

Aktualisierung und Anpassung der CO₂-Bilanz Energie und Verkehr für die Stadt Mannheim bis 2018

Bericht

Hans Hertle, 1.12.2020

Wie 2014 erfolgt auch die aktuelle Bilanzierung in Mannheim für das Jahr 2018 auf Basis der bundesweiten Bilanzierungsmethode BSKO¹. Verwendet wird dabei die Software „Klimaschutz-Planer“².

Wesentliche Eckdaten der BSKO-Berechnungsmethode sind:

- Als Grundlage der Berechnung im Energiebereich gilt das „endenergiebasierte Territorialprinzip“. D.h. es werden die jährlichen Energieverbräuche, die innerhalb der Stadtgrenzen angefallen sind, mit Emissionsfaktoren verknüpft.
- Für die Berechnung der CO₂-Emissionen im Strombereich wird dazu der bundesweit aktuelle Strommix herangezogen.
- Die lokale Wärmeauskopplung der Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) wird exergetisch, d.h. auf Basis der Arbeitsfähigkeit von Strom und Wärme, bewertet.
- Die CO₂-Emissionsfaktoren werden einschließlich Vorkette und den äquivalenten Emissionen von Lachgas und Methan als CO₂-Äquivalent berechnet.
- Für die Basisbilanz wird zuerst der nicht witterungskorrigierte Verbrauch herangezogen, wie es auch auf Ebene des nationalen Treibhausgasinventars erfolgt. Damit ist ein Vergleich mit der Entwicklung in Deutschland möglich.
- In diesem Bericht werden zusätzlich die witterungskorrigierten Werte herangezogen und dargestellt. Damit ist eine Interpretation der Zeitreihe der CO₂-Emissionen in Freiburg ohne Einfluss der Witterung möglich.

Im Bereich Verkehr waren aufgrund methodischer Anpassungen des statistischen Landesamtes und der Änderung der TREMOD-Emissionsdaten erhebliche Anpassungen notwendig. Das gilt auch rückwirkende. Daher mussten alle Bilanzjahre von 2005 bis 2018 komplett neu aufgesetzt werden. Diese Änderung gilt deutschlandweit für alle Kommunen, die mit dem BSKO-Standard bilanzieren.

Durch diese Anpassungen ist die vorliegende Verkehrsbilanzierung daher nicht mehr mit den bisherigen Verkehrsbilanzen vergleichbar (siehe auch Kapitel 3.1). Die komplette Datenreihe im Verkehr wurde neu berechnet.

¹ BSKO: Bilanzierungs-Standard Kommunal.

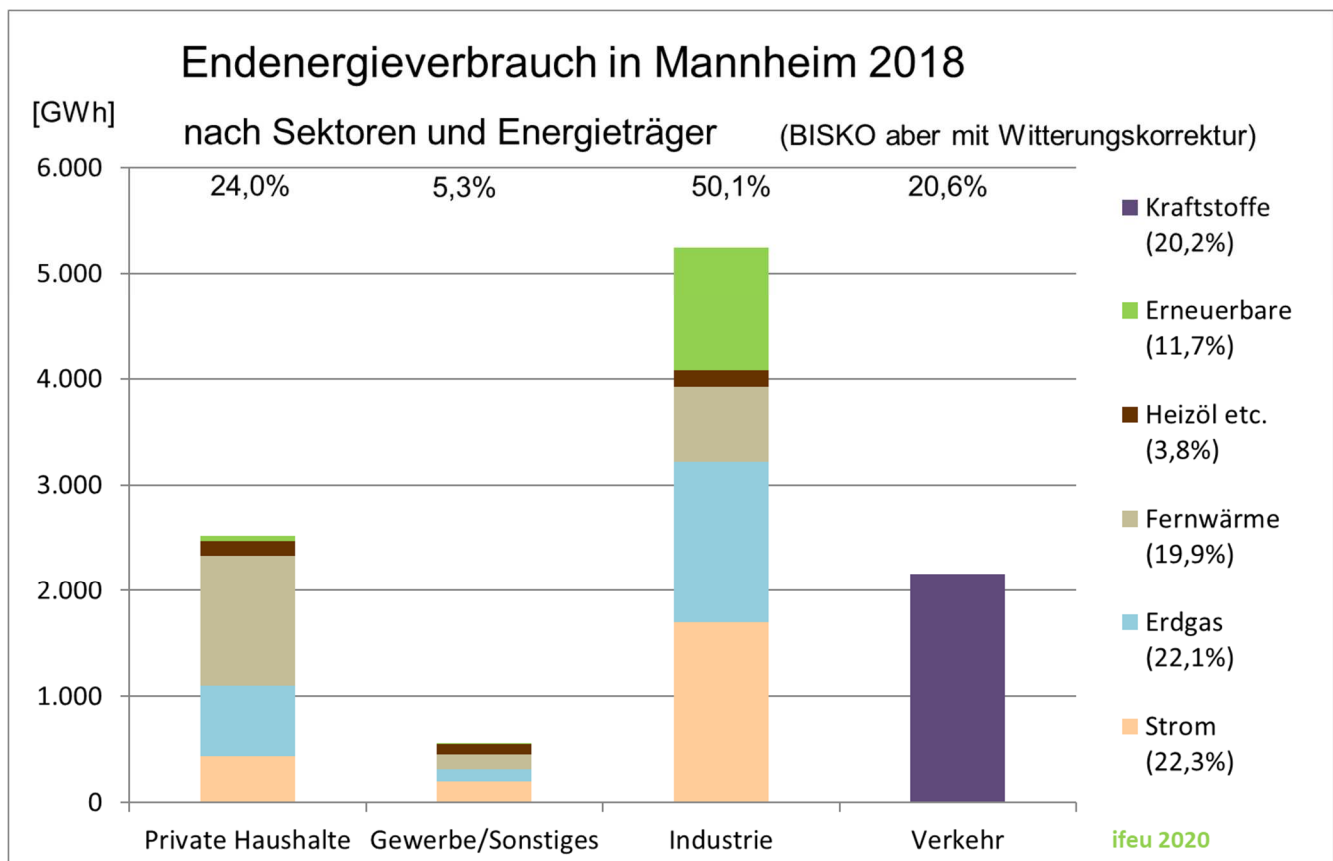
Siehe: https://www.ifeu.de/energie/pdf/Bilanzierungs-Systematik_Kommunal_Kurzfassung.pdf

² Siehe: www.klimaschutz-planer.de

1 Bilanz 2018

Das Jahr 2018 wurde in Mannheim nach der neuen BSKO-Methode berechnet¹. Allerdings wurde anlog zur bisherigen Berechnung der witterungskorrigierte Verbrauch berücksichtigt.

Folgende Abbildung zeigt den Endenergieverbrauch in Mannheim für das Jahr 2018 auf. Er beträgt insgesamt (witterungskorrigiert) 10.481 GWh. Am meisten Energie (50%) wurde im Industriesektor gebraucht. Danach folgen Private Haushalte (24%), Verkehr (21%) und Gewerbe (5%).

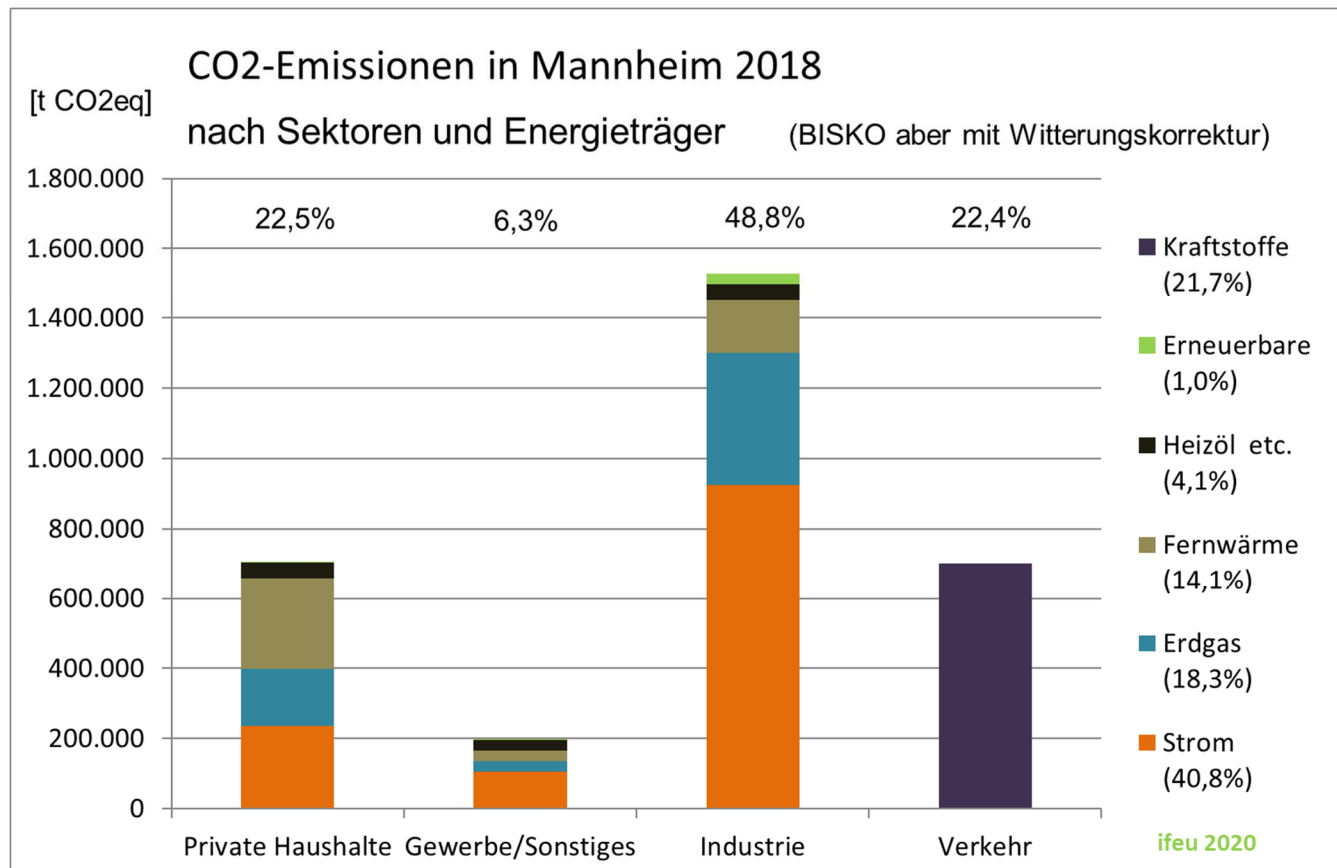


Bei den Energieträgern dominiert Strom und Erdgas (je 22%), gefolgt von Fernwärme (20%), den Kraftstoffen (20%), Erneuerbaren (12%) und Heizöl (4%).

¹ Siehe Bilanz Mannheim 2014, ifeu Heidelberg, 19.1.2017

Die nächste Abbildung zeigt die CO₂-Emissionen in Mannheim für das Jahr 2018 auf. Die Anteile nach Sektoren entsprechen in etwa denen des Endenergieverbrauchs.

Die meisten Emissionen gehen zu Lasten der Industrie (49%). Danach folgen Private Haushalte (23%), Verkehr (22%) und Gewerbe (6%).



Aufgrund der hohen spezifischen Emissionen von Strom verschieben sich hier die Anteile bei den Energieträgern jedoch erheblich.

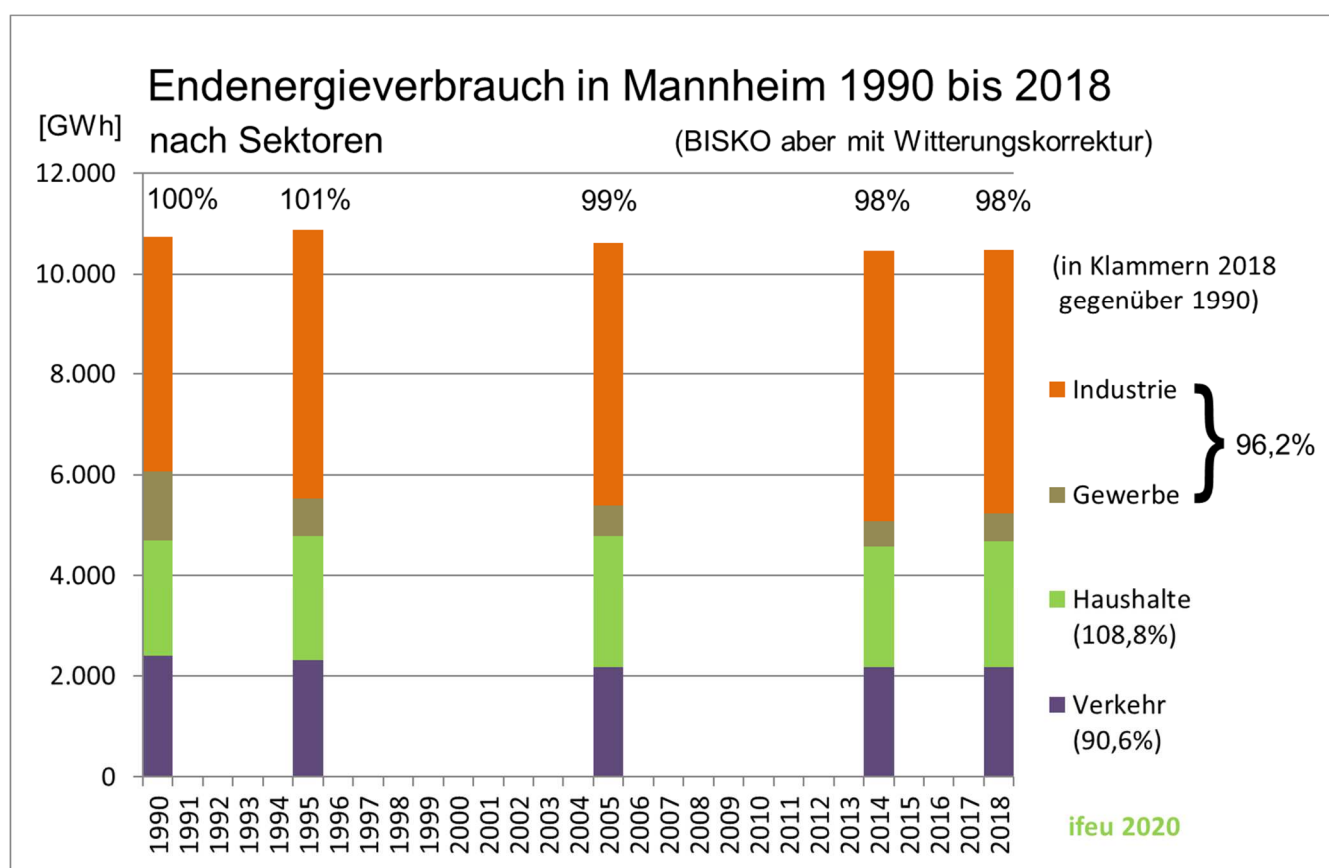
Hier dominiert Strom mit 41%, gefolgt von den Kraftstoffen (22%), Erdgas (18%), Fernwärme (14%), Heizöl (4%) und den Erneuerbaren (1%).

2 Entwicklung 1990 bis 2018

Folgende zwei Grafiken zeigen den Verlauf der Bilanzen von 1990 bis 2018 nach der aktuellen Bilanzierungssystematik (neue Emissionsfaktoren im Verkehr).

Der witterungskorrigierte Endenergieverbrauch verringert sich in diesem Zeitraum von 10.730 GWh um -2% auf 10.480 GWh.

Der Rückgang im Verkehrsbereich beträgt -9% (von 2.390 zu 2.160 GWh), der von Industrie und Gewerbe insgesamt -4%. Diese beiden Sektoren werden zusammen betrachtet, da die Abgrenzung aufgrund der schlechten Datenlage in früheren Jahren nicht eindeutig vorgenommen werden kann. Im Bereich Privater Haushalte kommt es zu einem Zuwachs von +9% (von 2.310 zu 2.520 GWh).

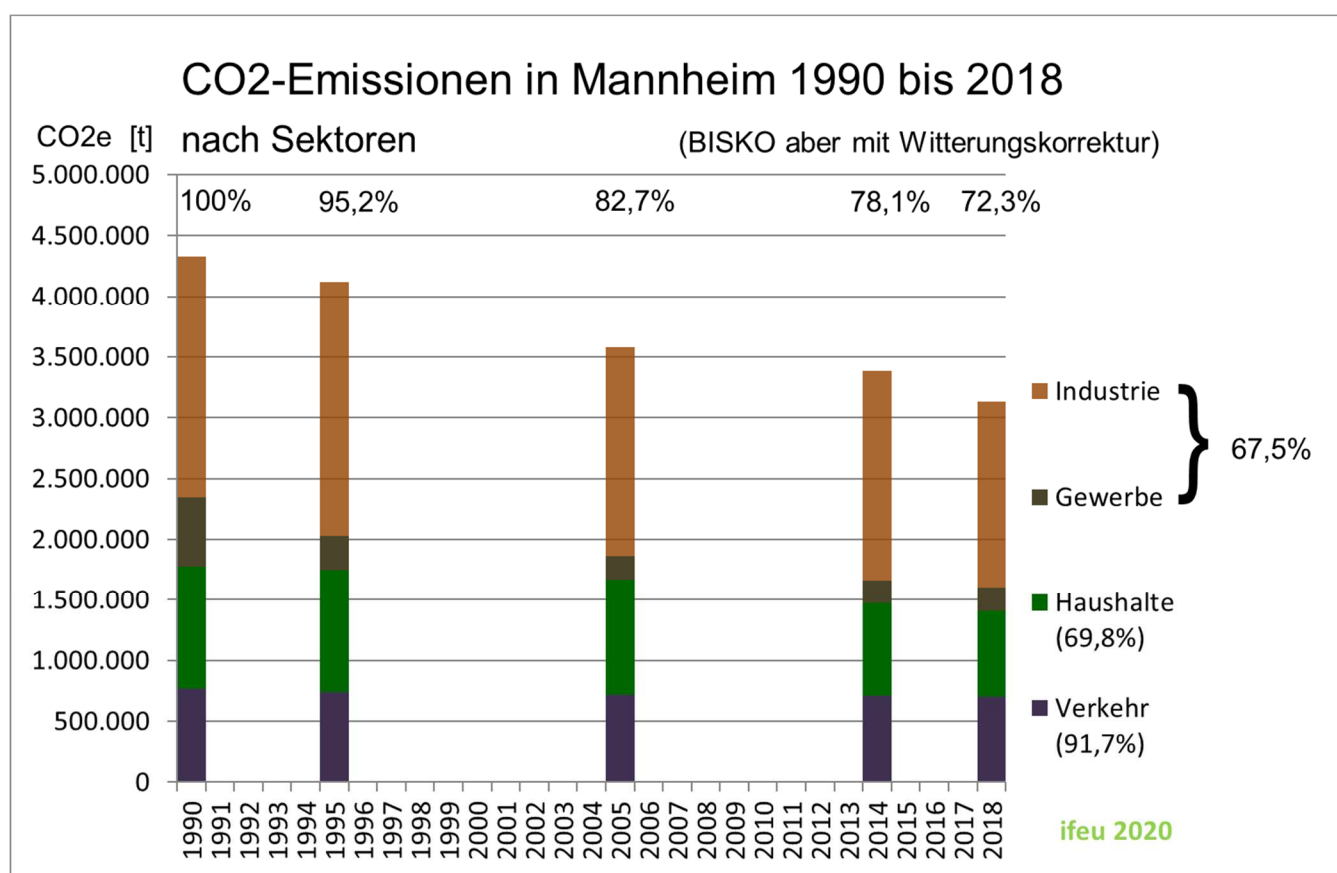


Die Berechnung der CO₂-Emissionen basiert hier auf dem witterungskorrigierten Endenergieverbrauch (siehe oben). Insgesamt sind die CO₂-Emissionen von 1990 bis 2018 um 27,7% von 4,332 Mio. auf 3.133 Mio. Tonnen gesunken.

Bei den Privaten Haushalten verringerten sich die Emissionen um -24% von 1,011 Mio. auf 0,706 Mio. Tonnen.

Im Sektor Industrie und Gewerbe sanken sie insgesamt um 32% von 2,554 Mio. auf 1,724 Mio. Tonnen.

Im Verkehrsbereich (siehe auch Kapitel 3) gingen sie von 0,767 Mio. auf 0,703 Mio. Tonnen zurück (-8%).



3 Sektor Verkehr

3.1 Methodik

Der Endenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen für den Verkehrssektor in Mannheim werden nachfolgend für das aktuelle Basisjahr 2018 bilanziert sowie mittels einer Rückrechnung die Entwicklung gegenüber dem Jahr 2005 bewertet. Die Bilanzierung erfolgt analog zum stationären Bereich nach den methodischen Empfehlungen zur kommunalen Treibhausgasbilanzierung, die im Rahmen des vom BMU geförderten Vorhabens „Klimaschutz-Planer – Kommunalen Planungsassistent für Energie und Klimaschutz“ durch ifeu entwickelt worden sind¹.

Die Erfassung des Verkehrs in kommunalen Treibhausgasbilanzen nach der hier angewandten, mit internationalen Empfehlungen kompatiblen Methodik erfolgt als endenergiebasierte Territorialbilanz unter Einbezug sämtlicher motorisierten Verkehrsmittel im Personen- und Güterverkehr. Im Straßenverkehr wird ergänzend eine erweiterte Differenzierung nach Herkunft und Ursachen der Verkehre empfohlen, sofern dies die Datenlage zulässt. Wenn eine Kommune einen Flughafen mit relevantem Flugverkehr auf dem Territorium hat, wird der Flugverkehr über die Emissionen der Starts und Landungen auf dem Territorium (LTO-Zyklus) erfasst. Die erfassten Treibhausgasemissionen berücksichtigen sowohl CO₂ als auch CH₄ und N₂O mit deren höherer spezifischer Klimawirksamkeit (d.h. in CO₂-Äquivalenten). Dabei werden sowohl die direkten Emissionen während der Fahrzeugnutzung (tank-to-wheel) als auch die vorgelagerten Emissionen der Energieträgerbereitstellung (well-to-tank) einbezogen. In Abbildung 3-1 sind Methodik und Systemgrenzen für die Bilanzierung des Verkehrs grafisch zusammengefasst.

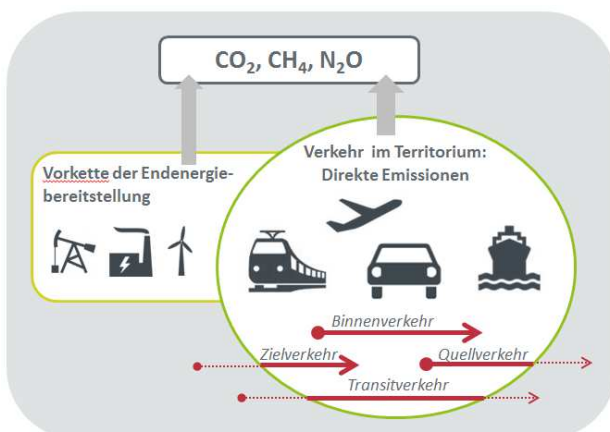


Abbildung 3-1: Empfehlungen zur Bilanzierungssystematik im Verkehr

¹ BSKO Bilanzierungs-Systematik Kommunal. Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland. Im Rahmen des Vorhabens „Klimaschutz-Planer – Kommunalen Planungsassistent für Energie und Klimaschutz“. Ifeu-Institut Heidelberg, 2016. https://www.ifeu.de/energie/pdf/Bilanzierungs-Systematik_Kommunal_Kurzfassung.pdf

3.2 Datengrundlagen

Verkehrsdaten für das Jahr 2018

Ein zentrales Kriterium für die Eignung der Bilanzierungsregeln ist die breite Verfügbarkeit kommunenspezifischer Verkehrsdaten. Für eine Territorialbilanz sind deutschlandweit lokalspezifische Daten für alle Verkehrsmittel für aktuelle Bezugsjahre verfügbar:

- Straßenverkehr: Seit dem Jahr 2016 gibt es mit dem Software-Tool GRETA¹ beim Umweltbundesamt räumlich aufgelöste Daten aller nationalen Emissionen, über das Tool sind auch Vorgabewerte der Kfz-Fahrleistungen für jede Kommune in Deutschland differenziert nach Kfz-Kategorien und Straßenkategorien verfügbar. Auch einige Bundesländer ermitteln jährlich gemeindefeine Fahrleistungsdaten. Größere Städte verfügen zudem üblicherweise über eigene kommunale Verkehrsmodelle, mit denen Fahrleistungen auf dem Territorium berechnet werden können. Während die Bilanz für das Jahr 2014 noch die GRETA-Werte genutzt wurden, wurden für die Bilanz 2018 (und rückwirkend auch für die Bilanzjahre 2005 und 2014) auf die Werte des statistischen Landesamtes zurückgegriffen. Dies ist damit zu begründen, dass regionalen Erhebungen (Land/Kommune) Vorrang gegeben wird. Nachdem die Verkehrsleistungen zuletzt noch einmal rückwirkend angepasst wurden, ist anhand der StaLa-Daten eine konsistente Zeitreihe möglich.
- Im Bahnverkehr existiert ein deutschlandweites streckenfeines Emissionskataster der DB AG mit kommunenfeiner Zurechnung von Bahnverkehr und Energieverbräuchen.
- Binnenschiffverkehr sowie flughafenbezogene Emissionen werden jährlich kommunenfein in dem Modell TREMOD² berechnet.

In Tabelle 3.1 sind die berücksichtigten Verkehrsmittel und die jeweilige Quelle für Verkehrsdaten der Stadt Mannheim für das aktuelle Bilanzjahr 2018 dargestellt.

Tabelle 3.1: Quellen für Verkehrsdaten in Mannheim für das Jahr 2018

Verkehrsmittel	Datenquelle/-herkunft
Motorisierter Individualverkehr (motorisierte Zweiräder, Pkw)	StaLa
Straßengüterverkehr (leicht Nutzfahrzeuge, Lkw >3,5t)	StaLa
Busse (Summe Linien- und Reisebusse)	StaLa
Öffentlicher Straßenpersonenverkehr (Linienbusse und Straßenbahnen)	Rhein-Neckar-Verkehr GmbH (RNV)
Schienenverkehr (Personennah- und -fernverkehr, Güterverkehr)	Deutsche Bahn AG
Binnenschiffe	TREMOD

¹ GRETA: Gridding Emission Tool for ArcGIS, AVISO 2016, im Auftrag des Umweltbundesamtes. FKZ 3712 63 240 2); 2016.

² TREMOD: Transport Emission Model, Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2035; ifeu Heidelberg, im Auftrag des Umweltbundesamtes; seit 1993.

Da der Mannheimer Flughafen keinen signifikanten Luftverkehr aufweist, wird er in der Bilanz nicht berücksichtigt. Fuß- und Radverkehr werden nicht betrachtet, da hier fast keine externe Energie zugeführt werden muss und somit nahezu keine verkehrsbedingten Emissionen entstehen.

Die Fahrleistungsdaten für Mannheim bilden den gesamten Verkehr im Stadtgebiet ab und erfassen damit gleichermaßen Verkehre der Einwohner wie auch der auswärtigen Besucher im politischen Handlungsfeld der Stadt. Allerdings liegen die Daten nicht differenziert nach den Ursachen bzw. der Herkunft der Verkehre vor. Eine zusätzliche Differenzierung der Fahrleistungen nach Binnen-, Quell-, Ziel- und Transitverkehr, wie methodisch empfohlen, würde daher die Identifizierung von konkreten Handlungsbereichen, die Ableitung von gezielten Maßnahmen sowie die Abschätzung von Potenzialen erleichtern. Für die Energie- und CO₂-Bilanz des Verkehrs in Mannheim liegen jedoch bisher keine Daten in der notwendigen Auflösung vor, so dass eine entsprechende Differenzierung der Fahrleistungen und der damit verbundenen Emissionen nicht dargestellt werden kann.

Emissionsfaktoren

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 sowie der Einfluss von Geschwindigkeit und Fahrsituation (z.B. Innerortsstraßen, Autobahn) berücksichtigt. Weiterhin sind Randbedingungen wie die CO₂-Minderungsziele der Europäischen Kommission, die Zunahme des Anteils von Diesel-Pkw, Beimischung von Biokraftstoffen, etc. abgebildet.

Anpassung der Emissionsfaktoren

Wie oben bereits erwähnt mussten im Bereich Verkehr alle Bilanzjahre von 1995 bis 2018 nochmals komplett neu aufgesetzt werden. Dies war aufgrund methodischer Anpassungen des statistischen Landesamtes und der Änderung der TREMOD-Emissionsdaten notwendig und gilt deutschlandweit für alle Kommunen, die mit dem BSKO-Standard bilanzieren.

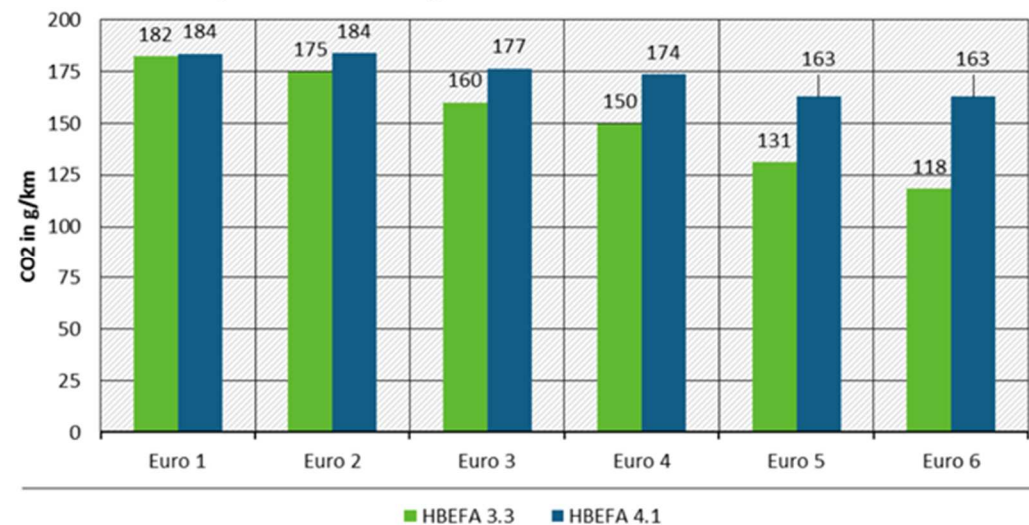
Hintergrund der Korrektur der Emissionsfaktoren ist folgender: In den letzten Jahren wurden die, auf Basis der Pkw-Grenzwerte erwarteten Verbrauchsminderungen in der Realität weit verfehlt. Daher wurden für die aktuelle Bilanzierung neue Realverbrauchsfaktoren angenommen.

Die Abbildung zeigt den Vergleich der CO₂-Emissionsfaktoren vor und nach der Anpassung aus einem Dokument des Umweltbundesamtes. Der linke grüne Balken zeigt jeweils die Faktoren, wie sie bis Ende 2019 überall in Deutschland als Realverbrauchsfaktoren verwendet wurden. Quelle war dafür das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) Version 3.3. Die rechte blaue Spalte zeigt die neuen Faktoren des HBEFA 4.1, die seit Anfang 2020 auch in TREMOD (Transport Emission Model des ifeu) eingearbeitet sind. Es ist erkennbar, dass sich die Differenz zwischen damals angenommenen und heute realistisch abgeschätzten Emissionen bei den höheren Schadstoffklassen (Euro 1 bis Euro 6) deutlich erhöht hat. Diese Faktoren betreffen nicht nur die Stadt Freiburg sondern alle Mobilitätsbilanzen mit TREMOD bzw. auch auf Basis des BSKO-Standards berechnet werden. Ebenso die europäische Ebene¹.

¹ <https://theicct.org/news/unterschied-zwischen-offiziell-em-und-realem-kraftstoffverbrauch-neue-pkw-europa-stagniert>

Abbildung 6: Vergleich der direkten CO₂-Emissionsfaktoren in g/km aus HBEFA 3.3 und 4.1 für Pkw* im Jahr 2018

Betriebswarmer Motor, ohne Kaltstartzuschlag; Durchschnittliche Verkehrssituationen in Deutschland



*enthält nur Diesel und Benzin Pkw

HBEFA 3.3 und 4.1

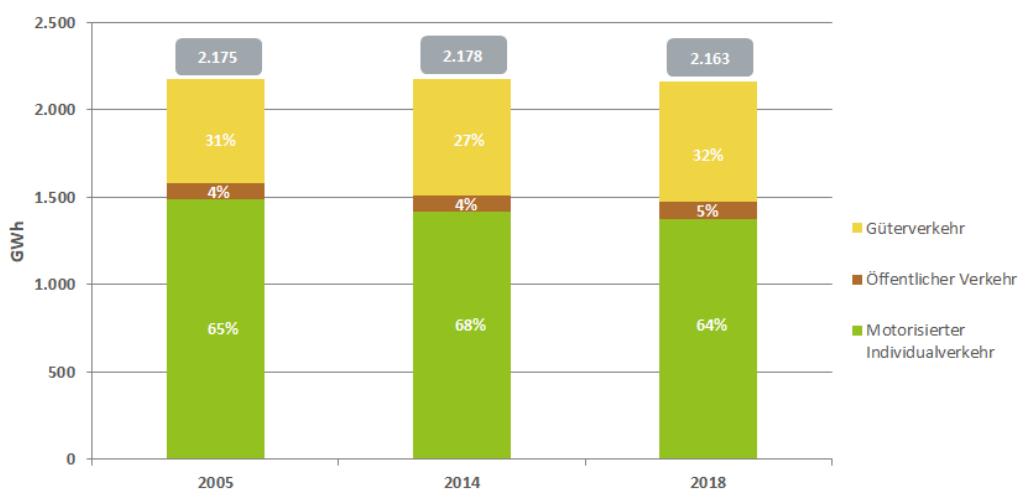
Quelle: UBA 2019

3.3 Endenergiebilanz

Der Verkehrssektor in Mannheim benötigte im Jahr 2018 Endenergie in Höhe von 2.163 GWh. Den größten Anteil hatte mit 64 % der motorisierte Individualverkehr (vgl. Abbildung 3-2). Auf den öffentlichen Verkehr (Nah- und Fernverkehr, inkl. Straßenbahn) entfielen lediglich 5 % des Endenergieverbrauchs. Insgesamt kamen damit etwa 68 % des Endenergieverbrauchs aus dem Personenverkehr, 32 % entfielen auf den Güterverkehr.

Endenergiebedarf des motorisierten Verkehrs in Mannheim

nach Verkehrsart



Quelle: ifeu 2020

Abbildung 3-2: Bilanz des Endenergiebedarfs in Mannheim für 2005, 2014 und 2018 im Verkehrssektor

Im Vergleich zu 2014 ist der Endenergiebedarf insgesamt um 1 % gesunken. Dies ist hauptsächlich dem geringeren Endenergiebedarf im motorisierten Individualverkehr (-3 %) zurückzuführen. Im Güterverkehr ist der Endenergiebedarf insgesamt um 4 % gestiegen.

Gegenüber dem Jahr 2005 sind diese Entwicklungen bei den einzelnen Verkehrsarten jeweils noch deutlicher (MIV: -8 %, Güterverkehr: +16 %). Insgesamt sank der Endenergieverbrauch zwischen 2005 und 2018 im Verkehrsbereich um 1 %.

Eine weitergehende Differenzierung nach Verkehrsmittel und Verkehrsträger für den Endenergiebedarf im Jahr 2018 ist in Abbildung 3-3 dargestellt.

- Pkw machen mit 63,2 % den mit Abstand größten Anteil an dem Endenergiebedarf aus, gefolgt von Lkw mit 22,8 % und leichten Nutzfahrzeugen mit 6,6 %. Alle anderen Verkehrsmittel spielen eine untergeordnete Rolle.
- Bezogen auf den Verkehrsträger hat der Straßenverkehr einen Anteil von 93,5 % gefolgt von der Schiene mit 4,4 % und dem Binnenschiffverkehr mit 2,1 %.

Im Straßenverkehr werden bisher als Energieträger nahezu ausschließlich Kraftstoffe (v.a. Benzin, Diesel) eingesetzt. Der Schienenverkehr erfolgt dagegen nur zu einem geringen Anteil mit Dieseltraktion (ca. 10 %), der größte Teil wird mit Elektrotraktion erbracht. Insgesamt betrug der Anteil von elektrischem Strom am gesamten Endenergieverbrauch des Verkehrs in Mannheim im Jahr 2018 ca. 4 %.

Aufteilung des Endenergiebedarfs nach Verkehrsmittel und Verkehrsträger in Mannheim 2018

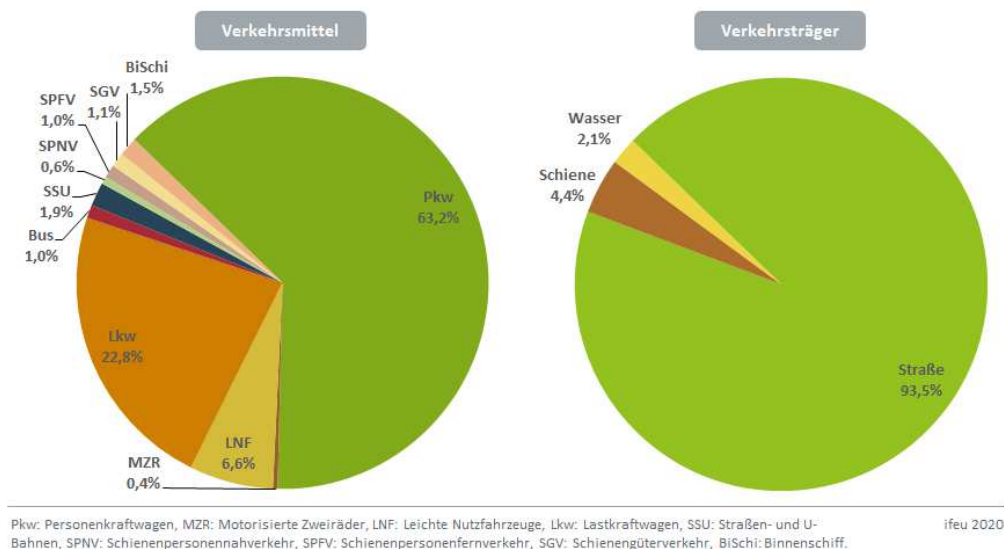


Abbildung 3-3: Anteil Energiebedarf nach Verkehrsmittel und Verkehrsträger

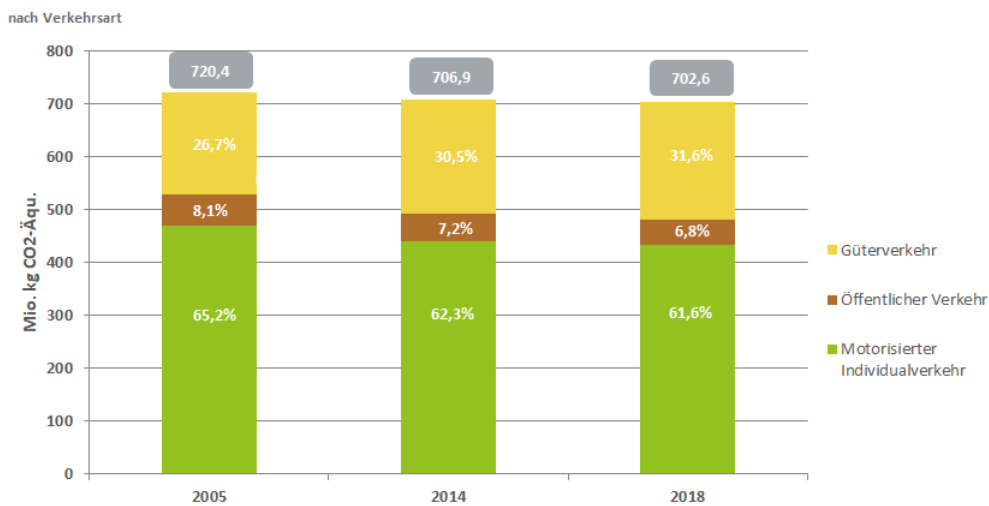
3.4 Treibhausgasbilanz

In Mannheim verursachten im Jahr 2018 Fahrten mit motorisierten Verkehrsmitteln insgesamt 703 Mio. kg CO₂-Äquivalente. Ähnlich zum Endenergieverbrauch war der motorisierte Individualverkehr mit 62 % Hauptemittent (vgl. Abbildung 3-4). Busse und Bahnen hatten einen Anteil an den Treibhausgasemissionen von 7 %. Etwa 32 % der Treibhausgasemissionen des Verkehrs entfielen auf den Güterverkehr im Stadtgebiet.

Im Vergleich zu 2014 sind die klimarelevanten Emissionen nahezu gleich geblieben. Dies ist hauptsächlich den geringeren Emissionen im Personenverkehr zuzurechnen (MIV -2 %; ÖV -6%). Im Güterverkehr sind die Emissionen um insgesamt um 3 % gestiegen.

Gegenüber dem Jahr 2005 sind diese Entwicklungen bei den einzelnen Verkehrsarten jeweils noch deutlicher (MIV: -8 %, Güterverkehr: +16 %). Insgesamt sanken die klimarelevanten Emissionen zwischen 2005 und 2018 im Verkehrsbereich um etwas mehr als 2 %.

Klimarelevante Emissionen des motorisierten Verkehrs in Mannheim



Quelle: ifeu 2020

Abbildung 3-4: Bilanz klimarelevanter Emissionen in Mannheim für 2005 und 2014 im Verkehrssektor

Eine weitere Differenzierung nach Verkehrsmittel und Verkehrsträger für den Ausstoß an klimarelevanten Emissionen im Jahr 2018 ist in Abbildung 3-5 dargestellt.

- Pkw machen mit ca. 61,2 % den mit Abstand größten Anteil an den Treibhausgasemissionen aus, gefolgt von Lkw mit etwa 22,1 % und leichten Nutzfahrzeugen mit ca. 6,4 %. Alle anderen Verkehrsmittel spielen eine untergeordnete Rolle.
- Bezogen auf den Verkehrsträger hat der Straßenverkehr einen Anteil von 89,7 % gefolgt von der Schiene mit 8,2 % und dem Verkehr auf den Wasserstraßen mit 2,1 %.

93 % der Treibhausgasemissionen des Verkehrs in Mannheim im Jahr 2018 entfielen auf den Verbrauch von Kraftstoffen. Der Anteil von elektrischem Strom an den Treibhausgasemissionen betrug ca. 7 %.

Aufteilung der klimarelevanten Emissionen nach Verkehrsmittel und Verkehrsträger in Mannheim 2018

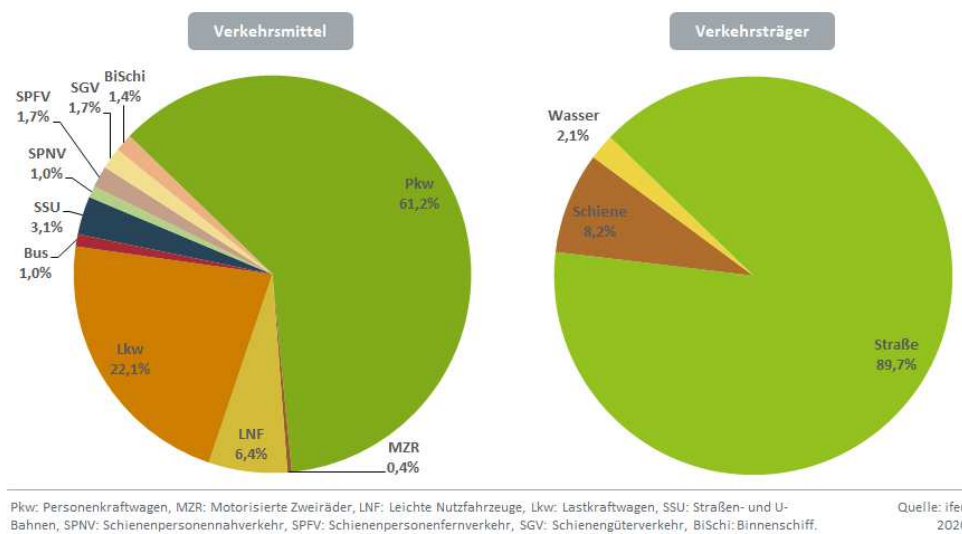


Abbildung 3-5: Anteil klimarelevanter Emissionen nach Verkehrsmittel und Verkehrsträger

3.5 Bilanzergebnisse Verkehr 2018 für SEAP

Für die Darstellung der Bilanzierungsergebnisse für den Verkehr im Kontext eines Sustainable Energy Action Plan (SEAP) bedarf es weiterer Darstellungen:

- Die Endenergieverbräuche und Treibhausgasemissionen im Straßenverkehr müssen zwischen privater und kommunaler Flotte unterschieden werden.
- Weiterhin müssen Energieverbräuche und Emissionen Strom sowie nach einzelnen Kraftstoffen – mit separater Angabe von Biokraftstoffanteilen differenziert sein.
- Schienenpersonenfernverkehr, Schienengüterverkehr, Binnenschiff und Flugverkehr sind in der Bilanz für SEAP nicht enthalten.

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. und **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigen die Endenergieverbräuche und THG-Emissionen des Verkehrs in Mannheim für das Jahr 2018 in Umfang und Differenzierung gemäß SEAP-Vorgaben. Da im Rahmen der Bilanzierung keine zusätzlichen Analysen zur kommunalen Flotte durchgeführt werden konnten, sind kommunale Verkehre nicht getrennt ausgewiesen, sondern im privaten Verkehr enthalten.

Tabelle 3.2: SEAP-Aufteilung des Endenergiebedarfs nach Fahrzeugflotte und Energieträger in Mannheim 2018 in GWh

	Öffentlicher Verkehr				Privater Verkehr					
	Diesel	CNG	Biokraft- stoffe	Strom	Benzin	Diesel	CNG	LPG	Biokraft- stoffe	Strom
2018	21,030	0,455	1,316	74,666	680,887	1.244,355	2,852	15,043	100,995	21,035

Quelle: ifeu 2020

Tabelle 3.3: SEAP-Aufteilung der THG-Emissionen nach Fahrzeugflotte und Energieträger in Mannheim 2018 in Mio. kg CO₂-Äqu.

	Öffentlicher Verkehr				Privater Verkehr					
	Diesel	CNG	Biokraft- stoffe	Strom	Benzin	Diesel	CNG	LPG	Biokraft- stoffe	Strom
2018	6,865	0,113	0,170	40,618	218,978	405,791	4,369	6,42	13,568	11,443

Quelle: ifeu 2020