaten aus dem Verkehrsmodell noch nicht enthalten. Aus Konsistenzgründen und zum Erhalt der Vergleichbarkeit mit früheren Bilanzen wurde daher der Datensatz vom Basisjahr 2014 als Grundlage beibehalten. Im Falle einer zukünftigen regelmäßigen konsistenten Fortschreibung der realen Verkehrsentwicklungen im städtischen Verkehrsmodell kann eine dauerhafte Umstellung auf eine aktualisierte Datengrundlage vorgenommen werden.

<sup>17</sup> <https://frankfurt.de/themen/verkehr/verkehrsplanung/verkehrsdaten/erhebungen/stadtrandzaehlung>

<sup>18</sup> [https://www.bast.de/BAST\\_2017/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-verkehrszaehlung/Verkehrszaehlung.html](https://www.bast.de/BAST_2017/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-verkehrszaehlung/Verkehrszaehlung.html)

- Der Verkehr auf Außerorts- und Innerortsstraßen wurde über die mittleren Entwicklungen in den Stadtrandzählungen für den äußeren Kordon bzw. inneren Kordon fortgeschrieben. Dabei wurde mangels zusätzlicher Informationen nicht zwischen verschiedenen Kfz-Kategorien unterschieden.

Angaben zu Betriebsleistungen und Verkehrsangebot im **Öffentlichen Straßenpersonenverkehr** (Linienbus, Straßenbahn) sind für Frankfurt am Main in den Geschäfts- und Nachhaltigkeitsberichten der lokalen Nahverkehrsgesellschaft TraffiQ sowie der Stadtwerke Verkehrsgesellschaft Frankfurt am Main mbH (VGF) verfügbar. Für die Bilanzierung von **Schienerverkehr** und **Binnenschifffahrt** sowie der Stadt Frankfurt am Main zugerechneten **LTO-bezogenen Emissionen des Flugverkehrs** werden Endenergieverbrauchsangaben verwendet, die von ifeu als gemeindefeine Datensätze für eine BSKO-konforme Bilanzierung abgeleitet worden sind und regelmäßig aktualisiert werden. Grundlage im Schienenverkehr sind von der DB AG bereitgestellte deutschlandweite gemeindefeine Endenergieverbrauchsdaten für ein Fahrplanjahr. Davon ausgehend wurden von ifeu prozentuale Aufteilungen der Energieverbräuche im Schienenverkehr auf alle Gemeinden abgeleitet und anschließend anhand der in TREMOD enthaltenen jährlichen Energieverbräuche des gesamtdeutschen Schienenverkehrs gemeindefeine Energieverbräuche berechnet. Endenergieverbräuche im Binnenschiffverkehr werden jährlich kommunenfein direkt im Modell TREMOD über jährlich beim Statistischen Bundesamt verfügbare Gütertransportmengen aller Wasserstraßen in Deutschland sowie wasserstraßenspezifische Energieverbrauchsfaktoren berechnet. Energieverbräuche und Emissionen für den LTO-Zyklus (Landing and Take-off Cycle) werden ebenfalls jährlich im Modell TREMOD unter Verwendung flugzeugtypspezifischer Emissionsfaktoren für die wichtigsten Verkehrsflughäfen in Deutschland abgeleitet und den einzelnen Gemeinden über deren Flächenanteile am Flughafen angerechnet. Grundlage sind jährliche Informationen zur Anzahl der Starts und Landungen im gewerblichen Flugverkehr vom statistischen Bundesamt.

In Tabelle 0-2 sind die berücksichtigten Verkehrsmittel und die jeweilige Quelle für Verkehrsdaten der Stadt Frankfurt am Main dargestellt.

Tabelle 0-2: Quellen für Verkehrsdaten in Frankfurt am Main in den Treibhausgasbilanzen der Jahre 2015-2022

<b>Verkehrsmittel</b>	<b>Datenquelle/-herkunft</b>
Motorisierter Individualverkehr (motorisierte Zweiräder, Pkw)	Stadt Frankfurt, BAST
Straßengüterverkehr (leicht Nutzfahrzeuge, Lkw >3,5t)	Stadt Frankfurt, BAST
ÖSPV (Linienbus, Straßenbahn)	TraffiQ, VGF
Schienerverkehr (Personennah- und -fernverkehr, Güterverkehr)	ifeu (TREMODO/BSKO)
Binnenschifffahrt	ifeu (TREMODO/BSKO)
Flugverkehr	ifeu (TREMODO/BSKO)

Zur Berechnung der Endenergieverbräuche und Treibhausgasemissionen werden aktuelle fahr- und verkehrsleistungsspezifische Kraftstoffverbrauchs- und Emissionsfaktoren aus dem Modell TREMOD verwendet. In TREMOD werden der durchschnittliche technische Stand der Fahrzeugflotte in Deutschland im jeweiligen Bezugsjahr und der Einfluss von Geschwindigkeit und Fahrsituation (z.B. Innerortsstraßen, Autobahnen) berücksichtigt. Weiterhin sind Randbedingungen wie die CO<sub>2</sub>-Minderungsziele der Europäischen Kommission, die Zunahme des Anteils von Diesel-Pkw, Beimischung von Biokraftstoffen, etc. abgebildet.

## THG-Emissionsfaktoren

### Emissionsfaktoren der lokalen Wärmeerzeugung

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

Tabelle 0-3: Emissionsfaktoren Endenergie Wärme (t/MWh) in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten

Zeiträume	2015-2019	2020	2021	2022	Quelle	Genaue Prozessbezeichnung
Erdgas	0,247	0,247	0,247	0,257	BSKO-Papier	Gas Heizung Brennwert DE (Endenergie)
Heizöl	0,318	0,318	0,318	0,312		Öl-Heizung DE (Endenergie)
Biomasse	0,025	0,021	0,022	0,022		Holz Pellet Holzwirt. Heizung 10kW (Endenergie); ab 2020 Mittelwert Wärmebereitstellung aus fester Biomasse (privaten Haushalte und GHD) sowie Industrie
Flüssiggas	0,276	0,276	0,276	0,276		Flüssiggas Heizung-DE (Endenergie) Ab 2015: Flüssiggas (LPG)-Heizung-DE (Endenergie)
Steinkohle	0,438	0,429	0,433	0,433		Kohle Brikett Heizung DE (Endenergie), ab 2020 Wärmebereitstellung aus fossilen Energieträgern in privaten Haushalten, im GHD-Sektor und der Industrie
Braunkohle	0,411	0,443	0,445	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	0,024	0,019	0,023	0,023		Solarkollektor Flach DE, ab 2020 Wärmebereitstellung aus Solarthermie
Fernwärme	0,270	0,270	0,270	0,260	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	0,330	ifeu (Annahme)	individuell veränderbar

## Emissionsfaktoren für Strom

Je nach Ziel der Bilanzierung werden aktuell in den Kommunen unterschiedliche Stromemissionsfaktoren verwendet. Im BSKO-Harmonisierungsprozess wurde festgelegt, 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 vom ifeu für alle einzelnen Jahre berechnet.

Tabelle 0-4: Zeitreihe Strom Bundesmix (Quelle: ifeu-Strommaster) in t/MWh in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten

Jahr		Jahr		Jahr		Jahr	
1990	0,872	2000	0,709	2010	0,614	2020	0,429
1991	0,889	2001	0,712	2011	0,633	2021	0,472
1992	0,830	2002	0,727	2012	0,645	2022	0,505
1993	0,831	2003	0,732	2013	0,633		
1994	0,823	2004	0,700	2014	0,620		
1995	0,791	2005	0,702	2015	0,600		
1996	0,774	2006	0,687	2016	0,581		
1997	0,752	2007	0,656	2017	0,554		
1998	0,738	2008	0,656	2018	0,544		
1999	0,715	2009	0,620	2019	0,478		

## THG-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>19</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.

In Frankfurt am Main wird für die betriebenen Fernwärme-, Ferndampf- und Nahwärmenetze die exergetische Allokation zur Bewertung angesetzt. Für alle in die Wärme-/Kältenetze einspeisenden Anlagen werden die Emissionen aus der Wärme- und Kälteerzeugung exergetisch alloziert. Die ermittelten Emissionen für die Stromerzeugung werden dem Bundesmix zugeordnet.

Im Territorialmix (s.o.) fließen die lokalen Emissionen zur Stromerzeugung in die Ermittlung des lokalen Strommixes ein (s.u.).

Tabelle 0-5: Wärmemixe für die Energie- und THG-Bilanz der Stadt Frankfurt am Main (Bilanzjahr 2022) in t CO<sub>2</sub>-Äquivalente/MWh

<b>Fernwärme</b>	
THG - Faktor Fernwärme	0,156
<b>Ferndampf</b>	
THG - Faktor Ferndampf	0,381
THG - Faktor Ferndampf Industrie	0,170

## Definition von Verbrauchssektoren

Aktuell unterscheiden sich bei den verschiedenen Datenbereitstellern (Energieversorgungsunternehmen, Statistische Landesämter etc.) jedoch noch 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 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.

**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 Gewerbe mit weniger als 20 Mitarbeiter\*innen und landwirtschaftliche Betriebe).

## 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. 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 Kraftwerks 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 4-1) 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.

# Literaturverzeichnis

---

- Agentur für kommunalen Klimaschutz (2024): BSKO Bilanzierungs-Systematik Kommunal - Methoden und Daten für die kommunale Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland
- Deutsches Institut für Urbanistik (Hrsg.) (2023): 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 Treibhausgasbilanzierung. 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" (TREMODO). Im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- IINAS - Fritsche et al. (2023): Treibhausgasemissionen und kumulierter Energieaufwand des deutschen Strommix 2022 mit Ausblick auf 2030-2050 (für HEA)
- ifeu (2022): Beschreibung der Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung in Frankfurt und Darstellung aktueller Ergebnisse und Entwicklungen (Bilanzjahr 2020).
- ifeu (2023): Beschreibung der Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung in Frankfurt und Darstellung aktueller Ergebnisse und Entwicklungen (Bilanzjahr 2021).
- UBA (Hrsg.) (2009): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger.
- UBA (Hrsg.) (2013): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger.
- UBA (Hrsg.) (2018): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger.
- UBA (Hrsg.) (2020): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger.
- UBA (Hrsg.) (2021): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger.
- UBA (Hrsg.) (2022): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger.
- UBA (Hrsg.) (2023): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger.