

TEXTE

165/2023

# Verbesserung der Vorjahres- schätzung der Klimagas- emissionen des Verkehrssektors

von:

Michel Allekotte, Marie Colson, Christoph Heidt, Wolfram Knörr, Jan Kräck  
Ifeu-Institut, Heidelberg

Herausgeber:

Umweltbundesamt



TEXTE 165/2023

Projektnummer 146566

FB001332

# **Verbesserung der Vorjahresschätzung der Klimagasemissionen des Verkehrssektors**

Endbericht

von

Michel Allekotte, Marie Colson, Christoph Heidt, Wolfram  
Knörr, Jan Kräck  
Ifeu-Institut, Heidelberg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

## **Impressum**

### **Herausgeber**

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

### **Durchführung der Studie:**

ifeu-Institut  
Wilckensstraße 3  
69120 Heidelberg

### **Abschlussdatum:**

November 2023

### **Redaktion:**

Fachgebiet I 2.2 Schadstoffminderung und Energieeinsparung im Verkehr  
Philipp Hölting

Publikationen als pdf:

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

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Dezember 2023

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

### **Kurzbeschreibung: Verbesserung der Vorjahresschätzung der Klimagasemissionen des Verkehrssektors**

Mit dem Klimaschutzgesetz (KSG) der Bundesregierung müssen zum 15. März vorläufige Emissionsdaten des Vorjahres, kurz VEdV, zu den Treibhausgas-(THG-)Emissionen aller Sektoren berichtet werden. Ziel des Projekts war die Entwicklung einer geeigneten Methodik für die VEdV des Verkehrssektors. Hierfür wurden die verfügbaren Daten für jeden Verkehrsbereich, z.B. den Straßenverkehr, identifiziert, erhoben und ausgewertet. Als Ergebnis konnten genauere und differenzierte Emissionsdaten zur Verfügung gestellt werden, als dies in bisherigen vorläufigen Schätzungen möglich war. Weiterhin wurden Datenschnittstellen entwickelt, welche einfach fortschreibbar und auch in zukünftigen VEdV anwendbar sind.

Die Ursachen der THG-Änderung gegenüber den Vorjahren wurden mithilfe einer Dekompositionsanalyse untersucht, welche ergab, dass der Verkehrssektor vor allem aufgrund gesunkener Pkw-Fahrleistungen im Zeitraum 2020 – 2022 deutlich geringere THG-Emissionen hatte als im Jahr 2019. Ein eigens entwickeltes Modell zu sog. Grauimporten von Kraftstoffen bestätigte, dass für den Verkehr weniger Kraftstoff in Deutschland getankt als verbraucht wird, weswegen ein Teil der THG-Emissionen bilanziell im Ausland anfallen. Weiterer Forschungsbedarf wurde u.a. für die Fahrleistung auf Nebenstraßen und zur jährlichen Höhe der Grauimporte festgestellt. Auch eine tiefergehende Analyse der Ursachen, welche zur Änderung der Fahrleistungen geführt hat, war im Projekt nur eingeschränkt möglich.

Die Daten und Berechnungen im Projekt bauten weitgehend auf dem Modell TREMOD (Transport Emission Model) auf, welches auch eine Grundlage für die reguläre nationale Emissionsberichterstattung des UBA ist, welche später im Jahr als die VEdV erfolgt.

### **Abstract: Improvement of the previous year's estimate of climate gas emissions from the transport sector**

According to the German Federal Government's Climate Protection Act (KSG), preliminary emission data for the previous year, or VEdV for short, on greenhouse gas (GHG) emissions from all sectors must be reported by 15 March. The aim of the project was to develop a suitable methodology for the VEdV of the transport sector. To this end, the available data for each transport sector, e. g. road transport, was identified, collected and analysed. As a result, more precise and differentiated emission data was made available than was possible in previous preliminary estimates. Furthermore, data interfaces were developed that are easy to update and can also be used in future VEdV.

The causes of the change in GHG emissions compared to previous years were investigated using a decomposition analysis, which showed that the transport sector had significantly lower GHG emissions in the period 2020 - 2022 than in 2019, mainly due to lower car mileage. A specially developed model for so-called grey imports of fuels confirmed that less fuel is used for transport in Germany than is consumed, which is why some of the GHG emissions are generated abroad. A need for further research was identified for mileage on secondary roads and the annual level of grey imports, among other things. An in-depth analysis of the causes that led to the change in mileage was also only possible to a limited extent in the project.

The data and calculations in the project were largely based on the TREMOD (Transport Emission Model), which is also a basis for the regular national emissions reporting of the UBA, which takes place later in the year than the VEdV.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	9
Tabellenverzeichnis.....	10
Abkürzungsverzeichnis.....	13
Zusammenfassung.....	15
Summary .....	25
1 Einleitung.....	35
1.1 Ziele und Inhalt der Studie.....	35
1.2 Abgrenzungen.....	36
2 Daten und Methoden zur Erstellung der VEdV.....	37
2.1 Datenbedarf und Datenbeschaffung.....	37
2.1.1 Aufgabenstellung.....	37
2.1.2 Energiebilanz und Kraftstoffabsatz.....	37
2.1.3 Emissionsfaktoren.....	38
2.1.4 Aktivitätsdaten.....	39
2.2 Weiterentwicklung der Methode.....	40
2.2.1 Übersicht.....	40
2.2.2 Aufteilung der Energie- und Absatzzahlen auf die Quellkategorien.....	40
2.2.3 Bestimmung der VEdV je Quellkategorie.....	41
2.2.3.1 Haushalte, GHD und Militär.....	41
2.2.3.2 Flugverkehr.....	41
2.2.3.3 Nationaler Schiffsverkehr.....	41
2.2.3.4 Schienenverkehr.....	42
2.2.3.5 Straßenverkehr.....	42
2.3 Vorgehen bei den VEdV 2022.....	45
2.3.1 Mobile Quellen in den Kategorien Haushalte, Bauwirtschaft, Landwirtschaft, GHD und Militär.....	45
2.3.2 Flugverkehr.....	46
2.3.3 Nationaler Schiffsverkehr.....	49
2.3.4 Schienenverkehr.....	50
2.3.5 Straßenverkehr.....	51
2.3.5.1 Neuzulassungen und Bestand.....	51
2.3.5.2 Effizienzentwicklung.....	53

2.3.5.3	Bei motorisierten Zweirädern bleibt der spezifische Kraftstoffverbrauch konstant. Fahrleistungen .....	54
2.3.6	Ergebnisse der VEdV 2022 .....	66
2.3.6.1	Energieverbrauch und THG-Emissionen nach Kategorien.....	66
2.3.6.2	Energieverbrauch und THG-Emissionen im Straßenverkehr .....	68
2.4	Ergebnisanalyse .....	71
2.4.1	VEdV und Inventar für das Bezugsjahr 2020.....	72
2.4.1.1	Entwicklung der Absatzzahlen und der Aufteilung in die Quellkategorien für das Jahr 2020.....	73
2.4.1.2	Detailanalyse Flugverkehr für das Jahr 2020.....	75
2.4.1.3	Detailanalyse Straßenverkehr für das Jahr 2020.....	78
2.4.1.4	Ergebnisse: THG-Emissionen des Verkehrs 2020 in den VEdV und im Inventar .....	79
2.4.2	VEdV und Inventar für das Bezugsjahr 2021.....	79
2.4.2.1	Entwicklung der Absatzzahlen und der Aufteilung in die Quellkategorien für das Jahr 2021.....	79
2.4.2.2	Detailanalyse Flugverkehr für das Jahr 2021.....	82
2.4.2.3	Detailanalyse Straßenverkehr für das Jahr 2021 .....	83
2.4.2.4	Ergebnisse: THG-Emissionen des Verkehrs 2021 in den VEdV und im Inventar .....	87
2.4.3	VEdV und Inventar für das Bezugsjahr 2022.....	87
2.5	Zusammenfassung und Ausblick Methode und Daten .....	88
3	Ursachenanalyse .....	90
3.1	Zielstellung und methodische Herangehensweise .....	90
3.1.1	Dekompositionsanalyse .....	90
3.1.1.1	Straßenpersonenverkehr .....	91
3.1.1.2	Straßengüterverkehr .....	91
3.1.1.3	Schlussfolgerungen zur Dekompositionsanalyse.....	92
3.1.2	Analyse der Kraftstoffabsätze und Betankungsdifferenzen „Tankmodell“ .....	94
3.1.2.1	Pkw.....	95
3.1.2.2	Lkw.....	99
3.1.2.3	Fazit.....	103
3.2	Ergebnis Ursachenanalyse für den Straßenverkehr 2022.....	103
3.2.1	Einfluss der Fahrleistungsentwicklung.....	105
3.2.2	Energieeffizienz von Verbrennerfahrzeugen .....	108
3.2.3	Einsatz von Biokraftstoffen.....	108
3.2.4	Elektromobilität .....	109

3.2.5	Zusammenfassung .....	109
3.3	Zusammenfassung und Ausblick Ursachenanalyse.....	110
4	Quellenverzeichnis .....	112
A	Datenquellen für die VEdV .....	117
A.1	Wichtige Datenquellen .....	117
A.2	Nicht für die VEdV verwendete Datenquellen.....	122
A.3	Perspektivisch nutzbare Datenquellen .....	126
B	Zusatzinformationen .....	131
B.1	Heizwerte und Absatzmengen .....	131

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Ergebnisse Dekomposition Pkw, LNF, SNF 2022/2019.....	23
Figure 2:	Results of the decomposition analyses for passenger cars, light commercial vehicles and heavy commercial vehicles in 2022 vs. 2019.....	33
Abbildung 3:	Fahrleistung der Mautfahrzeuge 2019 bis 2022 .....	60
Abbildung 4:	Preisdifferenzen für Ottokraftstoff zwischen Deutschland zu Anrainerstaaten.....	96
Abbildung 5:	Preisdifferenzen für Pkw-Diesekraftstoff zwischen Deutschland zu Anrainerstaaten .....	97
Abbildung 6:	Grauimport/-export bei Otto-Pkw.....	98
Abbildung 7:	Grauimport/-export bei Diesel-Pkw .....	99
Abbildung 8:	Grauimport/-export bei Lkw.....	100
Abbildung 9:	Vergleich von Grauimporten (Tankmodell) mit der Differenz zwischen Absatz/Verbrauch in TREMOD bei Benzin .....	101
Abbildung 10:	Vergleich von Grauimporten (Tankmodell) mit der Differenz zwischen Absatz/Verbrauch in TREMOD bei Diesel .....	102
Abbildung 11:	Ergebnisse Dekomposition Pkw, LNF, SNF 2022/2021.....	104
Abbildung 12:	Ergebnisse Dekomposition Pkw, LNF, SNF 2022/2019.....	104
Abbildung 13:	Durchschnittlicher Täglicher Pkw-Verkehr auf Autobahnen 2019, 2021 und 2022.....	105
Abbildung 14:	Entwicklung der Realpreise für Benzin und Diesel bis 2022 (Jahresmittelwerte) .....	107

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Betrachtete Kategorien je Sektor .....	15
Tabelle 2:	Relevante Mineralölprodukte und Biokraftstoffe je Quellkategorie .....	16
Tabelle 3:	Treibhausgasemissionen des Verkehrs 2022 in Mt CO <sub>2eq</sub> .....	20
Tabelle 4:	THG-Emissionen des Straßenverkehrs nach Fahrzeugarten und des gesamten Verkehrs sowie Sektorenziel des Verkehrs nach KSG 2019-2022 .....	21
Table 5:	Categories analysed per sector .....	25
Table 6:	Relevant mineral oil products and biofuels per source category .....	26
Table 7:	Greenhouse gas emissions from transport in 2022 in Mt CO <sub>2eq</sub> .....	30
Table 8:	GHG emissions from road transport by vehicle type and total transport as well as sector target for transport according to KSG 2019-2022 .....	31
Tabelle 9:	Betrachtete Kategorien je Sektor .....	36
Tabelle 10:	Relevante Mineralölprodukte und Biokraftstoffe je Quellkategorie .....	38
Tabelle 11:	CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren für den Verkehr 2019-2022 .....	39
Tabelle 12:	Statistische Kenndaten zur Entwicklung der Kategorien Bau-, Land- und Forstwirtschaft .....	45
Tabelle 13:	Starts, Flugzeug-km und Verkehrsleistung des gewerblichen Flugverkehrs auf den Hauptverkehrsflughäfen 2019-2022.....	48
Tabelle 14:	Verkehrsleistungsentwicklung im Eisenbahnverkehr 2019-2022 .....	51
Tabelle 15:	Anzahl der Neuzulassungen im Jahr 2022.....	52
Tabelle 16:	Berechnete Fahrzeugbestände 2022 im Vergleich 2021 jeweils als Jahresmittelwert nach Antriebsart .....	53
Tabelle 17:	Entwicklung der mittleren CO <sub>2</sub> -Emissionen von Neufahrzeugen in g/km für Pkw im WLTP .....	53
Tabelle 18:	Entwicklung der mittleren CO <sub>2</sub> -Emissionen von Neufahrzeugen in g/km für LNF im WLTP.....	54
Tabelle 19:	Definition der Fahrzeugkategorien.....	55
Tabelle 20:	Straßenkategorien und Straßentypen in TREMOD.....	55
Tabelle 21:	Fahrleistungsquellen .....	56
Tabelle 22:	Ergebnisse der Fahrleistungen je nach Fahrzeugkategorie für die Jahre 2019-2022 .....	58
Tabelle 23:	Fahrleistungen der Mautstatistik unterteilt nach ausländischen und inländischen Fahrzeugen.....	61
Tabelle 24:	Änderungen der DTV vom Güterschwerverkehr auf Autobahnen und Bundesstraßen laut Verkehrsbarometer .....	61

Tabelle 25:	Quellen und daraus für den Güter-Schwerverkehr abgeleitete Fahrleistungen .....	61
Tabelle 26:	Definition der LNF in den verschiedenen Quellen.....	63
Tabelle 27:	Zusammenfassung der Quellen und abgeleitete Fahrleistungen für die leichte Nutzfahrzeuge .....	63
Tabelle 28:	Quellenvergleich der Fahrleistung der leichten Nutzfahrzeuge .....	64
Tabelle 29:	Änderungsfaktoren der Verkehrsmenge Personenverkehr aus dem Verkehrsbarometer 2022 ggü. 2019 für Autobahnen und Bundesstraßen.....	64
Tabelle 30:	Historischer Quellenvergleich der Fahrleistung der Pkw .....	65
Tabelle 31:	Zusammenfassung der Quellen und abgeleitete Fahrleistungen für den Busverkehr .....	66
Tabelle 32:	Energieverbrauch 2022 in PJ gemäß AMS und Aufteilung auf einzelne Quellkategorien.....	67
Tabelle 33:	Treibhausgasemissionen des Verkehrs 2022 in MT CO <sub>2eq</sub> .....	68
Tabelle 34:	Endenergieverbrauch im Straßenverkehr, nach Energieträgern .....	68
Tabelle 35:	Endenergieverbrauch im Straßenverkehrs nach Fahrzeugarten .....	69
Tabelle 36:	THG-Emissionen des Straßenverkehrs nach Fahrzeugarten ....	69
Tabelle 37:	Inlandsfahrleistungen im Straßenverkehr nach Fahrzeugarten .....	70
Tabelle 38:	Inlandsfahrleistung-basierter Energieverbrauch im Straßenverkehr nach Energieträgern .....	70
Tabelle 39:	Inlandsfahrleistungs-basierter Energieverbrauch im Straßenverkehr, nach Fahrzeugarten.....	71
Tabelle 40:	Verfügbarkeit der Absatzzahlen ab 2020 für die Berichterstattung der VEdV und des Inventars im NIR .....	71
Tabelle 41:	Dieselmotorkraftstoffabsatz im Jahr 2020 nach Quellkategorien in den VEdV und im Inventar ohne Bioanteile .....	73
Tabelle 42:	Ottomotorkraftstoffabsatz im Jahr 2020 nach Quellkategorien in den VEdV und im Inventar ohne Bioanteile .....	74
Tabelle 43:	Absatz Biokraftstoffe im Jahr 2020 nach Quellkategorien (VEdV und Inventar) .....	75
Tabelle 44:	Änderungen der Verkehrsmengen auf den Hauptverkehrsflughäfen 2019-2020 .....	75
Tabelle 45:	Verkehrsmengen auf den Hauptverkehrsflughäfen für VEdV 2020.....	76
Tabelle 46:	Anteile von Flugbenzin an den Verkehrsmengen 2019 (und VEdV 2020) .....	76
Tabelle 47:	Verkehrsmengen und Verbräuche auf den Hauptverkehrsflughäfen für die VEdV 2020.....	76

Tabelle 48:	Absatz Flugkraftstoffe im Jahr 2020 in TJ (VEdV und Inventar)77
Tabelle 49:	Fahrleistungen im Straßenverkehr 2019 und 2020 je Fahrzeugkategorie – Inventar 2019 und Annahmen Trendszenario 2020 in TREMOD 6.15.....78
Tabelle 50:	Fahrleistungen im Straßenverkehr 2020 je Fahrzeugkategorie – VEdV vs. Inventar.....78
Tabelle 51:	THG-Emissionen des Verkehrs 2020 in den VEdV und im Inventar .....79
Tabelle 52:	Dieselmotorkraftstoffabsatz im Jahr 2021 nach Kategorien in den VEdV und im Inventar ohne Bioanteile .....80
Tabelle 53:	Ottomotorkraftstoffabsatz im Jahr 2021 nach Quellkategorien in den VEdV und im Inventar ohne Bioanteile .....81
Tabelle 54:	Absatz Biokraftstoffe im Jahr 2021 nach Quellkategorien (VEdV und Inventar) .....81
Tabelle 55:	Absatz Flugkraftstoffe im Jahr 2021 in TJ .....82
Tabelle 56:	Fahrzeugbestand zur Jahresmitte 2021 in den VEdV und im Inventar .....83
Tabelle 57:	Bestand der BEV-Pkw nach Zulassungsjahr im Jahr 2021 in den VEdV und im Inventar.....84
Tabelle 58:	Fahrleistungen im Inventar 2021 und den VEdV 2021 für den Straßenverkehr je Fahrzeugkategorie und insgesamt.....85
Tabelle 59:	Spezifischer Energieverbrauch im Inventar 2021 und den VEdV 2021 für den Straßenverkehr je Fahrzeugkategorie .....86
Tabelle 60:	THG-Emissionen des Verkehrs 2021 in den VEdV und im Inventar .....87
Tabelle 61:	Eingangsdaten Dekomposition Straßenpersonenverkehr (MIV) .....91
Tabelle 62:	Eingangsdaten Dekomposition Straßengüterverkehr (LNF bzw. SNF).....92
Tabelle 63:	Gegenüberstellung Einfluss Tankverhalten Tankmodell vs. Dekompositionsanalyse.....102
Tabelle 64:	Abschnittslängen (freie Strecke) der Landesstraßen der Bundesländer und deren Anteile an der Gesamtlänge der Straßenkategorie im Bundesgebiet .....127
Tabelle 65:	Übersicht zu verfügbaren bereitgestellten Datenquellen und -inhalte der Bundesländer zu verschiedenen Veröffentlichungszeiträumen.....128
Tabelle 66:	Heizwerte für die Umrechnung der masse-bezogenen Energiemengen der AMS in physikalische Mengen (2020 bis 2022).....131
Tabelle 67:	Inlandsablieferungen der Kraftstoffe der VEdV 2022 .....131

## Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung
AB	Autobahn
AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
AMS	Amtliche Mineralölstatistik des BAFA
B	Bundesstraße
BAB	Bundesautobahn
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BALM	Bundesamt für Logistik und Mobilität
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BauWi	Bauwirtschaft
BAZL	Bundesamt für Zivilluftfahrt der Schweiz
BEV	Battery-electric vehicle
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft
BMUV	Bundesministerium für Umweltschutz, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (ehemals BMU, BMUB)
BMDV	Bundesministerium für Digitalisierung und Verkehr
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
CCD	Reiseflug oberhalb 3.000 Fuß (Climb, Cruise and Descent)
CH4	Methan
CNG	Compressed Natural Gas (deutsch: „komprimiertes Erdgas“)
CO	Kohlenmonoxid
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CO <sub>2eq</sub>	Kohlendioxidäquivalente
DB AG	Deutsche Bahn AG
DESTATIS	Statistisches Bundesamt
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (Kfz/24 h)
EASA	European Aviation Safety Agency
EBZ	Energiebilanzeile
FoWi	Forstwirtschaft
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GV	Güterverkehr
ICAO	International Civil Aviation Organization
KBA	Kraftfahrtbundesamt
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz

<b>Abkürzung</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>LaWi</b>	Landwirtschaft
<b>LNG</b>	Liquefied Natural Gas (deutsch: „Flüssigerdgas“)
<b>LNF</b>	Leichte Nutzfahrzeuge mit zGG bis 3,5t
<b>LPG</b>	Liquefied Petroleum Gas (deutsch: „Flüssiggas“ oder „Autogas“)
<b>LTO</b>	Landing and Take Off
<b>MOP</b>	Deutsches Mobilitätspanel
<b>MZR</b>	Motorisierte Zweiräder
<b>MTOW</b>	Maximum Take Off Weight
<b>NE</b>	Nichtbundeseigene Eisenbahnen
<b>NIR</b>	National Inventory Report (deutsch: „Nationaler Inventarbericht“)
<b>PKW</b>	Pkw, Kombi und Kleinbusse
<b>PKW+</b>	Pkw, Kombi, Kleinbusse und übrige Kfz mit zGG bis 3,5t
<b>PNV</b>	Personennahverkehr
<b>PFV</b>	Personenfernverkehr
<b>SNF</b>	Schwere Nutzfahrzeuge: Lkw mit zGG über 3,5t, Last- und Sattelzüge
<b>SNF+</b>	SNF und übrige Kfz mit zGG über 3,5t
<b>TREMOD</b>	Transport Emissionsmodell
<b>TREMOD-MM</b>	Transport Emissionsmodell Mobile Maschinen und Geräte
<b>VEdV</b>	Vorläufige Emissionsdaten des Vorjahres
<b>ViK</b>	Verkehr in Kilometern (KBA)
<b>WLTP</b>	Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure
<b>zGG</b>	Zulässiges Gesamtgewicht
<b>ZFR</b>	Zentrales Fahrzeugregister
<b>ZKR</b>	Zentralkommission für die Rheinschifffahrt
<b>ZSE</b>	Zentrales System Emissionen des Umweltbundesamtes

## Zusammenfassung

### Inhalt und Abgrenzungen

Im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) werden zulässige Jahres-Emissionshöchstmengen für die einzelnen Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude, Verkehr, Industrie, Landwirtschaft sowie Abfallwirtschaft und sonstige vorgegeben. Um frühzeitig Überschreitungen dieser Emissionsmengen zu erkennen, hat das Umweltbundesamt (UBA) laut Paragraph 5 des KSG die Aufgabe, bis zum 15. März die nach den Sektoren differenzierten Emissionen des Vorjahres zu ermitteln (Im Folgenden als „Vorläufige Emissionsdaten des Vorjahrs“ (VEdV) bezeichnet).

Diese Emissionsdaten wurden vom UBA in der Vergangenheit auf Basis der im Vorjahr verkauften Kraftstoffmengen ermittelt. Die Absätze von Kraftstoffen wurden dabei anhand von Splitfaktoren auf die verschiedenen Sektoren aufgeteilt. Dieses Verfahren ist zwar robust für die Ermittlung der Gesamthöhe der Emissionen, aber nur eingeschränkt für die Identifizierung von sektor- oder gar emittenten-spezifischen Entwicklungen geeignet. Daher wurden im Projekt die Methode für die VEdV für den Sektor „Verkehr“ weiterentwickelt, um insbesondere die Aufteilung der Emissionen auf die Verkehrsträger und zudem die Identifikation der Ursachen der Emissionsentwicklung zu verbessern und kurzfristig spätestens bis zum 1. März des laufenden Jahres die Klimagasemissionen des Vorjahres in der Abgrenzung der internationalen Berichtspflichten („Absatzprinzip“) für die Quellgruppen 1.A.3.a-d so genau und differenziert wie möglich zu ermitteln, , damit die Daten rechtzeitig zum 15. März veröffentlicht werden können.

Aus Gründen der konsistenten Zuordnung des gesamten Kraftstoffverbrauchs auf die einzelnen Kategorien wurden alle Quellgruppen betrachtet, welche Ottokraftstoff, Dieselmotorkraftstoff, Flugbenzin und Kerosin verbrauchen. Es handelt sich hierbei um die in der folgenden Tabelle dargestellten Kategorien.

**Tabelle 1: Betrachtete Kategorien je Sektor**

Industrie	Verkehr	Land- und Forstwirtschaft	Gebäude
1.A.2.g vii – Bauwirtschaft	1.A.3.a – zivile Luftfahrt		1.A.4.a ii – Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
	1.A.3.b - Straße		1.A.4.b ii - Haushalte
	1.A.3.c - Schiene	1.A.4.c ii (i) - Landwirtschaft	1.A.5.b i - Militär: Land
	1.A.3.d – Binnenschiff	1.A.4.c ii (ii) - Forstwirtschaft	1.A.5.b ii - Militär: Luft
	1.A.3.d - Seeschiff	1.A.4.c iii - Fischerei	1.A.5.b iii - Militär: Marine

Quelle: KSG

Der KSG-Sektor „Verkehr“ ist der inhaltliche Schwerpunkt der Studie. Aufgrund ihrer umfangreichen Beiträge zu den Treibhausgasemissionen des Verkehrs werden der Straßenverkehr und die zivile Luftfahrt weiter unterteilt:

- In der Kategorie 1.A.3.b („Straßenverkehr“) wird unterschieden nach den Unterkategorien 1.A.3.b.i-iv („Kraftfahrzeugarten“) und innerhalb der Unterkategorie 1.A.3.b.i („Pkw“) auch nach Kraftstoffarten.

- Der Luftverkehr wird unterteilt in die Kategorie 1.A.3.a („ziviler inländischer Luftverkehr“) und 1.D.1.a („internationaler Luftverkehr“) sowie jeweils in Personen- und Güterverkehr. Der internationale Luftverkehr wird nicht in der THG-Bilanz nach dem KSG berücksichtigt, aber nachrichtlich berichtet.

**Daten und Methoden zur Erstellung der VEdV**

Die VEdV können auf den Methoden und Daten sowie die detaillierten Ergebnisse der nationalen Emissionsinventare (NIR), die mit TREMOD und TREMOD-MM erstellt werden, aufbauen. Für die Verbesserung der VEdV wurden vor allem Datenquellen benötigt, die rechtzeitig, d.h. spätestens bis Ende Februar des Folgejahres (Bilanzjahr +1) vorliegen und in einem methodisch standardisierten Verfahren in die Berechnung der VEdV integriert werden können. Hierzu wurden alle bisher für die Erstellung der nationalen Emissionsinventare sowie zahlreiche weitere Datenquellen hinsichtlich ihrer Eignung für die VEdV analysiert. Viele dieser Quellen sind nicht verwendbar, weil sie nicht rechtzeitig vorliegen. Einige der untersuchten Quellen liefern zusätzliche Informationen zur Erklärung von Entwicklungen, auch wenn die Daten nicht direkt für die Emissionsbilanzierung verwendet werden können. Die wichtigsten Datengrundlagen für die VEdV und ihre Verwendung sind in den folgenden Absätzen dargestellt.

**a) Energiebilanz und Kraftstoffabsatz**

Basis der Berichterstattung der Treibhausgasemissionen (THG) in den VEdV nach KSG sind die „Amtlichen Mineralölproduktdaten“ (AMS), die vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) herausgegeben werden. Die Statistik hat einen zeitlichen Verzug von ca. zwei Monaten, so dass die kumulierten Jahresmengen für das gesamte Vorjahr in der Monatsstatistik Ende Februar des Folgejahres und damit für die Erstellung der VEdV rechtzeitig vorliegen. Die amtlichen Mineralölproduktdaten liefern keine vollständige sektorale Aufteilung, weswegen die Kraftstoffabsätze für die einzelnen Verkehrsarten und andere Quellkategorien mittels anderer Kennzahlen abgeschätzt werden müssen (siehe nachfolgende Tabelle).

**Tabelle 2: Relevante Mineralölprodukte und Biokraftstoffe je Quellkategorie**

Mineralölprodukt	Kategorien
Ottokraftstoff (fossil+bio)	Straßenverkehr, Bauwirtschaft, Haushalte, Forstwirtschaft, Militär (Land)
Dieselmotorkraftstoff (fossil)	Binnenschifffahrt, Militär (Marine)
Dieselmotorkraftstoff (fossil+bio)	Straßenverkehr, Schienenverkehr, GHD, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Militär (Land)
Heizöl leicht*	Seeverkehr
Flugbenzin	Militär (Luft), zivile Luftfahrt national nachrichtlich: zivile Luftfahrt international
Flugturbinenkraftstoff schwer (Kerosin)	Militär (Luft), zivile Luftfahrt national nachrichtlich: zivile Luftfahrt international

Quellen: AMS, KSG

Anmerkungen; \*2022 erst nachträglich berücksichtigt, siehe (Expertenrat für Klimafragen (ERK) 2023), Seite 60

Neben den Mineralölprodukten und Biokraftstoffen werden im Sektor Verkehr aktuell nur im Straßenverkehr die Treibhausgasemissionen aus dem Verbrauch von LPG und Erdgas bilanziert. Diese Verbrauchswerte werden von der AG Energiebilanzen veröffentlicht, liegen aber für die VEdV nicht rechtzeitig vor. Sie müssen daher geschätzt werden.

Die VEdV enthalten darüber hinaus auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Mitverbrennung von Schmierstoffen in 2-Takttern im Straßenverkehr und aus der Nutzung von Festbrennstoffen im Schienenverkehr. Da aktuelle Werte für die VEdV nicht vorliegen, werden in der Regel die Werte aus dem vorherigen Bilanzjahr (Bilanzjahr-1) übernommen.

#### b) Emissionsfaktoren

Die THG-Emissionen werden als CO<sub>2eq</sub>-Emissionen angegeben. Im Verkehrsbereich sind das die CO<sub>2</sub>-Emissionen der fossilen Kraftstoffe sowie geringe Mengen an fossilen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei den Biokraftstoffen, die mit einem Anteil von 5,5 % bei Biodiesel und 6,666 % bei Bioethanol an den direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen dieser Kraftstoffe bestimmt werden. Hinzu kommen die verbrennungsbedingten CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen, die mit massenbezogenen Gewichtungsfaktoren in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet werden. Die Summe der CO<sub>2</sub>-Äquivalente von CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O entspricht schlussendlich den gesamten Treibhausgasemissionen. Die Gewichtungsfaktoren sind wie folgt:

- ▶ bis zur Berichterstattung zum Jahr 2021 (einschließlich): Faktor 25 (CH<sub>4</sub>) bzw. Faktor 298 (N<sub>2</sub>O) gemäß 4. IPCC Sachstandbericht (IPCC 2007),
- ▶ ab Berichterstattung zum Jahr 2022: Faktor 28 (CH<sub>4</sub>) bzw. Faktor 265 (N<sub>2</sub>O) gemäß 5. IPCC Sachstandbericht (IPCC 2013)

Die Gewichtungsfaktoren gemäß IPCC 2013 werden ab dem Berichtsjahr 2022 auch rückwirkend auf die gesamte Zeitreihe angewandt.

Die mittleren CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren werden vom Umweltbundesamt je Energieträger jährlich ermittelt. Die CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren des Straßen- und Flugverkehrs werden dagegen aus TREMOD übernommen. Sie unterscheiden sich beim Straßenverkehr je Fahrzeugschicht und Verkehrssituation, beim Flugverkehr je Flugzeugtyp und Flugphase. Für Bahn- und Schiffsverkehre werden die aktuell vom Umweltbundesamt verwendeten Werte angesetzt.

#### c) Aktivitätsdaten

Schwerpunkt der Arbeiten in diesem Projekt war die Recherche, Analyse und Beschaffung von verkehrlichen Aktivitätsdaten. Denn nur die Kenntnis der Verkehrsentwicklung der einzelnen Verkehrsarten und der Veränderungen von Flottenstrukturen, Fahrverhalten, Nutzungsintensität bzw. Auslastung u.a. erlaubt es, die Ursachen der Entwicklung der THG-Emissionen im Detail zu ermitteln. Dazu wurden zahlreiche Datenquellen gesichtet und bezüglich ihrer Eignung (inhaltlich und Verfügbarkeit) untersucht. Außerdem wurde Kontakt zu den Datenlieferanten aufgenommen und Vereinbarungen zur fristgerechten Datenlieferung getroffen. Die wichtigsten Datenquellen für die VEdV sind folgende:

##### ▶ **Sonderauswertung der Neuzulassungen der Kraftfahrzeuge für das Bilanzjahr in der für TREMOD benötigten Differenzierung (KBA):**

Die Fahrzeugneuzulassungen werden vom KBA im Februar des Folgejahres zur Verfügung gestellt. Sie werden verwendet, um den Fahrzeugbestand des Bilanzjahres mit dem TREMOD-Umschichtungsmodell zu berechnen. Dies ist notwendig, weil die Bestandsdaten des Bilanzjahres nicht rechtzeitig vorliegen. Außerdem liefert die Statistik die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Neuzulassungen von Pkw und LNF im WLTP-Zyklus zur Abschätzung der Effizienzentwicklung.

##### ▶ **Verkehrsbarometer (BAST):**

Das Verkehrsbarometer veröffentlicht seit 2020 monatlich die Verkehrsentwicklung auf Bundesautobahnen und Bundesstraßen differenziert nach acht Fahrzeugarten. Die Daten für

das Bilanzjahr liegen bis Ende Februar des Folgejahres vor und sind eine wichtige Quelle zur Abschätzung der Fahrleistungsentwicklung in den VEdV.

► **Mautstatistik (BALM):**

Die Mautstatistik wird ebenfalls monatlich veröffentlicht und liegt für das Gesamtjahr im Februar des Folgejahres vor. Sie enthält die Fahrleistungen der mautpflichtigen Fahrzeuge auf Bundesautobahnen und Bundesstraßen und ist damit die zweite wichtige Quelle zur Ermittlung der Fahrleistungen des Straßenverkehrs.

► **Sonderauswertung der Verkehrsleistungen des Flugverkehrs in der für TREMOD benötigten Differenzierung (DESTATIS):**

Das Statistische Bundesamt stellt die nach Flugplatzrelationen und Flugzeugtypen differenzierten Verkehrsmengen (Starts, Passagiere, Fracht) der Hauptverkehrsflughäfen des Bilanzjahres bis Februar des Folgejahres für die Berechnung der Emissionen des Flugverkehrs zusammen.

**Weiterentwicklung der Methode**

Basierend auf der bisherigen Methode zur Erstellung des Inventars (NIR), den verfügbaren Daten und den zeitlichen und inhaltlichen Anforderungen des KSG wurde die Methode zur Erstellung der VEdV weiterentwickelt. Das Vorgehen ist wie folgt:

d) **Aufteilung der Energie- und Absatzzahlen auf die Quellkategorien**

Die „Amtlichen Mineralölkosten“ (AMS) sind die wesentliche Grundlage der VEdV. Die Aufgabe der VEdV besteht darin, die „Inlandsablieferungen“ (Gesamtverbrauch) der für den Transport relevanten Produkte (Mineralölprodukte und Biokraftstoffe) auf die Sektoren und Quellkategorien aufzuteilen. Da für die meisten Kategorien zum Zeitpunkt der VEdV keine Informationen zum absoluten Verbrauch vorliegen, werden je Kategorie andere geeignete Indikatoren verwendet, um Veränderungen gegenüber den Verbrauchsmengen des Vorjahres aus den nationalen Emissionsinventaren abzuleiten. Dies erfolgt in folgenden Schritten:

- Ermittlung der Anteile der Kategorien GHD, Land- und Bauwirtschaft, Militär, Bahn, Binnenschifffahrt aufgrund der Entwicklung der Aktivitätsdaten je Quellkategorie (Details im nachfolgenden Abschnitt e).
- Aufteilung der Biokraftstoffe: Proportionale Zuordnung der Beimengungen von Biodiesel und Ethanol auf alle Kategorien außer Schifffahrt und Marine entsprechend der Verteilung von mineralischem Diesel und Benzin.
- Die Differenz aus dem Gesamtverbrauch und der Summe der genannten Kategorien wird dem Straßenverkehr zugeordnet. Die resultierenden Verbrauchsmengen sind somit die Eckwerte für den Straßenverkehr.
- Die Inlandsablieferungen von Flugbenzin und Kerosin der Kategorien „Luftfahrt“ und „Sons-tige“ sind die Eckwerte für den Flugverkehr. Die Inlandsablieferungen an das „Militär“ wird dabei in der AMS bereits gesondert ausgewiesen.

e) **Bestimmung der Aktivitätsdaten und Absatzmengen je Quellkategorie**

Für die Aufteilung der Energie- und Absatzzahlen auf die Kategorien werden für jede Kategorie die verfügbaren Informationen ausgewertet, aus denen sich die Entwicklung gegenüber dem Vorjahr ableiten lässt:

► **Haushalte, GHD und Militär:**

Da für die Kategorien Haushalte, GHD und Militär für die VEdV nur wenige Daten vorliegen und diese Kategorien einen geringen Anteil an den Treibstoffverbräuchen haben, können diese mittels Schätzverfahren aufgrund von Aktivitätsdaten abgeleitet werden. Aus den Trendentwicklungen kann somit festgestellt werden, ob in bestimmten Kategorien, z.B. Bauwirtschaft, Land-/Forstwirtschaft relevante Änderungen, z.B. Steigerung der Erträge oder des Umsatzes stattfanden, welche auf eine Änderung des Kraftstoffverbrauchs schließen lassen. Für alle Kategorien, in denen keine geeigneten Daten vorliegen, werden die Verbräuche des Vorjahres übernommen.

► **Flugverkehr:**

Beim Flugverkehr kann das Verfahren für die nationalen Emissionsinventare auch für die VEdV übernommen werden, da insbesondere die Sonderauswertung von DESTATIS rechtzeitig zur Verfügung steht. Sofern neue Flugzeugtypen zum Einsatz kommen, werden neue Emissionsfaktoren für diese Typen in TREMOD integriert. Hierbei werden dieselben Datenquellen verwendet wie bei den nationalen Emissionsinventaren. Lediglich für den sonstigen Flugverkehr (gewerblicher Flugverkehr auf kleinen Flugplätzen und nicht gewerblicher Flugverkehr) liegen keine Werte und alternative Quellen vor, so dass als Annahme die Vorjahreswerte (absolute Emissionen und Verbräuche) übernommen werden.

► **Nationaler Schiffsverkehr:**

Da die aktuelle nationale Energiebilanz der AGEB für die VEdV nicht rechtzeitig vorliegt, werden die Treibstoffverbräuche anhand der relativen Entwicklung zum Vorjahr ermittelt.

- Fahrgastschiffahrt: Mangels aktueller Bestandsdaten kann entweder vereinfachend der Treibstoffverbrauch aus dem Vorjahr übernommen werden, oder eine andere Entwicklung anhand zusätzlicher Informationen abgeschätzt werden.
- Güterschiffahrt (Binnenschiffahrt): Die Entwicklung der Verkehrsleistungen des Bilanzjahres nach DESTATIS, die in der Regel bis zum dritten Quartal des Bilanzjahres im Februar (Bilanzjahr+1) vorliegt, kann vereinfachend auch auf die Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs übertragen werden. Damit werden zwar wichtige Einflussfaktoren wie das Tankverhalten im In- oder Ausland und die Effizienzentwicklung der Schiffe vernachlässigt. Aufgrund des geringen Anteils der Güterbinnenschiffahrt an den THG-Emissionen können diese Unsicherheiten jedoch in Kauf genommen werden.
- Nationaler Seeverkehr: die Verbräuche für die nationalen Emissionsinventare werden vom Bundesamt für Seeschiffahrt und Hydrographie (BSH) ermittelt. Laut Angaben des BSH gibt es bis Februar (Bilanzjahr+1) keine aktuellen Informationen, weshalb die Verbrauchswerte bisher aus dem Vorjahr (Bilanzjahr-1) übernommen wurden.

► **Schienenverkehr:**

Die VEdV für die Bahnen setzen auf dem Dieselabsatz auf, der in den nationalen Emissionsinventaren im Vorjahr ermittelt wurde. Der aktuelle Dieselabsatz wird anhand von bekannten Entwicklungen gegenüber dem Vorjahr abgeschätzt. Bei den VEdV 2020 und 2021 wurde eine Entwicklung des Dieselverbrauchs gegenüber dem Vorjahr geschätzt. Bei den VEdV 2022 wurde eine differenzierte Berechnung durchgeführt, da wichtige Kennzahlen des Eisenbahnverkehrs, welche die DB für TREMOD zur Verfügung stellt, bereits vorlagen und ausgewertet werden konnten. Die daraus berechnete Änderung des Dieselverbrauchs gegenüber dem Vorjahr wurde übernommen. Es wird davon ausgegangen, dass diese Daten auch in den nächsten Jahren rechtzeitig zur Verfügung stehen.

► **Straßenverkehr:**

Nach der Aufteilung der gesamten Kraftstoffmengen auf die Quellkategorien sind die verbleibenden Absatzmengen an Benzin und Diesel, die in den Straßenverkehr gehen, vorgegeben. Die wesentliche Aufgabe besteht nun darin, die jeweiligen Absatzmengen den Fahrzeugkategorien zuzuordnen. Auch hierbei liegt der Fokus darauf, die Änderungen gegenüber dem Vorjahr möglichst genau zu quantifizieren und zu erklären. Die Entwicklung der Kraftstoffverbräuche als wesentliche Größe für die Aufteilung der Absatzmengen auf die Fahrzeugkategorien sind vor allem abhängig von den nachfolgenden Größen, die ermittelt werden müssen:

- **Zusammensetzung der Fahrzeugflotten (Bestand):**  
Der Fahrzeugbestand des Bilanzjahres wird aus den KBA-Neuzulassungen des Bilanzjahres mit dem TREMOD-Umschichtungsmodell berechnet.
- **Entwicklung des mittleren Energieverbrauchs (Effizienzentwicklung):**  
Der mittlere Kraftstoffverbrauch der Pkw und LNF wird auf Basis der vom KBA berichteten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Neuzulassungen ermittelt. Für die übrigen Fahrzeugkategorien liegen bisher keine Verbrauchswerte vor. Sie orientieren sich daher in den VEdV an den Annahmen des TREMOD-Trendszenarios, das die gesetzlichen Minderungsziele berücksichtigt.
- **Entwicklung der gesamten Fahrleistungen je Fahrzeugkategorie:**  
Die Fahrleistungen werden für das Bilanzjahr aufgrund der Änderungsraten gegenüber dem Vorjahr aus dem Verkehrsbarometer und den Fahrleistungen der Mautstatistik für die mautpflichtigen Fahrzeuge ermittelt. Da damit nur die Fahrleistungsentwicklung auf Bundesautobahnen und Bundesstraßen bestimmt werden kann, wird die Fahrleistungsentwicklung auf den übrigen Straßen aus der Fahrleistungsentwicklung der Bundesstraßen abgeleitet.

f) **Berechnung der Treibhausgasemissionen je Quellkategorie**

Durch die Verknüpfung der Energieverbräuche je Kategorie mit den Emissionsfaktoren (CO<sub>2</sub>-Faktoren je Energieträger und fahrzeugspezifische CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren) werden die THG-Emissionen als CO<sub>2</sub>-Äquivalente je Quellkategorie berechnet. Hinzu kommen die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Mitverbrennung von Schmierstoffen in 2-Taktern im Straßenverkehr und aus der Nutzung von Festbrennstoffen im Schienenverkehr.

**Ergebnisse der VEdV**

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der VEdV 2022 für den Sektor „Verkehr“, differenziert nach Quellkategorien und Energieträgern sowie die Summen je Quellkategorie für 2021. Die Ergebnisse verdeutlichen die Relevanz des Straßenverkehrs, der für knapp 98 % der Treibhausgasemissionen des Sektors „Verkehrs“ nach KSG verantwortlich ist, da die Emissionen der internationalen Verkehre mit Flugzeug und Schiff nicht Teil des KSG sind. Die Emissionen stammen außerdem zu knapp 2/3 aus der Nutzung von Dieselkraftstoff und zu gut 1/3 aus der Nutzung von Benzin.

**Tabelle 3: Treibhausgasemissionen des Verkehrs 2022 in Mt CO<sub>2eq</sub>**

Quellkategorie	Diesel ges.	Benzin ges.	Gase (LPG, CNG, LNG)	Kerosin	Flugbenzin	Summe 2022*	Summe 2021*
1.A.3.a - ziv. Inlandsflugverkehr				1,02	0,01	1,03	0,74

Quellkategorie	Diesel ges.	Benzin ges.	Gase (LPG, CNG, LNG)	Kerosin	Flugbenzin	Summe 2022*	Summe 2021*
1.A.3.b – Straßenverkehr	93,7	49,6	1,2			144,5	143,7
1.A.3.c – Schienenverkehr	0,81					0,84	0,86
1.A.3.d – nationale Schifffahrt	1,40					1,45	1,47
Summe	95,9	49,6	1,2	1,02	0,01	147,9	146,8

Anmerkungen: \*incl. sonstige Brennstoffe

Quelle: (Umweltbundesamt 2023)

Aufgrund der herausragenden Bedeutung des Straßenverkehrs für die Treibhausgasemissionen wurden in der Studie die Emissionen des Straßenverkehrs weiter differenziert nach Fahrzeugkategorien. Die folgende Tabelle zeigt die resultierenden THG-Emissionen des Straßenverkehrs von 2019 bis 2022 im Vergleich zum gesamten Verkehr und zu den Sektorzielen nach KSG. Man erkennt den hohen Beitrag des Pkw-Verkehrs, gefolgt vom schweren Güterverkehr und den leichten Nutzfahrzeugen sowie die nach dem Rückgang durch die Einschränkungen aufgrund der Pandemie wieder zunehmenden THG-Emissionen nach 2020. So wurde das Sektorziel im Jahr 2020 eingehalten, jedoch in den Folgejahren überschritten.

**Tabelle 4: THG-Emissionen des Straßenverkehrs nach Fahrzeugarten und des gesamten Verkehrs sowie Sektorenziel des Verkehrs nach KSG 2019-2022**

	2019	2020	2021	2022	2019-2020	2019-2021	2019-2022	2021-2022
	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Änderung	Änderung	Änderung	Änderung
Bus	3,6	2,4	2,2	2,4	-33,9%	-38,0%	-32,6%	8,6%
LNF	12,0	11,4	12,6	13,0	-5,1%	4,7%	8,0%	3,2%
MZR	1,4	1,5	1,3	1,4	2,2%	-7,3%	0,4%	8,3%
Pkw	99,9	85,9	87,4	90,0	-14,0%	-12,6%	-9,9%	3,0%
SNF	41,1	40,0	39,3	36,8	-2,6%	-4,5%	-10,6%	-6,4%
Sonstige	1,0	0,9	0,9	0,8	-8,1%	-9,3%	-12,7%	-3,7%
Summe Straße	<b>159,1</b>	<b>142,1</b>	<b>143,7</b>	<b>144,5</b>	<b>-10,7%</b>	<b>-9,7%</b>	<b>-9,2%</b>	<b>+0,6%</b>
Verkehr gesamt	<b>163,7</b>	<b>145,4</b>	<b>146,8</b>	<b>147,9</b>	<b>-11,2%</b>	<b>-10,3%</b>	<b>-9,7%</b>	<b>+0,7%</b>
Ziel KSG Verkehr		<b>150</b>	<b>145</b>	<b>139</b>				

Anmerkungen: Bilanzgrenze: Inlandsabsätze von Kraftstoffen

Quelle: AMS, UBA, ifeu-Berechnungen mit TREMOD

### Vergleich der VEdV mit dem Inventar

Um die Qualität der Ergebnisse der VEdV bewerten zu können, wurde in der Studie untersucht, welchen Einfluss die späteren Änderungen der Datenbasis auf das Ergebnis hatten. Fokus ist hierbei der Vergleich des Emissionsinventars (Bilanzjahr, veröffentlicht im Bilanzjahr+2) mit den VEdV (Bilanzjahr) aus dem März (Bilanzjahr+1). Es wurden die VEdV der Jahre 2020 und 2021 untersucht.

Als wesentliche Gründe für Unterschiede im Inventar gegenüber den VEdV stellten sich die folgenden Punkte heraus:

- ▶ Die vorläufigen Energiebilanzen der AGEB enthalten gegenüber der zeitnah veröffentlichten AMS geänderte Energieabsatzzahlen. Die Unterschiede waren bei Benzin und Diesel in den Jahren 2020 und 2021 in der Summe über alle Quellkategorien gering. Größere Unterschiede gab es jedoch bei einigen Kategorien mit geringem Anteil am Energieverbrauch wie Bahn und Schifffahrt. Ursachen hierfür lassen sich nicht ermitteln, da die AGEB keine Dokumentation zu den Bilanzen veröffentlicht.
- ▶ Die AMS wurde zu einem späteren Zeitpunkt im Folgejahr nochmals aktualisiert, was sich in beiden Jahren zu leicht geänderten Anteilen an Biokraftstoffen im Inventar im Vergleich zu den VEdV führt.
- ▶ Beim Straßenverkehr gab es leichte Änderungen bei den Bestandsdaten, den Fahrleistungen und – im Jahr 2021 – den Verbrauchs- und Emissionsfaktoren. Da die gesamte verbrauchte Energiemenge und damit die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Energiebilanz vorgegeben ist, führen diese Änderungen lediglich zu Verschiebungen der Anteile zwischen den Fahrzeugkategorien und Antriebsarten und damit zu unterschiedlichen Beiträgen der einzelnen Fahrzeugkonzepte zu den CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen, die zu sehr geringen Änderungen der THG-Emissionen insgesamt führen. Das ist weniger relevant für die THG-Bilanz des Straßenverkehrs, jedoch hilfreich für die Ursachenanalyse.
- ▶ Beim Flugverkehr ergeben sich die wesentlichen Unterschiede ebenfalls aus den Unterschieden zwischen den Zahlen der AMS für die VEdV und der vorläufigen Energiebilanz für das Inventar. Einen deutlich kleineren Einfluss haben die verbesserten Inputdaten, insbesondere die Statistiken zum sonstigen Flugverkehr und ggf. aktualisierte Emissionsfaktoren neuer Flugzeugtypen

### Ursachenanalyse

Ergänzend zur Berechnung der THG-Emissionen des Verkehrs wurde eine Methodik zur Ursachenanalyse entwickelt und für die Berichtsjahre 2021 und 2022 durchgeführt. Ziel der Ursachenanalyse ist es, die für die Entwicklung der THG-Emissionen wesentlichen Treiber zu identifizieren und nach Möglichkeit zu quantifizieren. Im Fokus stand hierbei der Straßenverkehr. Folgende Ansätze wurden im Rahmen des Projekts verfolgt:

- ▶ Eine Dekompositionsanalyse
- ▶ Wirkungsabschätzungen für ausgewählte Einzeleffekte
- ▶ Schätzung von Grauimporten/Grauexporten von Kraftstoffen

Die Methodik für die **Dekompositionsanalyse** stützt sich auf Vorarbeiten der UBA-Studie „Komponentenzerlegung energiebedingter Treibhausgasemissionen mit Fokus auf dem Ausbau erneuerbarer Energien“ von (Förster et al. 2018), wurde jedoch für die VEdV weiterentwickelt und auf die zum Zeitpunkt der Berichterstattung verfügbaren Daten angepasst. Hierbei werden die THG-Änderungen gegenüber dem Vorjahr bzw. den Vorjahren über die sog. Log-Mean-Divisia-Index-Methode (LMDI) top-down auf die folgenden Komponenten aufgeteilt:

- ▶ Fahrleistung: Entwicklung der Fahrleistung insgesamt (km)<sup>1</sup>

---

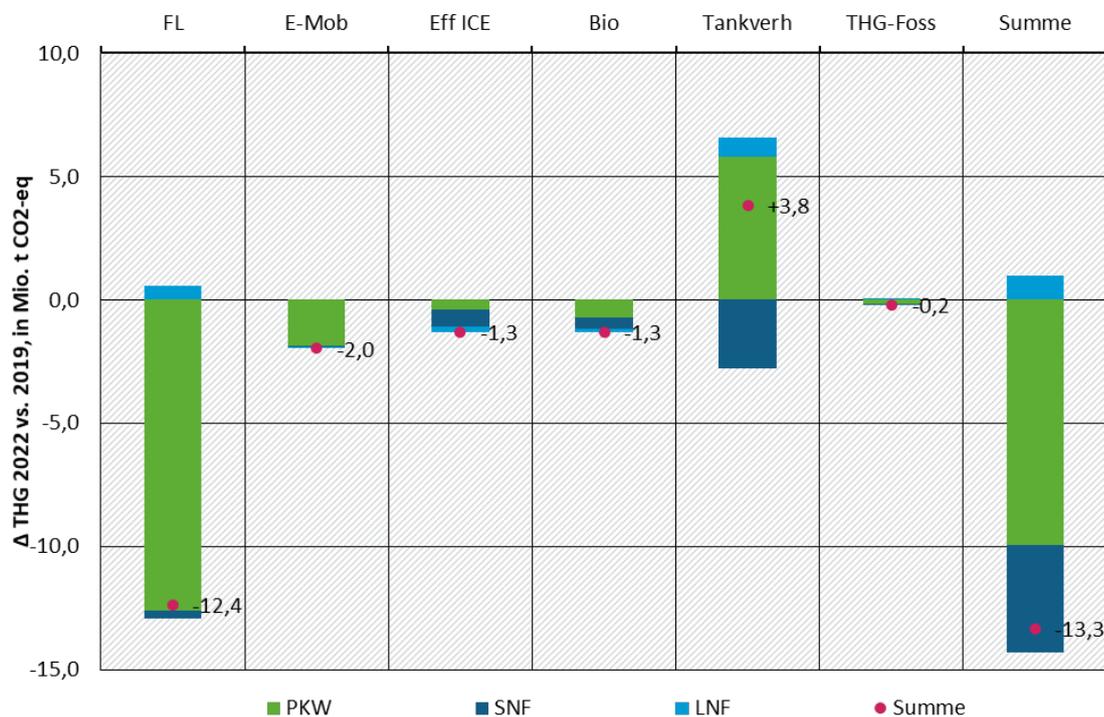
<sup>1</sup> Die Fahrleistung wird in der Dekomposition noch weiter zerlegt, z.B. bei Pkw in die Bevölkerungsentwicklung und Fahrleistungsintensität pro Einwohner und bei LNF und SNF in die Wirtschaftsentwicklung und Fahrleistungsintensität pro BIP.

- ▶ Elektromobilität: Anteil der elektrischen Fahrleistung (km/km)
- ▶ Effizienz der Verbrenner: Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch der Verbrenner (MJ/km)
- ▶ Biokraftstoffe: Anteil Biokraftstoffe am Kraftstoffverbrauch insgesamt (MJ/MJ)
- ▶ Tankverhalten: Verhältnis des Kraftstoffabsatzes zum Kraftstoffverbrauch insgesamt (MJ/MJ)
- ▶ THG-Intensität fossiler Kraftstoffe: Durchschnittliche THG-Emissionen (g CO<sub>2</sub>-Äqu/MJ)

Die folgende Abbildung stellt die Differenz der THG-Emissionen bei Pkw, LNF und SNF im Jahr 2022 gegenüber 2019 dar. So lagen die THG-Emissionen insgesamt im Jahr 2022 um 13,3 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äqu, niedriger als 2019, wobei der Rückgang der Fahrleistung, insbesondere bei Pkw, mit 12,4 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äqu, am meisten zu dieser Reduktion beitrug.

wobei der Rückgang der Fahrleistung bei Pkw mit 12,4 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äqu, am meisten zu dieser Reduktion beitrug.

**Abbildung 1: Ergebnisse Dekomposition Pkw, LNF, SNF 2022/2019**



Quelle: ifeu-Graphik. Erläuterung: FL: Fahrleistung, E-Mob: Elektromobilität, Eff ICE: Effizienz Verbrennerfahrzeuge, Bio: Biokraftstoffanteil, Tankverh: Tankverhalten bzw. Differenz Verbrauch/Absatz, THG-Foss: THG-Intensität fossile Kraftstoffe  
 Anmerkung: Positive Werte stellen eine THG-Erhöhung und negative Werte eine THG-Reduktion gegenüber Vorjahren dar. In Summe können sich die Effekte Einzelner Komponenten oder Fahrzeugkategorien kompensieren.

Für einzelne Komponenten/Effekte wurden Bottom-Up-Berechnungen durchgeführt, welche bestätigten, dass die Dekompositionsanalyse grundsätzlich plausible und nachvollziehbare Ergebnisse liefert. Die Qualität der Ergebnisse hängt damit – wie auch die THG-Berechnung der VEDV – im Wesentlichen von der Qualität der Eingangsdaten ab. Abweichende Ergebnisse zeigten sich jedoch bei dem Einfluss des Biokraftstoffanteils, welcher in der Dekompositionsanalyse zu höheren THG-Einsparungen führte als bei einer Vergleichsrechnung auf Basis der absoluten Menge

an Biokraftstoffen. Die Komponente „Tankverhalten“ muss ebenfalls kritisch hinterfragt werden, da das hierfür zugrunde Verhältnis aus Kraftstoffabsatz zu dem berechneten Kraftstoffverbrauch aufgrund der Modellannahmen und verwendeten Daten diversen Unsicherheiten, z.B. bei den Inlandsfahrleistungen oder spezifischen Verbrauchsfaktoren, unterliegt.

Daher wurde im Rahmen des Projekts eine vertiefte Analyse des Tankverhaltens mithilfe eines eigens entwickelten Betankungsmodells durchgeführt. Hierfür wurden mithilfe der mittleren jährlichen Kraftstoffpreise in Deutschland und allen Nachbarländern sowie Daten zum regionalen Pkw-Bestand und Grenzüberschreitungen von Lkw die jährliche Menge an Grauimporten und Grauexporten modelliert. Im Ergebnis zeigte sich, dass der Verkehr in Deutschland während der Berichtsjahre 2020-2022 analog zum Verhältnis von Absatz zu Verbrauch in TREMOD einen Netto-Grauimport von Kraftstoffen aufweist. Die absolute Höhe und jährliche Änderung des Netto-Grauimports beider Modelle weicht jedoch voneinander ab, weswegen die Komponente „Tankverhalten“ nicht alleine auf die Betankungsdifferenzen zurückgeführt werden kann, sondern auch andere Unsicherheiten anderer Komponenten, z.B. Fahrleistung oder Effizienz, beinhalten kann. Da der Einfluss dieser Größe erheblich ist, besteht hierzu weiterer Forschungsbedarf.

Der Fahrleistungsrückgang im Personenverkehr konnte in den Jahren 2020 und 2021 mithilfe monatlicher Verkehrszählungen zeitlich in Verbindung mit den Maßnahmen zur Eindämmung der COVID-19 Pandemie gesetzt werden. Im Jahr 2022 konnte keine derartige Verbindung hergestellt werden. Jedoch kam in diesem Jahr etwa zeitgleich mit dem Beginn des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine zu einem starken Anstieg der Kraftstoffpreise. Diese hätten zusammen mit anderen Effekten, z.B. zunehmende Nutzung von Home-Office, günstigem ÖV (9-Euro-Ticket), zu einer Reduktion der Pkw-Fahrleistung führen können. Eine genaue Quantifizierung und Identifikation aller relevanten Effekte war jedoch im Rahmen dieser Studie nicht möglich.

Insgesamt legt die Ursachenanalyse nahe, dass die THG-Emissionen des Verkehrs in Deutschland in den Berichtsjahren 2020 – 2022 der VEdV stark von Sondereffekten beeinflusst waren, welche einen deutlichen Rückgang der Pkw-Fahrleistung bewirkten. Ohne diesen Rückgang wären die THG-Emissionen und damit auch die Überschreitung der nach Klimaschutzgesetz zulässigen Höchstmenge des Verkehrssektors deutlich höher gewesen. Sie zeigt jedoch auch den Effekt THG-mindernder Faktoren in den letzten Jahren, von denen insbesondere die Zunahme der elektrischen Fahrleistung bei den Pkw zunehmend zur Reduktion der THG-Emissionen beitrug.

### **Fazit**

Mit der in diesem Projekt erarbeiteten Methoden und den verwendeten Daten konnten die Abläufe zur Erstellung der VEdV und die Qualität der Ergebnisse deutlich verbessert werden. Das Vorgehen ist somit Grundlage für die Aktualisierung der VEdV in den nächsten Jahren und kann bei Bedarf weiterentwickelt werden. Hierbei sollte angestrebt werden, die noch bestehenden Schwachpunkte, z.B. die unvollständigen Fahrleistungsdaten im Straßenverkehr, weiter zu verringern.

Die für die Ursachenanalyse verwendeten Instrumente liefern gute Erkenntnisse zur Entwicklung einzelner Parameter und ihrem Beitrag zu den THG-Emissionen, auch wenn es bei der Dekompositionsanalyse Probleme gibt, die die Interpretation der Ergebnisse erschweren. Diese könnten z.T. durch eine Verbesserung der Datenbasis und womöglich Anpassungen an der Methodik verringert werden. Darüber hinaus liefert sie keine Aussagen über grundlegendere Ursachen. Sie klärt demnach z.B. nicht warum es zu einer Fahrleistungsänderung kommt. Es wird lediglich beziffert, welchen Anteil die Fahrleistungsänderung an der THG-Änderung hat. Die Erkenntnisse der Dekompositionsanalyse können jedoch die Grundlage für weiterführende Untersuchungen sein.

## Summary

### Content and delimitations

The Federal Climate Protection Act (KSG) specifies permissible annual emission ceilings for the individual sectors of the energy sector, buildings, transport, industry, agriculture, waste management and others. In order to identify any exceedance of these emission levels at an early stage, the Federal Environment Agency (UBA) has the task of determining the previous year's emissions, broken down by sector, by 15 March (hereinafter referred to as "preliminary emissions data for the previous year" (VEdV)).

In the past, these emissions data were determined by the UBA on the basis of the fuel volumes sold in the previous year. Fuel sales were allocated to the various sectors using split factors. Although this method is robust for determining the overall level of emissions, it is only suitable to a limited extent for identifying sector-specific or even emitter-specific developments. For this reason, the method for the VEdV for the "transport" sector was further developed in the project, in particular to improve the allocation of emissions to the modes of transport and also to improve the identification of the causes of emissions trends and to determine the climate gas emissions of the previous year as precisely and differentiated as possible in the short term by 1 March of the current year at the latest in accordance with the international reporting obligations ("sales principle") for source groups 1.A.3.a-d, so that the data can be published in time by 15 March.

For reasons of consistent allocation of total fuel consumption to the individual categories, all source groups that consume gasoline, diesel, aviation gasoline and kerosene were considered. These are the categories shown in the following table.

**Table 5: Categories analysed per sector**

Industry	Transport	Agriculture and forestry	Buildings
1.A.2.g vii – Manufacturing Industries and Construction	1.A.3.a – Civil Aviation		1.A.4.a ii – Commercial/institutional
	1.A.3.b – Road		1.A.4.b ii – Residential: Household and Gardening
	1.A.3.c – Railways	1.A.4.c ii (i) – Agriculture	1.A.5.b i – Military: Ground
	1.A.3.d – Inland Navigation	1.A.4.c ii (ii) – Forestry	1.A.5.b ii – Military: Aviation
	1.A.3.d – Maritime Navigation	1.A.4.c iii – Fishing	1.A.5.b iii – Military: Navigation

Source: KSG

The KSG sector "Transport" is the main focus of the study. Due to their extensive contributions to greenhouse gas emissions from transport, road transport and civil aviation are further subdivided:

- In category 1.A.3.b ("Road transport"), a distinction is made between subcategories 1.A.3.b.i-iv ("Motor vehicle types") and, within subcategory 1.A.3.b.i ("Passenger cars"), also between fuel types.

- Air transport is subdivided into category 1.A.3.a ("civil domestic aviation") and 1.D.1.a ("international aviation"), and into passenger and freight transport respectively. International aviation is not included in the GHG balance under the KSG, but is reported for information purposes.

### Data and methods for preparing the VEdV

The VEdV can be based on the methods and data as well as the detailed results of the national emission inventories (NIR), which are created with TREMOD and TREMOD-MM. In order to improve the VEdV, data sources were primarily required that are available in time, i. e. by the end of February of the following year (balance year +1) at the latest, and can be integrated into the calculation of the VEdV in a methodologically standardised procedure. To this end, all data sources previously used to compile the national emissions inventories and numerous other data sources were analysed with regard to their suitability for the VEdV. Many of these sources cannot be used because they are not available in time. Some of the sources analysed provide additional information to explain developments, even if the data cannot be used directly for emissions accounting. The most important data sources for the VEdV and their use are presented in the following paragraphs.

#### a) Energy balance and fuel sales

The basis for reporting greenhouse gas emissions (GHG) in the VEdV in accordance with the KSG is the "Official Mineral Oil Data" (AMS), which is published by the Federal Office of Economics and Export Control (BAFA). The statistics have a time lag of approx. two months, so that the cumulative annual quantities for the entire previous year are available in the monthly statistics at the end of February of the following year and thus in good time for the preparation of the VEdV. The official mineral oil data do not provide a complete sectoral breakdown, which is why the fuel sales for the individual types of transport and other source categories must be estimated using other key figures (see table below).

**Table 6: Relevant mineral oil products and biofuels per source category**

Mineral Oil Product	Category
Gasoline (fossil+bio)	Road transport, construction industry, households, forestry, military (ground)
Diesel Fuel (fossil)	Inland navigation, military (navigation)
Diesel Fuel (fossil+bio)	Road transport, rail transport, commercial/institutional (tertiary trade) , agriculture, forestry, military (ground)
Light Heating Oil*	Maritime transport
Aviation Gasoline	Military (aviation), domestic civil aviation for information: international civil aviation
Aviation Turbine Fuel Heavy (Kerosene)	Military (Aviation), domestic civil aviation for information: international civil aviation

Sources: AMS, KSG

Notes; \*2022 only taken into account retrospectively, see (Expertenrat für Klimafragen (ERK) 2023), page 60

In addition to mineral oil products and biofuels, greenhouse gas emissions from the consumption of LPG and natural gas in the transport sector are currently only included in the balance

sheet for road transport. These consumption figures are published by the Working Group on Energy Balances, but are not available in time for the VEdV. They must therefore be estimated.

The VEdV also include CO<sub>2</sub> emissions from the co-combustion of lubricants in 2-stroke engines in road transport and from the use of solid fuels in rail transport. As current values for the VEdV are not available, the values from the previous reporting year (reporting year-1) are generally used.

#### b) **Emission factors**

GHG emissions are stated as CO<sub>2eq</sub> emissions. In the transport sector, these are the CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuels and small amounts of fossil CO<sub>2</sub> emissions from biofuels, which are determined with a share of 5.5 % for biodiesel and 6.666 % for bioethanol in the direct CO<sub>2</sub> emissions from these fuels. Added to this are the combustion-related CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions, which are converted into CO<sub>2</sub> equivalents using mass-related weighting factors. The sum of the CO<sub>2</sub> equivalents of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O ultimately corresponds to the total greenhouse gas emissions. The weighting factors are as follows:

- ▶ up to and including 2021 reporting: Factor 25 (CH<sub>4</sub>) or factor 298 (N<sub>2</sub>O) according to the 4th IPCC Assessment Report (IPCC 2007),
- ▶ from reporting for the year 2022: factor 28 (CH<sub>4</sub>) or factor 265 (N<sub>2</sub>O) according to the 5th IPCC Assessment Report (IPCC 2013)

The weighting factors according to IPCC 2013 will also be applied retrospectively to the entire time series from the 2022 reporting year.

The average CO<sub>2</sub> emission factors are determined annually by the Federal Environment Agency for each energy source. The CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emission factors for road and air transport, on the other hand, are taken from TREMOD. In the case of road transport, they differ depending on the vehicle layer and traffic situation; in the case of air transport, they differ depending on the aircraft type and flight phase. For rail and shipping traffic, the values currently used by the Federal Environment Agency are applied.

#### c) **Activity data**

The focus of the work in this project was on researching, analysing and obtaining traffic activity data. This is because it is only possible to determine the causes of the development of GHG emissions in detail if we know the traffic development of the individual types of transport and the changes in fleet structures, driving behaviour, intensity of use and capacity utilisation, etc. For this purpose, numerous data sources were reviewed and analysed with regard to their suitability (content and availability). In addition, contact was made with the data providers and agreements were reached on the timely delivery of data. The most important data sources for the VEdV are as follows:

- ▶ **Special evaluation of new vehicle registrations for the balance sheet year in the differentiation required for TREMOD (KBA):**  
The new vehicle registrations are made available by the KBA in February of the following year. They are used to calculate the vehicle stock of the balance sheet year with the TREMOD stock calculation model. This is necessary because the inventory data for the balance sheet year is not available in time. The statistics also provide the CO<sub>2</sub> emissions of new passenger car and light commercial vehicle registrations in the WLTP cycle for estimating the efficiency trend.

► **Traffic Barometer (BASt):**

Since 2020, the traffic barometer has published monthly traffic trends on federal motorways and federal roads, broken down by eight vehicle types. The data for the reporting year is available until the end of February of the following year and is an important source for estimating the development of driving performance in the VEdV.

► **Toll statistics (BALM):**

The toll statistics are also published monthly and are available for the entire year in February of the following year. It contains the mileage of vehicles subject to tolls on federal motorways and federal roads and is therefore the second important source for determining road traffic mileage.

► **Special evaluation of air transport performance in the differentiation required for TREMOD (DESTATIS):**

The Federal Statistical Office compiles the traffic volumes (take-offs, passengers, freight) of the main airports in the year under review, broken down by airport relations and aircraft types, for the calculation of air traffic emissions by February of the following year.

**Further development of the method**

Based on the previous method for compiling the inventory (NIR), the available data and the time and content requirements of the KSG, the method for compiling the VEdV was further developed. The procedure is as follows:

d) **Allocation of the energy and sales figures to the source categories**

The "Official Mineral Oil Data" (AMS) are the main basis of the VEdV. The task of the VEdV is to allocate the "domestic deliveries" (total consumption) of the products relevant for transport (mineral oil products and biofuels) to the sectors and source categories. As no information on absolute consumption is available for most categories at the time of the VEdV, other suitable indicators are used for each category in order to derive changes compared to the previous year's consumption volumes from the national emissions inventories. This is done in the following steps:

- Determination of the shares of the categories tertiary trade, agriculture and construction, military, rail, inland navigation based on the development of the activity data for each source category (details in section e below).
- Allocation of biofuels: Proportional allocation of the admixtures of biodiesel and bioethanol to all categories except shipping and marine in accordance with the distribution of mineral diesel and gasoline.
- The difference between total consumption and the sum of the above categories is allocated to road transport. The resulting consumption volumes are therefore the key figures for road transport.
- The domestic deliveries of aviation gasoline and kerosene in the categories "Aviation" and "Other" are the benchmark values for air transport. Domestic deliveries to the "military" are already shown separately in the AMS.

e) **Determination of activity data and sales volumes per source category**

For the breakdown of the energy and sales figures by category, the available information is analysed for each category, from which the development compared to the previous year can be derived:

► **Households, tertiary sector and military:**

As there is little data available for the household, tertiary and military categories for the VEdV and these categories account for a small proportion of fuel consumption, these can be derived using estimation methods based on activity data. The trend developments can thus be used to determine whether there have been relevant changes in certain categories, e. g. construction, agriculture/forestry, e. g. increase in yields or turnover, which indicate a change in fuel consumption. For all categories in which no suitable data is available, the previous year's consumption is used.

► **Air traffic:**

For air traffic, the procedure for the national emission inventories can also be adopted for the VEdV, as the special analysis from DESTATIS in particular is available in good time. If new aircraft types are used, new emission factors for these types are integrated into TREMOD. The same data sources are used as for the national emission inventories. Only for other air traffic (commercial air traffic at small airports and non-commercial air traffic) are no values and alternative sources available, so that the previous year's values (absolute emissions and consumption) are used as an assumption.

► **National shipping traffic:**

As the current national energy balance from AGEB is not available in time for the VEdV, fuel consumption is determined on the basis of the relative development compared to the previous year.

- Passenger shipping: In the absence of current inventory data, either the fuel consumption from the previous year can be used as a simplification, or a different trend can be estimated using additional information.
- Freight shipping (inland navigation): The development of the transport performance of the balance sheet year according to DESTATIS, which is usually available by the third quarter of the balance sheet year in February (balance sheet year+1), can also be transferred to the development of fuel consumption in a simplified manner. This neglects important influencing factors such as refuelling behaviour at home or abroad and the efficiency development of ships. However, due to the small share of inland freight shipping in GHG emissions, these uncertainties can be accepted.
- National maritime transport: the consumption figures for the national emissions inventories are determined by the Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH). According to the BSH, there is no current information available until February (reporting year+1), which is why the consumption values have so far been taken from the previous year (reporting year-1).

► **Rail transport:**

The VEdV for the railways is based on the diesel sales determined in the national emissions inventories in the previous year. Current diesel sales are estimated on the basis of known developments compared to the previous year. For the VEdV 2020 and 2021, a development in diesel consumption compared to the previous year was estimated. A differentiated calculation was carried out for the VEdV 2022, as key rail transport figures provided by DB for TREMOD were already available and could be analysed. The calculated change in diesel consumption compared to the previous year was adopted. It is assumed that this data will also be available in good time in the coming years.

► **Road transport:**

After allocating the total fuel volumes to the source categories, the remaining sales volumes of gasoline and diesel that go into road transport are specified. The main task now is to allocate the respective sales volumes to the vehicle categories. Here, too, the focus is on quantifying and explaining the changes compared to the previous year as accurately as possible. The development of fuel consumption as a key variable for the allocation of sales volumes to the vehicle categories is primarily dependent on the following variables, which must be determined:

- **Composition of the vehicle fleets (stock):**  
The vehicle stock of the reporting year is calculated from the KBA new registrations of the reporting year using the TREMOD stock calculation model.
- **Development of average energy consumption (efficiency development):**  
The average fuel consumption of passenger cars and light commercial vehicles is calculated on the basis of the CO<sub>2</sub> emissions of new registrations reported by the KBA. No consumption figures are yet available for the other vehicle categories. They are therefore based in the VEdV on the assumptions of the TREMOD trend scenario, which takes into account the statutory reduction targets.
- **Development of total kilometres travelled per vehicle category:**  
The mileages for the reporting year are determined on the basis of the rates of change compared to the previous year from the traffic barometer and the mileages from the toll statistics for vehicles subject to tolls. As this can only be used to determine the development of mileage on federal motorways and federal roads, the development of mileage on other roads is derived from the development of mileage on federal roads.

f) **Calculation of greenhouse gas emissions per source category**

By linking the energy consumption per category with the emission factors (CO<sub>2</sub> factors per energy source and vehicle-specific CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emission factors), the GHG emissions are calculated as CO<sub>2</sub> equivalents per source category. Added to this are the CO<sub>2</sub> emissions from the co-combustion of lubricants in 2-stroke engines in road transport and from the use of solid fuels in rail transport.

**Results of the VEdV**

The following table shows the results of the VEdV 2022 for the Transport Sector, broken down by source category and energy source, as well as the totals per source category for 2021. The results illustrate the relevance of road transport, which is responsible for almost 98% of greenhouse gas emissions in the Transport Sector according to the KSG, as emissions from international transport by plane and ship are not part of the KSG. Almost 2/3 of the emissions also come from the use of diesel fuel and a good 1/3 from the use of gasoline.

**Table 7: Greenhouse gas emissions from transport in 2022 in Mt CO<sub>2</sub>eq**

Source category	Diesel total	Gasoline total	Gases (LPG, CNG, LNG)	Kerosene	Avgas	Total 2022*	Total 2021*
1.A.3.a - Domestic Civil Aviation				1,02	0,01	1,03	0,74
1.A.3.b – Road Transport	93,7	49,6	1,2			144,5	143,7

Source category	Diesel total	Gasoline total	Gases (LPG, CNG, LNG)	Kerosene	Avgas	Total 2022*	Total 2021*
1.A.3.c – Rail Transport	0,81					0,84	0,86
1.A.3.d – Domestic Navigation	1,40					1,45	1,47
Total	95,9	49,6	1,2	1,02	0,01	147,9	146,8

Remarks: incl. other fuels

Source: (Umweltbundesamt 2023)

Due to the outstanding importance of road transport for greenhouse gas emissions, the emissions from road transport were further differentiated by vehicle category in the study. The following table shows the resulting GHG emissions from road transport from 2019 to 2022 in comparison to total transport and the sector targets according to the KSG. The high contribution of passenger car transport can be seen, followed by heavy goods transport and light commercial vehicles, as well as the increase in GHG emissions after 2020 following the decline caused by the restrictions due to the pandemic. The sector target was met in 2020, but exceeded in the following years.

**Table 8: GHG emissions from road transport by vehicle type and total transport as well as sector target for transport according to KSG 2019-2022**

	2019	2020	2021	2022	2019-2020	2019-2021	2019-2022	2021-2022
	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Change	Change	Change	Change
Bus	3,6	2,4	2,2	2,4	-33,9%	-38,0%	-32,6%	8,6%
LCV	12,0	11,4	12,6	13,0	-5,1%	4,7%	8,0%	3,2%
MZR	1,4	1,5	1,3	1,4	2,2%	-7,3%	0,4%	8,3%
PC	99,9	85,9	87,4	90,0	-14,0%	-12,6%	-9,9%	3,0%
HGV	41,1	40,0	39,3	36,8	-2,6%	-4,5%	-10,6%	-6,4%
Other	1,0	0,9	0,9	0,8	-8,1%	-9,3%	-12,7%	-3,7%
Road total	<b>159,1</b>	<b>142,1</b>	<b>143,7</b>	<b>144,5</b>	<b>-10,7%</b>	<b>-9,7%</b>	<b>-9,2%</b>	<b>+0,6%</b>
Transport Total	<b>163,7</b>	<b>145,4</b>	<b>146,8</b>	<b>147,9</b>	<b>-11,2%</b>	<b>-10,3%</b>	<b>-9,7%</b>	<b>+0,7%</b>
Target KSG Transport		<b>150</b>	<b>145</b>	<b>139</b>				

Notes: Balance sheet boundary: Domestic sales of fuels

Source: AMS, UBA, ifeu calculations with TREMOD

### Comparison of the VEdV with the inventory

In order to assess the quality of the VEdV results, the study analysed the influence of subsequent changes to the database on the results. The focus here is on comparing the emissions inventory (balance sheet year, published in balance sheet year+2) with the VEdV (balance sheet year) from March (balance sheet year+1). The VEdV for 2020 and 2021 were analysed.

The following points emerged as the main reasons for differences in the inventory compared to the VEdV:

- ▶ The preliminary energy balances of the AGEB contain changed energy sales figures compared to the AMS published in a timely manner. The differences were small for gasoline and diesel in 2020 and 2021 across all source categories. However, there were larger differences in some categories with a low share of energy consumption, such as rail and shipping. The reasons for this cannot be determined as AGEB does not publish any documentation on the balances.
- ▶ The AMS was updated again at a later date in the following year, resulting in slightly different proportions of biofuels in the inventory in both years compared to the VEdV.
- ▶ In road transport, there were slight changes to the inventory data, mileage and - in 2021 - the consumption and emission factors. Since the total amount of energy consumed and thus the CO<sub>2</sub> emissions are determined by the energy balance, these changes only lead to shifts in the shares between the vehicle categories and drive types and thus to different contributions of the individual vehicle concepts to CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions, which lead to very small changes in overall GHG emissions. This is less relevant for the GHG balance of road transport, but helpful for analysing the causes.
- ▶ In the case of air transport, the main differences also result from the differences between the AMS figures for the VEdV and the provisional energy balance for the inventory. The improved input data, in particular the statistics on other air traffic and any updated emission factors for new aircraft types, have a much smaller impact

#### **Root cause analysis**

In addition to calculating GHG emissions from transport, a methodology for analysing causes was developed and carried out for the reporting years 2021 and 2022. The aim of the root cause analysis is to identify the main drivers for the development of GHG emissions and, where possible, to quantify them. The focus here was on road transport. The following approaches were pursued as part of the project:

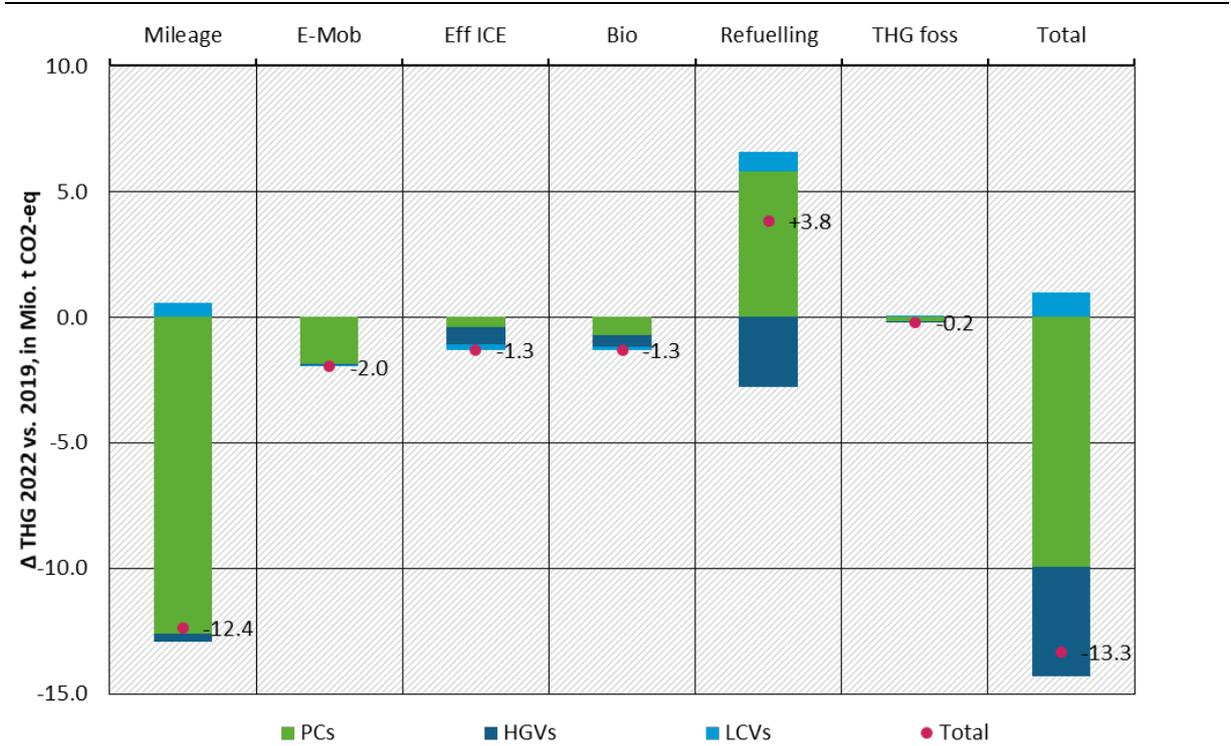
- ▶ A decomposition analysis
- ▶ Impact assessments for selected individual effects
- ▶ Estimation of grey imports/grey exports of fuels

The methodology for the decomposition analysis is based on preliminary work from the UBA study "Decomposition of energy-related greenhouse gas emissions with a focus on the expansion of renewable energies" by (Förster et al. 2018), but was further developed for the VEdV and adapted to the data available at the time of reporting. The GHG changes compared to the previous year or previous years are broken down top-down into the following components using the log-mean divisibility index (LMDI) method:

- ▶ Distance travelled: development of total distance travelled (km)
- ▶ Electromobility: Share of electric kilometres travelled (km/km)
- ▶ Efficiency of combustion engines: Average fuel consumption of combustion engines (MJ/km)
- ▶ Biofuels: Share of biofuels in total fuel consumption (MJ/MJ)
- ▶ Refueling behaviour: Ratio of fuel sales to total fuel consumption (MJ/MJ)
- ▶ GHG intensity of fossil fuels: average GHG emissions (g CO<sub>2</sub>-eq/MJ)

The following figure shows the difference in GHG emissions for passenger cars, LCVs and HDVs in 2022 compared to 2019. Overall, GHG emissions in 2022 were 13.3 million tonnes of CO<sub>2</sub>-equivalent lower than in 2019, with the decrease in mileage, especially for passenger cars, contributing the most to this reduction at 12.4 million tonnes of CO<sub>2</sub>-equivalent.

**Figure 2: Results of the decomposition analyses for passenger cars, light commercial vehicles and heavy commercial vehicles in 2022 vs. 2019**



Source: ifeu graphic. Explanation: E-Mob: electromobility, Eff ICE: efficiency of internal combustion engine vehicles, Bio: biofuel share, Refuelling: refuelling behaviour or difference in fuel consumption/sales, THG-Foss: GHG intensity of fossil fuels. Note: Positive values represent a GHG increase and negative values a GHG reduction compared to previous years. In total, the effects of individual components or vehicle categories can cancel each other out.

Bottom-up calculations were carried out for individual components/effects, which confirmed that the decomposition analysis delivers fundamentally plausible and comprehensible results. The quality of the results - like the GHG calculation of the VEdV - therefore essentially depends on the quality of the input data. However, deviating results were found for the influence of the biofuel share, which led to higher GHG savings in the decomposition analysis than in a comparative calculation based on the absolute quantity of biofuels. The "refuelling behaviour" component must also be critically scrutinised, as the underlying ratio of fuel sales to calculated fuel consumption is subject to various uncertainties due to the model assumptions and data used, e. g. in terms of domestic mileage or specific consumption factors.

For this reason, an in-depth analysis of refuelling behaviour was carried out as part of the project using a specially developed refuelling model. For this purpose, the annual volume of grey imports and grey exports was modelled using the average annual fuel prices in Germany and all neighbouring countries as well as data on the regional car population and border crossings of trucks. The result showed that transport in Germany during the reporting years 2020-2022 has a net-to-grey import of fuels analogous to the ratio of sales to consumption in TREMOD. However, the absolute amount and annual change in the net grey import of both models differs,

which is why the "refuelling behaviour" component cannot be attributed solely to the refuelling differences, but may also include other uncertainties of other components, e. g. mileage or efficiency. As the influence of this variable is considerable, there is a need for further research in this area.

In 2020 and 2021, the decline in passenger transport was linked to the measures taken to contain the COVID-19 pandemic with the help of monthly traffic counts. No such link could be established in 2022. However, this year saw a sharp rise in fuel prices at around the same time as the start of the Russian war of aggression against Ukraine. Together with other effects, e. g. increased popularity of working from home, cheap public transport (9-euro ticket), this could have led to a reduction in car mileage. However, it was not possible to precisely quantify and identify all relevant effects within the scope of this study.

Overall, the causal analysis suggests that GHG emissions from transport in Germany were strongly influenced by special effects in the VEdV reporting years 2020-2022, which led to a significant reduction in car kilometres travelled. Without this decline, the GHG emissions and thus also the exceedance of the maximum amount permitted under the Climate Protection Act for the transport sector would have been significantly higher. However, it also shows the effect of GHG-reducing factors in recent years, of which the increase in electric car mileage in particular has increasingly contributed to the reduction in GHG emissions.

### **Conclusions**

The methods developed in this project and the data used have significantly improved the procedures for compiling the VEdV and the quality of the results. The procedure thus forms the basis for updating the VEdV in the coming years and can be further developed if necessary. The aim here should be to further reduce the remaining weak points, e. g. the incomplete mileage data in road traffic.

The instruments used to analyse the causes provide good insights into the development of individual parameters and their contribution to GHG emissions, even if there are problems with the decomposition analysis that make it difficult to interpret the results. Some of these could be minimised by improving the database and possibly adjusting the methodology. Furthermore, it does not provide any information about more fundamental causes. For example, it does not clarify why there is a change in driving performance. It merely quantifies what proportion of the GHG change is due to the change in driving performance. However, the findings of the decomposition analysis can form the basis for further investigations.

# 1 Einleitung

## 1.1 Ziele und Inhalt der Studie

Im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) werden zulässige Jahres-Emissionshöchstmengen für die einzelnen Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude, Verkehr, Industrie, Landwirtschaft sowie Abfallwirtschaft und sonstige vorgegeben. Um frühzeitig Überschreitungen dieser Emissionsmengen zu erkennen, hat das Umweltbundesamt laut Paragraph 5 des KSG die Aufgabe, bis zum 15. März die nach den Sektoren differenzierten Emissionen des Vorjahres zu ermitteln (Im Folgenden als „Vorläufige Emissionsdaten des Vorjahrs“ (VEdV) bezeichnet).

Diese Emissionsdaten wurden vom UBA auch in der Vergangenheit auf Basis der im Vorjahr im Zeitraum Januar-November bzw., wenn möglich, bis Dezember verkauften Kraftstoffmengen ermittelt. Die Absätze von Kraftstoffen wurden dabei anhand von Splitfaktoren auf die verschiedenen Sektoren aufgeteilt. Dieses Verfahren ist sehr robust für die Ermittlung der Gesamthöhe der Emissionen, aber nur eingeschränkt für die Identifizierung von sektor- oder gar emittentenspezifischen Entwicklungen geeignet. Daher wurden im Projekt die Methode für die VEdV für den Sektor „Verkehr“ weiterentwickelt, um insbesondere die Aufteilung der Emissionen auf die Verkehrsträger und die Identifikation der Ursachen der Emissionsentwicklung zu verbessern.

Gemäß KSG sind im jeweiligen Sektor Sofortmaßnahmen zur Minderung einzuleiten, sofern sich laut VEdV eine Überschreitung der zulässigen Jahres-Emissionsmenge abzeichnet. Für die Ableitung zielführender Minderungsmaßnahmen reicht die bisherige Methode weder hinsichtlich der Genauigkeit noch des Differenzierungsgrades aus. Auch ist es notwendig, die Wirkung erst kurzfristig beschlossener Minderungsmaßnahmen so gut wie möglich abschätzen zu können.

Ziel des Vorhabens war die Entwicklung einer Methodik, mit der bis zum 1. März des laufenden Jahres die Klimagasemissionen des Vorjahres in der Abgrenzung der internationalen Berichtspflichten („Absatzprinzip“) für die Quellgruppen 1.A.3.a bis d so genau und differenziert wie möglich ermittelt werden können. Dabei geht es weniger um eine Korrektur der Gesamtmenge der Emissionen in den genannten Quellgruppen als vielmehr um eine möglichst genaue Aufteilung der Energieeinsätze und Emissionen.

Hierbei wurden soweit wie möglich und sinnvoll die Daten, Datenstrukturen und Methoden einbezogen, die in den Modellen „Transport Emission Model“ (TREMOM), „TREMOM-AV“ (Aviation), „TREMOM-NA“ (Navigation) und „TREMOM-MM“ (Mobile Machinery) bereits vorliegen, da diese Modelle vom Umweltbundesamt für die Berechnung der endgültigen Treibhausgas-Emissionen im Herbst des jeweiligen Jahres für die Nationalen Emissionsinventare verwendet werden und damit eine weitgehende Konsistenz zwischen „Vorläufigen Daten“ und „Endergebnis“ gesichert wird. Dies ist weiterhin notwendig, um zukünftig die Weiterentwicklung der verschiedenen Modelle für die notwendigen Aufgaben effizient und mit möglichst wenig Aufwand und Kosten vorantreiben zu können.

Darüber hinaus wurde eine Methodik entwickelt, mit der die Ursachen für die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen im Vorjahr im Vergleich mit den weiter zurückliegenden Jahren ermittelt werden können. Diese soll es auch ermöglichen, die Wirkung von Maßnahmen zum Klimaschutz im Verkehr besser und schneller abbilden und abschätzen zu können.

## 1.2 Abgrenzungen

Aus Gründen der konsistenten Zuordnung des gesamten Kraftstoffverbrauchs auf die einzelnen Kategorien werden in der Studie alle Quellgruppen betrachtet, welche Ottokraftstoff, Dieselloststoff, Flugbenzin und Kerosin verbrauchen. Es handelt sich hierbei um die in Tabelle 9 dargestellten Kategorien.

**Tabelle 9: Betrachtete Kategorien je Sektor**

Industrie	Verkehr	Land- und Forstwirtschaft	Gebäude
1.A.2.g vii – Bauwirtschaft	1.A.3.a - zivile Luftfahrt		1.A.4.a ii – Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
	1.A.3.b - Straße		1.A.4.b ii - Haushalte
	1.A.3.c - Schiene	1.A.4.c ii (i) - Landwirtschaft	1.A.5.b i - Militär: Land
	1.A.3.d – Binnenschiff	1.A.4.c ii (ii) - Forstwirtschaft	1.A.5.b ii - Militär: Luft
	1.A.3.d - Seeschiff	1.A.4.c iii - Fischerei	1.A.5.b iii - Militär: Marine

Quelle: KSG

Der KSG-Sektor „Verkehr“ ist der inhaltliche Schwerpunkt der Studie. Aufgrund ihrer umfangreichen Beiträge zu den Treibhausgasemissionen des Verkehrs werden der Straßenverkehr und die zivile Luftfahrt weiter unterteilt:

- ▶ In der Kategorie 1.A.3.b („Straßenverkehr“) wird weiter unterschieden nach den Unterkategorien 1.A.3.b.i-iv („Kraftfahrzeugarten“) und innerhalb der Unterkategorie 1.A.3.b.i („Pkw“) auch nach Kraftstoffarten.
- ▶ Der Luftverkehr wird unterteilt in die Kategorie 1.A.3.a („ziviler inländischer Luftverkehr“) und 1.D.1.a („internationaler Luftverkehr“) sowie jeweils in Personen- und Güterverkehr. Der internationale Luftverkehr wird nicht in der THG-Bilanz nach dem KSG berücksichtigt, aber nachrichtlich berichtet.

Diese Abgrenzungen sind grundsätzlich kompatibel mit dem TREMOD-Modell. Einzig die in der Berichterstattung für den Schiffsverkehr verwendete Abgrenzung (nationale Binnen- und Seeschifffahrt sowie internationale Seeschifffahrt) ist in TREMOD nur teilweise abgebildet: hier sind nur Gütertransporte der Binnenschiffe auf dem Territorium Deutschlands enthalten.

## 2 Daten und Methoden zur Erstellung der VEdV

### 2.1 Datenbedarf und Datenbeschaffung

#### 2.1.1 Aufgabenstellung

Die VEdV können auf die Methoden und Daten sowie die detaillierten Ergebnisse der nationalen Emissionsinventare, die mit TREMOD und TREMOD-MM erstellt werden, aufbauen. Für die Verbesserung der VEdV wurden vor allem Datenquellen benötigt, die rechtzeitig, d.h. spätestens bis Ende Februar des Folgejahres (Bilanzjahr +1) vorliegen und in einem methodisch standardisierten Verfahren in die Berechnung der VEdV integriert werden können. Die folgenden Abschnitte geben einen Überblick über die benötigten und im Rahmen der Methodenentwicklung identifizierten Daten und deren Beschaffung.

Da Daten und Methode eng miteinander zusammenhängen, wird bei der Beschreibung der Methode in Kapitel 2.2 auch auf die verwendeten Daten eingegangen.

Die aktuell für die VEdV verwendeten Daten werden danach in Kapitel 2.3 am Beispiel der derzeit aktuellen VEdV für das Jahr 2022 konkret beschrieben.

Die relevanten Datenquellen sind außerdem im Anhang A.1 tabellarisch dargestellt. Anhang A.2 gibt einen Überblick über die im Rahmen der Datenanalyse untersuchten und nicht als geeignet identifizierten Datenquellen. Anhang A.3 führt einige perspektivisch, d.h. zukünftig potenziell nutzbare Datenquellen auf.

#### 2.1.2 Energiebilanz und Kraftstoffabsatz

Basis der Berichterstattung der Treibhausgasemissionen in den nationalen Emissionsinventaren und der VEdV nach KSG sind die „Amtlichen Mineralölkosten“, die vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle herausgegeben werden (BAFA o.J.) und die Energiebilanz der AG Energiebilanzen (AG Energiebilanzen o.J.). Für die Berichterstattung in den nationalen Emissionsinventaren werden die vorläufige Energiebilanz des Berichtsjahres, die i.d.R. im Juli des Folgejahres (Bilanzjahr +1) vorliegt, sowie die endgültigen Zahlen der „Amtlichen Mineralölkosten“ für das Berichtsjahr verwendet. Die endgültige Energiebilanz erscheint i.d.R. im Folgejahr (Bilanzjahr +2). Die Ergebnisse werden dann bei der nachfolgenden Berichterstattung aktualisiert.

#### Mineralölprodukte und Biokraftstoffe

Für die VEdV liegt die Energiebilanz nicht rechtzeitig vor, so dass die „Amtlichen Mineralölkosten“ (AMS) relevante Eckdaten für die Absatzmengen von Mineralölprodukten und Biokraftstoffen liefern (BAFA o.J.). Diese werden monatlich veröffentlicht. Die Statistik enthält die monatlichen Inlandsablieferungen der verschiedenen Kraftstoffe (Tabelle 7 der AMS) und die kumulierten Werte für das laufende Jahr (Tabelle 7j der AMS). In Tabelle 9 der AMS wird die Beimischung von Biozusatzstoffen in Mineralölprodukten im Inland für den Berichtsmonat und kumuliert für das laufende Kalenderjahr dargestellt.

Die für den Verkehr relevanten Mineralölprodukte und Biozusatzstoffe sowie die ausgewiesenen Quellkategorien sind in Tabelle 10 dargestellt. Im Gegensatz zur Energiebilanz liefern die amtlichen Mineralölkosten jedoch keine vollständige sektorale Aufteilung, weswegen die Kraftstoffabsätze für die einzelnen Verkehrsarten und andere Sektoren und Kategorien mittels anderer Kennzahlen abgeschätzt werden müssen (siehe Kapitel 2.3.1 bis 2.3.5).

**Tabelle 10: Relevante Mineralölprodukte und Biokraftstoffe je Quellkategorie**

Mineralölprodukt	Kategorien
Ottokraftstoff (fossil+bio)	Straßenverkehr, Bauwirtschaft, Haushalte, Forstwirtschaft, Militär
Diesekraftstoff (fossil)	Binnenschifffahrt, Militär (Marine)
Diesekraftstoff (fossil+bio)	Straßenverkehr, Schienenverkehr, GHD, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Militär (Land)
Heizöl leicht*	Seeverkehr
Flugbenzin	Militär (Luft), zivile Luftfahrt national nachrichtlich: zivile Luftfahrt international
Flugturbinenkraftstoff schwer (Kerosin)	Militär (Luft), zivile Luftfahrt national nachrichtlich: zivile Luftfahrt international

Anmerkungen; \*2022 erst nachträglich berücksichtigt, siehe (Expertenrat für Klimafragen (ERK) 2023), Seite 60

Die Statistik hat einen zeitlichen Verzug von ca. zwei Monaten, so dass die kumulierten Jahresmengen für das gesamte Vorjahr in der Monatsstatistik Ende Februar des Folgejahres vorliegen.

### Flüssiggas, Erdgas und Biomethan

Neben den Mineralölprodukten und Biokraftstoffen werden bisher – im Sektor Verkehr nur im Straßenverkehr - die Treibhausgasemissionen bilanziert, die aus dem Verbrauch von LPG und CNG resultieren. Für Biomethan werden derzeit keine fossilen CO<sub>2</sub>-Emissionen bilanziert, jedoch die beim Verbrauch entstehenden CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen. Die Verbrauchswerte werden von der AG Energiebilanzen veröffentlicht, liegen aber für die VEdV nicht rechtzeitig vor. Sie müssen daher geschätzt werden. Meist wurden bisher für die VEdV (Bilanzjahr) die Werte aus dem vorherigen Bilanzjahr (Bilanzjahr-1) übernommen (siehe Kap. 2.3.6).

### Weitere fossile Kraftstoffe

Die VEdV enthalten darüber hinaus auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Mitverbrennung von Schmierstoffen in 2-Taktern im Straßenverkehr und aus der Nutzung von Festbrennstoffen im Schienenverkehr. Da aktuelle Werte für die VEdV nicht vorliegen, werden in der Regel die Werte aus dem vorherigen Bilanzjahr (Bilanzjahr-1) übernommen.

### Bisher nicht bilanzierte Antriebsenergien

Bisher nicht erfasst werden die THG-Emissionen aus anderen Energieträgern, die in geringen Mengen verwendet werden, wie Wasserstoff oder fossiles Ethanol.

#### 2.1.3 Emissionsfaktoren

Die THG-Emissionen werden als CO<sub>2eq</sub>-Emissionen angegeben. Im Verkehrsbereich sind das die CO<sub>2</sub>-Emissionen der fossilen Kraftstoffe sowie geringe Mengen an fossilen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei den Biokraftstoffen, die mit einem Anteil von 5,5 % bei Biodiesel und 6,666 % bei Bioethanol an den direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen dieser Kraftstoffe bestimmt werden. Hinzu kommen die CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen, die mit massenbezogenen Gewichtungsfaktoren in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet werden. Die Summe der CO<sub>2</sub>-Äquivalente von CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O sind dann die Treibhausgasemissionen. Die Gewichtungsfaktoren sind wie folgt:

- bis zur Berichterstattung zum Jahr 2021 (einschließlich): Faktor 25 (CH<sub>4</sub>) bzw. Faktor 298 (N<sub>2</sub>O) gemäß 4. IPCC Sachstandbericht (IPCC 2007),

- ▶ ab Berichterstattung zum Jahr 2022: Faktor 28 (CH<sub>4</sub>) bzw. Faktor 265 (N<sub>2</sub>O) gemäß 5. IPCC Sachstandbericht (IPCC 2013)

Die Gewichtungsfaktoren gemäß IPCC 2013 werden dabei auch rückwirkend auf die gesamte Zeitreihe angewandt,

Die mittleren CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren werden vom Umweltbundesamt je Energieträger jährlich ermittelt. Die für die VEdV 2022 verwendeten Emissionsfaktoren sind in Tabelle 11 dargestellt.

Die CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren des Straßen- und Flugverkehrs werden dagegen aus TREMOD übernommen. Sie unterscheiden sich beim Straßenverkehr je Fahrzeugschicht und Verkehrssituation, beim Flugverkehr je Flugzeugtyp und Flugphase. Für Bahn- und Schiffsverkehre werden die aktuell vom Umweltbundesamt verwendeten Werte angesetzt.

**Tabelle 11: CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für den Verkehr 2019-2022**

CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren in kg/TJ

		2019	2020	2021	2022
Benzin	4-Takt	75.284,12	75.951,70	74.949,98	74.949,98
	2-Takt	75.244,44	74.918,67	74.916,98	74.916,98
Diesel		74.026,53	74.026,53	74.026,53	74.026,53
Bioethanol*	4-Takt	71.606,92	71.606,92	71.606,92	71.606,92
	2-Takt	71.640,78	71.640,78	71.640,78	71.640,78
Biodiesel*		70.800	70.800	70.800	70.800
LPG		66.333,50	66.333,50	66.333,50	66.300,00
CNG		55.748,51	55.826,20	55.785,55	55.936,55
Kerosin		73.256	73.256	73.256	73.256
Flugbenzin		70.000	70.000	70.000	70.000
LNG		55.717,55	55.943,58	55.943,58	55.943,58
Biogas*		90.584,20	90.584,20	90.584,20	90.584,20

Anmerkungen: \*biogene Emissionen

Quelle: Umweltbundesamt; 2019-2021 Inventar; 2022: VEdV 2022

#### 2.1.4 Aktivitätsdaten

Schwerpunkt der Arbeiten in diesem Projekt war die Recherche, Analyse und Beschaffung von verkehrlichen Aktivitätsdaten. Denn nur die Kenntnis der Verkehrsentwicklung der einzelnen Verkehrsarten und der Veränderungen von Flottenstrukturen, Fahrverhalten, Nutzungsintensität bzw. Auslastung u.a. erlaubt es, die Ursachen der Entwicklung der THG-Emissionen im Detail zu ermitteln. Dazu wurden zahlreiche Datenquellen gesichtet und bezüglich ihrer Eignung (inhaltlich und Verfügbarkeit) untersucht. Außerdem wurde Kontakt zu den Datenlieferanten aufgenommen und Vereinbarungen zur fristgerechten Datenlieferung getroffen. Insbesondere stehen hier folgende Organisationen und Datensätze im Mittelpunkt:

- ▶ BAFA: AMS für das Bilanzjahr; Daten werden Ende Februar in Bilanzjahr+1 an UBA übermittelt

- ▶ KBA: Sonderauswertung der Neuzulassungen der Kraftfahrzeuge für das Bilanzjahr in der für TREMOD vereinbarten Differenzierung; Lieferung im Februar Bilanzjahr+1
- ▶ BAST: Verkehrsbarometer; wird vorab Ende Februar in Bilanzjahr+1 übermittelt und zeitnah veröffentlicht
- ▶ BALM: Mautstatistik: wird zeitnah veröffentlicht
- ▶ DESTATIS: Sonderauswertung der Verkehrsleistungen des Flugverkehrs in der für TREMOD vereinbarten Differenzierung

Wie schon oben dargelegt werden die verwendeten Datenquellen ausführlich in den relevanten Kapiteln sowie im Anhang A.1 beschrieben.

## 2.2 Weiterentwicklung der Methode

### 2.2.1 Übersicht

In diesem Kapitel wird das aktuelle Vorgehen zur Erstellung der VEdV allgemein beschrieben. Die konkrete Anwendung der Methode für die VEdV 2022 wird in Kapitel 2.3 dargestellt. Im Anschluss werden die Ergebnisse der während des Projekts erstellten VEdV mit den später im Inventar berechneten Ergebnissen verglichen, um die Qualität der Ergebnisse einzuordnen.

### 2.2.2 Aufteilung der Energie- und Absatzzahlen auf die Quellkategorien

Die „Amtlichen Mineralöldata“ (BAFA o.J.) sind die wesentliche Grundlage der VEdV (siehe Kapitel 2.1.2). Die Aufgabe der VEdV besteht darin, die „Inlandsablieferungen“ (Gesamtverbrauch) der für den Transport relevanten Produkte (Mineralölprodukte und Biokraftstoffe) auf die Kategorien aufzuteilen. Da für die meisten Kategorien zum Zeitpunkt der VEdV keine Informationen zum absoluten Verbrauch vorliegen, werden je Kategorie andere geeignete Indikatoren verwendet, um Veränderungen gegenüber den Verbrauchsmengen des Vorjahres aus den nationalen Emissionsinventaren abzuleiten.

Das generelle Vorgehen ist wie folgt:

- ▶ Aufteilung von Diesel und Benzin auf die Quellkategorien:
  - Ermittlung der Anteile der Kategorien GHD, Land- und Bauwirtschaft, Militär, Bahn, Binnenschifffahrt aufgrund der Entwicklung der Aktivitätsdaten je Kategorie (siehe Kapitel 2.2.3.1, 2.2.3.3 und 2.2.3.4).
  - Aufteilung der Biokraftstoffe: Proportionale Zuordnung der Beimengungen von Biodiesel und Ethanol auf alle Kategorien außer Schifffahrt und Marine entsprechend der Verteilung von mineralischem Diesel und Benzin.
  - Die Differenz aus dem Gesamtverbrauch und der Summe der genannten Kategorien wird dem Straßenverkehr zugeordnet. Die resultierenden Verbrauchsmengen sind somit die Eckwerte für den Straßenverkehr (siehe Kapitel 2.2.3.5).
- ▶ Die Inlandsablieferungen von Flugbenzin und Kerosin der Kategorien „Luftfahrt“ und „Sontige“ sind die Eckwerte für den Flugverkehr (siehe Kapitel 2.2.3.2). Die Inlandsablieferungen an das „Militär“ wird dabei in der AMS bereits gesondert ausgewiesen.

## 2.2.3 Bestimmung der VEdV je Quellkategorie

### 2.2.3.1 Haushalte, GHD und Militär

Da für die Kategorien Haushalte, GHD und Militär für die VEdV nur wenige Daten vorliegen und diese Kategorien einen geringen Anteil an den Treibstoffverbräuchen haben, können diese mittels Schätzverfahren aufgrund von Aktivitätsdaten abgeleitet werden (siehe Kapitel 2.3.1). Aus den Trendentwicklungen kann somit festgestellt werden, ob in bestimmten Kategorien, z.B. Bauwirtschaft, Land-/Forstwirtschaft relevante Änderungen, z.B. Steigerung der Erträge oder des Umsatzes stattfanden, welche auf eine Änderung des Kraftstoffverbrauchs schließen lassen. Für alle Bereiche, in denen keine geeigneten Daten vorliegen, werden die Verbräuche des Vorjahres übernommen.

#### Zeitlicher Ablauf

Die Aktivitätsdaten für die Fortschreibung des Diesel- und Benzinverbrauchs dieser Kategorien und die daraus abgeleiteten Verbrauchsänderungen gegenüber dem Vorjahr (Bilanzjahr-1) werden im Laufe des Februars (Bilanzjahr+1) ermittelt. Nach Erscheinen der Jahresstatistik der BAFA-Mineralölzahlen erfolgt ein Gesamtabgleich der Verbrauchzahlen über alle Kategorien.

### 2.2.3.2 Flugverkehr

Beim Flugverkehr kann das Verfahren für die nationalen Emissionsinventare auch für die VEdV übernommen werden, da insbesondere die Sonderauswertung von DESTATIS rechtzeitig zur Verfügung steht (siehe Kapitel 2.3.2). Sofern neue Flugzeugtypen zum Einsatz kommen, werden neue Emissionsfaktoren für diese Typen in TREMOD integriert. Hierbei werden dieselben Datenquellen verwendet wie bei den nationalen Emissionsinventaren.

Lediglich für den sonstigen Flugverkehr (gewerblicher Flugverkehr auf kleinen Flugplätzen und nicht gewerblicher Flugverkehr) liegen keine Werte und alternativen Quellen vor, so dass als Annahme die Vorjahreswerte (absolute Emissionen und Verbräuche) übernommen werden. Diese Annahme erscheint unproblematisch, da der Anteil des sonstigen Flugverkehrs gering ist und der Fehler durch die Annahme als klein eingeschätzt wird.

#### Zeitlicher Ablauf

Die differenzierte Berechnung der Emissionen des Flugverkehrs wird unmittelbar nach Erhalten der DESTATIS-Sonderauswertung im Februar (Bilanzjahr+1) durchgeführt.

### 2.2.3.3 Nationaler Schiffsverkehr

Da die aktuelle nationale Energiebilanz der AGEB für die VEdV nicht rechtzeitig vorliegt, werden die Treibstoffverbräuche anhand der relativen Entwicklung zum Vorjahr ermittelt. Folgende Methoden bieten sich hierbei an (siehe Kapitel 2.3.3):

- ▶ Fahrgastschiffahrt: Mangels aktueller Bestandsdaten kann entweder vereinfachend der Treibstoffverbrauch aus dem Vorjahr übernommen werden, oder eine andere Entwicklung anhand zusätzlicher Informationen abgeschätzt werden, z.B. Ausfall von Fahrten aufgrund der COVID-19 Pandemie.
- ▶ Güterschiffahrt (Binnenschiffahrt): Die Entwicklung der Verkehrsleistungen zum Vorjahr nach DESTATIS, die in der Regel bis zum dritten Quartal des Bilanzjahres im Februar (Bilanzjahr+1) vorliegt, kann vereinfachend auch auf die Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs übertragen werden. Damit werden zwar wichtige Einflussfaktoren wie das Tankverhalten im In- oder Ausland und die Effizienz der Schiffe, welche aufgrund der Flottenzusammensetzung und der Wasserstände gewissen Schwankungen unterliegt, vernachlässigt. Aufgrund

des geringen Anteils der Güterbinnenschifffahrt an den THG-Emissionen können diese Unsicherheiten jedoch in Kauf genommen werden.

- ▶ Für den nationalen Seeverkehr werden keine eigenen Analysen durchgeführt, da dessen Verbräuche für die nationalen Emissionsinventare vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) ermittelt werden. Laut Angaben des BSH gibt es zum Zeitraum der VEdV keine aktuellen Informationen, weshalb die Verbrauchswerte bisher aus dem Vorjahr (Bilanzjahr-1) übernommen wurden.

#### **Zeitlicher Ablauf**

Die Aktivitätsdaten für die Fortschreibung des Dieserverbrauchs der Binnenschifffahrt und die daraus abgeleiteten Verbrauchsänderungen gegenüber dem Vorjahr werden im Laufe des Februars (Bilanzjahr+1) ermittelt. Nach Erscheinen der Jahresstatistik der BAFA-Mineralölzahlen erfolgt ein Gesamtabgleich der Verbrauchszahlen über alle Kategorien.

#### **2.2.3.4 Schienenverkehr**

Die VEdV für die Bahnen setzen auf dem Dieselaufsatz auf, der in den nationalen Emissionsinventaren im Vorjahr ermittelt wurde. Der aktuelle Dieselaufsatz wird anhand von bekannten Entwicklungen gegenüber dem Vorjahr abgeschätzt. Bei den VEdV 2020 und 2021 wurde eine Entwicklung des Dieserverbrauchs gegenüber dem Vorjahr geschätzt. Dieses Vorgehen ist im Prinzip aufgrund des geringen Anteils der Bahnen am Dieserverbrauch hinreichend genau. Bei den VEdV 2022 wurde eine differenzierte Berechnung durchgeführt, da wichtige Kennzahlen des Eisenbahnverkehrs, welche die DB für TREMOD zur Verfügung stellt, bereits vorlagen und ausgewertet werden konnten (siehe Kapitel 2.3.4). Die daraus berechnete Änderung des Dieserverbrauchs gegenüber dem Vorjahr wurde übernommen. Es wird davon ausgegangen, dass diese Daten auch in den nächsten Jahren rechtzeitig zur Verfügung stehen.

#### **Zeitlicher Ablauf**

Der Dieserverbrauch der Bahnen wird im Laufe des Februars (Bilanzjahr+1) ermittelt, wenn die Kennzahlen der DB AG vorliegen.

#### **2.2.3.5 Straßenverkehr**

##### **2.2.3.5.1 Vorgehen**

Nach der Aufteilung der gesamten Kraftstoffmengen auf die Quellkategorien sind die Absatzmengen an Benzin und Diesel, die in den Straßenverkehr gehen, vorgegeben. Außerdem werden im Straßenverkehr weitere Antriebsenergien (LPG, CNG, Biomethan, LNG) berücksichtigt. Die wesentliche Aufgabe besteht nun darin, die jeweiligen Absatzmengen den Fahrzeugkategorien zuzuordnen. Auch hierbei liegt der Fokus darauf, die Änderungen gegenüber dem Vorjahr möglichst genau zu quantifizieren und zu erklären. Hierbei sind die folgenden Zusammenhänge zu beachten:

- ▶ Benzin wird fast ausschließlich von Pkw verbraucht. Motorisierte Zweiräder und LNF haben demgegenüber sehr geringe Anteile am Benzinverbrauch.
- ▶ Dieseldiesellostoff wird von Pkw, Bussen, LNF und SNF verbraucht. Bei Bussen, LNF und SNF ist Dieseldiesellostoff die überwiegende Antriebsenergie. Hierbei sind die Busse und LNF die kleineren Verbraucher, so dass die wesentliche Aufgabe in der Aufteilung des Dieserverbrauchs auf Pkw und SNF besteht.
- ▶ Weitere Kraftstoffe sind LPG (Pkw und LNF), CNG und Biomethan (Pkw, LNF, Busse, SNF) und LNG (SNF).

- ▶ Bei allen Fahrzeugkategorien nimmt der Anteil elektrisch betriebener Fahrzeuge zu. Der Stromverbrauch ist zwar bisher nicht Bestandteil der VEdV, ist aber für die Ursachenanalyse von Bedeutung.

Die Entwicklungen der Kraftstoffverbräuche als wesentliche Größe für die Aufteilung der Absatzmengen auf die Fahrzeugkategorien sind vor allem abhängig

- ▶ von der Zusammensetzung der Fahrzeugflotten und der Entwicklung des mittleren Kraftstoffverbrauchs (Bestands- und Effizienzentwicklung),
- ▶ von der Entwicklung der gesamten Fahrleistungen je Fahrzeugkategorie,
- ▶ von der Entwicklung der Fahrleistungen der Pkw je Antriebsart, insbesondere der Fahrleistungsrelation zwischen Benzin- und Diesel-Pkw,

Im Folgenden wird das methodische Vorgehen entlang der genannten Einflussgrößen erläutert.

#### 2.2.3.5.2 Neuzulassungen und Bestand

Der Fahrzeugbestand für Pkw, Krafträder, Busse, LNF, Lkw und Sattelzüge wird aus den Daten des Fahrzeugregisters des KBA ermittelt. Da Daten zum Bestand vom KBA vierteljährlich veröffentlicht werden und nicht rechtzeitig für die VEdV zur Verfügung stehen, wird hierfür die gleiche Methode wie zur Aktualisierung des TREMOD-Trendszenarios verwendet. Dafür wird der Bestand für das Bilanzjahr zur Jahresmitte ermittelt, indem der Bestand zur Jahresmitte des Vorjahres (Bilanzjahr-1) mit den Überlebenskurven um ein Jahr fortgeschrieben wird. Hierbei wird vorab der Bestand der Neufahrzeuge im Vorjahr (Bilanzjahr-1) verdoppelt (bzw. als angenommene Neuzulassungen in der zweiten Jahreshälfte des Vorjahrs nochmals addiert) und anschließend die Hälfte der Neuzulassungen des Bilanzjahres (entspricht den angenommenen Neuzulassungen bis zur Jahresmitte) addiert. Für die VEdV im Bilanzjahr (n) ergibt sich somit der Bestand zur Jahresmitte (n) wie folgt:

$$\text{Bestand zur Jahresmitte (n)} = [\text{Bestand (n-1)} + \text{Bestand Zulassungsjahr (n-1) zur Jahresmitte}] * \text{Absterbefunktion (n-1} \rightarrow \text{n)} + \frac{1}{2} * \text{Neuzulassungen (n)}$$

Die Methodik wird bereits für die Berechnung der Flottenzusammensetzung im TREMOD-Trendszenario angewendet und kann daher zusammen mit den bestehenden Überlebenskurven übernommen werden. Der somit berechnete Bestand kann dann mit den Publikationen der vierteljährlichen Erhebungen des KBA verglichen und plausibilisiert werden.

Zusätzlich sind weitere Abschätzungen zu treffen, welche jedoch auch in der finalen Berichterstattung gelten, z.B.:

- ▶ Entwicklung des Bestandes der KKR
- ▶ Aufteilung der Busse in Linien-, Fernlinien und sonstige Reisebusse

Im Ergebnis liegt der Bestand aller Fahrzeugklassen differenziert nach Segment (also Antrieb und ggf. Größenklasse), Emissionsstandard und Baujahr vor, welcher in den nächsten Schritten analog zur bisherigen TREMOD-Methodik für die Aufteilung Fahrleistung und die Berechnung der THG-Emissionen verwendet wird.

#### Zeitlicher Ablauf

Der Fahrzeugbestand wird im Laufe des Februars (Bilanzjahr+1) ermittelt, wenn die elektronische Auswertung der Neuzulassungen des KBA vorliegt.

### 2.2.3.5.3 Effizienzentwicklung

Die Entwicklung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs wird analog zur bisherigen TREMOD-Methode berechnet. Die Entwicklung bei den Pkw und LNF wird wie bisher auf Basis der Ergebnisse aus dem CO<sub>2</sub>-Monitoring der KBA-Neuzulassungsstatistik und Annahmen zur Abweichung des Realverbrauchs gegenüber dem Typprüfzyklus WLTP („Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure“) abgeleitet. Für die schweren Nutzfahrzeuge ist eine vergleichbare Methode auf Grundlage der Monitoring-Daten der EEA bisher nicht, aber perspektivisch ggf. zukünftig möglich. Ansonsten werden wie für die übrigen Fahrzeugkategorien die Entwicklungen aus dem TREMOD-Trendszenario übernommen.

#### Zeitlicher Ablauf

Die Effizienzentwicklung wird im Laufe des Februars (Bilanzjahr+1) ermittelt, wenn die elektronische Auswertung der Neuzulassungen und des CO<sub>2</sub>-Monitorings des KBA vorliegt.

### 2.2.3.5.4 Fahrleistungen

#### Fahrleistung auf Autobahnen und Bundesstraßen

Alle Fahrleistungen sowohl für Personenverkehr als auch für Güterverkehr werden zunächst für Autobahnen (AB) und Bundesstraßen (B) abgeleitet. Die Fahrleistung auf AB und B werden je Fahrzeugkategorie anhand des prozentualen Änderungsfaktors zwischen dem Bilanzjahr und dem Vorjahr (Bilanzjahr-1) vom BASt Verkehrsbarometer für Pkw, LNF, Bus und Motorrad abgeleitet. Für den Güterverkehr werden das Verkehrsbarometer und die BAG Mautstatistik kombiniert, um die Fahrleistung im Bilanzjahr je Fahrzeugkategorie zu bestimmen: Die Mautstatistik für die Abschätzung der Fahrleistungsänderung für die SNF insgesamt, das Verkehrsbarometer für die Abschätzung unterschiedlicher Fahrleistungsentwicklungen bei Lkw, Lastzug und Sattelzug.

#### Fahrleistungen auf den übrigen Straßenkategorien

Derzeit liegen keine aktuellen Eckwerte zur Fahrleistung auf allen Straßen vor. Die Fahrleistungen der übrigen Straßenkategorien werden daher für alle Fahrzeugkategorien, außer den Bussen, mit dem auf Bundesstraßen ermittelten Änderungsfaktor fortgeschrieben. Bei den Bussen werden für den Fernlinienverkehr aktuelle Werte von Flixbus verwendet, für den Nahlinien- und Gelegenheitsverkehr erste Trends der Verkehrsleistungsentwicklung nach DESTATIS (Quartalsstatistiken).

#### Spezifische Fahrleistungen nach Fahrzeugsegment und Antrieb

Im Kontext der VEdV ist vor allem die Aufteilung der Fahrleistung der Pkw auf Benzin- und Dieselfahrzeuge eine sensible Größe. Benzinverbrauch und Fahrleistung der Benzin-Pkw lassen sich gut anhand der Absatzzahlen und dem spezifischen Verbrauch plausibilisieren. Bei den Diesel-Pkw ist das nicht möglich, da Dieselmotoren in relevanten Mengen auch von LNF, SNF und Bussen verbraucht wird. Eine Änderung der mittleren Fahrleistung bei den Diesel-Pkw ist daher relevant, da sie sich auch auf die Verbrauchsmengen der übrigen Fahrzeugkategorien auswirkt.

Am Ende müssen auf der einen Seite die ermittelten Fahrleistungen der Benzin- und Diesel-Pkw mit der Gesamtfahrleistung der Pkw übereinstimmen, zum anderen die auf die übrigen Fahrzeugkategorien mit Dieselmotoren entfallende Dieselmenge mit deren Fahrleistungsentwicklung zusammenpassen. Die Entwicklung der spezifischen Fahrleistung je Fahrzeug ist somit eine wichtige Erklärungsgröße.

Hinweise für veränderte Fahrleistungen der Pkw nach Antrieb liefern „Verkehr in Kilometern“ und das „Tankbuch“ des MOP. Aus „Verkehr in Kilometern“ lässt sich ein stärkerer Rückgang der

mittleren Fahrleistung der Diesel-Pkw in den vergangenen Jahren erkennen. Er wurde möglicherweise durch den starken Rückgang der Nutzung der Dienstfahrzeuge, die fast ausschließlich Diesel-Pkw sind, in der Pandemie verstärkt. Der gleiche Trend ergibt sich aus dem MOP, dessen Ergebnisse, anders als „Verkehr in Kilometern“, auch prinzipiell für das Jahr der VEdV vorliegen. Beide Quellen wurden für die Datenaktualisierung 2020 in den nationalen Emissionsinventaren und für die VEdV 2021 verwendet. Bei der VEdV 2022 wurden keine weiteren Verschiebungen der spezifischen Fahrleistungen bei den Diesel- und Benzin-Pkw angenommen. Allerdings wurde die jährliche Zunahme der spezifischen Fahrleistungen der BEV-Pkw, wie bereits im Inventar 2021 angenommen, in den VEdV berücksichtigt.

Für zukünftige Erstellungen der VEdV sollte geprüft werden, ob die Daten des MOP oder ggf. weitere geeignete Quellen wie „Verkehr in Kilometern“ rechtzeitig vorliegen, um eine Anpassung der spezifischen Fahrleistung zu berücksichtigen. Beide Quellen können auch verwendet werden, um die Zeitreihe der spezifischen Fahrleistungen ab 2014 zu plausibilisieren und ggf. anzupassen, da die TREMOD-Berechnung für 2014 bis 2019 im Wesentlichen auf den Ergebnissen der Fahrleistungserhebung 2014 aufbaut.

### 2.3 Vorgehen bei den VEdV 2022

In diesem Kapitel wird das Vorgehen zur Ermittlung der VEdV 2022 beschrieben. Damit wird die aktuell verwendete Methodik und die zugrundeliegenden Daten dargestellt. Auf wesentliche Unterschiede im Vorgehen in den Jahren 2020 und 2021 wird im Kapitel 2.4 eingegangen. Aktuelle Erkenntnisse und Vorschläge für das weitere Vorgehen werden in Kapitel 2.5 diskutiert.

#### 2.3.1 Mobile Quellen in den Kategorien Haushalte, Bauwirtschaft, Landwirtschaft, GHD und Militär

##### Vorgehen in den nationalen Emissionsinventaren

Für die nationalen Emissionsinventare werden die Endenergieverbräuche für die Haushalte, GHD und Militär aus der Energiebilanz (AG Energiebilanzen o.J.), genauer: Energiebilanzzeilen (EBZ) 66 – *Haushalte* und 67 - *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen u. übrige Verbraucher* entnommen.

EBZ 67 beinhaltet dabei neben den an das Militär abgesetzten (und in den AMS separat ausgewiesenen) Mengen auch die Land- (1.A.4.c ii (i)), Forst- (1.A.4.c ii (ii)) und Bauwirtschaft (1.A.2.g vii) sowie GHD (1.A.4.a ii). Die Aufteilung in diese Untergruppen erfolgt bisher proportional zum u.a. auf Basis von Bestandsdaten und jährlichen Betriebsstunden berechneten Energieverbrauch im Modell TREMOD-MM.

##### Verfügbare Daten und Annahmen für die VEdV

Sowohl die Energiebilanz als auch aktuelle Eingangsdaten für TREMOD-MM liegen für die Vorjahresschätzung nicht rechtzeitig vor. Jedoch existieren zu diesem Zeitpunkt bereits verschiedene Struktur- und Konjunkturdaten für einzelne Kategorien. Für die VEdV 2022 wurden folgende Daten untersucht:

**Tabelle 12: Statistische Kenndaten zur Entwicklung der Kategorien Bau-, Land- und Forstwirtschaft**

Kategorie	Kenngröße	Einheit	Werte			Änderung zum Vorjahr		Zeitraum
			2020	2021	2022	2021	2022	

Kategorie	Kenngröße	Einheit	Werte			Änderung zum Vorjahr		Zeitraum
			2021	2022	2022	2021	2022	
Bauwirtschaft	Auftragseingang Hoch+Tiefbau	Volumen-index (2015=100)	122,5	124,6	114,8	+1,7%	-8%	Jan-Nov
	Arbeitsstunden Hoch+Tiefbau	Mio. Stunden	572	573	583	+0,2%	+2%	Jan-Nov
Landwirtschaft	Anbaufläche	Mio. ha	10,4	10,3	10,3	-0,5%	-0,2%	Jan-Dez
	Ertragsmengen	Mio. t	184,6	198,4	163,7	+5,2%	-17,5	Jan-Dez
Forstwirtschaft	Holzeinschlag gesamt	Mio. m <sup>3</sup>	80,4	83,0	n.a.	+3,2%		Jan-Dez

Quelle: DESTATIS, BMEL und eigene Berechnungen

In der Bauwirtschaft zeigt sich ein deutlicher Rückgang im Jahr 2022 gemessen am Auftragseingang, bei den Arbeitsstunden hingegen ein leichter Anstieg. Eine direkte Übertragung der Änderungen auf die Kraftstoffverbräuche durch Baumaschinen scheint angesichts möglicher Unschärfen nicht zielführend. Daher wurde eine Regressionsfunktion zwischen den Aktivitätsdaten für den Bauwirtschaftlichen Verkehr im ZSE und dem Auftragseingang der Bauwirtschaft aus den Jahren 2010 bis 2021 gebildet. Fortgeschrieben mit der Auftragsentwicklung für das Jahr 2022 sinkt der Dieserverbrauch im Jahr 2022 um ca. 3,5% gegenüber 2021.

Auch in der Landwirtschaft gibt es gegenläufige Entwicklungen bei den Erntemengen und der Anbaufläche. Hier wurde eine Regressionsfunktion zwischen dem Dieserverbrauch der Landwirtschaft gemäß AG Energiebilanzen<sup>2</sup> und dem landwirtschaftlichen Ernteertrag aus den Jahren 2010 bis 2021 gebildet. Fortgeschrieben mit der Ertragsentwicklung für das Jahr 2022 sinkt der Dieserverbrauch im Jahr 2022 um ca. 5% gegenüber 2021.

Für die Bereiche GHD und Haushalte wurden keine aktuellen oder keine geeigneten Statistiken ausgemacht. Diese Verbraucher haben allerdings nur einen sehr geringen Anteil an den Kraftstoffabsätzen. Daher wurden die Energieeinsätze aus dem Inventar des Jahres 2021 übernommen.

Die Kraftstoffmengen für das Militär werden hingegen in den Amtlichen Mineralölstatistiken direkt ausgewiesen und können übernommen werden.

### 2.3.2 Flugverkehr

#### Vorgehen in den nationalen Emissionsinventaren

Der Flugverkehr wird nach dem Standortprinzip bilanziert: Erfasst werden alle Flüge bis zur ersten (Zwischen-)landung, die von deutschen Verkehrsflughäfen abgehen.

Es wird zwischen nationalem (Verkehr zwischen inländischen Verkehrsflughäfen) und internationalem Flugverkehr (abgehende grenzüberschreitende Flüge) unterschieden und nach Kerosin und Flugbenzin differenziert.

Im nationalen Emissionsinventar erfolgt zudem eine Unterscheidung der beiden Flugzyklen LTO (*Landing and Take-Off*) und CCD (*Climb, Cruise and Descend*). Die Zyklen spiegeln zum einen die

<sup>2</sup> siehe Auswertungstabellen der AG Energiebilanzen, welche sich auf Erhebungen im Rahmen der Energiesteuerentlastung für Agardiesel stützen

Lande- und Startphase (unterhalb 1.000 Fuß) und zum anderen die Reiseflugphase (oberhalb 1.000 Fuß) wider.

Die Berechnung der Flugverkehrsemissionen erfolgt in TREMOD differenziert nach Flugzeugtypen, Entfernungsklassen und Flugzyklus. Hierzu werden beim Statistischen Bundesamt im Rahmen einer **Sonderauswertung** jährlich die Starts, die zurückgelegten Entfernungen sowie die Passagier- und Frachtaufkommen für den gewerblichen Flugverkehr auf ausgewählten Flugplätzen (Hauptverkehrsflughäfen) abgefragt.<sup>3</sup> Über die Sonderauswertung werden somit aktuell (Stand 2022) 23 Flughäfen abgedeckt. Aus den Angaben lassen sich über die Zuordnung nach Entfernungsklassen die Flugzeugkilometer pro Flugzeugtyp berechnen.

Für den gewerblichen Verkehr auf sonstigen Flugplätzen (<150.000 Passagiereinheiten) und den nicht-gewerblichen Flugverkehr liegen die Flugbewegungen nicht in dem hohen Detaillierungsgrad des gewerblichen Flugverkehrs auf den Hauptverkehrsflughäfen vor. Hier erfolgten Abschätzungen aufgrund der vom Statistischen Bundesamt ausgewiesenen Informationen über die Anzahl Starts pro Flugzeuggrößenklassen nach der **Genesis-Datenbank** (46421-051).

Der spezifische Energieverbrauch und die verfügbaren Emissionsfaktoren für jede Flugphase und Distanzklasse werden typenfein dem „*EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook*“ bzw. dem dazugehörigen Berechnungstool „**Master emission calculator**“ entnommen (aktuelle Version: (EEA 2019)).

Im Fall von Datenlücken im Bereich der flugzeugspezifischen Emissionsfaktoren und Verbräuche werden Abschätzungen getroffen. Diese Abschätzung erfolgt anhand Messdaten der in den Flugzeugtypen eingesetzten Triebwerken aus der ICAO **Aircraft Engine Emissions Databank** (ICAO 2019). Die Informationen werden von den Triebwerksherstellern bereitgestellt und die Datenbank wird durch die *European Aviation Safety Agency (EASA)* verwaltet und mehrmals jährlich aktualisiert.

Neben dem Guidebook und der ICAO Turbinendatenbank dienen die **FOCA Datenbanken** des Bundesamts für Zivilluftfahrt der Schweiz, siehe (BAZL 2009) und (BAZL 2017), als Datenquelle für Propellermaschinen und Hubschrauber.

Seit dem Berichtsjahr 2018 werden zudem die LTO-Emissionen flughafenfein angegeben. Dies ermöglicht eine detailliertere Berücksichtigung von Taxi-Zeiten, die sich von Flughafen zu Flughafen unterscheiden. Hierfür wird die **Taxi times-Statistik** von (Eurocontrol 2021) verwendet.

Demnach sind die Anzahl Starts und Flugzeugkilometer pro Flugzeugtyp differenziert nach national und international gegeben. Darüber hinaus sind die Emissionsfaktoren der Flugzeugtypen sowohl für LTO (weiter differenziert zwischen Taxi und restlicher LTO) als auch CCD (weiter differenziert nach Distanzklassen) gegeben. Die LTO-Emissionen ergeben sich somit aus der Anzahl Starts multipliziert mit dem dazugehörigen Emissionsfaktor (pro Flugzeugtyp). Berücksichtigung finden hier auch die Taxi-Zeiten der deutschen Flughäfen. Die CCD-Emissionen ergeben sich aus den Flugzeugkilometern und den Emissionsfaktoren pro Flugzeugkilometer (pro Flugzeugtyp). Die Differenzierung nach Kraftstoffart ergibt sich direkt aus den Flugzeugtypen.

Für die nationalen Emissionsinventare werden die Emissionsfaktoren differenziert nach Zyklus (LTO, CCD), Relation (national, internat.) und Kraftstoffart (*i*: Flugbenzin, Kerosin) angegeben. Zudem werden die absoluten Kraftstoffverbräuche (*mKr*) auf die Zyklen und Relationen aufgeteilt. Für die Aufteilung werden neben den berechneten Verbräuchen aus TREMOD auch der Kerosin- bzw. Flugbenzinabsatz berücksichtigt. Die Verbräuche der nationalen Flüge für LTO und

---

<sup>3</sup> Ein Hauptverkehrsflughafen wird dabei durch eine Abfertigung von mehr als 150.000 Passagiereinheiten (1 Passagier bzw. 100 kg Fracht) definiert, siehe (Destatis 2019).

CCD sowie für LTO der internationalen Flüge ergeben sich direkt aus den bottom-up berechneten Verbräuchen aus TREMOD. Nach der im Inventar verwendeten Methodik werden die Verbräuche für CCD der internationalen Flüge nicht direkt aus TREMOD übernommen, sondern ergeben sich aus der folgenden Formel:

$$mKr_{CCD,internat,i} = Absatz_i - mKr_{CCD,nat,i} - mKr_{LTO,nat,i} - mKr_{LTO,internat,i}$$

### Verfügbare Daten für die VEdV

Da DESTATIS die **Sonderauswertung** für den gewerblichen Flugverkehr auf Hauptverkehrsflughäfen bereits Ende Februar liefern kann, kann die Berechnung in den VEdV identisch zu den nationalen Emissionsinventaren erfolgen.

Ausgenommen hiervon ist der sonstige Flugverkehr. Die Verkehrsmengen des sonstigen Flugverkehrs können nicht rechtzeitig über die **Genesis-Datenbank** abgerufen werden. Eine alternative Datenquelle steht für den sonstigen Flugverkehr zwar nicht zur Verfügung, aber da der sonstige Flugverkehr bzgl. der THG-Emissionen keine hohe Relevanz hat, sind die Abweichungen zwischen den nationalen Emissionsinventaren und den VEdV als gering zu erachten. Eine Abschätzung des sonstigen Flugverkehrs kann anhand der Vorjahre getroffen werden.

In der folgenden Tabelle werden die Verkehrsmengen des gewerblichen Flugverkehrs auf den Hauptverkehrsflughäfen für die Jahre 2019-2022 angegeben. Durch die Corona-Pandemie kam es 2020 zu einem starken Einbruch des nationalen und internationalen Flugverkehrs. Die Verkehrsleistung sank ggü. 2019 im nationalen Personenverkehr um 74 % und bei internationalen Flügen um 76 %. Die Flugzeug-km gingen um 59 % bzw. 57 % zurück. Hieraus folgt, dass die Auslastung ebenfalls deutlich sank und somit die Emissionen pro Pkm stiegen. Im Jahr 2021 verringerte sich der nationale Flugverkehr weiter, wogegen der internationale Flugverkehr wieder stieg. Die internationalen Flugzeug-km und Verkehrsleistung lagen im Jahr 2021 jedoch weiterhin deutlich unter dem Jahr 2019. Der Güterverkehr (GV) ist kaum von der Pandemie betroffen. Die Verkehrsleistung im Güterverkehr lag 2021 sogar über den Werten des Jahres 2019. Eine mögliche Erklärung ist, dass zusätzliche Kapazitäten durch die niedrige Sitzplatzauslastung freigegeben sind und somit die Befracht erhöht wurde. Im Jahr 2022 stiegen sowohl im nationalen als auch im internationalen Personenverkehr (PV) die Verkehrsleistungen erneut an, jedoch liegen die Werte weiterhin unterhalb des Niveaus des Jahres 2019.

**Tabelle 13: Starts, Flugzeug-km und Verkehrsleistung des gewerblichen Flugverkehrs auf den Hauptverkehrsflughäfen 2019-2022**

		2019	2020	2021	2022
Anzahl Starts	National	315,4	150,7 (-52%)	139,9 (-7%)	187,3 (34%)
[1.000 Starts]	Internat.	805,5	319,4 (-60%)	387,4 (21%)	608,4 (57%)
Flugzeug-km <sup>1</sup>	National	109,4	45,3 (-59%)	37,7 (-17%)	55,4 (47%)
[Mio. km]	Internat.	1.472,7	638,1 (-57%)	802,4 (26%)	1.195,0 (49%)
Verkehrsleistung PV	National	9,9	2,6 (-74%)	2,1 (-20%)	4,1 (98%)
[Mrd. Pkm]	Internat.	245,1	59,2 (-76%)	76,9 (30%)	172,7 (125%)
Verkehrsleistung GV	National	49,7	47,2 (-5%)	51,2 (9%)	50,0 (-2%)
[Mio. tkm]	Internat.	12.162,3	11.043,0 (-9%)	13.301,9 (20%)	13.131,9 (-1%)

Quellen: DESTATIS-Sonderauswertung. Anmerkungen: Werte in Klammern geben die Änderung zum Vorjahr an. <sup>1</sup>Distanz nach Großkreisentfernung.

Die Verbrauchs- und Emissionsfaktoren, die über den *Master emission calculator*, die *Aircraft Engine Emissions Databank* und die *FOCA Datenbanken* vorliegen, stehen auch für die VeDV zur Verfügung. Eine Aktualisierung der Datenbanken findet in unregelmäßigen Abständen statt. Daher ist es insbesondere beim *Master emission calculator* möglich, dass für neue Flugzeugtypen die Emissionsfaktoren erst nach den VeDV aktualisiert werden. Demgegenüber werden die Emissionen in der *Aircraft Engine Emissions Databank* zeitnah aktualisiert. Sollten demnach in der zu bevorzugenden erstgenannten Quelle die Emissionsfaktoren nicht enthalten sein, können die Emissionen über die zweite Quelle abgeschätzt werden. Die *FOCA Datenbank* wird so selten aktualisiert, dass hier i.d.R. keine Unterschiede zwischen der Datenverfügbarkeit bei den VeDV und den nationalen Emissionsinventaren vorliegen.

Die *Taxi times-Statistik* liegt für das Frühjahr und den Sommer eines Jahres bereits im Februar des Folgejahres vor und entsprechen somit den für die nationalen Emissionsinventare verwendeten Daten.

### 2.3.3 Nationaler Schiffsverkehr

#### Vorgehen in den nationalen Emissionsinventaren

Die THG-Emissionen des nationalen Schiffsverkehrs (1.A.3.d) werden auf Basis der in den Energiebilanzzeilen (EBZ) 6 – *Hochseebunkerungen* und 64 – *Küsten- und Binnenschifffahrt* erfassten Kraftstoff-Inlandsablieferungen ermittelt.

Die auf den nationalen Seeverkehr, also Fahrten zwischen deutschen Seehäfen, entfallenden Teilmengen werden dabei als spezifische Verbräuche am Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie modelliert. Die Berechnung der THG-Emissionen erfolgt hier also verbrauchsbasiert.

Die THG-Emissionen der Binnenschifffahrt werden dagegen auf Basis der in EBZ 64 ausgewiesenen Energiemengen berechnet.

Die sich nach Abzug der für nationale Seeverkehre ermittelten Energiemengen von den in EBZ 6 erfassten Gesamtmengen ergebenden Restmengen werden anschließend vollständig den von deutschen Seehäfen abgehenden *internationalen* Seeverkehren zugewiesen, deren Emissionen jedoch nicht Teil des deutschen Treibhausgas-Inventares sind.

#### Verfügbare Daten und Annahmen für die VeDV

##### Binnenschifffahrt:

Für die Fortschreibung des Energieverbrauchs der *Fahrgastschifffahrt* lagen keine Daten vor. Analysen der Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (ZKR) zur Marktentwicklung lassen jedoch nicht auf eine Erholung ggü. 2021 schließen, da nachträgliche Auswirkungen der COVID-19 Pandemie, der Ukraine Krieg und hohe Treibstoffkosten sich negativ auf Angebot und Nachfrage im Passagierverkehr auswirken könnten (ZKR 2022). Für die *Güterschifffahrt* nahmen die Verkehrsleistungen im Zeitraum Januar bis September um ca. 10 % gegenüber 2021 ab (DESTATIS o.J.). Da dieser Wert durch die Niedrigwasserstände in den Sommermonaten verzerrt ist, was gegen Jahresende nicht mehr der Fall war, werden die Annahmen der gleitenden Mittelfristprognose (Intraplan 2022) von -6% übernommen. Der Rückgang des Dieselverbrauchs laut Energiebilanz im Jahr 2020 gegenüber 2019 betrug ca. 10 %, was vor allem angesichts des Einbruchs der Fahrgastschifffahrt noch gering scheint. Da eine direkte Übertragbarkeit der Entwicklung der Schiffszählungen bzw. Güterstatistik auf den Kraftstoffabsatz nach Energiebilanz nicht möglich scheint, wurde angenommen, dass der Verbrauch gemäß Energiebilanz im Jahr 2021 dem des Jahres 2020 entspricht.

Nationaler Seeverkehr:

Für den nationalen Seeverkehr wurden keine eigenen Analysen durchgeführt, da dessen Verbräuche für die nationalen Emissionsinventare vom BSH ermittelt werden. Laut Angaben des BSH gab es zum Zeitraum der VEdV keine aktuellen Informationen, weshalb die Verbrauchswerte für 2022 aus 2021 übernommen wurden.

### 2.3.4 Schienenverkehr

#### Vorgehen in den nationalen Emissionsinventaren

Die THG-Emissionen des Schienenverkehrs (1.A.3.c) stützen sich in den nationalen Emissionsinventaren auf die in EBZ 61 – *Schienenverkehr* für den Einsatz von Dieselkraftstoff ausgewiesenen Energiemengen.<sup>4</sup>

#### Verfügbare Daten und Annahmen für die VEdV

Da die Energiebilanz für die VEdV noch nicht vorliegt, wird der Kraftstoffverbrauch aus der zum Jahresanfang bekannten Verkehrsentwicklung abgeschätzt.

Die DB AG erfasst den Dieserverbrauch ihrer Zugleistungen und für das Rangieren. Die Daten für 2022 (DB AG Februar) wurden von der DB AG zur Verfügung gestellt.

Die Auswertung enthält folgende Kennzahlen für den Eisenbahnverkehr der DB AG:

- ▶ Verkehrsleistungen (Personen- und Tonnenkilometer), Betriebsleistungen (Leistungstonnenkilometer), Energieverbrauch (Diesel und Strom)
- ▶ für den Personennah-, Personenfern- und Güterverkehr
- ▶ für den Zugbetrieb und Rangieren.

Für den sonstigen Bahnverkehr liegen für die VEdV Fahrplandaten zu den Zugleistungen vor. Es erfolgt daher, analog dem Vorgehen in TREMOD für die nationalen Emissionsinventare (Allekotte et al. 2020), eine Hochrechnung auf Basis der Verkehrsleistungsstatistik, spezifischen Kennzahlen der DB AG und der Fahrplandaten.

Für die Ableitung des Dieserverbrauchs werden die folgenden aktuellen Datenquellen verwendet:

- ▶ Auswertung Energie- und Leistungskennzahlen 2022 der DB AG für TREMOD, Bezug bei DB AG,
- ▶ Fahrplandaten der Zugleistungen im Jahr 2022 im Eisenbahnnetz, Bezug bei DB AG
- ▶ DESTATIS: Genesis Online, Tabelle 46181-0005 (Personenverkehr) und 46131-0002 für den Güterverkehr, abgerufen am 25.02.2023

Mit diesen Annahmen wird der Dieserverbrauch abgeschätzt. Dabei wird wie folgt vorgegangen:

- ▶ Der Dieserverbrauch sowie die Betriebs- und Verkehrsleistungen der DB AG für die Verkehrsbereiche Personennah-, -fern- und Güterverkehr sowie Rangieren werden von der DB AG übernommen. (DB AG Februar).
- ▶ Die Verkehrsleistung im Personenfernverkehr wird überwiegend von der DB AG erbracht. Sie wird daher direkt aus den DB-Daten übernommen. Nach den Fahrplandaten erbringen

---

<sup>4</sup> Emissionen aus der Erzeugung von Bahnstrom werden dagegen der Energiewirtschaft (1.A.1) zugerechnet.

die Nichtbundeseigenen Eisenbahnen (NE-Bahnen) rund 4 % der Betriebsleistungen im Personenfernverkehr. Diese werden für die VEdV 2022 für die Verkehrsleistung angesetzt, das sind rund 1,7 Mrd. Pkm. Diese werden bisher mit dem Personennahverkehr der sonstigen Eisenbahnen zusammengefasst.

- ▶ Die Personenverkehrsleistung im Eisenbahnnahverkehr wird aus DESTATIS, Genesis online, Tabelle 46181-0005 abgeleitet. Die Verkehrsleistung der sonstigen Eisenbahnen ist die Differenz zwischen der Gesamtverkehrsleistung und der Verkehrsleistung der DB AG (DB AG Februar). Da zum 28.02.2023 in Genesis online erst die Verkehrsleistungen von Quartal 1-3 des Jahres 2022 vorlagen, wird angenommen, dass die Verkehrsleistungen der NE-Bahnen im gesamten Jahr genauso zugenommen haben wie die der DB (+62%). Abschließend werden die 1,7 Mrd. Pkm des Schienenpersonenfernverkehrs der Nicht-DB-Eisenbahnen hinzuaddiert.
- ▶ Der Anteil der Dieseltraktion war bei der DB im Personenfernverkehr und Güterverkehr etwas rückläufig, beim Personennahverkehr etwa gleich wie 2021. Wenig Änderungen gab es nach den Fahrplandaten bei den NE-Verkehren: Leichter Rückgang beim Personenverkehr, leichte Zunahme beim Güterverkehr.
- ▶ Die spezifischen Energieverbrauchswerte, die Emissionsfaktoren und Besetzungsgrade der sonstigen Bahnen werden, wie in TREMOD üblich, wie bei der DB AG angesetzt.
- ▶ Der Dieserverbrauch des nicht-öffentlichen Verkehrs wird aus dem Vorjahr übernommen.

Damit wurden bei der Verkehrsleistung im Jahr 2022 etwa 63 % des Personennahverkehrs (PNV), 96 % des Personenfernverkehrs (PFV) und 45 % des Güterverkehrs (GV) der Eisenbahnen (ohne Werkverkehr) von der DB erbracht.

**Tabelle 14: Verkehrsleistungsentwicklung im Eisenbahnverkehr 2019-2022**

		2019	2020	2021	2022
PNV alle + PFV NE	Mrd. Pkm	56,1	33,1	29,8	56,2
PFV DB	Mrd. Pkm	43,9	23,5	24,7	41,5
GV	Mrd. tkm	129,2	120,9	127,6	132,6

Quelle: DB AG, DESTATIS, ifeu-Annahmen

Die Hochrechnung mit den getroffenen Annahmen ergibt eine Abnahme des Dieserverbrauchs der Eisenbahn gegenüber 2021 um 2,3%. Da die mit TREMOD berechnete Abnahme z.T. auf abgeschätzten Verkehrsleistungen beruht, wird für die VEdV angenommen, dass der Dieserverbrauch der Bahnen gegenüber 2021 gerundet um 2% abnimmt.

## 2.3.5 Straßenverkehr

### 2.3.5.1 Neuzulassungen und Bestand

#### Bisherige Methodik der nationalen Emissionsinventare

Der *Fahrzeugbestand* stellt eine wichtige Berechnungsgröße der THG-Emissionen dar, da er in die Aufteilung der Energieverbräuche des Straßenverkehrs auf Fahrzeugkategorien und -segmente sowie Antriebsarten eingeht. Die Neuzulassungen und der Fahrzeugbestand werden vom Kraftfahrtbundesamt (KBA) erfasst. Datengrundlage sind die Einträge der kommunalen Kfz-Zulassungsstellen, welche in das zentrale Fahrzeugregister (ZFR) eingehen. Diese umfassen alle Kfz mit

Kennzeichen, jedoch keine Kleinkrafträder (Mopeds). Die KBA-Daten werden auch bisher in TREMOD und als Grundlage für die finale Emissionsberichterstattung des Straßenverkehrs genutzt (Allekotte et al. 2020). Hierfür stellt das KBA dem ifeu jährlich eine Sonderauswertung zur Verfügung, welche die für TREMOD nötige Differenzierung aufweist und deutlich umfangreicher als die verfügbaren Publikationen des KBA ist. Wesentliche Merkmale der Auswertung sind:

- ▶ Fahrzeugkategorien: Pkw, Lkw, Zugmaschinen, Busse, Krafträder, übrige Kfz
- ▶ maximal zulässiges Gesamtgewicht
- ▶ Jahr der Erstzulassung
- ▶ Antriebsart
- ▶ Emissionsstandard
- ▶ Anzahl Fahrzeuge
- ▶ mittlere CO<sub>2</sub>-Emissionen im NEFZ oder WLTP, mittlerer Kraftstoff/Stromverbrauch im NEFZ oder WLTP, mittlere Motorleistung, mittleres Leergewicht

#### Vorhandene Daten und Annahmen für die VEdV

In Abstimmung mit BMDV und KBA konnte geklärt werden, dass die Sonderauswertung der Neuzulassungen früher als bisher, d.h. statt zwischen April und Juni bereits im Februar, zur Verfügung gestellt werden kann. Die Fahrzeugbestände zum 1.1. des aktuellen Jahres hingegen stehen zu diesem Zeitpunkt noch nicht zur Verfügung und können allenfalls aus der vierteljährlichen Auswertung zum 1.10. (siehe auch KBA-Publikation FZ 27) entnommen werden. Die dort veröffentlichten Daten sind jedoch nicht so differenziert, wie sie in TREMOD benötigt werden.

Da die Bestandsdaten des KBA in der TREMOD-Differenzierung für die VEdV noch nicht vorliegen, werden die Bestände für das Vorjahr auf Basis der vorliegenden Neuzulassungszahlen und der Überlebenskurven des TREMOD-Trendszenarios berechnet.

Die folgende Tabelle 15 zeigt die Neuzulassungen des Jahres 2022.

**Tabelle 15: Anzahl der Neuzulassungen im Jahr 2022**

Fahrzeugkategorie	gesamt	davon: Benzin	davon: Diesel	davon: Gas	davon: BEV	davon: PHEV
Pkw	2.651.357	44,37%	23,59%	0,64%	17,75%	13,66%
LNF	222.474	5,90%	86,05%	0,08%	7,94%	0,03%
Lkw	31.420		96,52%	1,38%	2,10%	
Sattelzüge	32.608		96,9%	3,0%	0,2%	
Linienbusse	3.972		83,56%	0,65%	15,79%	
Reisebusse	911		99,56%		0,44%	
Krafträder	223.889	84,96%			15,04%	
Kleinkrafträder	50.000	70,00%			30,00%	

Quellen: KBA-Sonderauswertung, Februar 2023; Kleinkrafträder: AECM Statistik und ifeu-Annahmen

Mit dem TREMOD-Bestandumschichtungsmodell ergeben sich daraus die in Tabelle 16 dargestellten Fahrzeugbestände zur Jahresmitte 2022, welche den Daten des Vorjahres 2021 gegenübergestellt sind.

**Tabelle 16: Berechnete Fahrzeugbestände 2022 im Vergleich 2021 jeweils als Jahresmittelwert nach Antriebsart**

Fahrzeug-kategorie	Jahr	Benzin	Diesel	Gas	BEV	PHEV	Gesamt
Pkw	2021	31.900.772	15.185.453	421.841	463.772	422.900	48.394.736
	2022	31.078.220	14.645.550	390.143	867.749	752.477	47.734.140
	Diff	-3%	-4%	-8%	+87%	+78%	-1%
LNF	2021	168.784	2.732.470	12.564	35.610	308	2.949.735
	2022	165.043	2.770.170	11.875	49.368	477	2.996.933
	Diff	-2%	+1%	-5%	+39%	+55%	+2%
SNF	2021	-	537.070	3.801	2.378	-	543.249
	2022	-	523.724	4.607	3.047	-	531.378
	Diff		-2%	+21%	+28%		-2%
Busse	2021	-	76.002	878	1.007	-	77.887
	2022	-	75.845	877	1.270	-	77.992
	Diff		-0%	-0%	+26%		+0%

Quelle: Daten 2022: Neuzulassungen nach KBA und ifeu-Annahmen, Daten 2021: KBA

### 2.3.5.2 Effizienzentwicklung

Die Entwicklung der Effizienz bzw. des spezifischen Kraftstoffverbrauchs wird ebenfalls vom KBA, im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Monitorings für Pkw und LNF, erfasst. Sie beruht auf den mittleren CO<sub>2</sub>-Emissionen und Energieverbräuchen je Fahrzeugmodell im WLTP (bis 2018 im NEFZ). Diese Daten konnten vom KBA als Sonderauswertung für die Neuzulassungen im Jahr 2022 zur Verfügung gestellt werden (siehe Tabelle 17 und Tabelle 18).

Zusätzlich werden Aufschlagsfaktoren für die Entwicklung des Realverbrauchs gegenüber den Monitoring-Werten verwendet, welche in einem UBA-Projekt (Althaus et al. 2020) erarbeitet wurden. Für das Jahr 2022 wird angenommen, dass der Realverbrauchsaufschlag des Vorjahres 2021 verwendet werden kann. Die für die VEdV verwendete Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Neuzulassungen sind in Tabelle 17 und Tabelle 18 dargestellt.

**Tabelle 17: Entwicklung der mittleren CO<sub>2</sub>-Emissionen von Neufahrzeugen in g/km für Pkw im WLTP**

Antrieb	2021	2022	Änderung 22/21
Benzin <sup>1</sup>	145,5	147,0	+1%
Diesel <sup>1</sup>	168,1	163,9	-3%
BEV	0,0	0,0	

Antrieb	2021	2022	Änderung 22/21
LPG	123,7	118,1	-5%
CNG	106,1	107,5	+1%
PHEV Benzin	38,9	34,4	-12%
PHEV Diesel	38,5	34,9	-10%
Alle Pkw	126,0	115,8	-8%

Quelle: KBA-Sonderauswertung 2023. Anmerkung: <sup>1</sup>Inkl. HEV.

**Tabelle 18: Entwicklung der mittleren CO<sub>2</sub>-Emissionen von Neufahrzeugen in g/km für LNF im WLTP**

Antrieb	2021	2022	Änderung 22/21
Benzin	198,6	188,2	-5%
Diesel	217,1	210,6	-3%
BEV	0,0	0,0	
CNG	145,4	114,1	-22%
PHEV Benzin	81,2	60,8	-25%
Alle LNF	205,5	192,4	-6%

Quelle: KBA-Sonderauswertung 2023

Für die schweren Nutzfahrzeuge existiert ein CO<sub>2</sub>-Monitoring erst seit dem Jahr 2019. Die Daten dafür werden von der europäischen Umweltagentur (EEA) in Form einer online verfügbaren Datenbank mit Angaben zu einzelnen Nutzfahrzeugmodellen veröffentlicht. Da diese Daten des vorausgehenden Jahres nicht rechtzeitig für die VEDV vorliegen, können sie nicht berücksichtigt werden (Werte für das Jahr 2021 wurden im September 2022 veröffentlicht).

Für alle Fahrzeugschichten ohne verwendbare Realdaten zur Effizienzentwicklung werden die Annahmen des TREMOD-Trendszenarios übernommen, welches aufgrund der europäischen CO<sub>2</sub>-Flottenzielwert-Gesetzgebung bereits gewisse Effizienzverbesserungen und weitere Annahmen beinhaltet. Bei den schweren Nutzfahrzeugen und Bussen wird eine Reduktion des spezifischen Kraftstoffverbrauchs um 0,5% pro Jahr pauschal für alle Segmente und Straßenkategorien angenommen.

### 2.3.5.3 Bei motorisierten Zweirädern bleibt der spezifische Kraftstoffverbrauch konstant. Fahrleistungen

#### 2.3.5.3.1 Übersicht Struktur und Hauptquellen

In TREMOD wird zur Ableitung des Fahrleistungsgerüsts die Inlandsfahrleistung, also die jährlich zurückgelegten Kilometer innerhalb Deutschlands, zugrunde gelegt. Die Fahrleistungen werden zur Emissionsberechnung differenziert nach:

- g) Fahrzeugkategorien: TREMOD-Aufteilung entspricht der KBA-Systematik, wie in Tabelle 19 dargestellt, wobei einzelne Kategorien (Busse, Lkw, übrige Kfz) entsprechend den Anforderungen der Emissionsberechnung weiter untergliedert sind.

**Tabelle 19 Definition der Fahrzeugkategorien**

KBA	TREMODO	Abkürzung
Kleinkrafträder*	Kleinkrafträder	KKR
Krafträder	Krafträder	KR
Pkw/Kombi	Pkw	Pkw
Übrige Kfz	Übrige Kfz<3,5t	UeKfzl
Busse	Linienbusse Reisebusse Fernlinienbusse	LBus RBus FLBus
Lkw	Lkw<3,5t Lkw Solo>3,5t Lastzüge	LNF Lkw Lz
Sattelzugmaschinen	Sattelzüge	Sz
Übrige Kfz	Übrige Kfz>3,5t	UeKfzs

\*Sonderauswertung

h) Straßenkategorien mit insgesamt 7 Unterkategorien (siehe Tabelle 20)

**Tabelle 20: Straßenkategorien und Straßentypen in TREMOD**

Straßenkategorie	Straßentyp	Beschreibung
AB Bundesautobahnen	A<=5 <= 5 Fahrstreifen A>=6 >= 6 Fahrstreifen	Für die Aufteilung nach Fahrstreifen liegen seit dem Jahr 2000 keine aktuellen Daten vor. Daher wird die Aufteilung für das Jahr 2000 für alle Folgejahre konstant fortgeschrieben
AO Außerortsstraßen	B Bundesstraßen L Landesstraßen K Kreisstraßen G Gemeinde-/sonstige Straßen	Freie Strecken der Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen.
IO Innerortsstraßen	I Innerortsstraßen	Alle Innerortsstraßen inkl. Ortsdurchfahrten der B-, L-, K- und G-Straßen

- i) Fahrleistungsrelation pro Fahrzeugsegment (Größenklasse, Antriebsart, Alter); Pkw werden seit dem HBEFA 4.1 (Notter et al., 2019) nicht mehr nach Größenklassen differenziert. Bei Motorrädern und beim Güterverkehr besteht die Größenklassenunterteilung weiterhin.
- j) Schließlich werden Anteile an der Fahrleistung pro Fahrzeug- und Straßentyp nach Verkehrssituationen und Längsneigungsklassen hinterlegt.

Um die Fahrleistung in TREMOD zu aktualisieren sind mindestens folgende Daten erforderlich:

- k) Die jährliche Fahrleistung je Fahrzeugkategorie
- l) Die Verteilung der jährlichen Fahrleistung auf die 6 Straßenkategorien: AB, B, L, K, G; IO je Fahrzeugkategorie

Die anderen Inputparameter, also die Fahrleistungsrelation d.h. die Gewichtung der Fahrleistung je nach Merkmal, hier nach Fahrzeugsegment und die Anteile der Fahrleistung nach Verkehrssituationen und Längsneigungsklassen, wurden bisher nicht jährlich angepasst.

Die Quellen, die in der aktuellen Methodik der VEdV 2022 benutzt werden, um die jährliche Fahrleistung je Fahrzeugkategorie abzuleiten, sind in Tabelle 21 dargestellt.

**Tabelle 21: Fahrleistungsquellen**

Straßenkategorie	MIV (Pkw, KR) und LNF	Bus	Güter SV (Lkw, LZ, SZ)
AB Bundesautobahnen	Verkehrsbarometer	Verkehrsbarometer (Bus insgesamt), Flixbus (FLBus), Destatis 2020 (LBus)	Mautstatistik
B Bundesstraßen	Verkehrsbarometer	Verkehrsbarometer (Bus insgesamt), Flixbus (FLBus), Destatis 2020 (LBus)	Mautstatistik
Restlichen Straßen L Landesstraßen K Kreisstraßen G Gemeinde-/sonstige Straßen I Innerortsstraßen	Annahme: relative Entwicklung gleich wie Bundesstraßen		

Für den Güterverkehr werden die Fahrleistungen für Autobahn und Bundesstraßen anhand der **Mautstatistik** (BALM 2023) als zentrale Quelle für den Güterschwerverkehr abgeleitet. Daten über die Fahrleistungen und Fahrten der sogenannten Mautfahrzeuge (SNF ab einem zulässigen Gesamtgewicht von 7,5 Tonnen) werden hier seit 2019 nach verschiedenen Kriterien - u.a. nach Bundesautobahnen und Bundesstraßen und nach inländischen/ausländischen Fahrzeugen – in einer monatlichen und jährlichen Erscheinungsfolge publiziert.

Die wichtigste Quelle für die restlichen Fahrzeugkategorien ist das **Verkehrsbarometer** der BAST (BAST 2023), das Orientierungswerte zur aktuellen Verkehrsentwicklung für acht Fahrzeugkategorien in Deutschland möglichst zeitnah zur Verfügung stellt. Als Basis dienen die vorläufigen Daten der automatischen Dauerpunktzählstellen pro Monat. Dargestellt werden die monatlichen Entwicklungen im Vergleich zum Vormonat und zum Vorjahresmonat sowohl auf Autobahnen als auch auf Bundesstraßen. Diese Daten sind bereits durch die Bundesländer vorplausibilisiert. Die Vergleiche werden sowohl grafisch als auch tabellarisch dargestellt. Die Eingangsdaten für die auf der Website der BAST bereitgestellten Zusammenfassungen wurden ifeu zur Verfügung gestellt.

Die drei oben erwähnten Quellen stehen zum Zeitpunkt der Verfassung dieses Berichts für das Jahr 2022 vollständig zur Verfügung.

Weitere zur Plausibilisierung der Fahrleistungseckwerte verwendete Quellen (u.a.):

- Die „gleitende“ **Kurz- und Mittelfristprognose** für den Güter- und Personenverkehr, die von Intraplan halbjährlich veröffentlicht werden. Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) beauftragt sowohl eine Mittelfristprognose (jeweils im Winter mit einer Vorausschau von vier Jahren), als auch eine Kurzfristprognose (jeweils im Sommer mit einer Vorausschau von zwei Jahren). Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Berichts liegt die Kurzfristprognose Sommer 2022 vor. Ergebnisse der nachfolgenden Winterprognose

2022/2023 wurden intern bereits vorgestellt und diskutiert, finale Ergebnisse liegen aber derzeit noch nicht vor.

- Die **Verkehrsleistung der Linien- und Fernlinienbusse**, die von DESTATIS bis zum dritten Quartal 2022 veröffentlicht sind (Destatis 2023).

Vom KBA sind nur teilweise, und zwar mit einem Verzug von sechs Monaten (d.h. bis September des Vorjahres), Verkehrsleistungen und Fahrleistungen für den Straßengüterverkehr aus dem Vorjahr für die VEDV verfügbar (KBA 2022). Leider sind nur die Daten von deutschen und EU-ausländischen Lkw enthalten, damit ist die Quelle unvollständig. Dementsprechend existiert keine Quelle, die die jährliche Gesamtfahrleistung des Güterverkehrs im Kontext der VEDV liefert.

In der Fortschreibung von „Verkehr in Kilometern“ (KBA 2023) stellte sich heraus, dass die von KBA für die Hochrechnung der Eckwerte verwendete Methode nicht geeignet ist, um die deutlichen Fahrleistungsrückgänge durch Sondereffekte wie Corona für ein einziges Bezugsjahr verlässlich abzubilden. Die Methodik von (KBA 2023) bezieht sich auf die bisherige Lebensdauer des Fahrzeugs (das am Stichtag erreichte Alter) und die bisherige Fahrleistung des Fahrzeugs, (Tachostand am Stichtag). Das Alter des Fahrzeugs berechnet sich als Differenz zwischen der Erstanmeldung und dem Stichtag. Auf der anderen Seite wird die bisherige Fahrleistung (Tachostand) am Ende des Stichtags registriert. Daraus resultierend wird eine mittlere Fahrleistung pro Tag für die gesamte Lebensdauer des Fahrzeugs durch die Division der zwei Werte berechnet. Mit dieser Methodik werden somit keine allein für das jeweilige Bezugsjahr gültigen mittleren Fahrleistungen berechnet. Sie kann daher starke Änderungen, wie von der Corona Pandemie 2019-2021 verursacht, nicht abbilden. Daher können die Fahrleistungseckwerte aus „Verkehr in Kilometern“ für das Jahr 2022, wie auch 2020 und 2021, nicht verwendet werden. Diese Methodik ist aktuell in Überarbeitung und daher ggf. für zukünftige Bilanzierungen in einigen Jahren wieder verwendbar.

Eine weitere Quelle für die Fahrleistungseckwerte von Pkw ist die Tankbucherhebung des Mobilitätspanels (MOP) (Vallée et al. 2022). Die dort abgeleiteten Ergebnisse beruhen jedoch auf Befragungen, die über eine begrenzte Periode von 3 Monate durchgeführt werden (2022 wurden die Befragungen zwischen April 2022 und Juni 2022 getätigt). Diese Monate sind leider nicht repräsentativ für ein ganzes Jahr. Darüber hinaus ist die Repräsentativität der Stichprobe nicht gewährleistet, da u.a. ältere Pkw im MOP unterrepräsentiert sind. Dementsprechend lassen sich die erhobenen Fahrleistungen nicht verlässlich auf das Gesamtjahr hochrechnen. Die MOP Ergebnisse für Elektro-Pkw werden dennoch seit 2021 benutzt, um die Gewichtung der Fahrleistung nach Antrieb anzupassen, da MOP eine der wenigen Quellen ist, die spezifisch solche Daten erhebt.

### 2.3.5.3.2 Übersicht der Hauptinputparameter

#### Fahrleistung auf Autobahnen und Bundesstraßen

Alle Fahrleistungen sowohl für Personenverkehr als auch für Güterverkehr werden zunächst für Autobahnen (AB) und Bundesstraßen (B) abgeleitet.

Die Fahrleistungen aus der Mautstatistik stehen für den Schwerverkehr für das ganze Jahr 2022 direkt zur Verfügung. Da die Fahrleistungen der Mautstatistik lediglich für SNF ab 7,5 t zGG verfügbar sind, müssen Annahmen getroffen werden, um die Fahrleistung der Lkw zwischen 3,5 t und 7,5 t zGG<sup>5</sup> abzuleiten. Leider wird in der Mautstatistik nicht nach Fahrzeugkategorie (Lkw,

<sup>5</sup> Annahme 3,5-7,5t = Zuschlag von 10% der Fahrleistung der Mautstatistik, proportional zu der Fahrleistungserhebung 2014 (Bäumer et al. 2016a)

LZ, SZ) unterschieden, nur nach Größenklassen. Die Übersetzung der Größenklasse in Fahrzeugkategorien ist aber nicht möglich, so dass die Verteilung der Güterfahrleistung nach Fahrzeugkategorien aus dem Verkehrsbarometer (BAST 2023) abgeleitet wird. Diese Verteilung zeichnet eine leichte Tendenz zur Erhöhung des Anteils der Sattelzüge.

Die Fahrleistungen der anderen Fahrzeugkategorien (Pkw, LNF, Bus und Motorrad) werden direkt über prozentuale Änderungsfaktoren zwischen den Jahren 2022 und 2019 anhand des BAST Verkehrsbarometers abgeleitet.

### Fahrleistungen auf den übrigen Straßenkategorien

Da für die VEdV 2022 keine Eckwerte zur Fahrleistung auf den übrigen Straßen (außer Autobahn und Bundesstraßen) vorliegen, wird als Hypothese gesetzt, dass die Fahrleistungsentwicklung auf den übrigen Straßen der Entwicklung auf Bundesstraßen entspricht. Die so abgeschätzte Gesamtfahrleistung beruht damit auf einer Modellannahme. Für zukünftige Ermittlungen von Emissionen des Straßenverkehrs wären aktuelle und vollständige Daten zur Fahrleistung auf dem nachgeordneten Netz besonders hilfreich.

### Spezifische Fahrleistungen nach Fahrzeugsegment und Antrieb

Im Kontext der VEdV ist vor allem die Aufteilung der Fahrleistung der Pkw auf Benzin- und Dieselfahrzeuge eine sensible Größe. Benzinverbrauch und Fahrleistung der Benzin-Pkw lassen sich gut anhand der Absatzzahlen und dem spezifischen Verbrauch ermitteln und plausibilisieren.

Anders bei den Diesel-Pkw: Der Dieserverbrauch teilt sich auf Pkw, LNF, SNF und Busse auf. Daher gibt es keine direkte Korrelation zwischen dem Verbrauch der Diesel-Pkw und dem Gesamtverbrauch an Diesel. Am Ende müssen die Fahrleistungen der Benzin- und Diesel-Pkw mit der Gesamtfahrleistung der Pkw übereinstimmen. Hierbei ist die Entwicklung der spezifischen Fahrleistung je Fahrzeug eine wichtige Erklärungsgröße.

Hinweise für veränderte Fahrleistungen der Pkw nach Antrieb liefern „Verkehr in Kilometern“ (KBA 2020) und das „Tankbuch“ des MOP (Ecke et al. 2020). Aus „Verkehr in Kilometern“ lässt sich ein stärkerer Rückgang der mittleren Fahrleistung der Diesel-Pkw in den vergangenen Jahren erkennen. Er wurde möglicherweise durch den starken Rückgang der Nutzung der Dienstfahrzeuge, die fast ausschließlich Diesel-Pkw sind, in der Pandemie verstärkt. Der gleiche Trend ergibt sich aus dem MOP. Die Werte sind in folgenden Jahren gleich gelassen.

#### 2.3.5.3.3 Ergebnisse VEdV 2022

Wie in Tabelle 22 zu entnehmen sind die Fahrleistungen 2022 knapp 10% niedriger als die Fahrleistungen 2019 und 2,9% höher als 2021. Der Fahrleistungsrückgang durch die Corona-Pandemie seit 2019 ist somit auch 2022 noch sichtbar.

Vor allem die Fahrleistungen der Pkw sind etwas gestiegen, liegen aber noch deutlich niedriger als 2019 (-12,7% ggü. 2019 bzw. +3,2% ggü. 2021). Die leichten Nutzfahrzeuge dagegen haben eine um 4,6 % höhere Fahrleistung als 2019. Der Busverkehr ist 2022 nach den Rückgängen in den Vorjahren wieder deutlich angestiegen (+15,8%). Der Güterschwerverkehr insgesamt geht zwischen 2022 und 2019 leicht zurück (-0,8%), wobei der Trend zu schwereren Fahrzeugen (insbesondere Sattelzüge) erkennbar ist (+2,6%).

**Tabelle 22: Ergebnisse der Fahrleistungen je nach Fahrzeugkategorie für die Jahre 2019-2022**

	2019 (Mio. km)	2020 (Mio. km)	2021 (Mio. km)	2022 (Mio. km)	Änderung 2022/2021	Änderung 2022/2019
KKR	4.922	5.039	4.479	4.851	8,3%	-1,4%

	2019 (Mio. km)	2020 (Mio. km)	2021 (Mio. km)	2022 (Mio. km)	Änderung 2022/2021	Änderung 2022/2019
KR	9.920	9.946	8.928	9.621	7,8%	-3,0%
Pkw	644.815	548.109	545.266	562.826	3,2%	-12,7%
UeKfzl	1.014	862	861	892	3,6%	-12,0%
Bus	4.617	2.945	2.890	3.346	15,8%	-27,5%
<i>dav. SRBus</i>	1.896	405	365	702	92,4%	-63,0%
<i>dav. FLBus</i>	128	49	34	76	120,4%	-40,6%
<i>dav. LBus</i>	2.593	2.491	2.491	2.568	3,1%	-1,0%
LNF	53.657	50.983	54.572	56.114	2,8%	4,6%
Lkw+Lz+Sz	63.803	62.577	64.299	63.269	-1,6%	-0,8%
<i>dav. Lkw</i>	19.589	18.717	18.860	18.492	-2,0%	-5,6%
<i>dav. LZ</i>	10.829	10.598	10.705	10.532	-1,6%	-2,7%
<i>dav. SZ</i>	33.385	33.262	34.734	34.245	-1,4%	2,6%
UeKfzs	1.632	1.551	1.576	1.551	-1,6%	-5,0%
<b>Summe</b>	<b>784.380</b>	<b>682.010</b>	<b>682.871</b>	<b>702.470</b>	<b>2,9%</b>	<b>-10,4%</b>

Quelle: ifeu-Berechnungen

Unsicherheit bzgl. der Fahrleistungen 2022 besteht aus den folgenden Gründen:

- ▶ Die Unsicherheit bzgl. der Statistik: für die Mautstatistik wird die Fahrleistung der Lkw<7,5t anhand von (Bäumer et al. 2016a) und (Mahmoudi et al. 2020) geschätzt. Darüber hinaus wird das Verkehrsbarometer aktuell immer noch rückwirkend von der BAST aktualisiert, so dass sich die aktuell verwendeten Änderungsraten der Fahrleistungsentwicklung in Zukunft noch ändern können. Diese Unsicherheiten betreffen die Fahrleistungen auf Autobahn und Bundesstraße, die 46 % der gesamten Fahrleistungen ausmachen.
- ▶ Die Unsicherheit bzgl. der Fahrleistungen auf den übrigen Straßen aufgrund der nicht vorliegenden Fahrleistungseckwerte für die einzelnen Fahrzeugkategorien. Dies betrifft 54 % der Fahrleistung d.h. die Fahrleistungen auf die restlichen Straßenkategorien. Sie ist damit derzeit eine wichtige Variable bei der iterativen Plausibilisierung der Ergebnisse. Zukünftig sollte jedoch angestrebt werden, die Datenlage zur Fahrleistung auf dem nachgeordneten Netz zu verbessern. Dafür besteht ein Bedarf an umfangreicheren Statistiken in der nahen Zukunft.

### 2.3.5.3.4 Detaillierte Analyse der Straßenfahrleistungen der VEdV 2022

#### 2.3.5.3.4.1 Güterverkehr

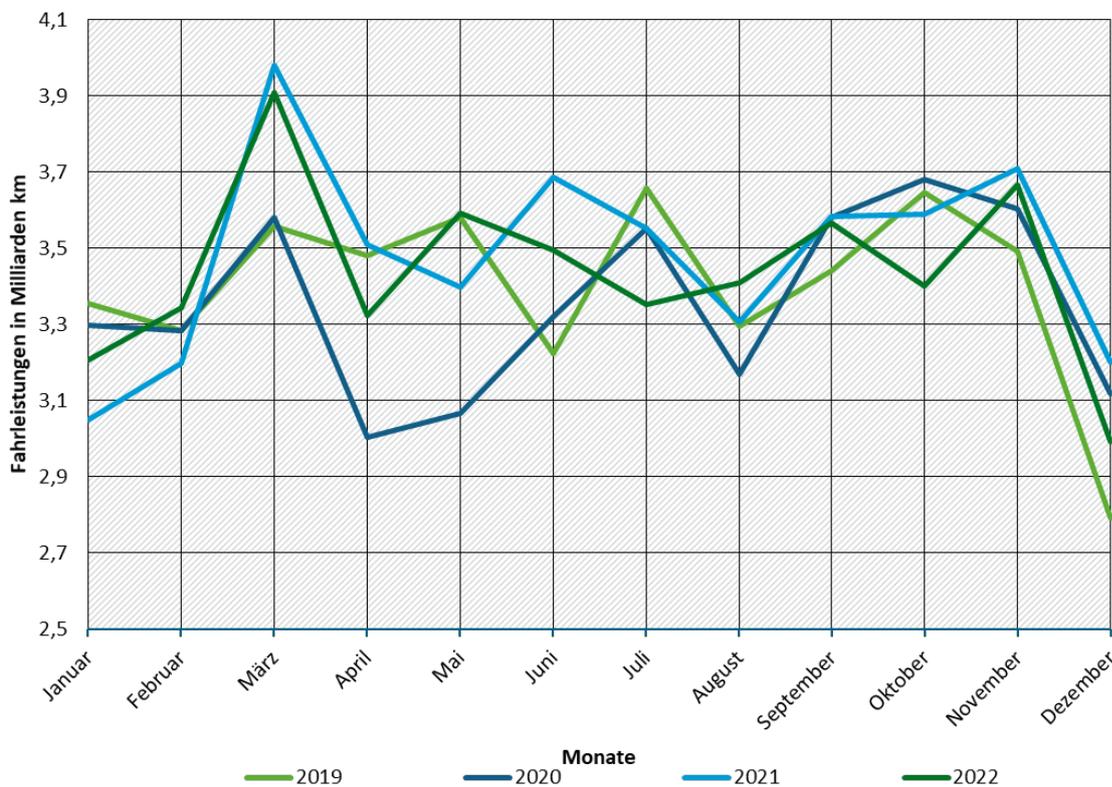
Die Basisquelle für die Berechnung der Fahrleistung des Güterverkehrs sind die Fahrleistungen auf Autobahnen und Bundesstraßen der Mautstatistik. Daten des Verkehrsbarometers liegen zwar vor, aber werden hier nicht verwendet, weil die Mautstatistik als die zuverlässigste Quelle erachtet wird (siehe unten). Die verfügbaren Daten beider Quellen werden aber in den folgenden Abschnitten ausgewertet.

**Mautstatistik**

Abbildung 3 stellt die monatlichen Fahrleistungen der mautpflichtigen Fahrzeuge für die Jahre 2019 bis 2022 dar. Insgesamt wurden in 2022 41,3 Milliarden Kilometer von mautpflichtigen Fahrzeugen zurückgelegt, in 2021 waren es 41,7 Mrd. und 2019 40,8 Mrd. Dies entspricht einem Rückgang von 1,2 % ggü. 2021 aber ein Wachstum von 1,1% ggü. dem vor-Corona Niveau von 2019.

Der Corona-Effekt ist in Abbildung 3 gut erkennbar: 2020 startete der erste Lockdown am 22. März bis zur Lockerung am 04.05.2020 und verursachte einen klaren Rückgang der Fahrleistungen. Dagegen fuhren 2021 während des Lockdowns (vom Anfang Januar bis Mai 2021) fast so viele Lkw wie 2022 in derselben Periode ohne Lockdown. Die Abhängigkeit des Straßengüterverkehrsaktivität von der Corona Pandemie ließ sich demnach nur 2020 beobachten. Die geringeren Fahrleistungen 2022 ggü. 2021 haben vermutlich andere Gründe: die Rekordhöhe der Kraftstoffpreise, der anhaltende Krieg in der Ukraine, die Energiepreise, die zu einen starken Anstieg der Frachtpreise (Lehmann 2023) führten. Dieser Rückgang war ein weltweiter Trend: zwischen Januar und Dezember 2022 gingen auch weltweit laut PwC „Transport and Logistics Barometer“ die Deals-Aktivitäten im Vergleich zum Vorjahr um 19% zurück (Bauer et al. 2023). Grundsätzlich ist die Fahrleistung des Straßengüterverkehrs jedoch, verglichen mit dem Personenverkehr, über die Jahre annähernd konstant.

**Abbildung 3: Fahrleistung der Mautfahrzeuge 2019 bis 2022**



Quelle: eigene Darstellung (BALM 2023)

Der Anteil der Ausländer an den gesamten mautpflichtigen Fahrleistungen in Deutschland wuchs in den letzten 3 Jahren um ca. 1 Prozentpunkt pro Jahr, wie in Tabelle 23 dargestellt. Der Anteil beträgt 2022 43% der Fahrleistungen der Mautstatistik.

**Tabelle 23: Fahrleistungen der Mautstatistik unterteilt nach ausländischen und inländischen Fahrzeugen**

Summe der FL auf AB und B	2019	2020	2021	2022
Inländerfahrleistung	24,3 Mrd. km	24,1 Mrd. km	24,2 Mrd. km	23,6 Mrd. km
Anteil Inländer an der Fahrleistung	59 %	60 %	58 %	57%
Ausländerfahrleistung	16,5 Mrd. km	16,2 Mrd. km	17,5 Mrd. km	17,6 Mrd. km
Anteil Ausländer an der Fahrleistung	41 %	40 %	42 %	43%
Summe	40,8 Mrd. km	40,3 Mrd. km	41,8 Mrd. km	41,3 Mrd. km

### Verkehrsbarometer

Laut Verkehrsbarometer ist die Verkehrsstärke auf Autobahnen und Bundesstraßen (gemessen als durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke, DTV) der Lkw ohne und mit Anhänger ggü. 2019 zurückgegangen (siehe Tabelle 24). Dagegen stieg die DTV der Sattelzüge. Auf Bundesstraßen ist der Trend ähnlich und nur die Sattelzüge weisen ein Wachstum auf (siehe Tabelle 24). Diese Zahlen bestätigen die identifizierte Tendenz, größere Fahrzeuge einzusetzen (siehe 2.3.5.3.2).

**Tabelle 24: Änderungen der DTV vom Güterschwerverkehr auf Autobahnen und Bundesstraßen laut Verkehrsbarometer**

2022 ggü. 2019	Änderungen der DTV auf Autobahnen	Änderungen der DTV auf Bundesstraßen
Lkw	-6,4 %	-4,8 %
LZ	-3 %	-4,6 %
SZ	3,2 %	1,4 %

In Tabelle 25 können alle Quellen und Daten für den Schwerverkehr 2022 verglichen werden.

**Tabelle 25: Quellen und daraus für den Güter-Schwerverkehr abgeleitete Fahrleistungen**

2022 (Änderung 2019-2022)	TREMODO VEdV 2022	Mautstatistik (> 7,5t)	Verkehrsbarometer (LoA, LmA, Sat)
Schwerverkehr	63,3 Mrd. km (-0,8%)	BAB & B 41,3 Mrd. km (1%) BAB 33,8 Mrd. km (3%) B 7,4 Mrd. km (-5%)	BAB & B: 0% BAB 0,2% B -1,8%
SV Inländer		BAB & B 23,7 Mrd. km (-2%) BAB 17,7 Mrd. km (-1%) B 5,9 Mrd. km (-5%)	

2022 (Änderung 2019-2022)	TREMODO VEdV 2022	Mautstatistik (> 7,5t)	Verkehrsbarometer (LoA, LmA, Sat)
SV Ausländer		BAB & B 17,5 Mrd. km (6%) BAB 16,1 Mrd. km (7%) B 1,5 Mrd. km (-2%)	

Folgende Unterschiede für die Fahrleistung des Schwerverkehrs lassen sich zwischen Verkehrsbarometer und Mautstatistik feststellen:

- ▶ Auf BAB: +3% ggü. 2019 laut Mautstatistik und +0,2 % laut Verkehrsbarometer
- ▶ Auf B: -5% ggü. 2019 laut Mautstatistik und -1,8 % laut Verkehrsbarometer
- ▶ Auf beiden Straßenkategorien +1% ggü. 2019 laut Mautstatistik und 0 % laut Verkehrsbarometer

Diese lassen sich durch zwei wesentliche Gründe erklären:

- ▶ Die Fahrleistungen gemäß Verkehrsbarometer basieren auf DTV-Werten, die auf den durchschnittlichen Kfz-Verkehr 2019 normiert sind. Daher wurden die monatlichen Änderungsfaktoren der Verkehrsmengen von ifeu in DTV-Werte umgerechnet, um daraus die jährlichen Änderungsfaktoren aggregiert oder disaggregiert in Prozent berechnen zu können. Sie sind also nur Orientierungswerte für die Veränderungen, aber noch keine verlässlichen Werte für die absoluten Fahrleistungen.
- ▶ Die Fahrleistung der mautpflichtigen Fahrzeuge sind automatisch durch eine Kombination der Mobilfunktechnologie (GSM) mit dem Satellitenortungssystem GPS basierend auf einer sogenannten *On-Board Unit* (OBU) vom BAG erfasst. Die öffentlichen verfügbaren abgeleiteten Fahrleistungen sind dementsprechend präzise und gelten hier als Referenz. Allerdings deckt die Mautstatistik die Lkw zwischen 3,5t und 7,5t zGG. nicht ab.

Deshalb werden für die VEdV 2022 die Änderungen der Fahrleistung des Schwergüterverkehrs 2022 vs. 2019 der Mautstatistik übernommen, mit der Annahme, dass die Änderung für die Gruppe 3,5 bis 7,5t zGG auch anwendbar ist. Da keine Quelle für die Fahrleistungen auf den übrigen Straßen vorliegt, werden die relativen Änderungen der Fahrleistung des Güterverkehrs auf den restlichen Straßenkategorien mit den Fahrleistungsänderungen auf den Bundesstraßen gleichgesetzt. Insgesamt ergibt sich so ein leichter Rückgang der Fahrleistung schwerer Nutzfahrzeuge (Lkw, Lz, Sz) in Höhe von -0,8 % ggü. 2019 (siehe Tabelle 22).

Die Mittelfristprognose Sommer 2022, erstellt von Intraplan im Auftrag des Bundesamts für Logistik und Mobilität (BALM), verzeichnet dagegen einen leichten Anstieg der Verkehrsleistungen von 1,3% ggü. 2019 (Intraplan 2022). Die Abweichung zu den für TREMOD angenommenen Fahrleistungen kann zum einen an der Prognose selbst liegen, da die Annahmen und nicht vollständigen Daten keine exakten Ergebnisse liefern können, zum anderen an der Effizienz des Güterverkehrs, die verbessert wurde, zumal sich die Transportleistungen mehr am Wachstum der Sattelzüge (+2,8% und 1,4% ggü. 2019 laut Verkehrsbarometer jeweils auf BAB und B) orientieren, da diese in der Gewichtung der gesamten Transportleistung mehr ins Gewicht fallen.

### Leichte Nutzfahrzeuge

Da die leichten Nutzfahrzeuge nicht mautpflichtig sind, liefert die Mautstatistik hier keine Zahlen. In Tabelle 26 sind die verschiedenen verfügbaren Quellen verglichen. Die Fahrleistungen nehmen laut Verkehrsbarometer um fast 4,4% zu. Intraplan prognostiziert dagegen ein noch höheres Wachstum von 10,3 % ggü. 2019. Der Vergleich der Statistiken für den Güterverkehr ist

jedoch aufgrund unterschiedlicher Abgrenzungen eingeschränkt. Das Verkehrsbarometer stimmt mit der TREMOD Abgrenzung überein. Aber die Abgrenzung der Mittelfristprognose unterscheidet sich: hier werden zu den LNF die Lkw mit einer Nutzlast unter 3,5t hinzugezählt, während in TREMOD das zulässige Gesamtgewicht von 3,5 t entscheidend ist. Die Lkw-Fahrleistungen von Verkehr in Zahlen sind nicht in Größenklassen unterschieden, so dass die LNF nicht separat dargestellt sind. Eine einheitliche Abgrenzung basierend auf den EU/UN Klassifizierungen würde einen Vergleich der Werte vereinfachen.

**Tabelle 26: Definition der LNF in den verschiedenen Quellen**

Quelle	Definition der LNF
Verkehrsbarometer	<3,5 t zGG
Mittelfristprognose Sommer 2022	< 3,5t Nutzlast
Verkehr in Kilometern	<3,5 t zGG
TREMOD	<3,5 t zGG
Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge	Erste Unterteilung der Lkw in 0 bis 7,5 t zGG*
Internationale Klassifizierung der UN und EU: N1	Fahrzeuge zur Güterbeförderung mit einer Höchstmasse von nicht mehr als 3,5 t

Anmerkung: \*Da seit Einführung der EU-weit harmonisierten Zulassungspapiere zum 1.10.2005 die Fahrzeugpapiere keine Angaben zur Nutzlast mehr enthalten muss die berechnet werden. .

Für die VEdV 2022 werden dementsprechend die Änderungen der DTV aus dem Verkehrsbarometer zugrunde gelegt. Hieraus resultiert ein Wachstum von 4,6 % der jährlichen Fahrleistung.

**Tabelle 27: Zusammenfassung der Quellen und abgeleitete Fahrleistungen für die leichte Nutzfahrzeuge**

2022 (Änderung 2019-2022)	TREMOD VEdV 2022	Verkehrsbarometer
Leichte Nutzfahrzeuge	56,1 Mrd. Km (+4,6 %)	AB & B (+4,4%) AB (+4,4%) B (+4,6 %)

Die Änderungsraten von Intraplan weichen historisch ebenfalls sehr von den sonstigen Referenzquellen, wie zum Beispiel dem Verkehrsbarometer, ab. Wie in Tabelle 28 dargestellt folgt Intraplan (Intraplan 2022) eher dem Trend der Statistik „Verkehr in Kilometern“ (ViK) (KBA 2023), die aber aus methodischen Gründen in TREMOD nicht mehr verwendet wird (siehe Kapitel A.2 für eine genauere Erläuterung). Das Jahr 2019 gilt für die Fahrleistungen als letztes einheitliches und zuverlässiges Jahr, da die Daten von Intraplan, DLR und ifeu sich auf die Daten von Verkehr in Kilometern beziehen. Dieses Jahr gilt entsprechend in TREMOD als Referenzjahr. In den folgenden Jahren sind die gesamten Fahrleistungen dagegen ohne die bisherige Hauptquelle „Verkehr in Kilometern“ auf Annahmen und unterschiedlichen Methoden aufgebaut, die zu abweichenden Ergebnissen zwischen ifeu, Intraplan und DLR führen. Deshalb wird Intraplan hier nicht als Referenz verwendet.

**Tabelle 28: Quellenvergleich der Fahrleistung der leichten Nutzfahrzeuge**

FL der leichten Nutzfahrzeuge (Mrd.km) und Änderungsrate in %	2020/2019	2021/2020	2022/2021
Verkehrsbarometer (DTV BAB & B)	-7,2%	+8%	+4,2%
Mittelfristprognose Sommer 2022	(57,14/55,64) +2,7%	(59,29/57,14) +3,8%	(61,41/59,29) +3,6%
Verkehr in Kilometer	(53/51,3) +3,3%	(54,7/53) +3,2%	-
TREMODO	-4%	0%	+3,1%

Quelle: (KBA 2023), (Intraplan 2022), (BASt 2023), eigene Berechnung. Die Daten aus „Verkehr in Zahlen“ können hier nicht zum Vergleich dargestellt werden, da LNF dort nicht einzeln aufgeführt werden, sondern zusammen mit schwereren Lkw.

#### 2.3.5.3.4.2 Personenverkehr

Die zentrale Quelle für die Entwicklung der Fahrleistung des Personenverkehrs 2022 ist, wie 2021, das Verkehrsbarometer. Motorisierter Individualverkehr (MIV) und Busverkehr sind in Deutschland nicht mautpflichtig und deswegen von der Mautstatistik nicht erfasst. Daher wird die Fahrleistungsentwicklung bis 2022 überwiegend anhand der Änderungen der monatlichen DTV-Werte gegenüber 2019 abgeleitet.

#### Motorisierter Individualverkehr

Die Änderungen der DTV-Werte für die Pkw und die Motorräder gemäß Verkehrsbarometer sind in Tabelle 29 dargestellt. Bei beiden Kategorien zeichnet sich ein starker Rückgang ab, der auf Autobahnen prägnanter ist als auf Bundesstraßen – vor allem für die Motorräder.

**Tabelle 29: Änderungsfaktoren der Verkehrsmenge Personenverkehr aus dem Verkehrsbarometer 2022 ggü. 2019 für Autobahnen und Bundesstraßen**

Straßenkategorien	Autobahnen	Bundesstraßen
Motorrad	- 13,3%	- 1,4%
Pkw	- 14,6%	- 11,9%

Der Rückgang bei Motorrädern auf Autobahnen beträgt -13,3 % und auf Bundesstraßen -1,4% ggü. 2019. Der Rückgang der Pkw ist mit -14,6% und -11,9% auf beiden Straßenkategorien höher. Dagegen schätzt die Sommerprognose 2022 einen geringeren Rückgang der Pkw-Fahrleistung auf allen Straßenkategorien von ca. -5,4% ggü 2019. Dieser Unterschied beruht auf der Abweichung aus 2020, wo TREMOD einen Rückgang von 15,1% angenommen hat (basierend auf den DTV-Änderungen des Verkehrsbarometers) während Intraplan auf die Methodik von Verkehr in Zahlen abgestimmt ist. Diese Methodik beruht auf eine Regressionsanalyse basierend auf Verkehr in Kilometern (DLR und DIW 2021). DLR führt dort aus: „Für die Jahre 2020 und 2021 wurden die mittleren Fahrleistungen mithilfe eines eigenen Schätzverfahrens ermittelt, da die in „Verkehr in Kilometern“ ausgewiesenen Werte die pandemiebedingten Fahrleistungsrückgänge zum Teil deutlich unterschätzen.“ Die Ergebnisse dieser Berechnung passen jedoch nicht gut zu den Ergebnissen des Verkehrsbarometers und wurde daher nicht für TREMOD übernommen.

**Tabelle 30: Historischer Quellenvergleich der Fahrleistung der Pkw**

FL der Pkw (Mrd.km) und Änderungsrate in %	2020/2019	2021/2020	2022/2021
Verkehrsbarometer (02.2023) <i>DTV nur für BAB &amp; B</i>	-19,2% (BAB)/ -13,1% (B)	+0,4% (BAB)/ -0,9% (B)	+5,4% (BAB) / +2,4% (B)
Mittelfristprognose Sommer 2022 <i>gesamt</i>	(578,1/644,8) -10,3%	(582,4/578,1) +0,7%	(609,5/582,4) +4,7%
Verkehr in Zahlen (2021-2022) <i>gesamt</i>	(578,1/644,8) -10,3%	(582,4/578,1) +0,7%	-
ViK 2021 <i>(ab 2020 nicht verwendbar siehe Kap. 2.3.5.3.1)</i>	(626,4/632,3) -0,9%	(610,7/626,4) -2,5%	-
TREMODO (6.42) <i>gesamt</i>	(548,1/644,8) -15,1%	(545,3/548,1) -0,1%	(562,8/545,3) +3,2%

Das Verkehrsbarometer ist die zuverlässigste Quelle, die aktuell zur Verfügung steht, deswegen werden die Änderungsraten wie in den letzten Jahren hieraus übernommen und die Änderungen auf Bundesstraßen auf die anderen Straßenkategorien übertragen. Die jährliche Fahrleistung in 2022 beträgt damit 562,8 Milliarden Kilometer für Pkw und 14,5 Milliarden Kilometer für Kraftäder insgesamt.

Die so abgeschätzten Fahrleistungen sind unsicher. So prognostiziert Intraplan in der Sommerprognose 2022 eine höhere Pkw-Fahrleistung als TREMOD (+4,7% bzw. +3,2% in 2022 ggü. 2021), aber der Trend zu einer deutlichen Zunahme der Pkw Fahrleistung ist in derselben Größenordnung (siehe Tabelle 30).

Obwohl das Verkehrsbarometer eine zuverlässige Quelle ist, sind die Fahrleistungen auf dem nachgeordneten Netz nicht erfasst und es ist erforderlich, Annahmen zu treffen. TREMOD, Intraplan und DLR (ViZ) haben andere Annahmen getroffen, die aber nicht im Detail beschrieben werden, was zu einer Abweichung ab dem Jahr 2020 führt und sich auf die nächsten Jahre überträgt. Eine alternative Quelle zur aktuellen Fahrleistung auf dem nachgeordneten Netz ist nicht bekannt. Aktuelle und vollständige Daten zur Fahrleistung auf dem nachgeordneten Netz zu erfassen, wäre im Sinne einer vollständigen und präzisen Statistik besonders hilfreich.

### Busverkehr

Für die Ableitung der Fahrleistung unterteilt nach Buskategorien wurden mehrere Quellen herangezogen. Zu beachten ist, dass die Mittelfristprognose Sommer 2022 neben den Bussen auch die Straßen- Stadt- und U-Bahnen enthält. Dementsprechend ist der direkte Vergleich der Zahlen zwischen TREMOD/DESTATIS/Verkehrsbarometer mit der Mittelfristprognose nur begrenzt aussagekräftig (siehe Tabelle 31).

- Für *Fernlinienbusse* wird ein Rückgang von -40,5% ggü. 2019 aus den Flixbus-Daten für alle Straßenkategorien übernommen. Im Vergleich weisen die Verkehrsleistungen der Mittelfristprognose Sommer 2022 einen Rückgang von -60% aus. Verglichen mit den DESTATIS Zahlen bis zum dritten Quartal wird der Rückgang für das gesamte Jahr wahrscheinlich in derselben Größenordnung sein. Da die Verkehrsleistungen in der Corona Krise deutlich mehr zurückgegangen sind als die Fahrleistungen, scheinen die Flixbus Daten realistisch zu sein.

- Für *Linienbusse* sinkt die Verkehrsleistung in den ersten drei Quartalen 2022 ggü. 2019 (Destatis 2022a) noch leicht. Da das Mobilitätsangebot bei abnehmenden Fahrgastzahlen nicht proportional sinkt, stellt keiner dieser Parameter eine geeignete Eingangsgröße für die Fahrleistung der Linienbusse dar. Dementsprechend wurde für das Jahr 2022 die von Intraplan prognostizierte Änderungsrate der Verkehrsleistungen ggü. 2019 proportional zu den damaligen Fahrleistungsänderungen berechnet und auf die Fahrleistungen 2022 übertragen. Dies entspricht eine Reduzierung der Fahrleistungen der Linienbusse von -1% ggü. 2019. Der Busverkehr würde damit fast das Niveau von vor-Corona Krise erreicht haben.
- Für *Reisebusse* wurde dieselbe Berechnung wie für Linienbusse verwendet. Dieses Vorgehen resultiert in einem Rückgang der Fahrleistung um -63% ggü. 2019 auf allen Straßenkategorien.

Die resultierenden gesamten Busfahrleistungen sind im Einklang mit der Änderungsrate der DTV auf Autobahn und Bundesstraßen des Verkehrsbarometers (-27% ggü. 2019).

**Tabelle 31: Zusammenfassung der Quellen und abgeleitete Fahrleistungen für den Busverkehr**

2022 (Änderung 2019-2022)	Mittelfristprognose (Bus+SSU-Bahnen)	Verkehrs-barometer	Flixbus	Destatis VL (Quartal 1-3 2022)	TREMODO VEdV 2022
LBus	47,2 Mrd. Pkm (-16,6%)			24,5 Mrd. Pkm (-5,1%)	2,6 Mrd. km (-1%)
FLBus	2,5 Mrd. Pkm (-59,8%)		Interne Information (-40,5%)	1,7 Mrd. Pkm (-63,6%)	0,08 Mrd. km (-40,5%)
RBus	-				0,7 Mrd. km (-63%)
Bus insgesamt	-	BAB & B (-27%)			3,4 Mrd. km (-28%)

Quellen: (Intraplan 2022), (BASt 2023), Destatis, Tabelle 46181-0005, Stand 21.02.2023 und ifeu Annahmen;

## 2.3.6 Ergebnisse der VEdV 2022

### 2.3.6.1 Energieverbrauch und THG-Emissionen nach Kategorien

Die Inlandsablieferungen der Amtlichen Mineralölstatistik (AMS)<sup>6</sup> für das Jahr 2022 und die Aufteilung auf die Kategorien (Stand 28.02.2023) sind in der nachfolgenden Tabelle 32 dargestellt<sup>7</sup>. Bei mehreren Kategorien wurden die Gesamtmengen auf Basis der nationalen Emissionsinventare für das Jahr 2021 mit Annahmen zur Entwicklung bis 2022 fortgeschrieben (siehe Details in Kapitel 2.3.1 bis 2.3.5). Biokraftstoffe werden anteilig proportional zu den mineralischen Kraftstoffen auf die Kategorien verteilt, wobei alle Kategorien der Schifffahrt und Marine keine Biokraftstoffe verwenden.<sup>8</sup> Beim Flugverkehr werden die Kraftstoffmengen, die auf den nationalen

<sup>6</sup> [https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/Mineraloel/moel\\_amtliche\\_daten\\_2022\\_12.html](https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/Mineraloel/moel_amtliche_daten_2022_12.html)

<sup>7</sup> Die Werte der AMS wurden hier bereits von massebezogenen Einheiten (Tonnen) in physikalische Einheiten (PJ) umgerechnet. Die Umrechnungsfaktoren und detaillierten Mengen sind in Anhang B.1 dargestellt.

<sup>8</sup> Der Expertenrat für Klimafragen stellte in seinem Prüfbericht (Expertenrat für Klimafragen (ERK) 2023) fest, dass für die Seeschifffahrt in der Energiebilanz ausschließlich Heizöl und kein Diesel mehr ausgewiesen wird. Dies wird bei der nächsten Aktualisierung des Inventars und der VEdV berücksichtigt

Verkehr entfallen, mit TREMOD-AV berechnet (siehe Kapitel 2.3.2). Die Differenz aus Absatz und Verbrauch national wird dem internationalen Verkehr zugeordnet.

**Tabelle 32: Energieverbrauch 2022 in PJ gemäß AMS und Aufteilung auf einzelne Quellkategorien**

	Diesel total	Diesel fossil	Diesel bio	Benzin total	Benzin fossil	Benzin bio	Kerosin	Flugbenzin
Inlandsablieferungen gemäß AMS Dez 2022	1.469	1.375	94	700	668	32	383	0,18
1.A.2.g vii – BauWi	46	43	3,0	4	4	0,2		
1.A.3.c – Schienenverkehr	12	11	0,7					
1.A.3.d – Binnenschifffahrt	10	10	0					
1.A.3.d – Seeschifffahrt	8	8	0					
1.A.4.a ii – GHD	6	6	0,4					
1.A.4.b ii – Haushalte				3	3	0,1		
1.A.4.c ii (i) – LaWi	53	49	3,4					
1.A.4.c ii (ii) – FoWi	5	4	0,3	3	3	0,1		
1.A.4.c iii – Fischerei	0,3	0,3	0					
1.A.5.b i – Militär: Land	0,2	0,1	0,01	2	2	0,1		
1.A.5.b ii – Militär: Luft							3,6	0,003
1.A.5.b iii – Militär: Marine	0,1	0,1	0					
ZWISCHENSUMME	140	132	7,8	12	12	0,5	4,8	0,09
Summe 1.A.3.a und 1.D.1.a – zivile Luftfahrt							379,6	0,18
davon: 1.A.3.a national							13,8	0,16
davon: 1.D.1.a international							365,8	0,02
1.A.3.b – Straßenverkehr	1.329	1.243	86	688	657	31		

Quelle: AMS, Dezember 2022 und eigene Annahmen

Neben den Kraftstoffen der AMS werden im Verkehr weitere Energieträger genutzt, die in der THG-Bilanz des Verkehrs zu berücksichtigen sind. Sie werden derzeit ausschließlich im Straßenverkehr eingesetzt. Es handelt sich hierbei um CNG, Biomethan, LPG und LNG. Da es zum Jahresanfang noch keine Informationen über die im Verkehr verbrauchten Mengen gibt, werden für CNG, Biomethan und LPG die Mengenangaben der nationalen Emissionsinventare für das Jahr 2021 übernommen. LNG im Verkehr wurde bisher separat abgeschätzt.<sup>9</sup> Die zugrundeliegenden Mengen sind in Tabelle 34 im nächsten Kapitel dargestellt.

Die Treibhausgasemissionen im Jahr 2022 im Verkehr werden schließlich mit den energieträgerspezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren und den fahrzeugspezifischen CO<sub>2eq</sub>-Emissionen von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O (aus TREMOD 6.42) berechnet (siehe Kapitel 2.1.3). In der Gesamtbilanz des Verkehrs

<sup>9</sup> Diese Annahme soll bei der nächsten Aktualisierung des Inventars überprüft werden

werden außerdem die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus in Zweitaktern mitverbrannten Kraftstoffen (2022: 0,0054 Mio. t, Übernahme aus 2021), die fossilen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Biokraftstoffen (2022: 0,48 Mio. t) sowie die THG-Emissionen aus Festbrennstoffen im Schienenverkehr (2022: 0,031 Mio. t, Übernahme aus 2021) eingerechnet. Die nachfolgende Tabelle 33 zeigt die Ergebnisse für den Sektor „Verkehr“.

**Tabelle 33: Treibhausgasemissionen des Verkehrs 2022 in MT CO<sub>2eq</sub>**

	Diesel ges.	Benzin ges.	Gase (LPG, CNG, LNG)	Kerosin	Flugbenzin	Summe 2022*	zum Vergleich: Summe 2021*
1.A.3.a - ziv. Inlandsflugverkehr				1,02	0,01	1,03	0,74
1.A.3.b – Straßenverkehr	93,7	49,6	1,2			144,5	143,7
1.A.3.c – Schienenverkehr	0,81					0,84	0,86
1.A.3.d – nationale Schifffahrt	1,40					1,45	1,47
Summe	95,9	49,6	1,2	1,02	0,01	147,9	146,8

Anmerkungen: \*incl. sonstige Brennstoffe

Quelle: (Umweltbundesamt 2023)

### 2.3.6.2 Energieverbrauch und THG-Emissionen im Straßenverkehr

Der Straßenverkehr ist mit rund 98% verantwortlich für den weitaus größten Teil der Emissionen des Verkehrs. Daher werden der Energieverbrauch und die THG-Emissionen des Straßenverkehrs mit TREMOD weiter differenziert nach Fahrzeugkategorien. Die zugrunde liegenden Basisdaten und Annahmen sind in Kapitel 2.3.5 dargestellt.

Diese Ergebnisse sind Annahmen-gestützte Modellierungsergebnisse. Die Unsicherheiten der Eingangsdaten wirken sich dabei auf die Aufteilung der Energiemengen auf verschiedene Verbraucher des Straßenverkehrs aus. Da der Energieverbrauch des Straßenverkehrs aber als Restmenge der abgesetzten Kraftstoffe berechnet wird, haben diese Modellierungsergebnisse nahezu keine Auswirkungen auf die berechneten Gesamtemissionen des Straßenverkehrs.

Tabelle 34 zeigt die Entwicklung des Energieverbrauchs im Straßenverkehr von 2019 bis 2022 nach Energieträgern gemäß den Ergebnissen aus TREMOD 6.42. Aufgeführt ist auch der Stromverbrauch des Straßenverkehrs.

**Tabelle 34: Endenergieverbrauch im Straßenverkehr, nach Energieträgern**

	2019	2020	2021	2022	2019-2020	2019-2021	2019-2022	2021-2022
	PJ	PJ	PJ	PJ	Änderung	Änderung	Änderung	Änderung
Benzin	700	629	634	657	-10,1%	-9,4%	-6,1%	3,6%
Bioethanol	30	29	30	31	-4,8%	-0,1%	2,9%	3,0%
Diesel	1.391	1.240	1.254	1.243	-10,9%	-9,8%	-10,6%	-0,9%
Biodiesel	79	103	87	86	30,0%	10,0%	8,4%	-1,5%
CNG	6	6	7	6	1,1%	13,8%	8,1%	-5,0%
Biogas	2	3	3	3	33,8%	33,8%	47,1%	10,0%

	2019	2020	2021	2022	2019-2020	2019-2021	2019-2022	2021-2022
LPG	15	10	9	9	-34,6%	-34,9%	-38,1%	-4,9%
LNG	1	3	5	5	202,2%	507,5%	507,5%	0,0%
Strom	2	3	6	12	74,5%	271,2%	637,3%	98,6%
<b>Gesamt</b>	<b>2.225</b>	<b>2.025</b>	<b>2.036</b>	<b>2.052</b>	<b>-9,0%</b>	<b>-8,5%</b>	<b>-7,8%</b>	<b>0,8%</b>

Anmerkungen: Bilanzgrenze: Inlandsabsätze von Kraftstoffen, außer LNG und Strom: TREMOD-Ergebnisse  
Quelle: AMS, ifeu-Berechnungen mit TREMOD.

Tabelle 35 stellt den Endenergieverbrauch im Straßenverkehr in den Jahren 2019-2022 in der Differenzierung nach Fahrzeugkategorien dar.

**Tabelle 35: Endenergieverbrauch im Straßenverkehrs nach Fahrzeugarten**

	2019	2020	2021	2022	2019-2020	2019-2021	2019-2022	2021-2022
	PJ	PJ	PJ	PJ	Änderung	Änderung	Änderung	Änderung
Bus	51	35	33	36	-31,6%	-36,4%	-30,8%	8,7%
LNF	171	166	181	187	-2,9%	5,9%	9,4%	3,2%
MZR	19	19	17	19	2,8%	-6,4%	1,5%	8,5%
Pkw	1.394	1.217	1.234	1.277	-12,7%	-11,5%	-8,4%	3,4%
SNF	576	575	558	522	-0,3%	-3,2%	-9,4%	-6,4%
sonstige	14	13	13	12	-6,1%	-8,3%	-11,7%	-3,7%
<b>Summe</b>	<b>2.225</b>	<b>2.025</b>	<b>2.036</b>	<b>2.052</b>	<b>-9,0%</b>	<b>-8,5%</b>	<b>-7,8%</b>	<b>0,8%</b>

Anmerkungen: Bilanzgrenze: Inlandsabsätze von Kraftstoffen, außer LNG und Strom: TREMOD-Ergebnisse  
Quelle: AMS, ifeu-Berechnungen mit TREMOD.

Tabelle 36 zeigt schließlich die resultierenden Treibhausgasemissionen des Straßenverkehrs von 2019 bis 2022.

**Tabelle 36: THG-Emissionen des Straßenverkehrs nach Fahrzeugarten**

	2019	2020	2021	2022	2019-2020	2019-2021	2019-2022	2021-2022
	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Änderung	Änderung	Änderung	Änderung
Bus	3,6	2,4	2,2	2,4	-33,9%	-38,0%	-32,6%	8,6%
LNF	12,0	11,4	12,6	13,0	-5,1%	4,7%	8,0%	3,2%
MZR	1,4	1,5	1,3	1,4	2,2%	-7,3%	0,4%	8,3%
Pkw	99,9	85,9	87,4	90,0	-14,0%	-12,6%	-9,9%	3,0%
SNF	41,1	40,0	39,3	36,8	-2,6%	-4,5%	-10,6%	-6,4%
sonstige	1,0	0,9	0,9	0,8	-8,1%	-9,3%	-12,7%	-3,7%
<b>Summe</b>	<b>159,1</b>	<b>142,1</b>	<b>143,7</b>	<b>144,5</b>	<b>-10,7%</b>	<b>-9,7%</b>	<b>-9,2%</b>	<b>0,6%</b>

Anmerkungen: Bilanzgrenze: Inlandsabsätze von Kraftstoffen, außer LNG: TREMOD-Ergebnisse  
Quelle: AMS, ifeu-Berechnungen mit TREMOD

Die dargestellten Ergebnisse für den Straßenverkehr sind abgestimmt auf die Kraftstoffabsätze gemäß der AMS. Dabei ergeben sich in jedem Jahr Differenzen zu den mit TREMOD berechneten Ergebnissen, die auf den Fahrleistungen im Inland beruhen, siehe (Allekotte et al. 2020). Die Entwicklung im Zeitverlauf auf Basis der Absatzzahlen reflektiert dabei nicht zwingend die verkehrliche Entwicklung.

Tabelle 37 zeigt die Entwicklung der Fahrleistungen im Straßenverkehr 2019-2022. Die zugrundeliegenden Basisdaten und Annahmen sind in Kapitel 2.3.5.3 dargestellt.

**Tabelle 37: Inlandsfahrleistungen im Straßenverkehr nach Fahrzeugarten**

	2019	2020	2021	2022	2019-2020	2019-2021	2019-2022	2021-2022
	10 <sup>6</sup> km	10 <sup>6</sup> km	10 <sup>6</sup> km	10 <sup>6</sup> km	Änderung	Änderung	Änderung	Änderung
Bus	4,6	2,9	2,9	3,3	-36,2%	-37,4%	-27,6%	15,8%
LNF	53,7	51,0	54,6	56,1	-5,0%	1,7%	4,6%	2,8%
MZR	14,8	15,0	13,4	14,5	1,0%	-9,7%	-2,5%	7,9%
Pkw	644,8	548,1	545,3	562,8	-15,0%	-15,4%	-12,7%	3,2%
SNF	63,8	62,6	64,3	63,3	-1,9%	0,8%	-0,8%	-1,6%
sonstige	2,6	2,4	2,4	2,4	-8,8%	-7,9%	-7,7%	0,2%
<b>Summe</b>	<b>784,4</b>	<b>682,0</b>	<b>682,9</b>	<b>702,5</b>	<b>-13,1%</b>	<b>-12,9%</b>	<b>-10,4%</b>	<b>2,9%</b>

Quelle: Verkehrsbarometer, Mautstatistik, ifeu-Berechnungen mit TREMOD

Die nachfolgende Tabelle 38 zeigt die Ergebnisse für den Energieverbrauch 2019 bis 2022 auf Basis der Inlandsfahrleistungen nach Energieträgern und die jeweilige Differenz zwischen dem Absatz gemäß Tabelle 34 und dem in TREMOD ermittelten Inlandsverbrauch.

**Tabelle 38: Inlandsfahrleistung-basierter Energieverbrauch im Straßenverkehr nach Energieträgern**

	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
	PJ	PJ	PJ	PJ	Absatz vs Inland	Absatz vs Inland	Absatz vs Inland	Absatz vs Inland
Benzin	801	699	688	705	-12,7%	-9,9%	-7,9%	-6,8%
Bio-Ethanol	35	32	33	33	-12,7%	-9,9%	-7,9%	-6,8%
Diesel	1.594	1.383	1.412	1.418	-12,8%	-10,4%	-11,2%	-12,3%
Biodiesel	91	115	98	98	-12,8%	-10,4%	-11,2%	-12,3%
CNG	3	3	3	3	71,0%	115,4%	136,8%	131,3%
Biogas	1	1	1	2	71,0%	115,4%	136,8%	131,3%
LPG	16	13	12	12	-10,4%	-27,3%	-22,1%	-22,1%
LNG*	1	3	5	6				
Strom*	2	3	6	12				
<b>Gesamt</b>	<b>2.544</b>	<b>2.251</b>	<b>2.259</b>	<b>2.288</b>	<b>-12,5%</b>	<b>-10,1%</b>	<b>-9,9%</b>	<b>-10,3%</b>

Quelle: ifeu-Berechnungen mit TREMOD. \*bisher kein Abgleich mit dem Absatz

Tabelle 39 zeigt die Ergebnisse für den Energieverbrauch auf Basis der Fahrleistungen im Inland und die jeweilige Differenz Absatz gemäß Tabelle 35 vs. Inlandsverbrauch.

**Tabelle 39: Inlandsfahrleistungs-basierter Energieverbrauch im Straßenverkehr, nach Fahrzeugarten**

	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
	PJ	PJ	PJ	PJ	Absatz vs Inland	Absatz vs Inland	Absatz vs Inland	Absatz vs Inland
Bus	58	38	37	43	-11,7%	-8,5%	-12,5%	-16,7%
LNF	195	183	196	200	-12,4%	-9,5%	-7,4%	-6,3%
MZR	21	21	19	20	-12,7%	-9,9%	-7,9%	-6,8%
Pkw	1.593	1.350	1.338	1.367	-12,5%	-9,8%	-7,7%	-6,6%
SNF	661	644	655	644	-12,8%	-10,8%	-14,8%	-18,9%
sonstige	16	14	14	14	-12,8%	-10,6%	-13,2%	-15,8%
Summe	<b>2.544</b>	<b>2.251</b>	<b>2.259</b>	<b>2.288</b>	<b>-12,5%</b>	<b>-10,1%</b>	<b>-9,9%</b>	<b>-10,3%</b>

Quelle: ifeu-Berechnungen mit TREMOD

## 2.4 Ergebnisanalyse

Die VEdV (Bilanzjahr) werden auf Basis von Informationen ermittelt, die bis Ende Februar des Folgejahres (Bilanzjahr+1) vorliegen (siehe ausführliche Beschreibung in Kapitel 2.3).

Das sind in der Regel vorläufige Daten, die zu einem späteren Zeitpunkt aktualisiert werden. So werden die Absatzzahlen der AMS für das Bilanzjahr in der Regel zur Jahresmitte (Bilanzjahr+1) oder später nochmals aktualisiert. Die darauf aufbauende und um die fehlenden Energieträger ergänzte sowie auf Quellkategorien aufgeteilte Energiebilanz liegt erst Mitte des Jahres (Bilanzjahr+1) als interne Schätzbilanz oder vorläufigen Energiebilanz für das Vorjahr vor. Diese ist Basis des Inventars (Bilanzjahr) für die Klimagasberichterstattung (NIR). Die endgültige Version der Energiebilanz wird in der Regel erst am Anfang des darauffolgenden Jahres (Bilanzjahr+2) veröffentlicht. Nach Abschluss der VEdV 2022 wurde außerdem bekannt, dass im Jahr 2023 eine Revision der Energiebilanzen ab dem Jahr 2003 stattfindet, die zu Änderungen in allen bisherigen Bilanzen ab 2003 führen wird. Die Datenverfügbarkeit für die VEdV 2020 bis 2022 und die nachfolgenden Inventare für den NIR sind in Tabelle 40 zusammengefasst.

**Tabelle 40: Verfügbarkeit der Absatzzahlen ab 2020 für die Berichterstattung der VEdV und des Inventars im NIR**

Daten/Veröffentlichung	Bilanzjahr 2020	Bilanzjahr 2021	Bilanzjahr 2022
Aktualisierung der AMS des BAFA, Vorläufige Daten	01.03.2021	24.02.2022	24.02.2023
<b>Veröffentlichung der VEdV</b>	<b>15.03.2021</b>	<b>15.03.2022</b>	<b>15.03.2023</b>
Aktualisierung der AMS des BAFA, Endgültige Daten	14.06.2021	17.08.2022	16.08.2023
Vorläufige Energiebilanz/Schätzbilanz der AGEB	30.06.2021	31.08.2022	16.09.2023

Daten/Veröffentlichung	Bilanzjahr 2020	Bilanzjahr 2021	Bilanzjahr 2022
<b>Erstellung Ergebnisse Verkehr für den NIR</b>	<b>Sep 2021</b>	<b>Sep 2022</b>	<b>Okt 2023</b>
Energiebilanz der AGEB („endgültige Daten“)	11.02.2022	31.01.2023	
Revision der Energiebilanzen 2003-2021	31.03.2023	31.03.2023	

Ähnlich sieht es bei den verkehrlichen Aktivitätsdaten aus: Bis Ende Februar (Bilanzjahr+1) gibt es die differenzierten Zahlen zu den Kfz-Neuzulassungen sowie die Trends zu den Fahrleistungsentwicklungen auf Autobahnen und Bundesstraßen, genauso wie alle Informationen zu den Flugbewegungen im gewerblichen Flugverkehr auf den Hauptverkehrsflughäfen. Viele Informationen zu Verkehrsleistungen des MIV und der Busse u.a. liegen erst später vor. Die Unterschiede der Datenverfügbarkeit für die VEdV und das Treibhausgasinventar wird in den nachfolgenden Kapiteln für die Jahre 2020 – 2022 dargestellt.

Um die Qualität der Ergebnisse der VEdV bewerten zu können, wird in diesem Kapitel untersucht, welchen Einfluss die späteren Änderungen der Datenbasis auf das Ergebnis hatten. Fokus ist hierbei der Vergleich des Emissionsinventars (Bilanzjahr, veröffentlicht im Bilanzjahr+2) erstellt wird, mit den VEdV (Bilanzjahr) aus dem Februar (Bilanzjahr+1). Es werden die VEdV der Jahre 2020 und 2021 untersucht. Ein detaillierter Vergleich für 2022 war innerhalb des Projekts nicht möglich, da die Erstellung des Inventars 2022 noch nicht abgeschlossen war, so dass lediglich erste Erkenntnisse zu aktuellen Entwicklungen dargestellt werden können.

Ursprünglich sollte die Methode, die in diesem Projekt zur Erstellung der VEdV erarbeitet wurde, für ein einzelnes, weiter zurückliegendes Jahr angewandt werden, um die Qualität der Methode zu überprüfen. Es stellte sich jedoch heraus, dass die entwickelte Methode sehr eng mit den aktuell verfügbaren Daten zusammenhängt, die es in früheren Jahren nicht gab, so dass die Methode für Jahre vor 2020 nicht sinnvoll anwendbar ist. Daher wurden im Rahmen dieses Arbeitspaket Vergleiche des Inventars mit den VEdV für die zurückliegenden drei Jahre durchgeführt.

#### 2.4.1 VEdV und Inventar für das Bezugsjahr 2020

Da im Februar 2021 noch keine Erkenntnisse aus diesem Projekt vorlagen, wurden die VEdV 2020 für die mobilen Emittenten vom UBA wie folgt durchgeführt:

- ▶ Basis waren die vorläufigen Eckwerte der AMS für den Zeitraum Januar - Dezember 2020 (vorläufige Daten vom 03.03.2021)
- ▶ Abschätzung der Entwicklung gegenüber 2019 für die einzelnen mobilen Emittenten unter anderem anhand des Trendszenarios in TREMOD 6.15, also der für 2020 vorhergesagten Entwicklung des Straßenverkehrs.
- ▶ Auswertung verfügbarer Daten und Modellrechnungen des UBA für den Straßenverkehr; daraus gewonnene Erkenntnisse wurden in der UBA-PM vom 15.03.2021 (Umweltbundesamt 2021) verwendet

Für die nationalen Emissionsinventare des Berichtsjahres 2020 wurden im Nachgang noch zusätzliche Daten berücksichtigt (Ergebnisse in TREMOD 6.21). Diese werden im Folgenden kurz erläutert und deren Auswirkungen auf die Ergebnisse werden beschrieben.

Die wichtigsten Unterschiede in der Datengrundlage bei der Emissionsberichterstattung gegenüber den VEdV 2020 waren:

1. Die endgültigen Daten der AMS waren verfügbar (veröffentlicht am 14.06.2021). Diese beinhalten gegenüber den vorläufigen Daten noch Änderungen der in Deutschland abgesetzten Kraftstoffmengen.
2. Die vorläufige Energiebilanz (Schätzbilanz, veröffentlicht am 30.06.2021) der AGEB für die Aufteilung in die Quellkategorien und die übrigen Energieträger war verfügbar.
3. Die KBA-Bestandsstatistik für den 1.1.2021 in TREMOD-Differenzierung war verfügbar.
4. Verkehrsbarometer und Mautstatistik wurden detailliert ausgewertet und für die Abschätzung der Fahrleistungen verwendet.
5. Erkenntnisse der MOP-Tankbuchstatistik wurden verwendet.
6. Flugverkehr: In den VEdV 2020 konnten lediglich aggregierte Verkehrsmengen verwendet werden, da die vollständigen detaillierten Verkehrsmengen in der Sonderauswertung erst später vorlagen.

Ein Teil der Informationen liegt grundsätzlich auch für die VEdV vor, konnten aber erst im weiteren Projektverlauf in den Folgejahren berücksichtigt werden. Für die VEdV 2021 und 2022 lagen Zahlen zu den Punkten 1, 4, 5 und 6 vor, zu 3 nur die Neuzulassungen (siehe Kapitel 2.4.2 und 2.4.3).

#### 2.4.1.1 Entwicklung der Absatzzahlen und der Aufteilung in die Quellkategorien für das Jahr 2020

In diesem Abschnitt werden die Absatzzahlen des Jahres 2020, die am Jahresanfang 2021 für die VEdV und zur Jahresmitte 2021 für das Inventar vorlagen, gegenübergestellt. Diese stammen aus den folgenden Quellen:

- ▶ VEdV 2020: AMS, vorläufige Daten vom 03.03.2021 sowie eigene Annahmen von UBA und ifeu zur Aufteilung auf die Quellkategorien, abgeschlossen am 11.03.2021
- ▶ Inventar 2020: TREMOD-Ergebnisse auf Grundlage der vorläufigen Energiebilanz 2020 (Schätzbilanz) vom 30.06.2021. Diese enthält noch Verbräuche der Kategorie Bergbau etc. (EBZ 60), die in den VEdV bisher nicht berücksichtigt wurden. Diese werden zukünftig von der Gesamtmenge an Dieseldieselkraftstoff abgezogen.

Die nachfolgende Tabelle 41 stellt die Ergebnisse für den Dieseldieselabsatz dar. Die Biokraftstoffe sind hier nicht enthalten, da diese bei der AG Energiebilanzen nicht differenziert ausgegeben werden. Die für die regenerativen Kraftstoffe von der AG Energiebilanzen erstellten sogenannten „Satellitenbilanzen“ liegen für die VEdV nicht vor, enthalten die Biokraftstoffe in der veröffentlichten Tabelle nur als Summe „flüssige Kraftstoffe“ und sind daher auch für eine Verwendung im Inventar unzureichend.

**Tabelle 41: Dieseldieselkraftstoffabsatz im Jahr 2020 nach Quellkategorien in den VEdV und im Inventar ohne Bioanteile**

Dieseldieselkraftstoff konv. (TJ)	EBZ	VEdV 2020	Inventar 2020	Inventar vs. VEdV
Bergbau, Steine u. Erden, Verarbeitung. Gew.	60		290	
Schienenverkehr	61	8.971	10.145	+13,1%
Straßenverkehr	62	1.237.761	1.241.557	+0,3%
Luftverkehr	63			
Küsten- und Binnenschifffahrt	64	7.596	10.078	+32,7%
Verkehr insgesamt	65	1.254.327	1.261.780	+0,6%

Dieseldieselkraftstoff konv. (TJ)	EBZ	VEdV 2020	Inventar 2020	Inventar vs. VEdV
Haushalte	66			
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	67	101.262	104.580	+3,3%
Summe (ohne EBZ 60)		1.355.589	1.366.360	+0,8%

Quellen: VEdV 2020 vom 11.03. 2021; Inventar 2020 basierend auf AG Energiebilanzen, Schätzbilanz vom 30.06.2021

Folgende Ergebnisse lassen sich festhalten:

- Der fossile Dieselaabsatz lag nach der Schätzbilanz um 0,8 % höher als bei den VEdV.
- Es zeigt sich, dass die größte Unsicherheit bei den VEdV in der Zuordnung auf die Quellkategorien Schiene und Schifffahrt lag. Dies ist im Wesentlichen auf Änderungen der AG Energiebilanzen zurückzuführen, welche den Dieserverbrauch für 2019<sup>10</sup> in der finalen Bilanz verglichen mit der Schätzbilanz deutlich nach oben korrigiert hat.

Die nachfolgende Tabelle 42 zeigt die Ergebnisse für den Benzinabsatz, ebenfalls ohne Biokraftstoffe.

**Tabelle 42: Ottokraftstoffabsatz im Jahr 2020 nach Quellkategorien in den VEdV und im Inventar ohne Bioanteile**

Ottokraftstoff konv. (TJ)	EBZ	VEdV 2020	Inventar 2020	Inventar vs. VEdV
Bergbau, Steine u. Erden, Verarbeit. Gew.	60			
Schienerverkehr	61			
Straßenverkehr	62	624.611	629.926	+0,9%
Luftverkehr	63			
Küsten- und Binnenschifffahrt	64			
Verkehr insgesamt	65	624.611	629.926	+0,9%
Haushalte	66	4.036	4.055	+0,5%
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	67	6.607	7.050	+6,7%
Summe (ohne EBZ 60)		635.253	641.032	+0,9%

Quellen: VEdV 2020 vom 11.03. 2021; Inventar 2020 basierend auf AG Energiebilanzen, Schätzbilanz vom 30.06.2021;

Beim Benzinabsatz ist ebenfalls eine Zunahme der Gesamtmengen im Inventar für 2020 gegenüber den VEDV 2020 festzustellen: +0,9 %. Verschiebungen gibt es auch hier in den übrigen Quellkategorien.

Die nachfolgende Tabelle 43 zeigt schließlich die Absatzzahlen der Biokraftstoffe, die der VEdV 2020 und dem Inventar für 2020 zugrunde gelegt wurden. Die Entwicklung der Gesamtmengen reflektiert in diesem Fall die Unterschiede der AMS vorläufig (Stand: 03.03.2021) und der AMS endgültig (Stand: 24.06.2021). Die Aufteilung nach Quellkategorien folgt in Anlehnung an die

<sup>10</sup> Da für die Vorjahresschätzung noch keine Energiebilanzdaten für das Berichtsjahr vorliegen, wurden die Absätze einzelner Quellkategorien für das Jahr 2020 aufgrund der Absätze für 2019 nach Energiebilanz geschätzt.

Aufteilung der konventionellen Kraftstoffe. Die Gesamtmenge an Biodiesel war nach der Aktualisierung nahezu unverändert, die Menge an Bioethanol lag um 0,6% höher als in der vorläufigen Bilanz.

**Tabelle 43: Absatz Biokraftstoffe im Jahr 2020 nach Quellkategorien (VEdV und Inventar)**

Absatz in TJ	EBZ	VEdV 2020	Inventar 2020	Inventar vs. VEdV
<b>Biodiesel</b>				
Schienenverkehr	61	750	843	+12,4%
Straßenverkehr	62	103.455	103.133	-0,3%
Verkehr insgesamt	65	104.205	103.976	-0,2%
Haushalte	66			
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	67	8.464	8.687	+2,6%
Summe (ohne EBZ 60)		112.669	112.663	0,0%
<b>Bioethanol</b>				
Straßenverkehr	62	28.586	28.759	+0,6%
Verkehr insgesamt	65	28.586	28.759	+0,6%
Haushalte	66	185	183	-1,1%
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	67	302	302	0,0%
Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	68	487	485	-0,4%
Summe (ohne EBZ 60)		29.073	29.244	+0,6%

Quellen: VEdV 2020 vom 11.03.2021, basierend auf AMS vorläufig vom 03.03.2021; Inventar 2020 basierend auf AMS final vom 14.06.2021

#### 2.4.1.2 Detailanalyse Flugverkehr für das Jahr 2020

Da eine vorgezogene Sonderauswertung erst nach der Ermittlung der VEdV 2020 bei Destatis angefragt wurde, wurde die VEdV 2020 mit aggregierten Verkehrsmengen aus der öffentlich zugänglichen Publikation abgeleitet. Erst im Folgejahr konnte die Sonderauswertung direkt für die VEdV 2021 verwendet werden.

Nach Fachserie 8 Reihe 6.1 sind die Verkehrsmengen auf den Hauptverkehrsflughäfen für 2019 und 2020 sowie den hieraus abgeleiteten Änderungen in Tabelle 44 gegeben:

**Tabelle 44: Änderungen der Verkehrsmengen auf den Hauptverkehrsflughäfen 2019-2020**

		Starts	Flug-km [1.000]
national	2019	315.433	110.039
	2020	150.687	44.728
	Änderung ggü. 2019	-52 %	-59 %
international	2019	805.731	1.464.178
	2020	320.745	638.772

		Starts	Flug-km [1.000]
	Änderung ggü. 2019	-60 %	-56 %

Quelle: Destatis Fachserie 8 Reihe 6

Da in TREMOD – insbesondere aufgrund der Integration von Abweichungen vom Großkreis – die Verkehrsmengen von den Angaben aus Destatis abweichen, werden die prozentualen Änderungen verwendet, um die Verkehrsmengen für die VEdV 2020 anzugeben (siehe Tabelle 45).

**Tabelle 45: Verkehrsmengen auf den Hauptverkehrsflughäfen für VEdV 2020**

		Starts	Flug-km [1.000]
national	2019	315.433	130.667
	VEdV 2020	150.687	53.113
	Änderung ggü. 2019	-52 %	-59 %
international	2019	805.537	1.573.956
	VEdV 2020	320.668	686.664
	Änderung ggü. 2019	-60 %	-56 %

Quellen: TREMOD AV (Jahr 2019) und ifeu-Berechnungen auf Basis Destatis Fachserie 8 Reihe 6.

Für die VEdV sind die Verkehrsmengen auf die Kraftstoffarten Flugbenzin und Kerosin aufzuteilen. Hier werden die Anteile von Flugbenzin des Vorjahres 2019 übernommen, siehe Tabelle 46. Der Rest wird mit Kerosin versorgt.

**Tabelle 46: Anteile von Flugbenzin an den Verkehrsmengen 2019 (und VEdV 2020)**

	Starts	Flug-km
National	14,0 %	5,0 %
International	0,2 %	0,1 %

Quelle: TREMOD AV.

Somit sind die Verkehrsmengen auf den Hauptverkehrsflughäfen gegeben. Die spezifischen Verbräuche werden aus dem Vorjahr übernommen. Tabelle 47 gibt die LTO- und CCD-Verbräuche des Jahres 2019 an, die für die VEdV 2020 übernommen werden. Zudem werden die Verkehrsmengen differenziert nach Relation und Kraftstoffart angegeben.

**Tabelle 47: Verkehrsmengen und Verbräuche auf den Hauptverkehrsflughäfen für die VEdV 2020**

	national		international	
	Flugbenzin	Kerosin	Flugbenzin	Kerosin
Starts	21.046	129.641	722	319.946
Flug-km [1.000]	2.630	50.482	465	686.199
LTO-Verbrauch [kg/Start]	5	588	13	875
CCD-Verbrauch [kg/km]	0,16	3,27	0,28	5,08

	national		international	
LTO-Verbrauch [t]	106	76.220	9	279.932
CCD-Verbrauch [t]	419	165.139	129	3.486.261

Quelle: TREMOD AV (spez. Verbräuche).

Für den sonstigen Flugverkehr lagen keine Statistiken vor, die für die VEdV 2020 verwendet werden konnten. Aufgrund von Änderungen in der Statistik (Fachserie 8 Reihe 6.2 wurde eingestellt und Werte werden nun über Genesis online Datenbank angegeben) lagen keine Werte für das Vorjahr 2019 vor.

Für die VEdV ist geplant, die Werte (absolute Emissionen und Verbräuche) für den sonstigen Flugverkehr des Vorjahres zu übernehmen. Da die Verkehrsmengen jedoch durch die Statistikänderung (einmalig) nicht vorlagen, wurde die VEdV 2020 lediglich anhand der Hauptverkehrsflughäfen durchgeführt. Der Anteil des sonstigen Flugverkehrs am Kerosinverbrauch lag 2019 bspw. bei lediglich 3 %. Bei Flugbenzin ist die Lage zwar umgekehrt – hier liegt der Anteil bei 96 % – jedoch ist der Verbrauch von Flugbenzin insgesamt im Vergleich zu Kerosin vernachlässigbar klein (Absatz 2019: 319 TJ zu 434.490 TJ). Demnach ist der Fehler, der durch die Abschätzung des sonstigen Flugverkehrs aufgrund der vereinfachten Annahmen entsteht, für die VEdV von keiner hohen Relevanz.

Die folgende Tabelle vergleicht die Berechnungen der VEdV 2020 mit den Werten desselben Jahres aus dem nationalen Inventar (NIR).

**Tabelle 48: Absatz Flugkraftstoffe im Jahr 2020 in TJ (VEdV und Inventar)**

	VEdV 2020	Inventar 2020	Inventar vs. VEdV
<b>Kerosin</b>			
national	11.962	13.980	+16,9%
international	186.653	185.951	-0,4%
Gesamt	198.615	199.931	+0,7%
Splitfaktor*	0,0602	0,0699	+16,1%
<b>Flugbenzin</b>			
national	201	195	-3,1%
international	13	13	+1,3%
Gesamt	214	208	-2,8%

Quellen: VEdV 2020 vom 11.03.2021, basierend auf AMS vorläufig vom 03.03.2021; Inventar 2020 basierend auf AMS final vom 14.06.2021. Anmerkung: \*Der Splitfaktor ist das Verhältnis des Kraftstoffabsatz im nationalen zum internationalen Luftverkehr.

Hier sind insbesondere beim nationalen Flugverkehr Differenzen zu identifizieren. Diese haben sich bei der VEdV 2021 jedoch deutlich verringert, da die Berechnung der VEdV 2021 durch die bereitgestellte Sonderauswertung von Destatis gegenüber der VEdV 2020 eine verbesserte Datenbasis hatte (siehe Kapitel 2.4.2.2). Nichtsdestoweniger können auch bei den folgenden VEdV Unterschiede zu den Werten aus den Inventaren vorliegen. Dies hat folgende Gründe:

- ▶ Bei der VEdV liegen keine Daten zum sonstigen Flugverkehr vor. Diese werden erst im Spätsommer in TREMOD eingepflegt.

- ▶ Es könnten ggf. bessere Daten zu den Emissionsfaktoren von Flugzeugtypen in der Zwischenzeit erscheinen, die in der TREMOD-Aktualisierung berücksichtigt werden. Da es sich hierbei i.d.R. um neue Flugzeugtypen mit einem sehr geringen Anteil an den Gesamtemissionen handelt, sind die Auswirkungen als gering zu erachten.
- ▶ Die Daten zum Energieabsatz bei der VEdV sind vorläufig und können sich gegenüber dem Inventar (NIR) ändern, siehe Erläuterungen zu Anfang von Kap. 2.4.

### 2.4.1.3 Detailanalyse Straßenverkehr für das Jahr 2020

Im Rahmen der Erstellung der VEdV ist die Aufteilung des Straßenverkehrs in die einzelnen Kategorien für die gesamte Treibhausgasbilanz nicht sehr relevant, da sie im Wesentlichen durch die Energieabsätze, die dem Straßenverkehr zugeordnet werden, festgelegt sind. Lediglich der von dem Beitrag einzelner Fahrzeugkonzepte abhängige Ausstoß von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O kann variieren, wenn sich deren Anteile an der Fahrleistung verändern. Relevant ist die Detailanalyse im Rahmen der VEdV in erster Linie für die Ursachenanalyse, die ab dem Jahr 2021 im Rahmen des Projekts durchgeführt wurde. Auf eine detaillierte Betrachtung des Straßenverkehrs bei den VEdV 2020 wird daher verzichtet und erst für das Jahr 2021 durchgeführt (siehe Kapitel 2.4.2).

Für die VEdV 2020 wurde für die Aufteilung des Straßenverkehrs auf die differenzierten Fahrzeugschichten die im Trendszenario der TREMOD-Version 6.15 hinterlegten Annahmen zur Bestands- und Fahrleistungsentwicklung verwendet. Letztere orientierte sich an der Verkehrsleistungsentwicklung der damaligen Mittelfristprognose von Intraplan (Sommer 2020) und eigenen Annahmen zur Entwicklung der Fahrzeugauslastung. Für die Fahrleistungen ergab sich daraus ein Rückgang der Fahrleistungen bei den Pkw um 10 % (2020 gegenüber 2019) und bei den SNF um 7 % (siehe Tabelle 49).

**Tabelle 49: Fahrleistungen im Straßenverkehr 2019 und 2020 je Fahrzeugkategorie – Inventar 2019 und Annahmen Trendszenario 2020 in TREMOD 6.15**

Fahrleistung (Mrd. km)	BUS	LNF	MZR	PKW+	SNF+	Straße gesamt
2019	4,6	53,7	14,8	645,8	64,4	783,3
2020	3,0	54,1	12,5	581,3	59,8	710,7
Änderung	-33,7%	0,8%	-16,1%	-10,0%	-7,1%	-9,3%

Quellen: TREMOD 6.15.

Für das Inventar 2020 konnten die Datenanalyse und methodischen Erkenntnisse verwendet werden, die im Rahmen dieses Projekts im Jahr 2021 erarbeitet wurden (siehe Kapitel 2.2). Die wesentliche Erkenntnis war, dass in den VEdV 2020 der pandemiebedingte Rückgang der Fahrleistungen der Pkw unterschätzt, der Rückgang bei den schweren Nutzfahrzeugen und den Bussen überschätzt wurde.

**Tabelle 50: Fahrleistungen im Straßenverkehr 2020 je Fahrzeugkategorie – VEdV vs. Inventar**

Fahrleistung (Mrd. km)	BUS	LNF	MZR	PKW+	SNF+	Straße gesamt
VEdV2020	3,0	54,1	12,5	581,3	59,8	710,7

Fahrleistung (Mrd. km)	BUS	LNF	MZR	PKW+	SNF+	Straße gesamt
Inventar 2020	3,6	51,7	14,9	553,6	63,0	686,8
Differenz	18,4%	-4,5%	19,6%	-4,8%	5,4%	-3,4%

Quellen: VEdV: Trendszenario TREMOD 6.15, Inventar: TREMOD 6.21

#### 2.4.1.4 Ergebnisse: THG-Emissionen des Verkehrs 2020 in den VEdV und im Inventar

Tabelle 51 zeigt die THG-Emissionen des Verkehrs nach Quellkategorien im Verkehrsbereich für die VEdV und das nachfolgende Inventar für das Bezugsjahr 2020. Die Unterschiede im Ergebnis entsprechen je Kategorie weitgehend den Unterschieden der Absatzzahlen von Diesel und Benzin. Dies bestätigt, dass der Kraftstoffabsatz im Verkehrssektor und die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen die bei weitem dominierende Größe für die Höhe der THG-Emissionen ist. Für den nationalen Luftverkehr sind zusätzlich die Daten zu Flugbewegungen relevant, da sie zur Berechnung des nationalen Absatzes verwendet werden. Unterschiede bei den CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen der verschiedenen Fahrzeugkonzepte haben nur einen geringen Einfluss auf das Emissionsniveau.

**Tabelle 51: THG-Emissionen des Verkehrs 2020 in den VEdV und im Inventar**

Kategorie	2019 Inventar	2020 VEdV	2020 Inventar	2020 Inventar vs. VEdV
4 - Verkehr	164.322	145.564	146.374	+0,6%
CRF 1.A.3.a - nationaler Luftverkehr	2.244	901	1.050	+16,5%
CRF 1.A.3.b - Straßenverkehr	159.696	142.387	143.134	+0,5%
CRF 1.A.3.c - Schienenverkehr	742	692	785	+13,4%
CRF 1.A.3.d - Küsten- & Binnenschifffahrt	1.641	1.585	1.405	-11,3%

Quellen: 2019 Inventar und 2020 VEdV: (Gniffke 2021), 2020 Inventar: (Gniffke 2022a)

Insgesamt waren die THG-Emissionen im Verkehr im Inventar um 0,6 % höher als in den VEdV. Dies entspricht in etwa den Unterschieden beim Energieverbrauch von Benzin und Diesel. Ein detaillierter Vergleich von weiteren Ursachen für die Unterschiede bei den THG-Emissionen wird, wie schon im vorigen Kapitel angeführt, für das Jahr 2021 in Kapitel 2.4.2 vorgenommen.

#### 2.4.2 VEdV und Inventar für das Bezugsjahr 2021

##### 2.4.2.1 Entwicklung der Absatzzahlen und der Aufteilung in die Quellkategorien für das Jahr 2021

In diesem Abschnitt werden die Absatzzahlen des Jahres 2021, die am Jahresanfang 2022 für die VEdV und zur Jahresmitte 2022 für das Inventar verwendet wurden, gegenübergestellt. Diese stammen aus den folgenden Quellen:

- VEdV 2021: AMS, vorläufige Daten vom 24.02.2022 sowie eigene Annahmen zur Aufteilung in die Kategorien, abgeschlossen am 08.03.2022.

- Inventar 2021: TREMOD-Ergebnisse auf Grundlage der vorläufigen Energiebilanz 2021 (Schätzbilanz) vom 31.08.2022. Diese ist in der Tabelle separat aufgeführt, da im Endenergieverbrauch noch Verbräuche der Kategorie Bergbau etc. (EBZ 60) aufgeführt sind, die in den VEdV bisher nicht berücksichtigt wurden. Diese sollten zukünftig ebenfalls in die VEdV einbezogen werden.

Die nachfolgende Tabelle 52 stellt die Ergebnisse für den Dieselabsatz dar. Die Biokraftstoffe sind hier nicht enthalten, da diese bei der AG Energiebilanzen nicht differenziert ausgegeben werden. Die für die regenerativen Kraftstoffe von der AG Energiebilanzen erstellten sogenannten „Satellitenbilanzen“ enthalten die Biokraftstoffe nur als Summe „flüssige Kraftstoffe“ können, wie schon in Kapitel 2.4.1.1 dargestellt, nicht verwendet werden.

**Tabelle 52: Dieselkraftstoffabsatz im Jahr 2021 nach Kategorien in den VEdV und im Inventar ohne Bioanteile**

Dieselmkraftstoff konv. (TJ)	EBZ	VEdV 2021	Inventar 2021	Inventar vs. VEdV
Bergbau, Steine u. Erden, Verarbeit. Gew.	60		475	
Schienenverkehr	61	10.282	11.072	7,7%
Straßenverkehr	62	1.258.377	1.254.201	-0,3%
Luftverkehr	63			
Küsten- und Binnenschifffahrt	64	10.078	10.481	4,0%
Verkehr insgesamt	65	1.278.736	1.275.754	-0,2%
Haushalte	66			
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	67	105.993	106.432	0,4%
Summe (ohne EBZ 60)		1.384.729	1.382.186	-0,2%

Quellen: VEdV 2021 vom 08.03. 2022; Inventar 2021: AG Energiebilanzen, Schätzbilanz vom 31.08.2022

Folgende Ergebnisse lassen sich festhalten:

- Der fossile Dieselabsatz lag nach der Schätzbilanz um 0,2 % niedriger als bei den VEdV.
- Es zeigt sich, dass die größte Unsicherheit bei den VEdV in der Zuordnung auf die Quellkategorien liegt, insbesondere auf Schienenverkehr und Schifffahrt. Der Unterschied fiel 2021 geringer aus als 2020. Wie bereits für das Bezugsjahr 2020 beschrieben, ergeben sich die Abweichungen im Wesentlichen durch Änderungen der AGEB zwischen der Schätzbilanz und der finalen Energiebilanz. Da das Vorgehen der AGEB nicht dokumentiert bzw. einsehbar ist, können die Änderungen nicht im Detail nachvollzogen werden.

Die nachfolgende Tabelle 53 zeigt die Ergebnisse für den Benzinabsatz, ebenfalls ohne Biokraftstoffe.

**Tabelle 53: Ottokraftstoffabsatz im Jahr 2021 nach Quellkategorien in den VEdV und im Inventar ohne Bioanteile**

Ottokraftstoff konv.(TJ)	EBZ	VEdV 2021	Inventar 2021	Inventar vs. VEdV
Bergbau, Steine u. Erden, Verarbeit. Gew.	60			
Schienenverkehr	61			
Straßenverkehr	62	638.483	634.080	-0,7%
Luftverkehr	63			
Küsten- und Binnenschifffahrt	64			
Verkehr insgesamt	65	638.483	634.080	-0,7%
Haushalte	66	4.047	3.099	-23,4%
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	67	7.196	8.691	+20,8%
Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	68			
Summe (ohne EBZ 60)		649.727	645.870	-0,6%

Quellen: VEdV 2021 vom 08.03. 2022; Inventar für 2021 basierend auf AG Energiebilanzen, Schätzbilanz vom 31.08.2022;

Beim Benzinabsatz ist ebenfalls eine Abnahme der Gesamtmengen im Inventar für 2021 gegenüber den VEDV 2021 festzustellen: -0,6 %, was sich in einer Abnahme der THG-Emissionen in gleicher Größenordnung bemerkbar macht. Deutliche Verschiebungen gab es hier in den übrigen Kategorien.

Die nachfolgende Tabelle 54 zeigt schließlich die Absatzzahlen der Biokraftstoffe, die der VEdV 2021 und dem Inventar für 2021 zugrunde gelegt wurde. Die Entwicklung der Gesamtmengen reflektiert in diesem Fall die Unterschiede der AMS vorläufig (Stand: Februar 2022) und der aktualisierten endgültigen AMS (Stand: August 2022). Die Aufteilung in die Kategorien folgt in Anlehnung auf die Aufteilung der konventionellen Kraftstoffe.

**Tabelle 54: Absatz Biokraftstoffe im Jahr 2021 nach Quellkategorien (VEdV und Inventar)**

Absatz in TJ	EBZ	VEdV 2021	Inventar 2021	Inventar vs. VEdV
<b>Biodiesel</b>				
Schienenverkehr	61	706	769	+9,0%
Straßenverkehr	62	86.388	87.131	+0,9%
Verkehr insgesamt	65	87.094	87.900	+0,9%
Haushalte	66			
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	67	7.277	7.394	+1,6%
Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	68	7.277	7.394	+1,6%
Summe (ohne EBZ 60)		94.371	95.294	+1,0%

Absatz in TJ	EBZ	VEdV 2021	Inventar 2021	Inventar vs. VEdV
<b>Bioethanol</b>				
Straßenverkehr	62	30.066	30.165	+0,3%
Verkehr insgesamt	65	30.066	30.165	+0,3%
Haushalte	66	191	147	-22,6%
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	67	339	339	+0,0%
Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	68	529	486	-8,1%
Summe (ohne EBZ 60)		30.596	30.652	+0,2%

Quellen: VEdV 2021 vom 08.03.2022, basierend auf AMS vorläufig vom 24.02.2022; Inventar 2021 basierend auf AMS (BAFA Dezember 2022, abgerufen am 17.08.22, nicht als endgültig ausgewiesen) und AG Enbil vorläufig vom 31.08.2022

#### 2.4.2.2 Detailanalyse Flugverkehr für das Jahr 2021

In der VEdV 2021 wurde erstmalig eine für ifeu erstellte Sonderauswertung von Destatis verwendet, die in vorherigen Jahren erst bei der Erstellung des Inventars verwendet wurde. Diese beinhaltet alle gewerblichen Flüge auf den Hauptverkehrsflughäfen. Für den sonstigen Flugverkehr liegen die Daten des Vorjahres allgemein im Frühjahr nicht vor. Als Schätzung werden hierfür die Verkehrsmengen des Vorjahres verwendet.

Bei der VEdV 2021 wurden somit die Arbeiten für Inventaraktualisierung vorgenommen. Daher sind auch nur geringe Abweichungen zum Inventar zu erwarten. Die Gründe für mögliche verbleibende Abweichungen sind am Ende von Abschnitt 2.4.1.2 erläutert.

Die folgende Tabelle vergleicht die Berechnungen der VEdV 2021 mit den Werten desselben Jahres aus dem Inventar.

**Tabelle 55: Absatz Flugkraftstoffe im Jahr 2021 in TJ**

	VEdV 2021	Inventar 2021	Inventar vs. VEdV 2021
<b>Kerosin</b>			
National	10.175	9.855	-3,2%
international	246.894	247.665	+0,3%
Gesamt	257.069	257.520	+0,2%
Splitfaktor*	0,0396	0,0383	-3,3%
<b>Flugbenzin</b>			
national	143	142	-0,6%
international	13	13	-0,9%
Gesamt	155	208	-0,7%

Quellen: VEdV 2021 vom 08.03.2022, basierend auf AMS vorläufig vom 24.02.2022. Anmerkung: \*Der Splitfaktor ist das Verhältnis des Kraftstoffabsatzes im nationalen zum internationalen Luftverkehr.

### 2.4.2.3 Detailanalyse Straßenverkehr für das Jahr 2021

Die VEdV 2021 wurden erstmals mit der in diesem Projekt entwickelten Methode durchgeführt. Da das Inventar 2021 seit Anfang 2023 vorliegt, lassen sich die Änderungen, die für das Inventar 2021 durchgeführt wurden, im Detail darstellen. Wesentliche Vergleichsgrößen sind hierbei

- ▶ Der Fahrzeugbestand zur Jahresmitte 2021
- ▶ Die mittlere Jahresfahrleistung je Antriebsart
- ▶ Die Fahrleistungen je Fahrzeugkategorie
- ▶ Die Verbrauchs- und Emissionsfaktoren aufgrund der Integration des HBEFA 4.2

#### 2.4.2.3.1 Fahrzeugbestand zur Jahresmitte

Für die VEdV lagen die detaillierten Statistiken des KBA für die Neuzulassungen im Jahr 2021, jedoch nicht die Bestände zum 1.1. 2022 vor. Die Bestände des Jahres 2021 wurden daher mit dem TREMOD-Flottenumschichtungsmodell auf Basis des Fahrzeugbestands 2021, der Neuzulassungen im Jahr 2021 und der empirisch abgeleiteten Überlebenskurven je Fahrzeugkategorie und Antriebsart berechnet. Für das Inventar lagen die Fahrzeugbestände für den 1.1.2022 vor, die für TREMOD aufbereitet wurden. Mit dem Bestand zum 1.1.2021 konnte, wie üblich, der mittlere Bestand im Jahr 2021 bestimmt werden.

Der mit dem Umschichtungsmodell berechnete Bestand der VEdV, der aus der KBA-Statistik abgeleitete Bestand des Inventars und der Unterschied zwischen Inventar und VEDV sind in Tabelle 56 für die relevanten Fahrzeugkategorien (ohne KKR und übrige Kfz) zusammengefasst:

**Tabelle 56: Fahrzeugbestand zur Jahresmitte 2021 in den VEdV und im Inventar**

Kategorie	Anzahl	VEdV	Inventar	Inventar/VEdV
<b>BUS</b>	Diesel	74.359	73.257	-1,50%
	CNG+LPG	970	878	-9,50%
	BEV	1.009	1.007	-0,20%
	HEV+PHEV	2.774	2.745	-1,10%
	Gesamt	79.112	77.886	-1,50%
<b>LNF</b>	Benzin	158.356	168.784	+6,60%
	Diesel	2.684.033	2.732.470	+1,80%
	CNG+LPG	12.498	12.564	+0,50%
	BEV	36.147	35.610	-1,50%
	Gesamt	2.891.034	2.949.735	+2,00%
<b>KR</b>	Benzin	4.690.722	4.704.223	+0,30%
	BEV	17.181	16.990	-1,10%
	Gesamt	4.707.903	4.721.213	+0,30%

Kategorie	Anzahl	VEdV	Inventar	Inventar/VEdV
PKW	Benzin	31.475.908	31.900.767	+1,30%
	Diesel	14.871.999	15.185.452	+2,10%
	CNG+LPG	407.270	421.841	+3,60%
	BEV	493.065	463.772	-5,90%
	HEV+PHEV	446.693	422.900	-5,30%
	Gesamt	47.694.934	48.394.731	+1,50%
SNF	Diesel	732.653	744.628	+1,60%
	CNG+LPG	1.067	1.069	+0,20%
	LNG	2.976	3.091	+3,80%
	BEV	2.340	2.400	+2,50%
	Gesamt	739.035	751.187	+1,60%

Quellen: VEdV: TREMOD 6.31, Inventar: TREMOD 6.41, basierend auf KBA-Statistiken

Der Vergleich zeigt, dass in den VEdV insbesondere der Bestand der batterieelektrischen Pkw, LNF und Krafträder überschätzt wurde, ebenso der PHEV-Pkw. Bei den SNF wurde der Gesamtbestand etwas unterschätzt und dabei auch hier die neuen Antriebsformen BEV und LNG etwas überschätzt. Bei den Bussen wurde die Anzahl der CNG-Fahrzeuge unterschätzt. Mögliche Ursachen dafür sind erkennbar, wenn der Bestand nach Zulassungsjahren unterschieden wird. Tabelle 57 zeigt das beispielhaft für die BEV-Pkw.

**Tabelle 57: Bestand der BEV-Pkw nach Zulassungsjahr im Jahr 2021 in den VEdV und im Inventar**

Zulassungsjahr	VEdV	Inventar	Inventar/VEdV
2021	177.981	170.116	-4,4%
2020	186.213	176.354	-5,3%
2019	54.902	48.441	-11,8%
2018	27.193	24.263	-10,8%
2017	17.623	15.715	-10,8%
2016	7.874	7.661	-2,7%
2015 und jünger	21.279	21.224	-0,3%
Gesamt	493.065	463.772	-5,9%

Quellen: VEdV: TREMOD 6.31, Inventar: TREMOD 6.41, basierend auf KBA-Statistiken

Die Gegenüberstellung zeigt eine Überschätzung des Bestands der neuen Zulassungsjahre 2021 und 2020 um 4,4 % bzw. 5,3 % und insbesondere eine deutliche Überschätzung der Zulassungsjahre 2017 bis 2019 um über 10 %. Dies bedeutet, dass die in diesen Jahren zugelassen BEV-Pkw

nicht so zahlreich im Bestand zu finden sind wie in TREMOD mit dem Umschichtungsmodell simuliert wird<sup>11</sup>. Mögliche Ursachen sind hier die Kaufprämie bei den Neufahrzeugen, die die Anschaffung von elektrischen Fahrzeugen fördert, nicht jedoch die längerfristige Nutzung über die geforderte Mindestdauer hinaus. Verglichen mit Verbrenner-Pkw waren die neuen BEV-Pkw also überdurchschnittlich kurz im Bestand und deren Anzahl wurde daher modellseitig überschätzt.

#### 2.4.2.3.2 Mittlere Fahrleistung je Antriebsart

Die mittleren Jahresfahrleistungen der Antriebskonzepte orientierten sich bis zu den VEdV 2021 an den Ergebnissen der Inlanderfahrleistung der Fahrleistungserhebung 2014. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass die dort erhobene mittlere Jahresfahrleistung der BEV-Pkw für aktuelle Bezugsjahre zu niedrig ist. Die mittleren Fahrleistungen wurden daher, beginnend mit dem Bezugsjahr 2015, im Inventar 2021 kontinuierlich angehoben und liegen im Jahr 2021 rund 20% höher als bei den VEdV 2021. Diese Änderung hat zur Folge, dass der Anteil der BEV-Pkw an der gesamten Fahrleistung trotz des geringeren Fahrzeugbestands im Inventar höher ist als bei den VEdV.

#### 2.4.2.3.3 Fahrleistungen je Fahrzeugkategorie

Im Inventar wurden die Fahrleistungen aktualisiert. Mit der Einführung der neuen Methode bei den VEdV stehen bereits im Februar die wichtigsten Datenquellen für die Abschätzung der Fahrleistungsentwicklung zur Verfügung. Für das Jahr 2021 wurden folgende Anpassungen vorgenommen:

- ▶ Das Verkehrsbarometer für das Jahr 2021 wurde nochmals aktualisiert mit leicht geänderten Werten.
- ▶ Für den Busverkehr lagen die Fahrleistungen von DESTATIS für das Jahr 2020 vor, die sich von den bisherigen geschätzten Werten unterscheiden. Daher mussten auch die Fahrleistungen 2021 neu abgeleitet werden. Dies führt zu einer deutlichen Reduktion der Fahrleistungen der sonstigen Reisebusse.
- ▶ Bei den LNF und SNF wurden methodische Anpassungen in der Ableitung der Zeitreihen 2015 bis 2019 vorgenommen. Dadurch müssen auch die Folgejahre teilweise angepasst werden, damit die relativen Entwicklungen nach Verkehrsbarometer und Mautstatistik korrekt abgebildet werden.

Die resultierenden Unterschiede in den Fahrleistungen sind in Tabelle 58 dargestellt. Der größte Unterschied findet sich bei den Bussen mit 16 % weniger Fahrleistung im Inventar. Alle anderen Fahrzeugkategorien haben eine höhere Fahrleistung. Bei Pkw, LNF und MZR ist der Unterschied sehr gering, bei den SNF mit 1,5 % mehr am größten.

**Tabelle 58: Fahrleistungen im Inventar 2021 und den VEdV 2021 für den Straßenverkehr je Fahrzeugkategorie und insgesamt**

Fahrleistung (Mrd. km)	BUS	LNF	MZR	PKW+sonstige	SNF+sonstige	Straße gesamt
VEdV	3,4	54,6	13,3	546,0	64,9	682,1
Inventar	2,9	54,6	13,4	546,1	65,9	682,8

<sup>11</sup> Das Überlebensverhalten neuer Fahrzeugkonzepte kann noch nicht hinreichend genau empirisch abgeleitet werden. Für BEV - Pkw wird daher in TREMOD bisher das Überlebensverhalten von Benzin-Pkw, für PHEV von Diesel-Pkw angesetzt.

Fahrleistung (Mrd. km)	BUS	LNF	MZR	PKW+sonstige	SNF+sonstige	Straße gesamt
Inventar/VEdV	-15,8%	0,02%	0,7%	0,03%	1,5%	0,1%

#### 2.4.2.3.4 Änderung der Verbrauchs- und Emissionsfaktoren durch Integration des HBEFA 4.2

Im Inventar 2021 wurde die aktuelle Version des HBEFA 4.2 integriert. Dies führte bei einigen Fahrzeugschichten zu Veränderungen beim spezifischen Kraftstoffverbrauch. Besonders deutlich war die Erhöhung des spezifischen Verbrauchs bei den LNF mit Benzinantrieb (+18%), gefolgt von den LNF mit Diesel (+3%). Bei allen anderen Fahrzeugkategorien waren die Unterschiede geringer. Tabelle 59 zeigt die Unterschiede zwischen Inventar und VEdV für die sechs Fahrzeugkategorien. Diese Werte enthalten auch Veränderungen, die durch andere Effekte verursacht werden, z.B. Änderung der Fahrzeugauslastung und Verschiebung von Fahrleistungsanteilen einzelner Gruppen innerhalb der Fahrzeugkategorien. Dies ist insbesondere bei den Bussen relevant, da dort v.a. der Anteil der sonstigen Reisebusse im Inventar deutlich niedriger angesetzt wurde, so dass die Linienbusse mit höherem spezifischem Verbrauch einen höheren Anteil haben. Bei den übrigen Fahrzeugkategorien dominiert jedoch der Effekt durch die Änderung der spezifischen Verbräuche im HBEFA 4.2.

**Tabelle 59: Spezifischer Energieverbrauch im Inventar 2021 und den VEdV 2021 für den Straßenverkehr je Fahrzeugkategorie**

Verbrauch (MJ/km)	BUS	LNF	MZR	PKW+sonstige	SNF+sonstige
VEdV	13,1	3,5	1,4	2,4	10,0
Inventar	13,5	3,6	1,4	2,5	10,1
Inventar/VEdV	3,1%	3,5%	0,0%	0,3%	1,6%

#### 2.4.2.3.5 Zusammenfassung Inventar 2021 vs. VEdV 2021

Die in den vorigen Abschnitten beschriebenen Änderungen des Bestands, der Fahrleistungen und des spezifischen Energieverbrauchs führen in der Bottom-Up-Berechnung (Inlandsverbrauch) bei allen Fahrzeugkategorien insgesamt zu einer Erhöhung des Energieverbrauchs, außer bei den Bussen wegen des deutlichen Fahrleistungsrückgangs. Somit ergeben sich aus der Inlandsberechnung ein 1,1 % höherer Energieverbrauch des Verkehrs im Inventar gegenüber den VEdV. Da jedoch die Energiebilanz sowohl bei Otto- als auch Dieselmotoren niedrigere Absatzzahlen aufweist als die für die VEdV verwendeten ersten Ergebnisse der AMS (siehe Kapitel 2.4.2.1), ergibt sich für die Berichterstattung im Inventar zwangsläufig ein geringerer Energieverbrauch als in den VEdV. Insgesamt nimmt der Energieverbrauch nach Absatz um 0,61 % ab.

Die Differenz zwischen dem Inlandsverbrauch und dem Absatz steigt somit im Inventar gegenüber den VEdV an. Beim Ottokraftstoff vergrößert sich die Differenz um 0,5%. Da diese Differenz gemäß der TREMOD-Systematik auch für die leichten Dieselfahrzeuge übernommen wird, ergibt sich rechnerisch bei den schweren Dieselfahrzeugen eine zusätzliche Differenz von 4%. Insgesamt ist der Absatz im Inventar bei Otto-Kraftstoff und den leichten Dieselfahrzeugen um 7,9 % niedriger als der Inlandsverbrauch (VEdV: 7,5 % niedriger). Bei den schweren Dieselfahrzeugen steigt die Differenz auf 15,2 % (VEdV: 11,7 % niedriger).

In Folge dieser Annahmen gibt es im Inventar einen Rückgang des auf den Absatz bezogenen Energieverbrauchs der schweren Fahrzeuge zugunsten der leichten Fahrzeuge. Der Anteil der Pkw am Energieverbrauch steigt im Inventar auf 70,7% gegenüber 70,1% in den VEdV. Im Vergleich dazu nimmt in der Inlandsbilanz der Anteil der leichten Fahrzeuge von 69,1 % auf 68,8 % ab.

#### 2.4.2.4 Ergebnisse: THG-Emissionen des Verkehrs 2021 in den VEdV und im Inventar

Die Ergebnisse des Treibhausgasinventars für den Gesamtverkehr im Vergleich zu den VEdV sind in Tabelle 60 dargestellt. Insgesamt sind die THG-Emissionen im Inventar um 0,86% niedriger als in den VEdV. Hauptursache ist der geringere Verbrauch an Benzin und Diesel, den die Schätzbilanz 2021 der AG Energiebilanzen gegenüber den Werten der AMS für 2021 aufweist.

Die THG-Emissionen des Straßenverkehrs fallen hierbei mit -0,94% noch etwas niedriger aus als die des gesamten Verkehrs. Hauptgrund dafür sind die deutlich höheren Anteile des Schienen- und Schiffsverkehrs entsprechend der Schätzbilanz, Einfluss haben aber die im folgenden erläuterten Unterschiede beim Straßenverkehr.

Der Unterschied der THG-Emissionen beim Straßenverkehr ist mit -0,94% höher als der Unterschied des Energieverbrauchs (-0,61 %). Folgende Ursachen führen zu dieser relativ höheren Absenkung der THG-Emissionen:

- ▶ Der CO<sub>2</sub>-Faktor für Otto-Kraftstoff wurde im Inventar um 0,4 % gegenüber der VEdV abgesenkt.
- ▶ Der Anteil der Biokraftstoffe am Energieverbrauch ist höher.
- ▶ Der Beitrag der N<sub>2</sub>O- und CH<sub>4</sub>-Emissionen zu den gesamten THG-Emissionen ist bei den SNF höher als bei den PKW+LNF. Demnach ergibt sich bei dem geringeren Anteil der SNF am Energieverbrauch eine höhere Absenkung der THG-Emissionen.

**Tabelle 60: THG-Emissionen des Verkehrs 2021 in den VEdV und im Inventar**

Kategorie	2020 Inventar	2021 VEdV	2021 Inventar	Inventar vs. VEdV
4 – Verkehr	146.374	148.058	146.786	-0,86%
CRF 1.A.3.a - nationaler Luftverkehr	1.050	765	741	-3,2%
CRF 1.A.3.b – Straßenverkehr	143.134	145.093	143.724	-0,94%
CRF 1.A.3.c – Schienenverkehr	785	795	856	+7,6%
CRF 1.A.3.d - Küsten- & Binnenschiff-fahrt	1.405	1.405	1.466	+4,4%

Quellen: 2020 Inventar und 2021 VEdV: (Gniffke 2022b), 2021 Inventar: (Günther 2023)

#### 2.4.3 VEdV und Inventar für das Bezugsjahr 2022

Die Ergebnisse zur Berichterstattung 2022 lagen bei Erstellung des Berichts zu diesem Projekt noch nicht vor. Der Vergleich der VEdV mit der Berichterstattung 2022 kann daher aus Zeitgründen nicht in gleicher Weise erfolgen wie für 2020 und 2021. Der Vergleich wird daher im Bericht zum Folgeprojekt (Inventar 2022 und VEdV 2023) durchgeführt und dargestellt werden.

Erste Erkenntnisse aus der aktuellen Berichterstattung 2022, die zu Änderungen gegenüber der VEdV führen werden, sind:

- ▶ Bei der Energiebilanz wurden umfangreiche und weit zurückreichende Änderungen von Seiten der AGEB umgesetzt. Da die Ursachen für die Änderungen sowie die Methoden der AGEB nicht transparent dargestellt sind, können die Änderungen nur teilweise nachvollzogen werden.
- ▶ Die Änderungen, die sich in der Zeitreihe durch die Revision der Energiebilanz ergeben sind teilweise deutlich größer als die Abweichung zwischen VEdV und Berichterstattung. Dies betrifft sowohl die Gesamtmenge der Kraftstoffe also auch die Aufteilung auf die Quellkategorien, deren Änderungen sich z.T. im zweistelligen Prozentbereich bewegen.
- ▶ Die Heizwerte von Otto-Kraftstoff wurden ab 2015 angepasst, bzw. es wurde die bisherige Änderung des Heizwerts wieder zurückgenommen. Dies hat zur Folge, dass die Unterschiede in natürlichen Einheiten ab 2015 anders sind als in physikalischen Einheiten.
- ▶ Für die zwei wichtigsten Kraftstoffe, nämlich fossiler Otto- und Dieselmotorkraftstoff im Straßenverkehr wird es im Inventar 2022 wieder geringe Abweichungen zu den VEdV 2022 geben, die sich in der Größenordnung der Jahre 2020 und 2021 bewegen wird.
- ▶ Der Erdgasverbrauch des Straßenverkehrs der AGEB enthält, im Unterschied zu Otto-Kraftstoff und Diesel-Kraftstoff, die Verbrauchsmengen an Biomethan. Bisher wurde Erdgas in den VEdV bis 2022 und dem Inventar bis 2021 als CNG bilanziert und Biomethan, wie auch LNG zusätzlich bilanziert. Dieses Vorgehen wird ab dem Inventar 2022 angepasst.

## 2.5 Zusammenfassung und Ausblick Methode und Daten

### Bisheriges Vorgehen

Das bis zum Jahr 2020 verwendete Verfahren zur Ermittlung der VEdV auf Basis der Inlandsablieferungen an Kraftstoffen erlaubte eine robuste und richtungssichere Abschätzung der gesamten THG-Emissionen des Verkehrs des Vorjahres. Schwachpunkte dieser Berechnung waren:

- ▶ Aufteilung der Kraftstoffe auf die Quellkategorien anhand der Ergebnisse des Vorjahres und Expertenschätzungen zur Fortschreibung liefert ungenaue Ergebnisse.
- ▶ Keine Unterscheidung der Ergebnisse für den Straßenverkehr nach Verkehrsarten möglich.
- ▶ Die Treiber der Entwicklungen von verkehrlichen und technischen Änderungen und deren Größenordnung zur Änderung der THG-Emissionen konnten nicht identifiziert werden.
- ▶ Die Größenordnung der nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen konnte nur geschätzt werden, da keine aktuellen Daten auf Ebene der einzelnen Verkehrsarten und Fahrzeugkonzepte vorlagen
- ▶ Eine belastbare Ursachenanalyse und damit eine kurzfristige Bewertung von Maßnahmen zur Reduktion der THG der verursachenden Aktivitäten war nicht möglich.

### Erweiterung der Methode

Mit der in diesem Projekt erarbeiteten Methodik konnten die Abläufe zur Erstellung der VEdV deutlich verbessert werden:

- ▶ Die Vereinbarungen mit den verschiedenen Datenlieferanten erlaubt eine verlässliche Planung der Arbeiten zur Ermittlung der VEdV.
- ▶ Die erarbeiteten Standards zur Übernahme der Inputdaten in die Berechnungstools ermöglichen eine schnelle und fehlerrobuste Erarbeitung der Ergebnisse.

Die Zuordnung der Kraftstoffe auf die Nicht-Straßenverkehrs-Kategorien ist durch die Berücksichtigung verschiedener Aktivitätsdaten verlässlicher:

- ▶ Die Aktivitätsdaten der GHD-Kategorien liefern eine gute erste Einschätzung über Entwicklungstendenzen und sind eine gute Vergleichsgrundlage für weitere Abstimmungen, etwa mit der Einschätzung des Thünen-Instituts für die Landwirtschaft.
- ▶ Flugverkehr: die Ergebnisse für den Flugverkehr entsprechen nahezu den finalen Ergebnissen, die bisher erst mit dem Inventar vorlagen. Nur der geringe Beitrag des sonstigen Flugverkehrs muss geschätzt werden.
- ▶ Schienenverkehr: Berücksichtigung der differenzierten DB-Kennzahlen und von Fahrplandaten für die nicht DB-Bahnen erlaubt richtungssichere Ergebnisse zu einem frühen Zeitpunkt
- ▶ Binnenschifffahrt: Bei der Binnenschifffahrt gibt der Verkehrsleistungstrend erste Hinweise für die Entwicklung; eine genaue Berechnung kann jedoch weiterhin erst im Inventar erfolgen.
- ▶ Straßenverkehr: Die differenzierten Neuzulassungsdaten ermöglichen eine gute Bestandschätzung und Entwicklung der Flottenstruktur, Verkehrsbarometer und Mautstatistik eine verlässliche Berücksichtigung der Fahrleistungsentwicklung. Damit lassen sich verschiedene Entwicklungen bereits früh quantitativ abschätzen, z.B. Beitrag der Elektrifizierung der Fahrzeugflotte, Effizienzentwicklung und die Zuordnung der THG-Emissionen auf die Verkehrsarten MIV und GV. Lediglich die Entwicklung des Busverkehrs kann erst geschätzt werden, hat aber nur einen geringen Beitrag an den Gesamtemissionen des Straßenverkehrs.

Somit erlaubt die weiterentwickelte Methode eine verlässliche Zuordnung der THG-Emissionen auf die verschiedenen Kategorien in den VEDV und ist gute Grundlage für die Ursachenanalyse. Darüber hinaus ist eine spätere Erweiterung oder Anpassung der Methode aufgrund zukünftiger Anforderungen leicht möglich.

#### **Ausblick**

Für die Erstellung der VEDV in den Folgejahren wurden einige Punkte identifiziert, die berücksichtigt werden sollen:

- ▶ Abgleich der Verbrauchszahlen für CNG, LNG und Biomethan mit den aktuell verfügbaren Absatzzahlen.
- ▶ Berücksichtigung von Heizöl in der Seeschifffahrt
- ▶ Berücksichtigung der Kategorien nach EBZ 60

Daten und Methode sollten außerdem regelmäßig überprüft und bei Bedarf angepasst werden. Insbesondere folgende Punkte könnten zu genaueren Ergebnissen beitragen:

- ▶ Verbesserung der verfügbaren Aktivitätsdaten, insbesondere der Fahrleistungen im Straßenverkehr, durch zukünftig verfügbare Quellen, z.B. Zählraten, Echtzeitdaten, etc.
- ▶ Analyse und Erklärung der festgestellten Differenzen zwischen Absatz und modelliertem Verbrauch.
- ▶ Verbesserte Dokumentation bei wichtigen Inputdaten, insbesondere der AMS und der AG Energiebilanzen

## 3 Ursachenanalyse

### 3.1 Zielstellung und methodische Herangehensweise

Bei der Ursachenanalyse wird untersucht, welche Effekte wie zur Entwicklung der THG-Emissionen des Verkehrs im Jahr 2022 gegenüber den Vorjahren beigetragen haben. Dargestellt wird also die THG-Änderung, welche null, negativ oder positiv sein kann. Dabei wird insbesondere der Einfluss der Verkehrsaktivität (Fahr- bzw. Verkehrsleistung) und der THG-Intensität, d.h. Energieeffizienz und Kraftstoffe, untersucht.

#### 3.1.1 Dekompositionsanalyse

Ziel der Dekompositionsanalyse ist es, die Änderung der THG-Emissionen gegenüber dem Vorjahr in verschiedene Einflussfaktoren zu zerlegen. Somit kann zum einen die „Richtung“, also ob ein Einflussfaktor, im Folgenden als „Komponente“ bezeichnet, eine Erhöhung oder eine Reduktion zur Folge hatte, und zum anderen der konkrete Betrag der THG-Änderung durch einzelne Komponenten ausgegeben werden. In Summe ergeben diese Beträge dann die in den VEDV gerechnete gesamte THG-Änderung.

Die im Folgenden dargestellte Methode knüpft an Vorarbeiten der UBA-Studie „Komponentenzerlegung energiebedingter Treibhausgasemissionen mit Fokus auf dem Ausbau erneuerbarer Energien“ an (Förster et al. 2018). Hierbei wurde zusammen mit anderen Sektoren auch der Verkehrssektor, unterteilt in den Straßenpersonen- und Straßengüterverkehr, betrachtet. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass sich unter den verschiedenen Ansätzen die sog. Log-Mean-Divisia-Index-Methode (LMDI) für die Dekomposition der THG-Emissionen eignet. Hierbei gehen die jährlichen Änderungen der THG-Emissionen insgesamt und die Indizes ausgewählter Komponenten ( $X$ ), d.h. deren Änderungen vom aktuellen Jahr  $t$  zum Vorjahr  $0$ , in Form des natürlichen Logarithmus ein. Formel 1 zeigt die Berechnung der THG-Änderung der einzelnen Komponenten am Beispiel von drei Komponenten ( $X_1$ - $X_3$ ):

**Formel 1: Dekomposition der THG-Emission mithilfe des LMDI Ansatzes**

$$\Delta THG = \frac{THG_t - THG_0}{\ln THG_t - \ln THG_0} \ln \left( \frac{x_{it}}{x_{i0}} \right) = \frac{THG_t - THG_0}{\ln THG_t - \ln THG_0} \ln \left( \frac{x_{1t}}{x_{10}} \right) + \frac{THG_t - THG_0}{\ln THG_t - \ln THG_0} \times \ln \left( \frac{x_{2t}}{x_{20}} \right) + \dots$$

Prinzipiell können beliebig viele Komponenten definiert werden, solange der Term auf der linken und der rechten Seite der Formel übereinstimmt. Zähler und Nenner müssen weiterhin so gewählt sein, dass sie nachvollziehbar entweder zu einer Erhöhung oder Senkung des Gesamtterms führen.

Das Umweltbundesamt veröffentlichte die Ergebnisse für weitere Bezugsjahre Jahre nach derselben Methode wie in (Förster et al. 2018) auf seiner Internetseite in der Rubrik „Emissionsvermeidung durch erneuerbare Energieträger“ (UBA 2022). Auch der Expertenrat für Klimafragen wendete eine Dekompositionsanalyse in seinen Prüfberichten an, um die Entwicklungen der THG-Emissionen je Sektor zu beschreiben, siehe z.B. (Expertenrat für Klimafragen 2021).

Die Dekompositionsanalyse für die VEDV wird getrennt für die Kategorien Straßenpersonenverkehr (MIV) und den Straßengüterverkehr (LNF und SNF) durchgeführt. Bei allen drei Verkehrsträgern werden die Komponenten „Fahrleistung“, „Elektromobilität“, „Effizienz Verbrenner“, „Anteil Biokraftstoffe“, „Differenz Absatz/Verbrauch“ und „THG-Intensität fossil“ untersucht. Diese lassen im Ergebnis wiederum addieren und bilden die Grundlage für die Ursachenanalyse des Straßenverkehrs (vgl. 3.2). Die Methodik wird in den folgenden Abschnitten beschrieben.

### 3.1.1.1 Straßenpersonenverkehr

Die Formeln und Eingangsdaten für die Dekomposition der VEdV sind im Straßenpersonenverkehr in Formel 2 und in Tabelle 61 aufgeführt. Die Methode wurde gegenüber dem Ansatz von (Förster et al. 2018) leicht abgewandelt:

- ▶ Der Anteil des nicht motorisierten Verkehrs wird mangels aktueller Daten nicht berücksichtigt. Dieser Effekt ist stattdessen in der Beförderungsintensität des motorisierten Personenverkehrs ( $VL_{MIV}/VL_{Mot}$ ) enthalten.
- ▶ Die Wirkung der Elektromobilität ( $VL_{Verbrenner}/VL_{MIV}$ ) und der Biokraftstoffe ( $EV_{fossil}/EV_{Verbrenner}$ ) wird getrennt betrachtet. Auch wirkt nun der Anteil der elektrischen Verkehrsleistung auf die THG-Emissionen anstelle des Stromverbrauchs. Dieser Zusammenhang dürfte die Wirkung der Elektromobilität für den Verkehrssektor besser abbilden, da die substituierte Verbrenner-Verkehrsleistung von größerer Relevanz für die THG-Vermeidung ist als der Stromverbrauch.
- ▶ Die Effizienz wird nur auf die Verkehrsleistung im Verbrennermodus ( $EV_{Verbrenner}/VL_{Verbrenner}$ ) bezogen.

Beibehalten aus dem ursprünglichen Ansatz wurden die Komponenten Bevölkerung ( $EW$ ), Anteil öffentlicher Verkehr ( $VL_{MIV}/VL_{Mot}$ ), Tankverhalten ( $Absatz_{fossil}/EV_{fossil}$ ) und CO<sub>2</sub>-Intensität fossiler Kraftstoffe ( $THG/Absatz_{fossil}$ ).

**Formel 2: Dekomposition Straßenpersonenverkehr (MIV)**

$$THG = EW \cdot \frac{VL_{Mot}}{EW} \cdot \frac{VL_{MIV}}{VL_{Mot}} \cdot \frac{VL_{Verbrenner}}{VL_{MIV}} \cdot \frac{EV_{Verbrenner}}{VL_{Verbrenner}} \cdot \frac{EV_{fossil}}{EV_{Verbrenner}} \cdot \frac{Absatz_{fossil}}{EV_{fossil}} \cdot \frac{THG}{Absatz_{fossil}}$$

**Tabelle 61: Eingangsdaten Dekomposition Straßenpersonenverkehr (MIV)**

Kürzel	Beschreibung	Einheit
EW	Anzahl Einwohner Deutschland	# (Mio)
VL <sub>Mot</sub>	Verkehrsleistungen des motorisierten Personenverkehrs (MIV+Bus)	Mrd. Pkm
VL <sub>MIV</sub>	Verkehrsleistungen MIV (Pkw+MZR)	Mrd. Pkm
VL <sub>Verbrenner</sub>	Verkehrsleistungen MIV Verbrenner (Benzin, Diesel, Gas, Biokraftstoffe)	Mrd. Pkm
EV <sub>Verbrenner</sub>	Endenergieverbrauch MIV Verbrenner (Benzin, Diesel, Gas, Biokraftstoffe)	PJ
EV <sub>fossil</sub>	Endenergieverbrauch MIV fossil (Benzin, Diesel, Gas)	PJ
Absatz <sub>fossil</sub>	Treibstoffabsatz fossil (Benzin, Diesel, Gas)	PJ
THG	THG-Emissionen (nach Energiebilanz*)	Mt CO <sub>2eq</sub>

Quellen: Einwohneranzahl nach DESTATIS, sonstige siehe Kapitel 2.3. Anmerkung: \*THG-Emissionen ohne fossilen Anteil von Biokraftstoffen und Schmierstoffen.

### 3.1.1.2 Straßengüterverkehr

Formel 3 und Tabelle 62 zeigen die Formel und Eingangsdaten für die Dekomposition des Straßenpersonenverkehrs. Die Berechnung erfolgt jeweils getrennt für die Fahrzeugkategorien LNF und SNF. Damit wird berücksichtigt, dass sich die spezifischen THG-Emissionen pro Kilometer

der beiden Klassen stark unterscheiden und eine Vermischung der beiden Klassen zu ungenauen Aussagen bezüglich Effizienz und Elektroanteil führen würde.

Gegenüber dem Ansatz von (Förster et al. 2018) wurde wie beim Personenverkehr zusätzlich der Verbrenneranteil an der Fahrleistung ( $FL_{Verbrenner}/FL$ ) und der Anteil Biokraftstoffe bzw. fossile Kraftstoffe am Kraftstoffverbrauch der Verbrenner ( $EV_{Fossil}/EV_{Verbrenner}$ ) unterschieden. Der Anteil des Straßengüterverkehrs am Güterverkehr wurde nicht untersucht, da zum Zeitpunkt der VEdV keine bzw. keine aktuellen Verkehrsleistungen für den Güterverkehr (LNF, SNF, Schiene, Binnenschiff) vorliegen. Beibehalten aus dem ursprünglichen Ansatz wurden die Komponenten Wirtschaftsentwicklung ( $BIP$ ), Transportintensität ( $FL/BIP$ ), Tankverhalten ( $Absatz_{fossil}/EV_{fossil}$ ) und  $CO_2$ -Intensität fossiler Kraftstoffe ( $THG/Absatz_{fossil}$ ).

**Formel 3: Formel Dekomposition Straßengüterverkehr (LNF bzw. SNF)**

$$THG = BIP \cdot \frac{FL}{BIP} \cdot \frac{FL_{Verbrenner}}{FL} \cdot \frac{EV_{Verbrenner}}{FL_{Verbrenner}} \cdot \frac{EV_{fossil}}{EV_{Verbrenner}} \cdot \frac{Absatz_{fossil}}{EV_{fossil}} \cdot \frac{THG}{Absatz_{fossil}}$$

**Tabelle 62: Eingangsdaten Dekomposition Straßengüterverkehr (LNF bzw. SNF)**

Kürzel	Beschreibung	Einheit
BIP	Realbruttoinlandsprodukt (2015)	# (Mio)
FL	Fahrleistungen Straßengüterverkehr	Mrd. km
FL <sub>Verbrenner</sub>	Fahrleistungen Verbrenner (Benzin, Diesel, Gas, Biokraftstoffe)	Mrd. km
EV <sub>Verbrenner</sub>	Endenergieverbrauch Verbrenner (Benzin, Diesel, Gas, Biokraftstoffe)	PJ
EV <sub>fossil</sub>	Endenergieverbrauch fossil (Benzin, Diesel, Gas)	PJ
Absatz <sub>fossil</sub>	Treibstoffabsatz (Benzin, Diesel, Gas)	PJ
THG	THG-Emissionen (nach Energiebilanz*)	Mt CO <sub>2eq</sub>

Quellen: Bruttoinlandsprodukt nach DESTATIS, sonstige siehe Kapitel 2. Anmerkung: \*THG-Emissionen ohne fossilen Anteil von Biokraftstoffe und Schmierstoffe.

Bis auf einzelne sozioökonomische Größen, nämlich der Bevölkerungsanzahl und dem Bruttoinlandsprodukt, wurden dafür dieselben Daten wie für die Berechnung der THG-Emissionen mit TREMOD verwendet (siehe Kapitel 2.1 bis 2.3).

**3.1.1.3 Schlussfolgerungen zur Dekompositionsanalyse**

Die Methode der Dekompositionsanalyse wird bereits in verschiedenen Zusammenhängen zur Beschreibung der Entwicklung der THG-Emissionen genutzt, siehe z. B. (Förster et al., 2018), (UBA 2022) (Expertenrat für Klimafragen, 2021). Die Datengrundlage stimmt in weiten Teilen mit den Eingangsdaten bzw. den Ergebnissen aus TREMOD bzw. den VEdV überein. Daher bietet es sich grundsätzlich an, diese Analyse für die VEdV zu verwenden.

Im Rahmen des Vorhabens wurden verschiedene weitere Varianten der Dekompositionsanalyse entworfen und getestet, z.B.:

- Ein differenzierterer Ansatz, welcher zusätzlich den Einfluss des nicht motorisierten Verkehrs sowie des mittleren Besetzungsgrades der Pkw auf die THG-Emissionen berücksichtigt. Dieser Ansatz ist prinzipiell möglich, jedoch liegen bisher keine Verkehrsleistungsdaten

des Vorjahres (weder für den Personenverkehr insgesamt noch für den nicht-motorisierten Verkehr) rechtzeitig für die VEdV vor. Bewertet wird daher nur die Verkehrsleistungsintensität im Personenverkehr insgesamt.

- ▶ Ein vereinfachter Ansatz welcher, ähnlich wie beim (Expertenrat für Klimafragen 2021), nur die Bevölkerungs- oder Wirtschaftsentwicklung, die Effizienz (Energieabsatz pro Verkehrsleistung) und die THG-Intensität bezogen auf den Energiesatz insgesamt berücksichtigt. Zwar hat dieser Ansatz den Vorteil, dass weniger Daten benötigt werden. Die Ursachenanalyse ist jedoch entsprechend weniger detailliert und erlaubt beispielsweise keine Aussagen zum Einfluss der Elektromobilität. Die Komponente Energieabsatz pro Verkehrsleistung hat den Nachteil, dass Änderungen bei Grauimporten („Tanktourismus“) als Änderungen der Energieeffizienz interpretiert werden können. Dies wäre z.B. der Fall, wenn bei gleicher Verkehrsleistung aufgrund von Kraftstoffpreisunterschieden mehr im Ausland getankt wird als im Vorjahr (vgl. folgende Kapitel). Daher wurde ein differenzierter Ansatz beibehalten und, wo sinnvoll, die Ergebnisse aggregiert.
- ▶ Weiterhin wurden Dekompositionsanalysen für weitere Verkehrsträger durchgeführt, z.B. Einflussfaktoren auf die THG-Emissionen der Binnenschifffahrt, sowie eine Zerlegung in Subkomponenten, z. B. Einfluss des Bestands und der durchschnittlichen Jahresfahrleistung von Elektrofahrzeugen auf den Anteil der elektrischen Fahrleistung insgesamt. Diese wurden jedoch im Rahmen der VEdV nicht weiterverfolgt, da die Datengrundlage zum Zeitpunkt der VEdV nicht ausreichte und der Aufwand nicht angemessen war.
- ▶ Die Ergebnisse der Dekompositionsanalyse wurden mit Bottom-Up-Berechnungen für einzelne Komponenten verglichen. Abgesehen von dem Einfluss des Biokraftstoffanteils waren die Ergebnisse plausibel und nachvollziehbar. Des Weiteren wurden mögliche Effekte von Maßnahmen wie der Kaufprämie für Elektro-Pkw, der CO<sub>2</sub>-Bepreisung im Verkehr und der CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte für Pkw und SNF auf Basis von Daten des Vorjahres abgeschätzt, um diese mit den Ergebnissen der Dekomposition oder zukünftig mit Ex-Ante-Wirkungsabschätzungen vergleichen zu können<sup>12</sup>. Derartige Einzeleffekte werden, soweit relevant, im Ergebnisteil (Kap. 3.2) diskutiert.

Die Dekompositionsanalyse bietet also verschiedene Möglichkeiten, von aggregierten Ansätzen mit wenigen Komponenten bis zu detaillierten Ansätzen mit mehr Komponenten. Welcher Ansatz den größten Mehrwert für die Ursachenanalyse hat, hängt von der Relevanz der Komponenten sowie der Datenverfügbarkeit und Datenqualität ab. Weiterentwicklungen der hier gewählten Methode sollten daher bei zukünftigen VEdV geprüft werden.

Da die Berichterstattung der VEdV aktuell keine Unterscheidung einzelner Fahrzeugkategorien erfordert, wurden die Ergebnisse der Dekompositionsanalysen für den Straßenverkehr in Kap. 3.2 insgesamt diskutiert und relevante Entwicklungen pro Verkehrsträger qualitativ hervorgehoben. Ebenfalls wurden Verkehrs- und fahrleistungsbezogene Komponenten (z.B. Bevölkerung, Wirtschaftsentwicklung, Beförderungsintensität, Modal-Split) sowie Energie- bzw. THG-Effizienz bezogene Komponenten aggregiert. Detaillierte Auswertungen sind immer noch möglich, erfordern jedoch eine gute Kenntnis der Methoden und Eingangsdaten, um die damit verbundenen Unsicherheiten bewerten zu können.

Insbesondere ist darauf hinzuweisen, dass sich die Ursachenanalyse aufgrund der benötigten Daten nicht nur auf die Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip (absatzbasiert), sondern auch nach dem Inlandsprinzip (bottom-up-Berechnung des Energieverbrauchs) stützt.

<sup>12</sup> Derartige Ex-Ante-Wirkungsabschätzungen wurden z.B. für das Klimaschutzprogramm 2030 für die Jahre 2025 und 2030 durchgeführt (Harthan et al. 2020)

Die Ermittlung der THG-Emissionen für die VEdV basiert hingegen nur auf dem Energiebilanzprinzip, welches abweichende Ergebnisse liefern kann. Die Komponente Tankverhalten wird hierbei als Differenz Absatz/Verbrauch bezeichnet, da sie neben möglichen Betankungsdifferenzen auch Unsicherheiten sowohl bei der Inlandsberechnung als auch bei der Zuordnung der Kraftstoffabsätze enthalten können (siehe Kapitel 3.1.2). Daher wurde die Differenz Absatz/Verbrauch in der Ergebnisdiskussion als mögliche Bandbreite für den Effekt der Fahrleistung angegeben<sup>13</sup>.

### 3.1.2 Analyse der Kraftstoffabsätze und Betankungsdifferenzen „Tankmodell“

Eine relevante aber unsichere Komponente in der Dekompositionsanalyse ist die „Differenz Absatz/Verbrauch“. Hierunter verbirgt sich die Differenz zwischen der in Deutschland verbrauchten Kraftstoffmenge und der Kraftstoffmenge, die in Deutschland getankt wurde (umgangssprachlich auch Tanktourismus genannt). Differenzen können insbesondere durch Preisunterschiede zwischen den Ländern entstehen. So tanken womöglich deutsche Pkw-Halter, die in Grenznähe wohnen, oft im Ausland, falls dort die Kraftstoffpreise niedriger sind. Jedoch wird ein Großteil des im Ausland getankten Kraftstoffs in Deutschland verbraucht. Die Emissionen des im Ausland getankten Kraftstoffs werden dabei nicht in den deutschen Emissionsinventaren aufgeführt, sondern in denen des jeweiligen Landes, in dem getankt wurde, unabhängig davon, wo die verbrennungsbedingten Emissionen entstehen.

Zwar ist der genannte Effekt durch die Komponente „Differenz Absatz/Verbrauch“ in der Dekompositionsanalyse abgebildet, jedoch ist dies nicht der einzige Faktor, der in diese Komponente eingeht. Denn auch allgemeine Modellunsicherheiten und -ungenauigkeiten sind in der Komponente enthalten. Eine Trennung ist aus modelltechnischer Sicht aktuell nicht möglich. Da eine Quantifizierung der beiden genannten Punkte nur unzureichend möglich ist, können auch keine robusten Rückschlüsse auf das reale Tankverhalten durch die Dekompositionsanalyse gezogen werden. Unter der Tankdifferenz versteht man in diesem Kontext den Grauexport bzw. -import von Kraftstoffen. So ist bspw. der Grauimport als Kraftstoffmenge definiert, die im Ausland getankt und im Inland verfahren wird.

Die Anzahl der Studien zu den Tankdifferenzen ist äußerst gering. Für Deutschland existiert dazu eine Abschätzung des DIW aus 2005, basierend auf Daten zum grenzüberschreitenden Verkehr. Allerdings wären auf Grund der methodischen Unsicherheiten weitere und vor allem aktuellere Studien notwendig, um belastbare Aussagen zu erzielen (Althaus et al. 2020). Das Thema scheint aufgrund kürzlich hoher Preisdifferenzen (Oktober 2021) jedoch wieder an Bedeutung zu gewinnen (Tagesschau 2021). Bei einigen Ländern sind die Tankdifferenzen sehr ausgeprägt. Zu nennen sind z. B. Österreich und Luxemburg. Im Fall von Österreich wird nach Schätzungen ca. 25 % der in Österreich verkauften Kraftstoffmenge im Ausland verbraucht (Tagesschau 2021). In Luxemburg sind es demgegenüber sogar 75 % (Umweltministerium Luxemburg 2006). Auch andere Länder wie Polen und Tschechien weisen tendenziell niedrigere Kraftstoffkosten als Deutschland auf. Da die genannten Länder an Deutschland grenzen, liegt die Vermutung nahe, dass Deutschland einen Nettoimport aufweist.

Aufgrund fehlender aktueller Analysen wurde im Rahmen des Projekts zusätzlich zur Dekompositionsanalyse ein weiteres Modell (genannt „Tankmodell“) entworfen, um die Tankdifferenz ermitteln zu können. Es wird jeweils eine eigene Methode für Pkw und Lkw angewendet.

---

<sup>13</sup> Zwar haben auch alle Komponenten Unsicherheiten. Aufgrund fehlender aktueller Zählraten auf dem Nebenstraßennetz (vgl. 2.3.5.3) sind jedoch insbesondere bei den Fahrleistungen Unsicherheiten zu erwarten.

### 3.1.2.1 Pkw

Beim Pkw wird davon ausgegangen, dass sobald Preisdifferenzen zum Ausland vorliegen, eine Bereitschaft vorliegt im Ausland zu tanken, um eine Kosteneinsparung zu erzielen. Diese Bereitschaft wird durch eine Fahrdistanz ( $U$ , in km) abgebildet und errechnet sich über die absolute Kosteneinsparung durch das Tanken im Ausland dividiert durch die entstehenden Kosten pro zusätzlich gefahrene Distanz. Die Kosteneinsparung ergibt sich aus dem Preisunterschied pro Liter Benzin bzw. Diesel ( $P$ , in €/l) und der Tankmenge im Ausland ( $T$ , in l). Die spezifischen Zusatzkosten ergeben sich aus dem Kraftstoffverbrauch pro km ( $V$ , in l/km) und dem Preis des getankten Kraftstoffs:

$$U = \frac{(P_{\text{Deutschland}} - P_{\text{Ausland}}) \cdot T}{V \cdot \min(P_{\text{Deutschland}}, P_{\text{Ausland}})}$$

Ein positiver Wert von  $U$  bedeutet, dass ein deutscher Pkw-Halter im Ausland tankt, wogegen ein negativer Wert die Fahrdistanz eines Pkw-Halters im Ausland nach Deutschland widerspiegelt. Bei dieser „vermeintlichen“ Kosteneinsparung werden bei der Analyse lediglich die Energiekosten berücksichtigt. Andere Kosten wie bspw. Verschleiß oder Wertverlust, bleiben unberücksichtigt. Würde man diese anderen Kostenpunkte ebenfalls berücksichtigen, so würde sich ein Umweg praktisch nie lohnen und lediglich Fahrten von Kosteneinsparungen profitieren, die ungeachtet der Preisdifferenz sowieso stattgefunden hätte.

Da nicht alle Fahrzeughalter in Grenznähe im Ausland tanken, wird hier nur ein Anteil berücksichtigt. Eine Angabe aus den Niederlanden zeigt, dass im Bereich von 20 km ca. 53 % der befragten Pkw-Halter regelmäßig zum Tanken ins Ausland fahren (HLN 2013). Angenommen wird, dass mit noch weiterer Distanz zur Grenze der Anteil exponentiell sinkt, da zum einen der Anteil der grenzüberschreitenden Pendler sinkt und zum anderen die Bereitschaft von Fahrten ins Ausland, um dort bspw. günstiger einzukaufen und/oder günstiger zu tanken, sinkt. Die Fahrbereitschaft (Fahrdistanz) reduziert sich damit wie folgt:

$$U_{\text{angepasst}} = U^{0,788}$$

Nun wird angenommen, dass die Hälfte der zurückgelegten Fahrdistanzen ( $U_{\text{angepasst}}$ ) im Ausland stattfindet und daher nicht als Grauimport/-export gewertet wird. Anhand der Fahrbereitschaft im Inland ( $U_{\text{angepasst}}/2$ ) sowie der Grenzlänge kann eine Fläche (vereinfacht ein Rechteck) aufgespannt werden. Die Grenzlängen entstammen einer eigenen Ermittlung. Multipliziert man diese Fläche mit dem Fahrzeugbestand (Pkw/km<sup>2</sup>) in der Grenzregion (KBA 2021a), so erhält man den Pkw-Bestand, der vom „Tanktourismus“ betroffen sein könnte. Angenommen wird, dass diese betroffenen Pkw stets im Ausland tanken. Anhand der Jahresfahrleistung pro Fahrzeug im Inland kann so der Grauimport/-export für Deutschland bestimmt werden.

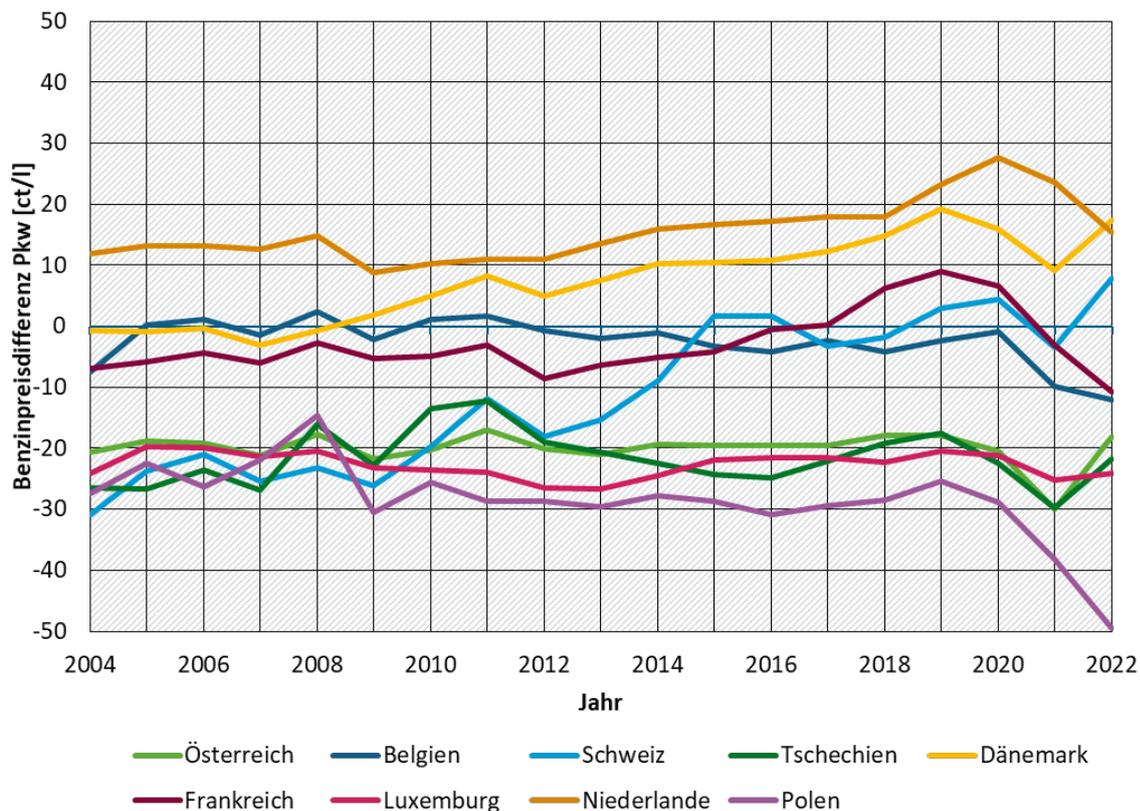
Eine Unsicherheit besteht darin, dass neben den Kraftstoffpreisen weitere Faktoren das Tank- und Reiseverhalten bestimmen können. Einflussfaktoren, die durch das Tankmodell nicht abgedeckt werden, sind Gewohnheit, Mitnahmeeffekte, Fahrten ins Ausland, die ungeachtet der Preisdifferenzen sowieso stattgefunden haben, z. B. Berufspendler, kürzere Distanzen vom Wohnort zur ausländischen Tankstelle etc. Ein weiteres Beispiel stellen die Maßnahmen zur Eindämmung der COVID-19 Pandemie im Zeitraum Frühjahr 2020 bis Sommer 2021 dar. Diese führten zu einer Reduktion von grenzüberschreitenden Verkehren. Der Einfluss dieses Aspekts konnte jedoch in der Modellierung abgeschätzt werden indem der Tanktourismus in den betreffenden Monaten auf null gesetzt wurde.

Transitverkehre spielen bei Pkw bzgl. des Grauimports/-exports vermutlich keine große Rolle. Der Fahrleistungsanteil der Ausländer im Jahr 2014 betrug 3,8 % an der Inlandsfahrleistung des

Personenverkehrs (BASt 2017). Nach dem Tankmodell erhält man für das Jahr 2014 einen Fahrleistungsanteil von 1,8 % für grenznahe Pkw aus dem Ausland. Den Fahrleistungsanteil von Transitverkehren und Urlaubsfahrten durch Ausländer kann man somit auf 2,0 % schätzen. Einerseits sind hierbei Urlaubs- und Transitfahrten von grenznahen ausländischen Pkw bereits enthalten und durch das Tankmodell berücksichtigt. Andererseits sind Urlaubs- und Transitfahrten durch lange Wegestrecken gekennzeichnet bei denen es unwahrscheinlich ist, dass nicht zumindest ein Teil des in Deutschland verfahrenen Treibstoffs auch in Deutschland getankt werden muss. Bei der Fahrleistung von deutschen Pkw im Ausland sieht es vergleichbar aus. So würde bspw. bei einer Fahrt von Nürnberg bis Rom wahrscheinlich in Österreich jeweils auf Hin- und Rückfahrt getankt werden, aber auf dieser Reise würde maximal eine Tankfüllung importiert werden, die als Grauimport für Deutschland zuzurechnen wäre. Da der Anteil von Urlaubsfahrten am Aufkommen im MIV lediglich 0,2 % ausmacht (DLR und DIW 2021) und auch nicht alle Urlaubsfahrten ins Ausland führen, sind die Mengen, die hierdurch grau im- bzw. exportiert werden, als gering einzuschätzen.

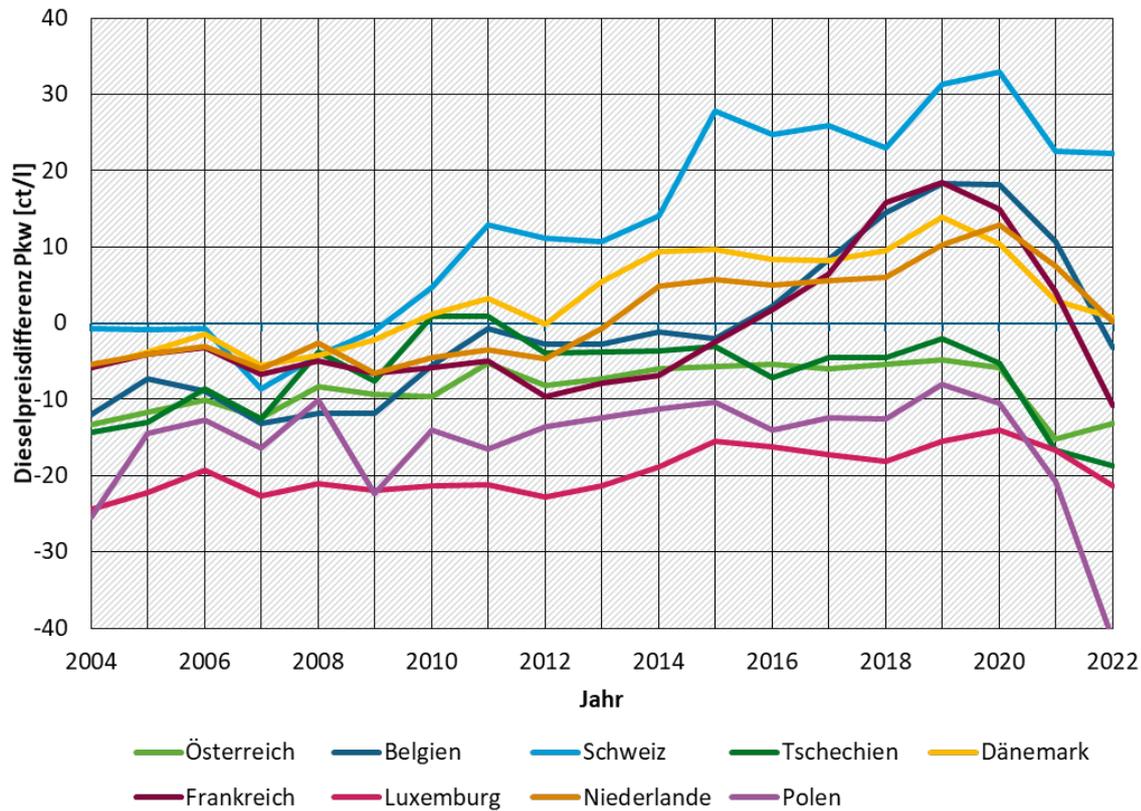
Bei den Pkw-Beständen werden für Deutschland Daten des KBA verwendet. Für die Anrainerstaaten werden unterschiedliche Quellen herangezogen. Bei den *Kraftstoffpreisen* werden die wöchentlichen Angaben nach (European Commission 2023) verwendet und auf das Jahr gemittelt. Bei der *Tankmenge* werden 50 Liter pro Tankvorgang angenommen. Die *Verbräuche* sind für Deutschland über TREMOD gegeben und für die Anrainerstaaten werden abweichende Verbräuche anhand der NEFZ-Werte der Länder und TREMOD abgeschätzt. Die Jahresfahrleistung der Pkw wird aus TREMOD für Deutschland verwendet und, falls nicht über andere Quellen für das Ausland recherchiert werden kann, auch für die anderen Staaten übernommen. Die Entwicklung der Kraftstoffpreisdifferenzen beim Pkw in den Jahren 2004 bis 2022 sind pro Anrainerstaat in Abbildung 4 und Abbildung 5 dargestellt.

**Abbildung 4: Preisdifferenzen für Ottokraftstoff zwischen Deutschland zu Anrainerstaaten**



Quelle: Eigene Darstellung (European Commission 2023).

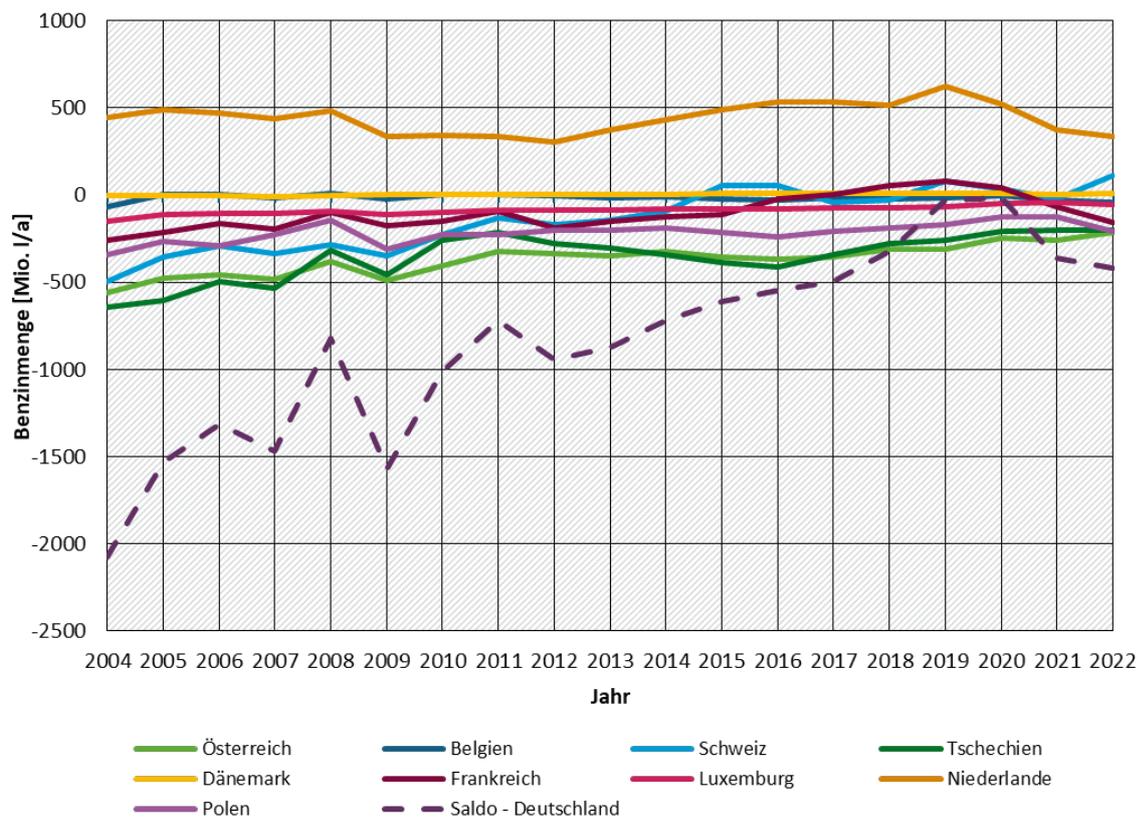
**Abbildung 5: Preisdifferenzen für Pkw-Dieselmotorkraftstoff zwischen Deutschland zu Anrainerstaaten**



Quelle: Eigene Darstellung (European Commission 2023).

Hieraus folgen gemäß dem Tankmodell die Tankdifferenzen für Pkw pro Anrainerstaat und insgesamt aus Abbildung 6 und Abbildung 7. Bei Benzin kommt es überwiegend zu Grauimporten aus den Nachbarstaaten abgesehen von den Niederlanden und in einigen Jahren der Schweiz. Insgesamt kam es seit 2002 zu einem jährlichen Nettograuimport. Dieser sank nahezu stetig bis 2020. Danach kam es wieder zu einem nennenswerten Nettograuimport.

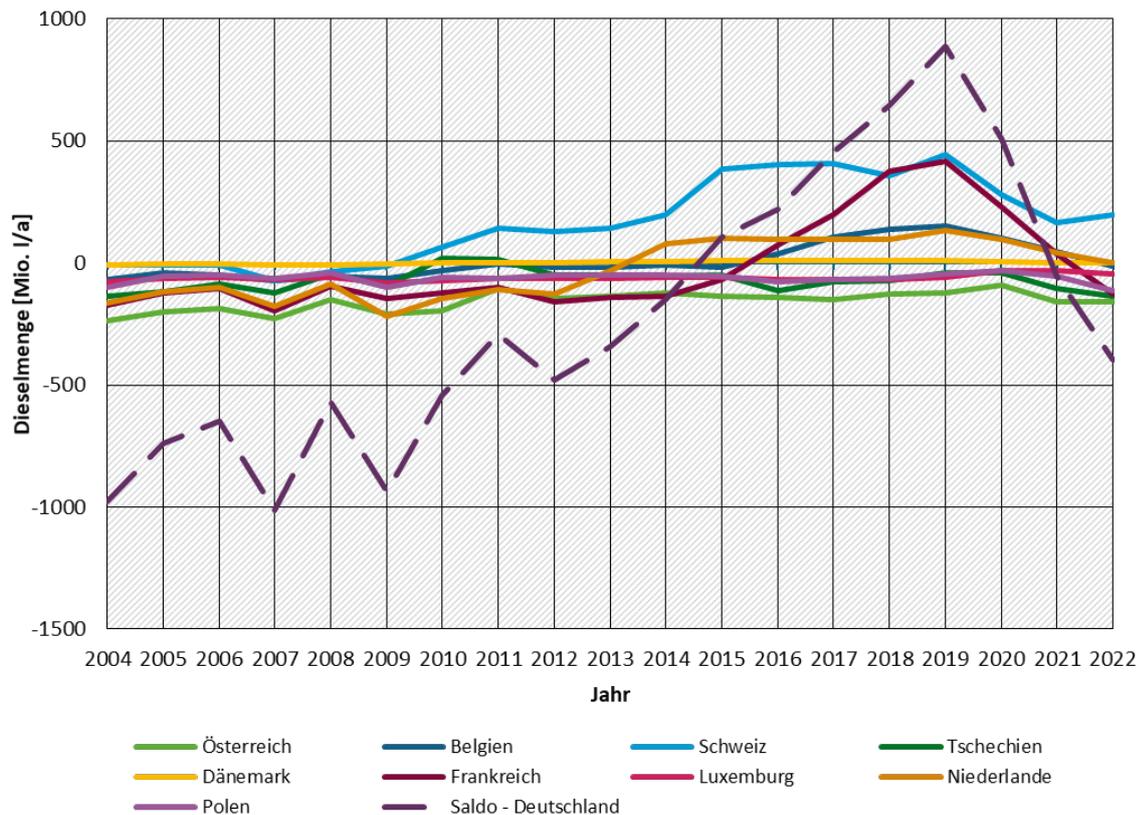
Abbildung 6: Grauimport/-export bei Otto-Pkw



Quelle: Eigene Berechnung anhand Tankmodell. Anmerkung: positive Werte: Grauexport, negative Werte: Grauimport.

Bei Diesel-Pkw kam es gemäß dem Tankmodell insgesamt zu Nettograuimporten seit 2004. Ähnlich wie bei Benzin sanken diese bis 2014. Danach wurde Deutschland zu einem Nettograuexporteur bis 2019. Bis 2021 sank der Grauexport gegen Null. Zuletzt wurde wieder mehr Dieseldieselfkraftstoff von Pkw grauimportiert als exportiert.

**Abbildung 7: Grauimport/-export bei Diesel-Pkw**



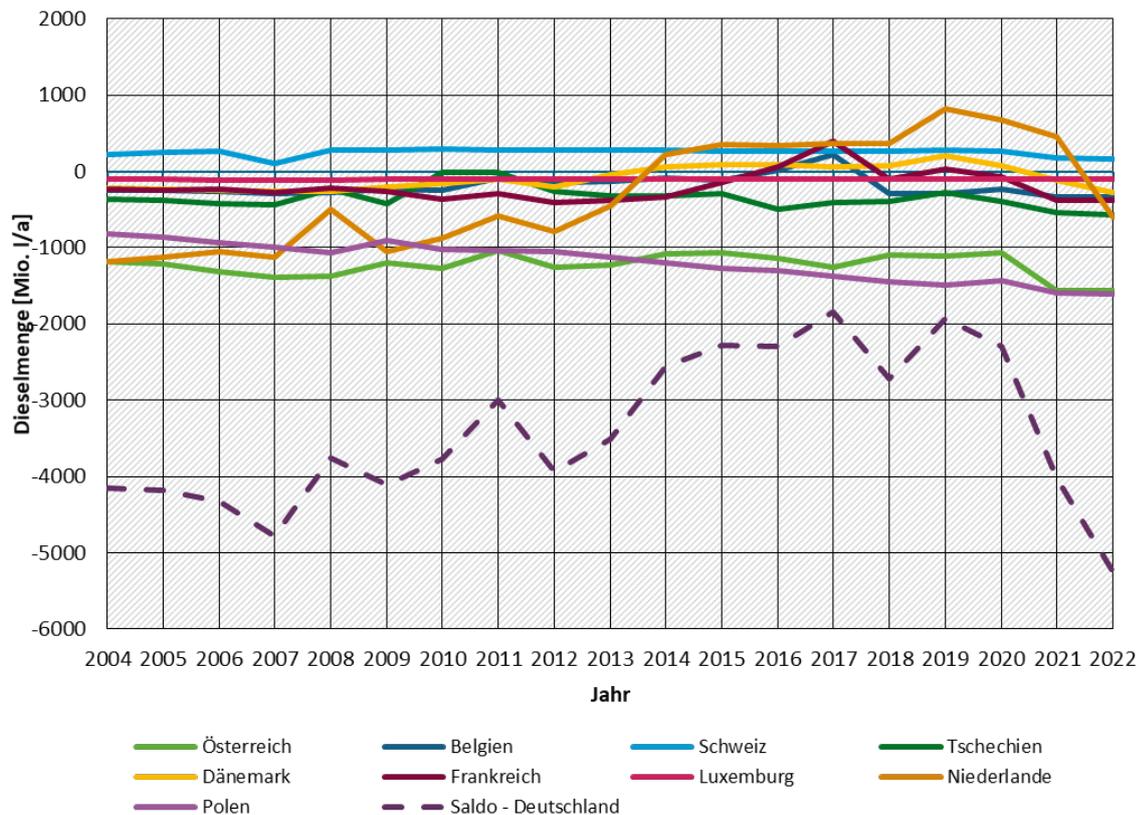
Quelle: Eigene Berechnung anhand Tankmodell. Anmerkung: positive Werte: Grauexport, negative Werte: Grauimport.

### 3.1.2.2 Lkw

Bei Lkw wird eine andere Methode angewendet. Hier werden Angaben zum grenzüberschreitenden Verkehr aus der Mautstatistik herangezogen (BALM 2023). Angenommen wird, dass ein Lkw im Land mit dem niedrigeren Dieselpreis tankt. Gegenüber den o. g. Dieselpreisen wurden die Preise für Lkw angepasst, da die MwSt. abzuziehen ist und auch in einigen Ländern die Energiesteuer teilweise rückerstattet werden kann. Auch gibt es Großabnehmerrabatte bei größeren Speditionen, die zu berücksichtigen sind.

Es wird angenommen, dass die grenzüberschreitenden Fahrten eine Länge von ca. 690 km haben und davon ca. 52 % in Deutschland stattfinden (KBA 2021b). Somit würde z.B. ein Lkw, der die Grenze Deutschland-Polen passiert, in Polen tanken, da der Treibstoff dort günstiger ist. Bei den genannten Eckdaten wäre dies eine Fahrleistung in Deutschland von 359 km bzw. eine grauimportierte Kraftstoffmenge von 107 Liter (ca. 30l/100km, Verbrauch nach TREMOD). Über die Gesamtzahl der Grenzüberschreitungen kann so eine Gesamtmenge ermittelt werden. Die Grauimporte/-exporte für Lkw sind in Abbildung 8 gegeben. Insgesamt wird Diesel durch Lkw dem Modell nach grauimportiert. Der Import sank zwischen 2007 und 2019 fast kontinuierlich von knapp 5 Mrd. Liter auf 2 Mrd. Liter. Danach kam es wieder zu einem deutlichen Anstieg. Im Jahr 2022 betrug der Dieselgrauimport bei Lkw wieder 5 Mrd. Liter.

**Abbildung 8: Grauiport/-export bei Lkw**

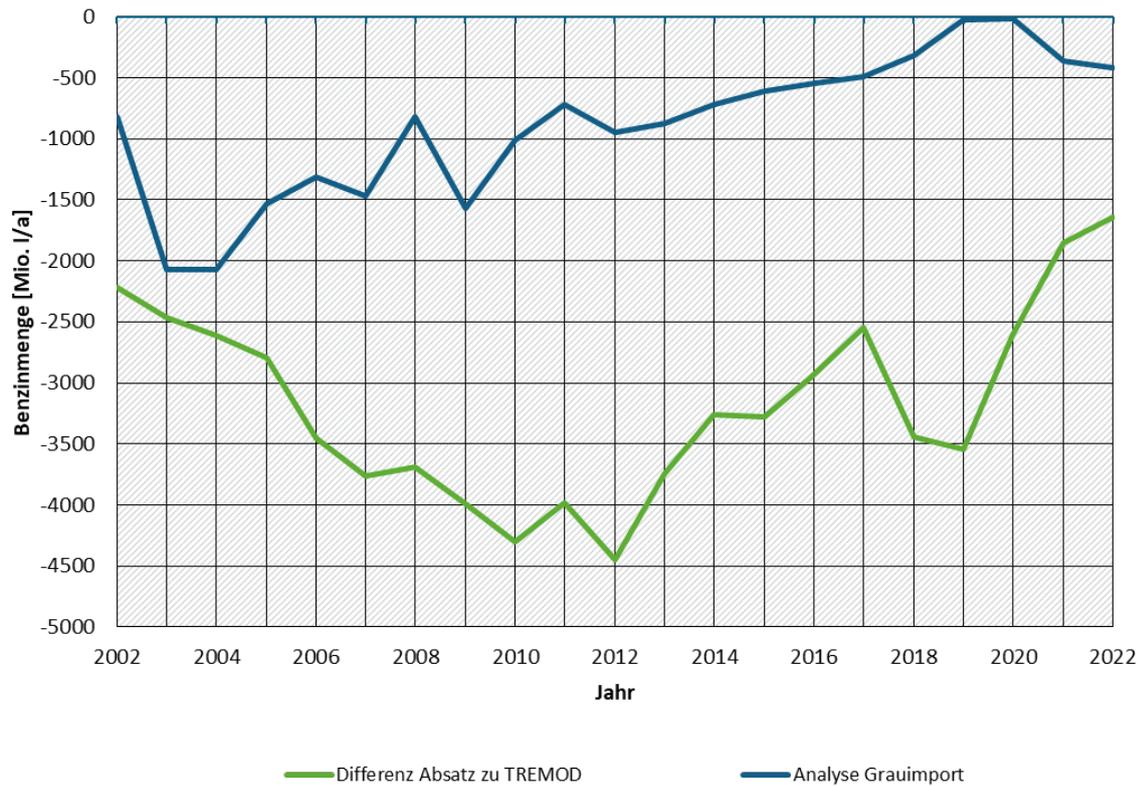


Quelle: Eigene Berechnung anhand Tankmodell. Anmerkung: positive Werte: Graueexport, negative Werte: Grauiport.

In Abbildung 9 und Abbildung 10 sind die über das Tankmodell ermittelten Nettograuiporte für Benzin bzw. Diesel angegeben. In den Abbildungen wird zudem die Differenz zwischen dem Bottom-Up berechneten Verbrauch aus TREMOD und dem Absatz angegeben.

Aus der betrachteten Zeitreihe folgt, dass der Tanktourismus bei Benzin zwischen 2002 und 2010 schwankend im Bereich von 1-2 Mrd. Liter lag, wogegen die in TREMOD berechnete Differenz zwischen Verbrauch und Absatz im selben Zeitraum von ca. 2 Mrd. Liter auf 4,5 Mrd. Liter anstieg. Zwar passen sowohl die groben Größenordnungen als auch die Vorzeichen (Nettoimport) zusammen, jedoch weisen die Tendenzen Unterschiede auf. Insbesondere in den Jahren 2019 und 2020, die nach dem Tankmodell durch ein Ausbleiben von Tanktourismus gekennzeichnet sind, zeigt sich ein großer Unterschied, denn hier besteht nach TREMOD weiterhin eine Differenz zwischen Verbrauch und Absatz von 2,5-3,5 Mrd. Liter Benzin (bei 27 bzw. 24 Mrd. Liter Inlandsverbrauch). Es entsteht demnach eine Differenz, obwohl es keinen nennenswerten Anreiz für Tanktourismus gibt.

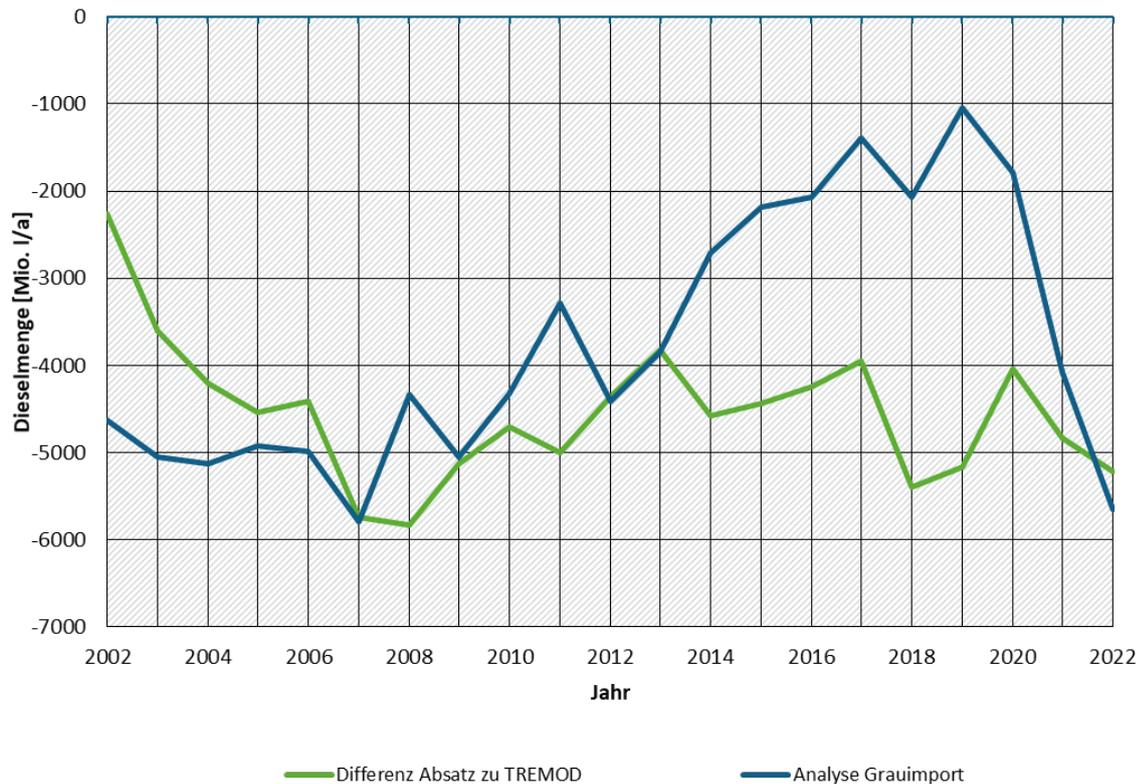
**Abbildung 9: Vergleich von Grauimporten (Tankmodell) mit der Differenz zwischen Absatz/Verbrauch in TREMOD bei Benzin**



Quelle: Differenz Verbrauch zu Absatz aus TREMOD, Grauimport aus eigener Berechnung anhand des Tankmodells.

Bei Diesel sind ähnliche Tendenzen wie bei Benzin zu erkennen (Abbildung 10). Hier verlaufen zum Teil die beiden Werte mit unterschiedlichen Tendenzen. Zwar passen die absoluten Größen im Zeitraum 2005-2013 sehr gut zueinander, allerdings besteht ein großer Unterschied in den Jahren 2014-2020. Danach nähern sich die Kurven wieder an.

**Abbildung 10: Vergleich von Grauimporten (Tankmodell) mit der Differenz zwischen Absatz/Verbrauch in TREMOD bei Diesel**



Quelle: Differenz Verbrauch zu Absatz aus TREMOD, Grauimport aus eigener Berechnung anhand des Tankmodells.

Weiterhin haben die jährlichen Änderungen in vielen Jahren unterschiedliche Vorzeichen, was für die Dekompositionsanalyse besonders problematisch ist, da diese jeweils die Änderung zum Vorjahr untersucht. Beispielsweise würde bei der Dekompositionsanalyse im Jahr 2022 gegenüber 2021 eine Reduktion der THG-Emissionen bei Lkw und eine Erhöhung der Emissionen bei Pkw unterstellt (vgl. Kapitel 3.2), siehe Tabelle 63. Laut dem Tankmodell hätte es jedoch sowohl bei Pkw als auch Lkw eine Zunahme der Grauimporte und damit Reduktion der THG-Emissionen geben müssen. Auch stimmen die Vorzeichen bei der Dekompositionsanalyse und dem Tankmodell bei den Pkw nicht überein. Dieser Widerspruch erschwert die Aussagekraft und Interpretation der Resultate der Dekompositionsanalyse.

**Tabelle 63: Gegenüberstellung Einfluss Tankverhalten Tankmodell vs. Dekompositionsanalyse**

	2022/2019		2022/2021	
	Dekomposition	Tankmodell	Dekomposition	Tankmodell
Pkw	+5,8 Mio. t CO <sub>2eq</sub>	-4,1 Mio. t CO <sub>2eq</sub>	+1,0 Mio. t CO <sub>2eq</sub>	-1,0 Mio. t CO <sub>2eq</sub>
SNF	-2,8 Mio. t CO <sub>2eq</sub>	-8,4 Mio. t CO <sub>2eq</sub>	-1,8 Mio. t CO <sub>2eq</sub>	-3,1 Mio. t CO <sub>2eq</sub>

Anmerkung: THG-Emissionsfaktoren für SNF=3,02 g/g<sub>Diesel</sub> und Pkw-Diesel=3,01 g/g<sub>Diesel</sub> und Pkw-Otto=3,00 g/g<sub>Benzin</sub>. Quelle: Tankmodell, Dekompositionsanalyse, Emissionsfaktoren aus TREMOD für das Jahr 2019.

### 3.1.2.3 Fazit

Die Modellergebnisse unterstützen die Aussage, dass es in Deutschland innerhalb der letzten 20 Jahre quasi durchgehend einen Nettograuimport an Kraftstoffen gab. Diese müssten jedoch aufgrund von zeitlichen Änderungen der Preisdifferenzen, Fahrzeugbeständen in Grenznähe und Grenzüberschreitungen von Lkw wahrscheinlich sowohl bei Diesel als auch Benzin zwischen 2002 und 2019 zurückgegangen sein. In den vergangenen drei Jahren müsste es demgegenüber wieder einen Anstieg des Grauimports gegeben haben.

Ob die Höhe der Betankungsdifferenzen und deren zeitlichen Änderungen tatsächlich so eingetreten sind, lässt sich in Anbetracht eines Mangels an empirischen Daten nicht belegen. So kamen die Abschätzungen des DIW für das Jahr 2002 zum Ergebnis, dass die Höhe der Grauimporte nur 0,9 Mrd. Liter Benzin (nur Pkw) und 1,5 Mrd. Liter Diesel (1,2 Mrd. durch Lkw und 0,3 Mrd. Liter durch Pkw) betrug (Althaus et al. 2020). In der oben beschriebenen Analyse wurden für dasselbe Jahr Grauimporte in Höhe von 0,8 Mrd. Liter Benzin und 4,6 Mrd. Liter Diesel (3,9 Mrd. durch Lkw und 0,7 Mrd. Liter durch Pkw) ermittelt.

Problematisch ist bei der Interpretation ebenfalls, dass der beschriebene Trend sich nicht gänzlich in den TREMOD-Werten widerspiegelt. Hier steigen sogar die Differenzen zwischen TREMOD und dem Absatz bei Benzin und Diesel. Zum einen können die getroffenen Vereinfachungen im Tankmodell zu Ungenauigkeiten führen. Zum anderen können auch Modellungenauigkeiten in TREMOD und den Eingangsdaten, aber auch der Zuordnung, der laut BAFA in Verkehr gebrachten Kraftstoffmengen auf den Straßenverkehr, zu Unterschieden bei beiden Ansätze führen.

Zum gegenwärtigen Stand scheint eine Gleichsetzung der Differenz aus TREMOD-Verbrauch und Absatz mit den Betankungsdifferenzen daher nicht vertretbar. Die Unsicherheiten müssen vielmehr im Rahmen der Ursachenanalyse transparent dargestellt werden. Die Zuordnung der Differenz Verbrauch/Absatz in die Unsicherheiten bei der Fahrleistung stellt hierbei nur eine Zwischenlösung dar.

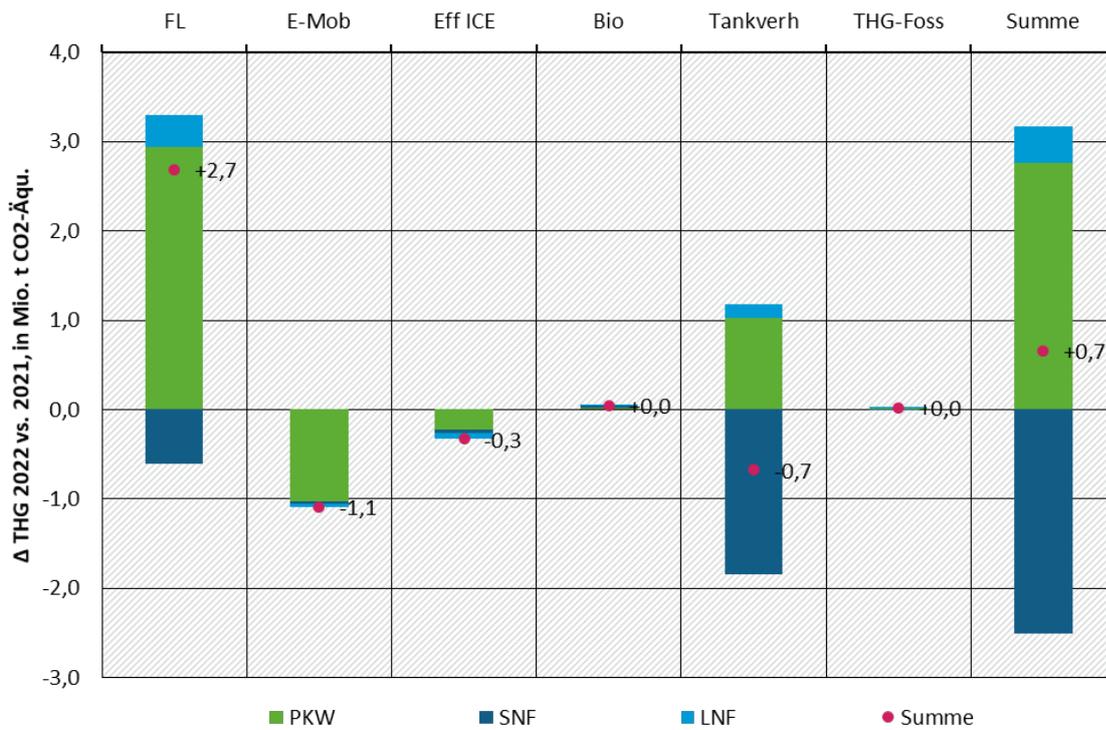
Die Datenlage zu Betankungsdifferenzen sollte daher zukünftig verbessert werden, indem zum Beispiel empirische Daten aus Pendlerbefragungen oder Erhebungen an Tankstellen erhoben werden. Auf der anderen Seite könnten die Differenzen aus Verbrauch und Absatz EU-weit erhoben und analysiert werden, um festzustellen ob die Differenzen in einzelnen Ländern sich am Ende wieder ausgleichen.

Darüber hinaus kommt es zu einer nachträglichen Anpassung der Energiebilanzen für den Zeitraum 2003-2019. Dies kann durchaus Auswirkungen auf die dargestellten Ergebnisse und Schlussfolgerungen haben.

## 3.2 Ergebnis Ursachenanalyse für den Straßenverkehr 2022

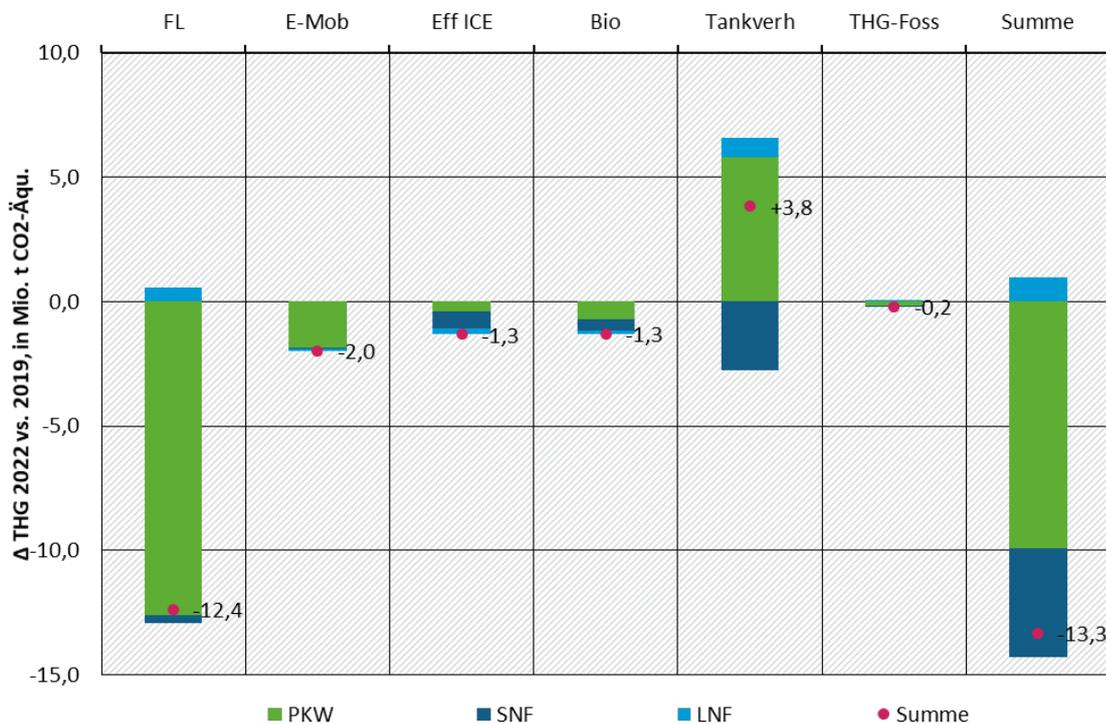
Abbildung 11 und Abbildung 12 stellen die Ergebnisse der Dekompositionsanalyse für die THG-Emissionen im Straßenverkehr im Jahr 2022 gegenüber dem Jahr 2021 und dem Jahr 2019 als Balkendiagramme dar. Diese Zahlen bilden, zusammen mit weiteren Analysen aus dem Kapitel 3.1, die Grundlage für die Ursachenanalyse des Straßenverkehrs. Da eine tiefere Unterteilung im Rahmen der VEDV nicht erforderlich ist, werden die Ergebnisse pro Komponente i.d.R. bezogen auf den Straßenverkehr insgesamt diskutiert. Eine detaillierte Beschreibung der THG-Änderungen pro Komponente und hierfür mögliche Ursachen erfolgt in den folgenden Unterkapiteln.

**Abbildung 11: Ergebnisse Dekomposition Pkw, LNF, SNF 2022/2021**



Quelle: ifeu-Graphik. Erläuterung: FL: Fahrleistung, E-Mob: Elektromobilität, Eff ICE: Effizienz Verbrennerfahrzeuge, Bio: Biokraftstoffanteil, Tankverh: Tankverhalten bzw. Differenz Verbrauch/Absatz, THG-Foss: THG-Intensität fossile Kraftstoffe. Anmerkung: Positive Werte stellen eine THG-Erhözung und negative Werte eine THG-Reduktion gegenüber Vorjahren dar. In Summe können sich die Effekte Einzelner Komponenten oder Fahrzeugkategorien kompensieren.

**Abbildung 12: Ergebnisse Dekomposition Pkw, LNF, SNF 2022/2019**



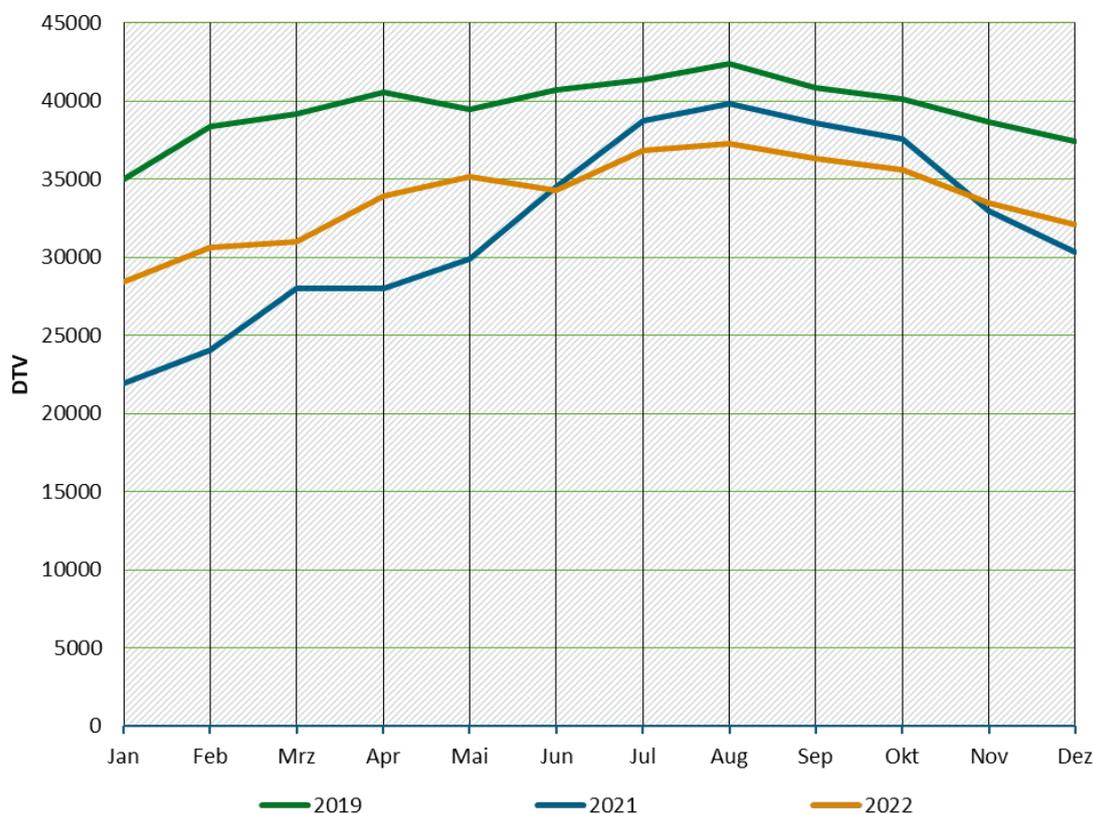
Quelle: ifeu-Grahik. Erläuterung: FL: Fahrleistung, E-Mob: Elektromobilität, Eff ICE: Effizienz Verbrennerfahrzeuge, Bio: Biokraftstoffanteil, Tankverh: Tankverhalten bzw. Differenz Verbrauch/Absatz, THG-Foss: THG-Intensität fossile Kraftstoffe Anmerkung: Positive Werte stellen eine THG-Erhöhung und negative Werte eine THG-Reduktion gegenüber Vorjahren dar. In Summe können sich die Effekte Einzelner Komponenten oder Fahrzeugkategorien kompensieren.

### 3.2.1 Einfluss der Fahrleistungsentwicklung

Wie in Kapitel 2.3.5.3 beschrieben, stieg die Fahrleistung des Straßenpersonenverkehrs im Jahr 2022 gegenüber dem Vorjahr leicht an und lag damit immer noch deutlich unterhalb des Niveaus von 2019. Die Fahrleistung des Straßengüterverkehrs sank hingegen im Jahr 2022 leicht gegenüber dem Vorjahr.

Am Beispiel des Pkw-Verkehrs auf Autobahnen zeigt sich, dass dieser im Jahr 2022 ganzjährig geringer als im Jahr 2019 war, während er gegenüber dem Jahr 2021 vor allem im ersten Halbjahr höher lag. Dieser Zeitraum war 2021 noch stark von den Auswirkungen der Corona-Pandemie geprägt.

**Abbildung 13: Durchschnittlicher Täglicher Pkw-Verkehr auf Autobahnen 2019, 2021 und 2022**



Quelle: ifeu-Auswertung nach Verkehrsbarometer BAST

Insgesamt führte die Entwicklung der Fahrleistungen von Pkw, LNF und SNF im Jahr 2022 gegenüber dem Jahr 2021 somit zu einer Erhöhung der THG-Emissionen um 2,7 Mio. t CO<sub>2eq</sub>. Gegenüber 2019 führte die Fahrleistungsentwicklung jedoch zu einer deutlichen Reduktion der THG-Emissionen von ca. 12 Mio. t CO<sub>2eq</sub>.

Allerdings ist die Fahrleistungsentwicklung mit gewissen Unsicherheiten verbunden. So musste die Fahrleistungsentwicklung außerhalb von Bundesfernstraßen, auf welche ein signifikanter Anteil der Gesamtfahrleistung entfällt, mangels aktueller Daten mithilfe von Annahmen abgeschätzt werden. Eine Möglichkeit, diese Unsicherheit zu quantifizieren, ist über den Vergleich

zwischen Energieverbrauch nach Inlandsprinzip und Energiebilanzprinzip (siehe Differenz Absatz/Verbrauch in der Dekompositionsanalyse im Anhang A)<sup>14</sup>. Diese Differenz hat seit 2019 abgenommen, d.h. der Anteil von im Inland getanktem Kraftstoff am Kraftstoffverbrauch ist rechnerisch gestiegen. Wäre die Differenz stattdessen gleichgeblieben und die Fahrleistung weniger stark (als in Kapitel 2.3.5.3 angenommen) gesunken, läge die fahrleistungsbedingte THG-Änderung gegenüber 2019 bei ca. 9 Mt CO<sub>2eq</sub> und würde damit immer noch den Hauptteil der THG-Änderung gegenüber 2019 erklären. Gegenüber 2021 hat sich der Anteil der Grauimporte insgesamt weniger stark geändert (bei den Lkw nahm er jedoch zu).

Als mögliche Ursachen für die Entwicklungen der Fahrleistungen wurden folgende Aspekte betrachtet:

- ▶ Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung
- ▶ Entwicklung der Kraftstoffpreise
- ▶ Einfluss sonstiger Effekte, z.B. 9-Euro-Ticket, Nutzung von Homeoffice

Die Gesamtbevölkerung nahm zwischen 2019 und 2022 um ca. 1,3% zu und hatte damit keinen relevanten Einfluss auf die Entwicklung der Fahrleistung. Die Wirtschaft, gemessen am Real-BIP, erlebte hingegen im Jahr 2020 eine Krise, von der sie sich im Jahr 2022 noch nicht vollständig erholte. Die Fahrleistung des Straßengüterverkehrs folgte nur zum Teil der Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts. Stattdessen stieg, wie in den Vorjahren, die Transportintensität (km/BIP) auch in den Jahren 2020 bis 2022 weiter an.

Die Realpreise für Benzin und Diesel sind seit 2012 tendenziell gesunken und im Jahr 2020 gab es einen deutlichen Preiseinbruch. Seit 2021 stiegen die Preise jedoch wieder deutlich an, wobei erstmals auch der CO<sub>2</sub>-Preis von 25 €/t im Jahr 2021 und von 30 €/t im Jahr 2022 aufgeschlagen wurde. Jedoch stiegen die Kraftstoffpreise auch unabhängig vom CO<sub>2</sub>-Preis im Jahr 2022 aufgrund der Folgen des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine stark an (siehe Abbildung 14). Die Aussetzung der Energie- und Mehrwertsteuer in Höhe von 29,55 Cent pro Liter Benzin und 14,04 Cent pro Liter Diesel im Rahmen des Entlastungspaketes der Bundesregierung („Tankrabbat“) konnte die Preiserhöhung gegenüber dem Vorjahr somit nicht verhindern.

---

<sup>14</sup> Dies ist nur näherungsweise zutreffend, da die Differenz auch durch Unsicherheiten bei anderen Parametern, z.B. dem spezifischen Kraftstoffverbrauch, oder Fehlerfassungen beim Kraftstoffabsatz bedingt sein kann. Da die Fahrleistungsänderung jedoch den größten Einfluss auf das Ergebnis hat, wurde diese vereinfachte Zuordnung gewählt.

**Abbildung 14: Entwicklung der Realpreise für Benzin und Diesel bis 2022 (Jahresmittelwerte)**



Quelle: eigene Darstellung und Berechnungen, (European Commission 2023), Destatis Verbraucherpreisindex

Die mögliche Auswirkung des Kraftstoffpreises auf die Fahrleistung kann theoretisch mithilfe von Preiselastizitäten abgeschätzt werden. Die Anwendbarkeit von Preiselastizitäten ist jedoch mit hohen Unsicherheiten behaftet. So liegen die Bandbreiten in der Literatur zwischen ca. 0 bis 0,8, wobei tendenziell höhere Wirkung bei langfristigen/gesteuerten Preisänderungen angenommen werden als bei kurzfristigen/marktbasierten Änderungen (Bach et al. 2019). Allerdings sind Preiselastizitäten nur unter vergleichbaren Rahmenbedingungen anwendbar und nicht in Sondersituationen (z.B. COVID-19 Pandemie). So sank im Jahr 2020 die Fahrleistung, während gleichzeitig Benzin und Diesel billiger wurden. Im Jahr 2022 waren die Maßnahmen zur Eindämmung der COVID 19-Pandemie weitgehend aufgehoben. Ein Vergleich der Jahre 2022 mit 2019 ist daher geeigneter. Hätten die Preiselastizitäten wie in den KSPR Szenarien (Harthan et al. 2020) angenommen eine Höhe von -0,3 für Pkw aufgewiesen, so hätte der Anstieg der Kraftstoffkosten von 2022 gegenüber 2019 eine THG-Einsparung von fast 9 Mt CO<sub>2eq</sub> erklären können. Ein Zusammenwirken der hohen Kraftstoffpreise und der niedrigen MIV-Fahrleistungsentwicklung in 2022 ist daher plausibel.

Der öffentliche Personenverkehr hatte hingegen nur einen geringen Einfluss auf die Fahrleistung des MIV. Zwar führten die weitgehende Aufhebung der COVID-19 Maßnahmen und das von der Bundesregierung geförderte 9-Euro Ticket zu einem Anstieg der Bahn- und ÖPNV-Fahrgastzahlen gegenüber dem Vorjahr, diese waren jedoch immer noch unter dem Niveau von 2019 (Destatis 2022b). Auch waren die Auswirkungen des 9-Euro-Tickets auf den MIV begrenzt. So kommt der VDV auf Grundlage von Befragungen zum Schluss, dass jede zehnte Fahrt mit dem 9-Euro Ticket eine Pkw Fahrt ersetzt hat und über den gesamten Zeitraum 1,8 Mt CO<sub>2eq</sub> eingespart wurden (VDV 2022).

Inwiefern die COVID 19 Pandemie auch im Nachgang zu Verhaltensänderungen in Bezug auf die Nutzung von Homeoffice und damit zur Reduktion von Pendlerwegen geführt hat, wurde in verschiedenen Studien untersucht. Die THG-Einsparung werden hierbei mit bis zu ca. 4 Mt/a angegeben (Lambrecht et al. 2021; Öko-Institut 2022) und würden daher nur einen Teil der beobachteten Fahrleistungsänderung erklären. Dabei handelt es sich jedoch um Potenzialanalysen und nicht um für das Jahr 2022 repräsentative Ergebnisse. Auch zeigen Erhebungen im Zeitraum Februar 2021 bis November 2022, dass der Anteil Beschäftigter in Deutschland, welche im Homeoffice arbeiteten, im Jahr 2022 gegenüber dem Jahr 2021 zurückging (Statista 2022).

### 3.2.2 Energieeffizienz von Verbrennerfahrzeugen

Der spezifische Kraftstoffverbrauch von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor reduzierte sich in den letzten Jahren mehr oder weniger kontinuierlich. Im Jahr 2022 sank der Durchschnittsverbrauch laut Daten des CO<sub>2</sub>-Monitorings des KBA anders als im Vorjahr vor allem bei neuen Diesel-Pkw, während er bei neuen Benzin-Pkw leicht angestiegen ist (vgl. Kap. 2.3.5.2). In den gesamten Neuzulassungen der Verbrenner-Pkw änderte sich der spezifische Verbrauch daher kaum (er sank um 0,02%). Zwar stieg der Neuzulassungsteil von Hybrid-Pkw (HEV und PHEV) von ca. 29% auf 31%, aber gleichzeitig stieg auch das mittlere Fahrzeuggewicht (2019: 1550 kg, 2020: 1610 kg; 2021: 1650 kg, 2022: 1695 kg<sup>15</sup>). Etwas höhere Reduktionen des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs verzeichneten hingegen die leichten Nutzfahrzeuge (-3 % bei Diesel-LNF). Bei den schweren Nutzfahrzeugen wird in TREMOD eine jährliche Änderung um -0,5% angenommen, da keine aktuellen Monitoring-Daten vorliegen.

In Summe führte die Reduktion des spezifischen Kraftstoffverbrauchs von Pkw, LNF und SNF im Jahr 2022 zu einer Einsparung von ca. 0,3 MT CO<sub>2eq</sub> gegenüber 2021 und ca. 1,3 Mt CO<sub>2eq</sub> gegenüber 2019.

### 3.2.3 Einsatz von Biokraftstoffen

Der Absatz von Biokraftstoffen lag im Jahr 2022 sowohl in absoluten Mengen als auch anteilig am gesamten Kraftstoffverbrauch leicht unterhalb dem des Vorjahres, jedoch höher als im Jahr 2019 (vgl. Kap 2.3.6.2).

Gemäß Dekompositionsanalyse hätte die Entwicklung des Biokraftstoffanteils im Jahr 2022 zu keiner signifikanten Änderung (<0,1 Mt CO<sub>2eq</sub>) gegenüber 2021 bzw. einer Minderung um 1,3 Mt CO<sub>2eq</sub> gegenüber 2019 geführt. Bei dieser Methode wird allerdings nur die Entwicklung des prozentualen Biokraftstoffanteils am Kraftstoffverbrauch berücksichtigt.

Eine konservativere Abschätzung liefert die THG-Einsparung über die absolut in Verkehr gebrachten Mengen an Biokraftstoffen, welche als Vergleichsrechnung durchgeführt wurde. Diese führt gegenüber 2019 nur zu einer Minderung um 0,6 Mt CO<sub>2eq</sub>. Grund für den Unterschied ist, dass der Kraftstoffabsatz im Jahr 2022 insgesamt geringer war als im Jahr 2019, weswegen der Anstieg der relative Anteil an Biokraftstoffen stärker anstieg als die absoluten Mengen. Für die Änderungen gegenüber 2019 ist die Art der Abschätzung daher von großer Relevanz. Beide Ansätze können eine Berechtigung haben, je nachdem ob eher die mögliche Beimischung (Anteil) oder die verfügbare Gesamtmenge (absolut) als limitierender Faktor gesehen wird. In beiden Fällen werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Biokraftstoffe nach den Regeln der nationalen Emissionsberichterstattung für den Verkehr mit Null bilanziert<sup>16</sup>.

---

<sup>15</sup> ifeu-Berechnungen auf Basis der Sonderauswertung des KBA

<sup>16</sup> Im ZSE wird ein Teil der fossilen Emissionen der Biokraftstoffe auf die fossilen Kraftstoffe zurückgebucht

### 3.2.4 Elektromobilität

Die Zahl der Elektrofahrzeuge stieg im Jahr 2022 deutlich an. Die höchste absolute Anzahl und auch den höchsten Anteil bei den Neuzulassungen hatten Elektrofahrzeuge mit 31% bei den Pkw (davon 17,7% BEV und 13,4% PHEV), aber auch relevante Anteile der Linienbusse, leichten Nutzfahrzeuge und Lkw wurden bereits (teil-)elektrisch zugelassen (Vgl. 2.3.5.1).

Damit stieg auch die elektrische Fahrleistung im Jahr 2022 deutlich. Unter der Annahme, dass dadurch Fahrleistung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ersetzt wurde, führte dies zu einer Minderung der THG-Emissionen um ca. 1,1 Mt CO<sub>2eq</sub> gegenüber 2021 bzw. um ca. 2 Mt CO<sub>2eq</sub> gegenüber 2019. Die Minderungswirkung von Elektrofahrzeugen wird sich aufgrund steigender Neuzulassungen und einem zunehmend höheren Anteil am Pkw-Bestand (welcher sich auf die Fahrleistung auswirkt) zukünftig noch deutlich stärker auswirken. Die Emissionen durch Elektrofahrzeuge werden entsprechend der Methodik zur Berichterstattung im Verkehrssektor mit Null gerechnet, da diese bei der Stromerzeugung entstehen und daher an anderer Stelle berichtet werden.

Als mögliche Ursachen für die positive Entwicklung der Elektromobilität sind u.a. die folgenden politischen Instrumente zu nennen:

- ▶ Der Verkauf von Elektrofahrzeugen stellt wegen der Anrechnung von Nullemissionen bei BEV bzw. den geringen spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von PHEV im Typprüfzyklus WLTP ein wesentliches Mittel für die herstellerseitige **Erfüllung der CO<sub>2</sub>-Grenzwerte für Pkw, LNF und SNF** dar.
- ▶ Zwischenberichte der BAFA zeigen, dass die Zahl von mit dem **Umweltbonus** geförderten Elektrofahrzeugen im Jahr 2022 sehr stark anstieg (seit Beginn der Förderung bis zum 1.1.2022 knapp 1,9 Mio. Fahrzeuge) (BAFA 2021). Bis zum Dezember 2022 wurden dabei sowohl BEV als auch PHEV gefördert. Auch diverse **Förderprogramme** bei den schweren Nutzfahrzeugen und Bussen dürften zur Steigerung deren Elektroanteils beigetragen haben.
- ▶ Die Elektromobilität stellt einen Hebel für die **Erfüllung der THG-Quote** dar, welche im Jahr 2022 eine Reduktion der THG-Emissionen um 7% gegenüber fossilen Kraftstoffen erfordert.

Die obige Liste stellt aber nur einen Ausschnitt und keine vollständige Liste der relevanten Faktoren für die Entwicklung der Elektromobilität dar, da eine tiefere Analyse im Rahmen des Projektes nicht vorgesehen war.

### 3.2.5 Zusammenfassung

Die Emissionen des Straßenverkehrs sind in 2022 gegenüber dem Jahr 2021 um ca. 0,8 Mt CO<sub>2eq</sub> gestiegen (siehe Kapitel 2). Als Ursachen wurden verschiedene mindernde (-) und -erhöhende (+) Effekte untersucht, welche sich zum Teil kompensieren. Wo möglich, werden auch Unsicherheiten in Form von Bandbreiten angegeben, welche in den vorigen Abschnitten erläutert wurden. Eine leichte Zunahme der THG-Emissionen bewirkte demnach voraussichtlich ein Anstieg der Fahrleistung (ca. +2,0 bis +2,7 Mt), vor allem im Personenverkehr. Zu einer THG-Minderung führte die starke Zunahme an Elektrofahrzeugen (-1,1 Mt), insbesondere bei den Pkw, gefolgt von Reduktionen beim spezifischen Kraftstoffverbrauch bei Verbrennerfahrzeugen (ca. -0,3 Mt), insbesondere bei Diesel-Pkw und leichten Nutzfahrzeugen. Weitere Faktoren hatten keinen nennenswerten Einfluss.

Gegenüber dem letzten Jahr ohne die COVID-19-Krise, 2019, waren die Emissionen des Straßenverkehrs (exklusive der Busse) im Jahr 2022 um ca. 13 Mt CO<sub>2eq</sub> geringer. Zur THG-Minderung führte in allererster Linie die Reduktion der Fahrleistung im Personenverkehr (ca. -9 bis -12 Mt).

Weitere THG-Minderungen ergaben sich durch die Zunahme an Elektrofahrzeugen (-2 Mt), die Reduktion beim spezifischen Kraftstoffverbrauch von Verbrennerfahrzeugen (-1,3 Mt) und das erhöhte Inverkehrbringen von Biokraftstoffen (-0,6 bis -1,3 Mt).

Die verglichen mit 2021 nur leicht gestiegene MIV-Fahrleistung, welche immer noch deutlich unter 2019 lag, resultiert vermutlich aus verschiedenen Ursachen, insbesondere hohen Kraftstoffpreisen, aber auch eventuellen Verhaltensänderungen. Als Ausblick für das kommende Jahr hat daher die Entwicklung des Straßenpersonenverkehrs eine entscheidende Bedeutung für die Entwicklung der THG-Emissionen des Straßenverkehrs und des Verkehrs insgesamt. Von den sonstigen THG-mindernden Einflussfaktoren zeigte vor allem die Elektromobilität in den letzten Jahren und besonders im Jahr 2022 eine starke Zunahme.

### 3.3 Zusammenfassung und Ausblick Ursachenanalyse

Prinzipiell eignet sich die Dekompositionsanalyse, um die Änderungen der THG-Emissionen durch unterschiedliche Einflussfaktoren erklären zu können und den quantitativen Beitrag dieser Faktoren zu ermitteln. Nichtsdestoweniger weisen die durchgeführten Analysen und die verwendete Methodik Schwächen auf, die zu beachten sind und ggf. zukünftig vermindert werden sollten.

Bei der Ergebnisanalyse werden die Einflüsse der Fahrleistung, Energieeffizienz, Biokraftstoffe, Elektromobilität, des Tankverhalten und der THG-Intensität der fossilen Kraftstoffe beziffert.

Methodisch ist der Einfluss der Fahrleistung zwar richtungssicher ermittelbar, jedoch liegt hier das Problem, dass größere Unsicherheiten bei den Eingangsdaten vorliegen. Zwar kann eine gute Abschätzung für Autobahnen und Bundesstraßen durch Zählstellen und Mautstatik gemacht werden, aber die Fahrleistung auf den sonstigen Straßen kann nur grob abgeschätzt werden. Hier könnte eine verbesserte Datenverfügbarkeit dazu beitragen die Analyse mitsamt ihrer Aussagesicherheit zu verbessern.

Bei der Energieeffizienz ist die Quantifizierung ebenfalls methodisch robust. Allerdings gibt es hier auch Probleme bei den Eingangsdaten. Bei Pkw und LNF liegen die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Typgenehmigung durch das KBA vor. Die Umrechnung von den CO<sub>2</sub>-Emissionen nach WLTP zu Realemissionen stellt jedoch eine Unsicherheit dar. Bei SNF liegen keine Informationen über die spezifischen Emissionen von Neufahrzeugen für die VEdV vor, so dass diese nur grob geschätzt werden können.

Die Berechnung des Einflusses von Biokraftstoffen in der Dekompositionsanalyse wirft Fragen bzgl. der Methodik auf. In der Analyse werden die prozentualen Bio-Anteile herangezogen und der Einfluss ermittelt. Man erhält aber einen anderen quantitativen Einfluss, wenn die absoluten Biokraftstoffmengen betrachtet werden. Dieses methodische Problem müsste geklärt werden, um eine klare Aussage zum Beitrag der Biokraftstoffe zur THG-Änderung treffen zu können.

Die Wirkungen des steigenden Anteils der Elektromobilität an den THG-Änderungen kann sowohl methodisch als auch von den Eingangsdaten gut abgebildet werden. Es gibt zwar auch Unsicherheiten bei der Quantifizierung (z.B. relative Fahrleistung von BEV), allerdings sind die Auswirkungen dieser Unsicherheiten auf das Gesamtergebnis gering.

Das Tankverhalten (Grauimport/-export) stellt ein weiteres methodisches Problem dar, weil in dieser Komponente neben dem Tankverhalten auch allgemeine Modellunsicherheiten (von TREMOD) enthalten sind. Problematisch ist der große Einfluss dieser Komponente bei einer ebenso großen Unsicherheit. Daher wurde über ein separates Tankmodell (Abschnitt 3.1.2) der Versuch

unternommen den Einfluss des Tankverhaltens zu quantifizieren. Dieses Modell kam zu signifikant anderen Ergebnissen als die Dekompositionsanalyse. Die Aussagekraft des Tankmodells konnte noch nicht überprüft werden. Hier wären tiefergreifende Analysen nötig.

Die THG-Intensität der fossilen Kraftstoffe stellt demgegenüber aufgrund der guten Datengrundlage und des allgemein geringen Einflusses kein Problem dar.

Allgemein lässt sich festhalten, dass es bei der Dekompositionsanalyse durchaus Probleme gibt, die die Interpretation der Ergebnisse erschweren. Diese könnten z.T. durch eine Verbesserung der Datenbasis und womöglich Anpassungen an der Methodik verringert werden. Darüber hinaus liefert sie keine Aussagen über grundlegendere Ursachen. Sie klärt demnach z.B. nicht warum es zu einer Fahrleistungsänderung kommt. Es wird lediglich beziffert, welchen Anteil die Fahrleistungsänderung an der THG-Änderung hat. Die Erkenntnisse der Dekompositionsanalyse können jedoch die Grundlage für weiterführende Untersuchungen sein.

## 4 Quellenverzeichnis

AG Energiebilanzen (2023): Heizwerte 2005 bis 2021 (Stand: 08.02.2023). [https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2022/04/Heizwerte\\_2005-2021.pdf](https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2022/04/Heizwerte_2005-2021.pdf).

AG Energiebilanzen (o.J.): Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen. Erscheinungsweise jährlich. [https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/bilanzen-1990-bis-2030/?wpv-jahresbereich-bilanz=2021-2030&wpv\\_aux\\_current\\_post\\_id=45&wpv\\_aux\\_parent\\_post\\_id=45&wpv\\_view\\_count=2753-CATRe4257049c177cf191052746afc46d0a3](https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/bilanzen-1990-bis-2030/?wpv-jahresbereich-bilanz=2021-2030&wpv_aux_current_post_id=45&wpv_aux_parent_post_id=45&wpv_view_count=2753-CATRe4257049c177cf191052746afc46d0a3) (10.10.2023).

Allekotte, M.; Biemann, K.; Heidt, C.; Colson, M.; Knörr, W. (2020): Aktualisierung der Modelle TREMOD/TREMOD-MM für die Emissionsberichterstattung 2020 (Berichtsperiode 1990-2018). ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung, Umweltbundesamt, Heidelberg, Dessau-Roßlau. S. 205. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-29\\_texte\\_116-2020\\_tremod\\_2019\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-29_texte_116-2020_tremod_2019_0.pdf) (abgerufen am 15.12.2020).

Althaus, H.-J.; Oberpiller, Q.; Läderach, A.; Hausberger, S.; Matzer, C.; Tiertge, U.; Dornoff, J.; Diaz, S.; Mock, P.; Allekotte, M.; Heidt, C.; Knörr, W.; Eisenmann, C.; Kuhnimhof, T. (2020): Erarbeitung einer Methode zur Ermittlung und Modellierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Kfz-Verkehrs. ICCT, INFRAS, ifeu, TU Graz, DLR im Auftrag des Umweltbundesamtes. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/erarbeitung-einer-methode-zur-ermittlung> (19.09.2023).

Apple (2021): COVID-19 – Berichte zu Mobilitätstrends. In: *Apple*. <https://www.apple.com/covid19/mobility>. (28.10.2021).

Bach, S.; Isaak, N.; Kemfert, C.; Kunert, U.; Schill, W.-P.; Schmalz, S.; W??gner, N.; Zaklan, A. (2019): CO<sub>2</sub>-Bepreisung im Wärme- und Verkehrssektor Diskussion von Wirkungen und alternativen Entlastungsoptionen: Endbericht des gleichnamigen Forschungsvorhabens im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU).

BAFA (2021): Elektromobilität (Umweltbonus) Zwischenbilanz zum Antragstand vom 01. Oktober 2021. [https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/emob\\_zwischenbilanz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=75](https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/emob_zwischenbilanz.pdf?__blob=publicationFile&v=75). (25.10.2021).

BAFA (o.J.): Amtliche Mineralöl-daten für die Bundesrepublik Deutschland; Jahresbericht. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Erscheinungsweise jährlich, im Monatsbericht Dezember. [https://www.bafa.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Infothek/Infothek\\_Formular.html?nn=8064038&submit=Senden&resultsPerPage=100&documentType\\_=type\\_statistic&templateQueryString=Amtliche+Daten+Mineral%C3%B6l+daten&sortOrder=dateOfIssue\\_dt+desc](https://www.bafa.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Infothek/Infothek_Formular.html?nn=8064038&submit=Senden&resultsPerPage=100&documentType_=type_statistic&templateQueryString=Amtliche+Daten+Mineral%C3%B6l+daten&sortOrder=dateOfIssue_dt+desc) (10.10.2023).

BALM (2023): Mautstatistik Jahrestabelle 2022. [https://www.balm.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Statistik/Lkw-Maut/Jahrestab\\_21\\_22.html;jsessionid=BB0BE98B37FAC3F0F2BFA86B89D4CF87.live11313?nn=3604034](https://www.balm.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Statistik/Lkw-Maut/Jahrestab_21_22.html;jsessionid=BB0BE98B37FAC3F0F2BFA86B89D4CF87.live11313?nn=3604034) (02.11.2023).

BAST (2017): BAST 2017 - Statistik - Ergebnisse Fahrleistungserhebung 2014. [https://www.bast.de/BAST\\_2017/DE/Verkehrssicherheit/Fachthemen/U2-fahrleistung-2014/u2-fahrleistung-2014-ergebnisse.html?nn=1820340](https://www.bast.de/BAST_2017/DE/Verkehrssicherheit/Fachthemen/U2-fahrleistung-2014/u2-fahrleistung-2014-ergebnisse.html?nn=1820340). (03.11.2021).

BAST (2023): Verkehrsbarometer 2022. [https://www.bast.de/DE/Statistik/Verkehrsdaten/Verkehrsbarometer-2022.pdf;jsessionid=680CF7432403B840F67AE520AA1F79C5.live21304?\\_\\_blob=publicationFile&v=17](https://www.bast.de/DE/Statistik/Verkehrsdaten/Verkehrsbarometer-2022.pdf;jsessionid=680CF7432403B840F67AE520AA1F79C5.live21304?__blob=publicationFile&v=17) (03.11.2023).

Bauer, I.; Kröger, M.; Wortmann, Dr. A.; Kauschke, D. P.; Pieper, S.; Sommer, B.; Domnik, E.; Wöbse, P. (2023): Transport and Logistics barometer. Special edition, October 2023 PwC, Strategy&.

<https://www.pwc.de/en/transport-and-logistics/transport-and-logistics-barometer.html> (06.06.2023).

Bäumer, M.; Hautzinger, H.; Pfeiffer, M.; Stock, W.; Lenz, B.; Kuhnimhof, T.; Köhler, K. (2016a): Fahrleistungserhebung 2014: Begleitung und Auswertung - Schlussbericht zur Inlandsfahrleistung. Verkehrstechnik Heft V 291 *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen*, IVT Research GmbH, Institut für Verkehrsforschung DLR im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mannheim, Berlin. [https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/front-door/deliver/index/docId/1775/file/BASt\\_V\\_291\\_barierefreies\\_Internet\\_PDF.pdf](https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/front-door/deliver/index/docId/1775/file/BASt_V_291_barierefreies_Internet_PDF.pdf) (19.09.2023).

Bäumer, M.; Hautzinger, H.; Pfeiffer, M.; Stock, W.; Lenz, B.; Kuhnimhof, T.; Köhler, K. (2016b): Fahrleistungserhebung 2014: Begleitung und Auswertung - Schlussbericht zur Inlandsfahrleistung. Mannheim.

BAZL (2009): Datenbank für Flugzeugkolbenmotoren. Bundesamt für Zivilluftfahrt der Schweiz.

<https://www.bazl.admin.ch/bazl/de/home/fachleute/regulation-und-grundlagen/umwelt/schadstoffemissionen/triebwerkemissionen/zusammenfassender-bericht--anhaenge-und-datenblaetter.html> (19.02.2018).

BAZL (2017): Anleitung zur Abschätzung von Helikopteremissionen - Helicopter Emissions Table. Bundesamt für Zivilluftfahrt der Schweiz. <https://www.bazl.admin.ch/bazl/de/home/themen/umwelt/schadstoffe/triebwerkemissionen/anleitung-zur-abschaetzung-von-helikopteremissionen.html> (19.09.2023).

DB AG (Februar): Jährlich Auswertung der DB- Aktivitätsdaten für TREMOD - Sonderauswertung.

Destatis (2019): Luftverkehr auf Hauptverkehrsflughäfen 2018. Wiesbaden. [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Personenverkehr/Publikationen/Downloads-Luftverkehr/luftverkehr-ausgewaehlte-flugplaetze-2080610187004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Personenverkehr/Publikationen/Downloads-Luftverkehr/luftverkehr-ausgewaehlte-flugplaetze-2080610187004.pdf?__blob=publicationFile) (11.12.2020).

Destatis (2021a): Mobilitätsindikatoren auf Basis von Mobilfunkdaten. In: *Statistisches Bundesamt*.

<https://www.destatis.de/DE/Service/EXDAT/Datensaetze/mobilitaetsindikatoren-mobilfunkdaten.html> (27.10.2021).

Destatis (2021b): Verkehrsunfälle. In: *Statistisches Bundesamt*. [https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/_inhalt.html). (29.10.2021).

Destatis (2022a): Personenverkehr mit Bussen und Bahnen, Tabelle 46181-0005. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1645441279696&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werte-abruf&code=46181-0005&auswahltext=&wertauswahl=412&werteabruf=Werteabruf#abreadcrumb> (21.02.2022).

Destatis (2022b): Gut ein Drittel mehr Fahrgäste in Bussen und Bahnen im 1. Halbjahr 2022. In: *Statistisches Bundesamt*. [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/09/PD22\\_401\\_461.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/09/PD22_401_461.html). (01.03.2023).

Destatis (2023): Personenverkehr mit Bussen und Bahnen, Quartale. Abgerufen über die GENESIS-Online-Datenbank. <https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=46181-0005&by-pass=true&levelindex=1&levelid=1699276587764#abreadcrumb> (28.02.2023).

DESTATIS (o.J.): Güterstatistik der Binnenschifffahrt (Fachserie 8, Reihe 4). Abgerufen über die GENESIS-Online-Datenbank. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?sequenz=statistikTabellen&selection-name=46321#abreadcrumb> (27.02.2023).

DLR; DIW (2021): Verkehr in Zahlen 2021/2022. Berlin. [https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-in-zahlen-2021-2022-pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-in-zahlen-2021-2022-pdf.pdf?__blob=publicationFile) (31.01.2022).

Ecke, L.; Chlond, B.; Magdolen, M.; Vortisch, P. (2020): Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen Bericht 2019/2020: Alltagsmobilität und Fahrleistung. Karlsruher Institut für Technologie (KIT). DOI: 10.5445/IR/1000126557 <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000126557> (02.11.2021).

EEA (2019): 1.A.3.a Aviation 1 Master emissions calculator 2019. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation-1/view>. (11.03.2021).

Eurocontrol (2021): Taxi times. In: *Eurocontrol - Library*. <https://www.eurocontrol.int/library>. (27.10.2021).

European Commission (2023): Weekly Oil Bulletin. In: *Energy - Data and analysis*. [https://ec.europa.eu/energy/data-analysis/weekly-oil-bulletin\\_en](https://ec.europa.eu/energy/data-analysis/weekly-oil-bulletin_en). (28.10.2021).

Expertenrat für Klimafragen (2021): Bericht zur Vorjahresschätzung der deutschen Treibhausgasemissionen für das Jahr 2020 - Prüfung und Bewertung der Emissionsdaten gemäß § 12 Abs. 1 Bundes Klimaschutzgesetz. Expertenrat für Klimafragen. [https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2021/04/210415\\_Bericht\\_Expertenrat\\_Klimafragen\\_2021.pdf](https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2021/04/210415_Bericht_Expertenrat_Klimafragen_2021.pdf) (19.10.2021).

Expertenrat für Klimafragen (ERK) (2023): Prüfbericht zur Berechnung der deutschen Treibhausgasemissionen für das Jahr 2022. Expertenrat für Klimafragen (ERK). [https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2023/05/ERK2023\\_Pruefbericht-Emissionsdaten-des-Jahres-2022.pdf](https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2023/05/ERK2023_Pruefbericht-Emissionsdaten-des-Jahres-2022.pdf).

Fitschen, A.; Nordmann, H. (2021): Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen. 2017. Fachverlag NW in Carl Ed. Schünemann KG, Bremen. <https://www.bast.de/DE/Publikationen/Berichte/unterreihe-v/2022-2021/v340.html> (18.10.2023).

Förster, D. H.; Emele, L.; Graichen, J.; Loreck, C.; Fehrenbach, H.; Abdalla, N.; Knörr, W. (2018): Komponentenzerlegung energiebedingter Treibhausgasemissionen mit Fokus auf dem Ausbau erneuerbarer Energien.

Gniffke, P. (2021): Vorjahresschätzung der deutschen Treibhausgas-Emissionen für das Jahr 2020. Umweltbundesamt. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2021\\_03\\_10\\_trendtabellen\\_thg\\_nach\\_sektoren\\_v1.0.xlsx](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2021_03_10_trendtabellen_thg_nach_sektoren_v1.0.xlsx) (06.11.2023).

Gniffke, P. (2022a): Nationale Trendtabellen in der Abgrenzung der Sektoren des Klimaschutzgesetzes (KSG) - Stand zur EU-Submission: 21.01.2022. Umweltbundesamt. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2021-01-12\\_em\\_entwicklung\\_in\\_d\\_thg\\_sektoren\\_v1.0\\_0.xlsx](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2021-01-12_em_entwicklung_in_d_thg_sektoren_v1.0_0.xlsx) (06.11.2023).

Gniffke, P. (2022b): Vorjahresschätzung der deutschen Treibhausgas-Emissionen für das Jahr 2021. Umweltbundesamt. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2022\\_03\\_15\\_trendtabellen\\_thg\\_nach\\_sektoren\\_v1.0.xlsx](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2022_03_15_trendtabellen_thg_nach_sektoren_v1.0.xlsx).

Google (2021): COVID-19 Community Mobility Report. In: *COVID-19 Community Mobility Report*. <https://www.google.com/covid19/mobility?hl=de>. (27.01.2021).

Google API (2021): <https://developers.google.com/maps/documentation/directions/get-directions?hl=de>. (28.10.2021).

Günther, D. (2023): Emissionsübersichten nach Sektoren des Bundesklimaschutzgesetzes 1990-2022. Umweltbundesamt. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2023\\_03\\_15\\_em\\_entwicklung\\_in\\_d\\_ksg-sektoren\\_pm.xlsx](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2023_03_15_em_entwicklung_in_d_ksg-sektoren_pm.xlsx) (10.08.2023).

Harthan, R. O.; Repenning, J.; Blanck, R.; Böttcher, H.; Bürger, V.; Cook, V.; Emele, L.; Görz, W. K.; Hennenberg, K.; Jörß, W.; Ludig, S.; Matthes, F. C.; Mendelewitsch, R.; Moosmann, L.; Scheffler, M.; Wiegmann, K.; Brugger, H.; Fleiter, T.; Mandel, T.; Rehfeldt, M.; Steinbach, J. (2020): Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung. Climate Change | 33/2020 Öko-Institut, Fraunhofer ISI, I-REES GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit sowie des Umweltbundesamts, Berlin, Karlsruhe. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/abschaetzung-der-treibhausgasminderungswirkung-des> (19.09.2023).

HLN (2013): Nederland loopt miljard euro mis: chauffeurs tanken in België. In: [www.hln.be](http://www.hln.be). <https://www.hln.be/consument/nederland-loopt-miljard-euro-mis-chauffeurs-tanken-in-belgie~a26c0b06/>. (28.10.2021).

Hochgürtel, H. (2018): GPS- und Mobilfunkdaten in Verkehrsplanung und Verkehrsmanagement. In: H. PROFF: / T. M. FOJCIK: *Mobilität und digitale Transformation*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. S. 597–608. DOI: 10.1007/978-3-658-20779-3\_37.

ICAO (2019): Aircraft Engine Emissions Databank. International Civil Aviation Organization. <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/environment/icao-aircraft-engine-emissions-databank> (29.04.2019).

infas mobico – Mobilität und Alltag (2021): <https://www.mobicoapp.de/>. (28.10.2021).

Intraplan (2022): Gleitende Mittelfristprognose für den Güter- und Personenverkehr - Mittelfristprognose Sommer 2022. [https://www.balm.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Verkehrsprognose/Mittelfristprognose\\_Sommer\\_2022.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.balm.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Verkehrsprognose/Mittelfristprognose_Sommer_2022.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (03.11.2023).

IPCC (2007): Climate change 2007 - The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg1\\_report\\_the\\_physical\\_science\\_basis.htm](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm) (03.11.2023).

IPCC (2013): CLIMATE CHANGE 2013 The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> (03.11.2023).

KBA (2020): Verkehr in Kilometern 2014-2019. KBA. [https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk\\_inlaenderfahrleistung/vk\\_inlaenderfahrleistung\\_inhalt.html?nn=2351604](https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/vk_inlaenderfahrleistung_inhalt.html?nn=2351604) (28.04.2021).

KBA (2021a): Zulassungsbezirke und Gemeinden. In: [www.kba.de](http://www.kba.de) - Statistik - Fahrzeuge - Bestand - Zulassungsbezirke und Gemeinden. [https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/ZulassungsbezirkeGemeinden/zulassungsbezirke\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/ZulassungsbezirkeGemeinden/zulassungsbezirke_node.html). (28.10.2021).

KBA (2021b): Verkehr europäischer Lastkraftfahrzeuge (VE) - Inlandsverkehr. In: [www.kba.de](http://www.kba.de) - Statistik - Kraftverkehr - Verkehr europäischer Lkw - Inlandsverkehr. [https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/europaeischerLastkraftfahrzeuge/ve\\_Inlandsverkehr/ve\\_Inlandsverkehr\\_node.html;jsessionid=C0BA22276B2CA4A4C7FD1952FF38C8D4.live11292](https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/europaeischerLastkraftfahrzeuge/ve_Inlandsverkehr/ve_Inlandsverkehr_node.html;jsessionid=C0BA22276B2CA4A4C7FD1952FF38C8D4.live11292). (28.10.2021).

KBA (2021c): Verkehr in Kilometern - Inländerfahrleistung Zeitreihe 2016-2020 (VK). KBA. [https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk\\_inlaenderfahrleistung/2020/verkehr\\_in\\_kilometern\\_kurzbericht\\_pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/2020/verkehr_in_kilometern_kurzbericht_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=5) (24.05.2022).

KBA (2022): Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge Inlandsverkehr (VD3). KBA. [https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/deutscherLastkraftfahrzeuge/vd\\_Inlandsverkehr/vd\\_inlandsverkehr\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/deutscherLastkraftfahrzeuge/vd_Inlandsverkehr/vd_inlandsverkehr_node.html) (12.10.2023).

KBA (2023): Verkehr in Kilometern - Inländerfahrleistung Zeitreihe 2014-2022 (VK). KBA. [https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/verkehr\\_in\\_kilometern\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/verkehr_in_kilometern_node.html) (28.11.2022).

Lambrecht, U.; Kräck, J.; Dünnebeil, F. (2021): Homeoffice und Ersatz von Dienst- und Geschäftsreisen durch Videokonferenzen. Potenziale zur Minderung der Treibhausgasemissionen unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus der Corona-Krise. [https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/IFEU-Workingpaper\\_4-\\_21\\_-\\_Mobiles\\_Arbeiten\\_und\\_Videokonferenzen.pdf](https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/IFEU-Workingpaper_4-_21_-_Mobiles_Arbeiten_und_Videokonferenzen.pdf) (17.03.2023).

Lehmann, S. (2023): Transportkosten lagen 2022 auf Rekordniveau. In: *Logistik Heute*. <https://logistik-heute.de/news/studie-transportkosten-lagen-2022-auf-rekordniveau-39366.html>.

Mahmoudi, S.; Frenken, T.; MUVEDA – Hellebrandt & Saeid Mahmoudi GbR (2020): Straßenverkehrszählung 2015 - Ergebnisse. Berichte der BAST, Heft V 327 Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. S. 72. <https://www.bast.de/DE/Statistik/Verkehrsdaten/Manuelle-Zaehlung.html> (13.11.2019).

Öko-Institut (2022): Arbeiten im Homeoffice – gut für die Umwelt und die Mitarbeiter:innen? Analyse der potenziellen ökologischen und sozialen Auswirkungen mobilen Arbeitens. [https://www.oeko.de/fileadmin/oeko-doc/compan-e\\_Homeoffice.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oeko-doc/compan-e_Homeoffice.pdf). (17.03.2023).

Statista (2022): Homeoffice-Nutzung nach Wirtschaftssektor 2022. In: *Statista*. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1260179/umfrage/beschaefigte-im-homeoffice-nach-sektoren/>. (17.03.2023).

Tagesschau (2021): Tanktourismus in Europa: Lange Wege zur billigsten Tankstelle. <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/verbraucher/tanktourismus-eu-benzinpreise-101.html>. (28.10.2021).

UBA (2022): Emissionsvermeidung durch erneuerbare Energieträger. In: *Umweltbundesamt. Text*, Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/emissionsvermeidung-durch-erneuerbare#Emissionsbilanz>. (15.08.2023).

Umweltbundesamt (2021): Treibhausgasemissionen sinken 2020 um 8,7 Prozent. *Pressemitteilung*, <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/treibhausgasemissionen-sinken-2020-um-87-prozent> (03.11.2023).

Umweltbundesamt (2023): Emissionsübersichten in den Sektoren des Bundesklimaschutzgesetzes. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2023\\_03\\_15\\_em\\_entwicklung\\_in\\_d\\_ksg-sektoren\\_pm.xlsx](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2023_03_15_em_entwicklung_in_d_ksg-sektoren_pm.xlsx) (18.04.2023).

Umweltministerium Luxemburg (2006): Nationaler Allokationsplan 2008–2012. Luxemburg. [https://ec.europa.eu/clima/system/files/2016-11/lux\\_nap\\_final\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/system/files/2016-11/lux_nap_final_en.pdf) (28.10.2021).

Vallée, J.; Ecke, L.; Chlond, B.; Vortisch, P. (2022): Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen Bericht 2021/2022: Alltagsmobilität und Fahrleistung. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). DOI: 10.5445/IR/1000154338 <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000154338> (05.06.2023).

VDV (2022): Bilanz 9-Euro-Ticket | VDV - Die Verkehrsunternehmen. <https://www.vdv.de/unsere-themen/oepnv-deutschland/bilanz-9-euro-ticket/bilanz-9-euro-ticket.aspx>. (01.03.2023).

ZKR (2022): ZKR Marktbeobachtung - Jahresbericht 2022. Zentralkommission für die Rheinschifffahrt. [https://ccr-zkr.org/files/documents/om/om22\\_II\\_de.pdf](https://ccr-zkr.org/files/documents/om/om22_II_de.pdf) (03.11.2023).

## A Datenquellen für die VEdV

### A.1 Wichtige Datenquellen

#### BAFA Amtliche Mineralölkosten

Merkmal	Beschreibung
CFR-Kategorie	1.A.2.g vii – BauWi, 1.A.3.c – Schiene, 1.A.3.d – Binnenschifffahrt, 1.A.3.d – Seeschifffahrt, 1.A.4.a ii – GHD, 1.A.4.b ii – Haushalte, 1.A.4.c ii (i) – LaWi, 1.A.4.c ii (ii) – FoWi, 1.A.4.c iii – Fischerei, 1.A.5.b i - Militär: Land, 1.A.5.b ii - Militär: Luft, 1.A.5.b iii - Militär: Marine, 1.A.3.a - zivile Luftfahrt, 1.A.3.b - Straße
Eingangsgröße	Mineralölabsatz und Biokraftstoffe
Quelle	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
Titel	Amtliche Mineralölkosten für die Bundesrepublik Deutschland
Inhalt	Monatlicher Absatz von Mineralölprodukten und Biokraftstoffen, z.T. sektorale Abgrenzung (Binnenschifffahrt, Luftfahrt, Militär)
Format	Excel
Erscheinungsweise	Monatlich
Bezugsbedingungen	Homepage BAFA
Weblink	<a href="https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/Mineraloel/moel_amtliche_daten_2021_02.html">https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/Mineraloel/moel_amtliche_daten_2021_02.html</a> (Februar 2021; für anderen Monat ersetze 2021_02) Aufgerufen am 17.06.2021
Erhebungsmethode	Meldungen verschiedener Verbände
Zeitliche Vollständigkeit	Monatsstatistik: erscheint ca. zwei Monate später
Relevanz/Nutzen	Sehr hoch
Nutzung	Absatzmengen der Kraftstoffe für die VEdV und das Inventar (Jahresstatistik)
Weitere Anforderungen	Aufteilung auf die Sektoren (s.o.) Aufteilung Straßenverkehr auf die Fahrzeugkategorien

#### KBA Neuzulassungen

Merkmal	Beschreibung
CFR-Kategorie	1.A.1.3.b Straßenverkehr
Unterkategorie	Fahrzeugflotten
Eingangsgröße	Neuzulassungen
Quelle	KBA
Titel	Fahrzeugzulassungen im Dezember - Jahresbilanz

Merkmals	Beschreibung
Inhalt	Anzahl Neuzulassungen im Gesamtjahr nach Fahrzeugarten Pkw differenziert nach Segmenten und Antriebsarten, mittlere CO2-Emissionen
Erscheinungsweise	Monatlich, Jahresbilanz Anfang Januar
Bezugsbedingungen	Homepage KBA
Weblink	<a href="https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/MonatlicheNeuzulassungen/monatl_neuzulassungen_node.htm">https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/MonatlicheNeuzulassungen/monatl_neuzulassungen_node.htm</a> (aufgerufen am 27.05.2022)
Zeitliche Vollständigkeit	Ganzes Jahr; bzw. an jedem Monatsanfang Jahresentwicklung bis zum Vormonat
Qualität	+++
Nutzung	Basis für Kurzfristschätzung zur Abschätzung der Fahrzeugflotten und der Effizienzentwicklung
Weitere Anforderungen	KBA stellt die differenzierten Neuzulassungen, wie im TREMOD-Update in den nationalen Emissionsinventaren, rechtzeitig für die VEDV elektronisch zur Verfügung

### BALM Mautstatistik

Merkmals	Beschreibung
CFR-Kategorie	1.A.3.b.iii Straßenverkehr SNF GV
Eingangsgröße	Fahrleistung
Quelle	Bundesamt für Logistik und Mobilität (BALM)
Titel	BALM-Mautstatistik
Inhalt	Fahrleistungen der Lkw>7,5t auf Autobahnen und Bundesstraßen; Zählungen an Grenzübergängen Differenzierung nach Herkunft, Eurostufen, Größenklassen (zul GG, Achsenzahl)
Format	PDF und Excel
Erscheinungsweise	Monatlich und jährlich
Bezugsbedingungen	Homepage BAG
Weblink	<a href="https://www.balm.bund.de/DE/Themen/Lkw-Maut/Mautstatistik/mautstatistik_node.html">https://www.balm.bund.de/DE/Themen/Lkw-Maut/Mautstatistik/mautstatistik_node.html</a> Aufgerufen am 29.08.2023
Erhebungsmethode	Auswertung und Hochrechnung von Zählungen
Zeitliche Vollständigkeit	Monatsstatistik: erscheint Ende Folgemonat Jahresstatistik: erscheint Ende Februar im Folgejahr
Relevanz/Nutzen	Sehr hoch

Merkmal	Beschreibung
Nutzung	Grundlage für die Fahrleistungsermittlung der SNF auf Autobahnen und Bundesstraßen für die VEdV (Monatsstatistik) Prüfung: Verkehr an Grenzübergängen und nach Fahrzeugherkunft zur Abschätzung von Veränderungen der „grauen Kraftstoffimporte“
Weitere Anforderungen	Abstimmen mit BAST-Verkehrsbarometer und anderen Fahrleistungsdaten

### BAST Verkehrsbarometer

Merkmal	Beschreibung
CFR-Kategorie	1.A.3.b Straßenverkehr
Eingangsgröße	Fahrleistungsänderungen
Quelle	Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST)
Titel	Verkehrsbarometer
Inhalt	Fahrleistungsänderungen gegenüber Vormonat bzw. gleicher Monat im Vorjahr verschiedener Fahrzeugkategorien (Motorräder, Pkw, LNF, Pkw mit Anhänger, Bus, Lkw ohne Anhänger, Lkw mit Anhänger, Sattelzüge) auf Autobahnen und Bundesstraßen
Format	PDF und Excel
Erscheinungsweise	Monatlich
Bezugsbedingungen	Homepage BAST und vorab von BAST auf Anfrage
Weblink	<a href="https://www.bast.de/DE/Statistik/Verkehrsdaten/Verkehrsbarometer.html">https://www.bast.de/DE/Statistik/Verkehrsdaten/Verkehrsbarometer.html</a> Aufgerufen am 29.08.2023
Erhebungsmethode	Auswertung von Zählungen
Zeitliche Vollständigkeit	Monatsstatistik: erscheint Anfang übernächsten Monat seit 2020
Relevanz/Nutzen	Sehr hoch
Nutzung	Grundlage für die Fahrleistungsermittlung der Kfz auf Autobahnen und Bundesstraßen und für die Abschätzung der Gesamtfahrleistung für die VEdV

### KIT Mobilitätspanel

Merkmal	Beschreibung
CFR-Kategorie	1.A.3.b,i Straßenverkehr (PKW)
Eingangsgröße	Bevölkerungsbefragung – Alltagsmobilität, Pkw-Fahrleistung, Pkw-Kraftstoffverbrauch
Quelle	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Titel	Deutsches Mobilitäts-Panel

Merkmal	Beschreibung
Inhalt	Alltagsmobilität von Personen sowie Fahrleistung und Kraftstoffverbrauch von Pkw in Privathaushalten - persönliche Angaben über "Wege- und Tanktagebücher" innerhalb einer Woche
Format	Excel
Erscheinungsweise	Jährlich (aktuell verfügbar: Bericht 2021/ 2022 – erschienen 31.10.2022)
Bezugsbedingungen	Homepage
Weblink	<a href="https://mobilitaetspanel.ifv.kit.edu/">https://mobilitaetspanel.ifv.kit.edu/</a> , Aufgerufen am 29.08.2023
Erhebungsmethode	Auswertung von Befragungen
Zeitliche Vollständigkeit	Jahresstatistik: erscheint jährlich im Herbst seit 1994
Relevanz/Nutzen	Hoch
Nutzung	Abschätzung zu geändertem PKW-Fahrverhalten in (mittlere Jahresfahrleistung) Vergleich zu Vorjahren

#### KBA Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge

Merkmal	Beschreibung
CFR-Kategorie	1.A.3.b iii Straßenverkehr SNF GV
Eingangsgröße	Verkehrsleistungen, Fahrleistungen
Quelle	KBA
Titel	Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge – Inländerverkehr (VD)
Inhalt	Monats- und Quartalsdaten u.a. über Beförderungsleistung und Fahrleistung deutscher Güterkraftfahrzeuge aus Last- und Leerfahrten.
Format	PDF
Erscheinungsweise	Monatlich und jährlich
Bezugsbedingungen	Homepage
Weblink	<a href="https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/deutscherLastkraftfahrzeuge/vd_monatl_verkehrsaufkommen/vd_monatl_verkehrsaufkommen_node.html">https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/deutscherLastkraftfahrzeuge/vd_monatl_verkehrsaufkommen/vd_monatl_verkehrsaufkommen_node.html</a> , Aufgerufen am 29.08.2023
Erhebungsmethode	Stichprobenbefragung und Hochrechnung
Zeitliche Vollständigkeit	Monats- und Jahresstatistik Die ersten Ergebnisse liegen etwa fünf Monate nach Befragung vor. Für die VEDV sind die Monatsstatistiken verwendbar
Relevanz/Nutzen	Hoch
Nutzung	Die Statistik kann für die Abschätzung der Fahrleistung der Inländer verwendet werden und liefert so Anhaltspunkte für die Entwicklung insgesamt, da aus der Mautstatistik

Merkmal	Beschreibung
	die Fahrleistungen der Inländer auf Autobahnen und Bundesstraßen vorliegen und auf dem übrigen Straßennetz weniger ausländische Fahrzeuge unterwegs sind. Eine exakte Berechnung ist mit diesen Zahlen allerdings nicht möglich.

#### Intraplan: Kurz- und Mittelfristprognose

Merkmal	Beschreibung
CFR-Kategorie	1.A.3 Verkehr
Eingangsgröße	Verkehrsleistungen
Quelle	BALM, erstellt von INTRAPLAN
Titel	Gleitende Mittelfristprognose für den Güter- und Personenverkehr
Inhalt	Prognose der Verkehrsleistungen im Personen- und Güterverkehr
Format	PDF
Erscheinungsweise	Zweimal pro Jahr
Bezugsbedingungen	Homepage
Weblink	<a href="https://www.balm.bund.de/DE/Themen/Verkehrswirtschaft/Verkehrsprognose/verkehrsprognose_node.html">https://www.balm.bund.de/DE/Themen/Verkehrswirtschaft/Verkehrsprognose/verkehrsprognose_node.html</a> , aufgerufen am 29.08.2023
Erhebungsmethode	Prognose
Zeitliche Vollständigkeit	Bis zu drei Jahre in die Zukunft
Relevanz/Nutzen	Hoch
Nutzung	Vergleich der prognostizierten Verkehrsleistungen mit den primär verwendeten Quellen zur Plausibilisierung der Fahrleistungseckwerte und Verkehrsleistungen, Darstellung der Hintergründe, die für die Entwicklung verantwortlich sind.

#### DESTATIS: Personenverkehr mit Bussen und Bahnen

Merkmal	Beschreibung
CFR-Kategorie	1.A.3.b Straßenverkehr 1.A.3.c Schienenverkehr
Eingangsgröße	Verkehrsleistungen, Fahrleistungen
Quelle	Genesis Online
Titel	Personenverkehr mit Bussen und Bahnen
Inhalt	Verkehrs- und Fahrleistungen der Verkehrsunternehmen in Deutschland
Format	Datenbank online, in verschiedenen Formaten herunterladbar
Erscheinungsweise	mehrmals pro Jahr
Bezugsbedingungen	Homepage

Merkmal	Beschreibung
Weblink	<a href="https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=statistic&amp;levelindex=0&amp;levelid=1693387426302&amp;code=46181#abreadcrumb">https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=statistic&amp;levelindex=0&amp;levelid=1693387426302&amp;code=46181#abreadcrumb</a> , aufgerufen am 29.08.2023
Erhebungsmethode	Befragung und Hochrechnung
Zeitliche Vollständigkeit	Quartalszahlen (Verkehrleistungen): Die ersten beiden Quartale des Bilanzjahres sind im Februar des Folgejahres verfügbar; Jahreszahlen liegen erst Ende des Folgejahres vor
Relevanz/Nutzen	Hoch
Nutzung	Verwendung der Verkehrsleistungstrends des ersten Halbjahres des Bilanzjahres

## A.2 Nicht für die VEdV verwendete Datenquellen

Die nachfolgenden Quellen wurden oder werden für die Erstellung des Inventars verwendet, sind aber für die VEdV nicht rechtzeitig verfügbar:

Die Quelle **Verkehr in Zahlen** (ViZ) (DLR und DIW 2021) wird derzeit vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) bearbeitet. Sie liefert die Verkehrsleistung sowohl für motorisierten individuellen Verkehr (MIV) wie auch für Güterverkehr (GV) und bis 2014 lieferte sie die Fahrleistungen für die Kleinkrafträder. Die Statistik erscheint jährlich ab September, d.h. zu spät für die VEdV.

In **Verkehr in Kilometern** (ViK) (KBA 2021c) werden die jährlichen Inländerfahrleistung je Fahrzeugkategorie über eine Modellrechnung auf Basis von Daten zum Wegstreckenzähler, die im Rahmen von Hauptuntersuchungen (HU) erhoben, abgeleitet. Die Ergebnisse liegen ca. sieben Monate nach Ende des Berichtsjahres und damit zu spät für die VEdV vor. Da die Ableitung der Fahrleistung auf Basis des aktuellen Tachostandes und dem Datum der Erstzulassung erfolgt, ist die ganze Historie des Fahrzeuges (oder die „Lebensfahrleistung“) berücksichtigt. Die Daten spiegeln damit leider nicht den „Corona Effekt“ wider, der in 2020 und 2021 eine Abnahme der gesamten Fahrleistung verursacht hat.

Die **Straßenverkehrszählungen** der BASt ermöglichen die Unterteilung der Eckdaten der jährlichen Fahrleistungen nach Straßenkategorien:

- Die manuellen Verkehrszählungsdaten (Mahmoudi et al. 2020) finden alle fünf Jahre statt und sind entsprechend i.d.R. nicht nutzbar für die VEdV. Dies stellt aber ein Problem für die Aktualisierung der Fahrleistung auf den restlichen Straßenkategorien (L, K, G und IO) dar: Zwischen den Stützjahren müssen entsprechende Hypothesen und ggf. punktuell verfügbare Quelle herangezogen werden. Zum Beispiel wurde in bestimmten Jahren die Fahrleistungserhebung (FLE) (Bäumer et al. 2016b) verwendet. Sie ist leider eine unregelmäßige Quelle: Die letzten Erhebungen fanden in 1990, 1993, 2002, und 2014 statt. Die umfangreiche Quelle liefert darüber hinaus die Fahrleistungsrelation nach Fahrzeugsegment und konnte bis jetzt dafür durch keine andere aktuellere Quelle ersetzt werden. Im Gegenzug erscheint die automatische SVZ (Fitschen und Nordmann 2021) jährlich bis einschließlich 2017

- ▶ In bestimmten Jahren wird die Fahrleistungserhebung (FLE) (Bäumer et al. 2016b) verwendet. Sie ist leider eine unregelmäßige Quelle: die letzten Erhebungen fanden in 1990, 1993, 2002, und 2014 statt. Die umfangreiche Quelle liefert darüber hinaus die Fahrleistungsrelation nach Fahrzeugsegment (d.h. Fahrleistungsgewichtung je nach Alter, Größe und Antriebstechnologie) und konnte bis jetzt dafür durch keine andere aktuellere Quelle ersetzt werden.
- ▶ Die automatische SVZ (Fitschen und Nordmann 2021) erscheint im Gegenzug jährlich und liefert die DTV (Durchschnittliche Tägliche Verkehrsstärke) sowie die Fahrleistung für Leichtverkehr und Schwerverkehr auf Autobahnen und Bundesstraßen. Leider sind die enthaltenen Verkehrsdaten zu alt (2 bis 3 Jahre älter als das Veröffentlichungsjahr) und können nicht in die VEdV integriert werden.

Darüber hinaus wurden weitere Möglichkeiten zur Ableitung der Entwicklung der Fahrleistungen untersucht, welche aber aus mehreren Gründen keine Verwendung fanden:

Da durch das *Verkehrsbarometer* der BAST für die verkehrliche Entwicklung im übergeordneten Straßennetz (Bundesautobahnen und -straßen) bereits eine Basis zur jährlichen Trendentwicklung mit sehr guter Differenzierung der Fahrzeugarten und in benötigter Aktualität vorliegt, fehlen vorrangig Informationen zu Veränderungen im untergeordneten Straßennetz, wie den Landes-, Kreis-, Gemeinde- und sonstigen Straßen. Daher liegt der Fokus der Eignungsbewertung für die nachstehenden Datenquellen vor allem, aber nicht ausschließlich, auf der Aussagekraft für das untergeordnete Straßennetz und umfasst folgende Kategorien:

- ▶ (Echtzeit-)Daten der Straßenverkehrssensoren / **Dauermessstellen** im untergeordneten Straßennetz:  
Diese Datenkategorie umfasst Messwerte der Verkehrsaufkommen (Anzahl Pkw bzw. Lkw) und der mittleren Geschwindigkeiten auf Basis von Dauermessstellen und Detektoren im Straßennetz.
- ▶ **Floating car data:**  
Dies beinhaltet Standort- bzw. daraus abgeleitete Bewegungsinformationen von Fahrzeugen, die durch Onboard-Units (z.B. Navigationssysteme) erfasst und weitergeleitet werden, um zentral zu verschiedenen Datenprodukten, wie Quell-Ziel-Matrizen, Level-of-Service Analysen (Staumeldungen) oder Zeitreihen der verkehrlichen Entwicklung einzelner Straßenabschnitte oder Gebieten weiterverarbeitet zu werden.
- ▶ GPS-basierte / Sensor-basierte Mobilitätsdaten:  
Standortdaten müssen nicht zwangsläufig aus Onboard-Units von Fahrzeugen stammen, sondern können auch aus Tracking-Informationen (geogr. Standorte) von Endgeräten wie Smartphones stammen, wodurch Aufenthaltsorte und Quell-Ziel-Relationen abgeleitet werden können. Durch Einbezug von weiteren Sensoren (z.B. Beschleunigungssensoren) und abgeleiteten Geschwindigkeitsprofilen kann prinzipiell auch auf den Modus (Bus, Bahn, Pkw, etc.) geschlossen werden.
- ▶ Mobilfunkdaten:  
Hierbei werden Bewegungsmuster (z.B. Quell-Ziel-Relationen oder mittlere Geschwindigkeiten) von Personen auf Basis der Registrierung ihrer Endgeräte in verschiedenen Funkzellen eines Mobilfunknetzes ermittelt.

► Unfallstatistik:

Die Unfallstatistik gilt kann als Indikator der für den generellen Trend der Verkehrsmenge herangezogen werden. Sie wurden beispielsweise im kurzfristigen Monitoring des Personenverkehrs während der Corona Pandemie im Jahr 2020 (Intraplan Consult GmbH, 2021) als Quelle Basis zur Trendentwicklung genutzt.

Eine ausführliche Beschreibung der verfügbaren Datenquellen und eine Begründung werden im Folgenden gegeben.

Verkehrsmengeninformationen aus **Straßenverkehrssensoren bzw. Dauermessstellen im untergeordneten Straßennetz** sind v.a. auf Ebene der Gemeinde- und Kreisstraßen nicht flächendeckend verfügbar und unterliegen der Hoheit der Kommunen.

Manche Städte, wie beispielsweise Düsseldorf, Frankfurt am Main, Bremen, Leipzig, Köln, Wiesbaden, München oder Kassel stellen diese über den MDM (“Mobilitäts Daten Marktplatz MDM” 2021) zur Verfügung. Die Stadt Berlin stellt diese Daten auf einem eigenen Internetportal (“Verkehr | Offene Daten Berlin” 2021) zur Verfügung. Allerdings scheint die Stichprobe aktuell insgesamt zu klein, um deutschlandweite Trends, gerade auch für den ländlichen Raum ableiten zu können. Zudem ist aktuell nicht bekannt, wie viele weitere Kommunen diese Daten prinzipiell bereitstellen könnten.

Des Weiteren müssten die Daten je nach Bereitstellungsmethode zur weiteren Auswertung vorab über einen entsprechend langen Zeitraum zur weiteren Auswertung gesammelt werden oder ggf. vergangene Zeiträume bei den einzelnen Städten abgefragt werden, um die aktuelle verkehrliche Trendentwicklung im entsprechenden Straßennetz ableiten zu können. Perspektivisch kann sich die Verfügbarkeit dieser Daten jedoch im Zuge der Open Data Entwicklung ändern.

Im Falle der **Floating Car Data** ist aktuell unklar, inwiefern diese für eine jährliche Abschätzung der bundesweiten Verkehrsentwicklung, v.a. für das untergeordnete Straßennetz, geeignet sind. Rücksprachen mit einem möglichen Datengeber, der im eigenen Produktportfolio mehrere Floating-Car-Datenbestände verarbeitet, ergaben, dass eine Verwendung aktuell nicht empfohlen wird: Unter anderem sprechen nach erster Einschätzung u.a. folgende Gründe gegen eine aktuelle Verwendung zu diesem Zweck im gesamtdeutschen Kontext:

- die verfügbare Datendichte
- die Repräsentativität hinsichtlich Verkehrsmengen
- verfügbarer Zeitscheiben sowie verschiedener Fahrzeugklassen
- die mangelnde Vergleichbarkeit verschiedener Jahre
- die mangelnde Möglichkeit der Extrapolation auf den Gesamtverkehr mit Zählwerten.

Aufgrund der daraus resultierenden Unsicherheiten seien zumindest weitere Untersuchungen nötig, um eine abschließende Bewertung der Machbarkeit bzw. Aussagekraft einer möglichen Trendableitung zu evaluieren. Aktuell werden gemäß (Hochgürtel 2018) Floating-Car-Daten u.a. für die Erstellung von Quelle-Ziel-Matrizen, Stauanalysen, Erreichbarkeitsanalysen, Verkehrssta-

tistischen Analysen von Straßenabschnitten oder der Optimierung von Verkehrsnetzwerken eingesetzt. Daher wären diese prinzipiell bei ausreichender Datendichte über das Untersuchungsgebiet und dem Betrachtungszeitraum hinweg, entsprechender Repräsentativität im Hinblick auf die Fahrzeugflotte sowie gegebener Vergleichbarkeit in der Zeitreihe, grundsätzlich geeignet. Es wird jedoch auch deutlich, dass ohne Zählwerte (im untergeordneten Straßennetz) oder zumindest eine Abschätzung des geographisch und ggf. zeitlich aufgelösten Anteils der Stichprobe an der Gesamt- oder entsprechenden Teilflotte kaum eine Aussage über die tatsächliche Eignung zur Abschätzung eines Fahrleistungstrends im Gesamtstraßennetz gemacht werden kann. Da diese Daten darüber hinaus proprietär und kostenpflichtig sind, stellen perspektivisch die Verkehrszählraten der Länder und Kommunen direkt eine kostengünstigere Alternative zur Trendabschätzung dar. Dennoch könnten Floating-Car Daten aufgrund ihrer Quell-Ziel-Informationen zur weiteren Präzisierung der Fahrleistungsänderungsermittlung eine geeignete Informationsbasis sein.

Mobilitätsindikatoren auf Basis von **Mobilfunkdaten**, wie sie auch in (Destatis 2021a) veröffentlicht werden, bieten die Möglichkeit der Abbildung einer aktuellen Trendentwicklung im Mobilitätssektor.

Aufgrund der Erfassungsmethode ist vor allem im Nahverkehr keine eindeutige Differenzierung zwischen den Verkehrsmodi (MIV-ÖV) und den genutzten Fahrzeugarten (z.B. Pkw, Straßenbahn, Bus) möglich. Auch ist es nicht möglich, die Anteile des Personen- und Güterverkehrs am Gesamtverkehr eindeutig zu ermitteln.

Wegen der Erfassung von Endgeräten (SIM-Karten) besteht das Risiko potenzieller Fehleinschätzungen im Hinblick auf die absoluten Fahrleistungen oder auch Verkehrsleistungen, da verkehrsteilnehmende Fahrzeuge oder Personen mit einer unterschiedlichen Anzahl an detektierbaren SIM-Karten ausgestattet sein können.

Grundsätzlich eignen sich Mobilfunkdaten neben der Verwendung als Trendindikator auch zur Identifikation von Quell-Ziel-Beziehungen der Verkehrsteilnehmenden. Aufgrund der geringen Differenzierung und verfügbaren differenzierteren Informationen, beispielsweise auf Basis des Verkehrsbarometers der BAST, werden diese Daten höchstens zur Plausibilisierung der Trendentwicklung verwendet.

Verkehrsdaten basierend auf **GPS-Ortung oder Sensorinformationen**, die beispielsweise durch Dienste oder Applikationen auf Smartphone-Endgeräten gesammelt und anschließend zentral weiterverarbeitet werden, sind aktuell nicht für die Ermittlung von Fahrleistungstrends im notwendigen Umfang oder Detaillierungsgrad aufbereitet (Apple 2021), (Google 2021), („Google API“ 2021) verfügbar.

Entweder ist die gesammelte Stichprobengröße zu klein, umfasst bzw. differenziert nicht alle notwendigen Verkehrs- und Fahrzeugarten („infas mobico – Mobilität und Alltag“ 2021) oder sie liegen unter der Hoheit von großen internationalen Unternehmen, mit denen eine entsprechende Kooperation im Rahmen dieses Projektes bisher nicht zu bewerkstelligen war.

Zudem ergeben sich hier prinzipiell ähnliche Fragestellungen im Hinblick auf die Genauigkeit, wie sie sowohl im Falle der *Floating Car* Daten hinsichtlich der Repräsentativität als auch bei den Mobilfunkdaten in punkto der Differenzierbarkeit von Verkehrsmitteln und Fahrzeugarten bestehen.

Die **Unfallstatistik** ist für die aktuelle Analyse aufgrund ihrer Präzision zur Unterscheidung der einzelnen Fahrzeugklassen sowie der Ungenauigkeit im Hinblick auf die Trendentwicklung eines Jahres zu ungeeignet: die Minderungsraten der Unfälle können nicht direkt mit der Fahrleistung in der Fortschreibung ganzer Jahresabschnitte korreliert werden, da die Relation zwischen Fahrleistung und Unfall von diversen anderen Faktoren, etwa den Witterungsbedingungen verschiedener Jahre, Relation der Anzahl von verschiedenen Verkehrsmitteln untereinander usw., abhängt. Ferner nehmen die Unfallzahlen trotz steigender Fahrleistungen aufgrund von Sicherheitsmaßnahmen sowohl im Fahrzeugbau als auch in der Verkehrsführung und -infrastruktur sowie durch die Ausweitung der Fahrtüchtigkeitskontrollen stetig ab. (Destatis 2021b)

Dadurch sind bei der Analyse verschiedene teils gegenläufige Entwicklungen zu berücksichtigen, um Trends über die Jahre hinweg herausarbeiten zu können.

Ggf. kann der Unterschied zwischen den Straßenkategorien genutzt werden, aber vorrangig sollten die Fahrleistungsstatistiken (siehe 2.7.3.4) der Länder als Quelle untersucht werden. Würde diese Quellen kein Ergebnis liefern, könnten hierzu die Unfallstatistik ergänzend herangezogen werden.

### A.3 Perspektivisch nutzbare Datenquellen

#### Binnenschifffahrt

Folgende weiteren Datenquellen wurden zwar identifiziert, aber bisher nicht in die VEdV einbezogen:

- ▶ die von der BAFA gemeldeten Inlandslieferungen an die Binnenschifffahrt: Die Vollständigkeit dieser auf Fragen an die Mineralöl-Lieferanten basierenden Daten konnte bisher nicht bestätigt werden. Aufgrund der Inkonsistenz zu den Daten der finalen THG-Berichterstattung aus der Energiebilanz wurden diese bisher nicht berücksichtigt.
- ▶ AIS (Automatic Identification System; zu Deutsch: Automatisches Identifikationssystem)-Daten, z.B. über Anbieter wie vesselfinder.com, liefern Bewegungsdaten über Funksignale in Echtzeit. Somit können nicht nur die zurückgelegten Kilometer, sondern auch die Geschwindigkeit der Schiffe, ermittelt werden. Leider umfassen diese Daten aktuell jedoch nur einen Teil aller Binnenschiffe. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die Verfügbarkeit und Verwendbarkeit solcher Daten zukünftig zunimmt.
- ▶ Destatis Mobilitätsindikator (aus der Reihe „Experimentelle Daten“): Diese Daten geben einen Transportindex auf Basis der Anzahl anlegender Güterschiffe an neun ausgewählten deutschen Binnenhäfen an. Die Belastbarkeit der Daten kann zum aktuellen Zeitpunkt nicht eingeschätzt werden.

#### Straßenverkehr Effizienz

Diese Daten sind bereits Bestandteil der Sonderauswertung des KBA für TREMOD und stehen bei der früheren Bereitstellung im Februar, auch für die VEdV zur Verfügung. Zusätzlich sind die mittleren CO<sub>2</sub>-Emissionen zumindest für PKW auch in den monatlichen Veröffentlichungen des KBA, z.B. FZ 8, zum Abgleich enthalten.

Die Webseite spritmonitor.de erhebt auf Grundlage von Nutzerangaben im Realbetrieb gemessene mittlere Kraftstoffverbräuche für verschiedene Fahrzeugtypen nach Modell, Baujahr, Antrieb, etc. Die Daten wurden u.a. in den Publikationsreihen „From Laboratory to Road“ des ICCT sowie im UBA-Projekt Entwicklung einer Methode zur Abschätzung des Realverbrauchs berücksichtigt (Althaus et al. 2020). Diese Methode wird seither in TREMOD für PKW und LNF angewendet, indem gewisse „Realzuschläge“ bezogen auf den WLTP-Wert pro Segment und Baujahr festgelegt wurden. Eine Aktualisierung dieser Realzuschläge mittels der Daten von Spritmonitor konnte im Rahmen der VEdV aus Aufwandsgründen nicht durchgeführt werden. Daher werden die Realzuschläge aus (Althaus et al. 2020) beibehalten. Eine Aktualisierung dieser Daten im Rahmen zukünftiger Projekte wird jedoch empfohlen.

Für die schweren Nutzfahrzeuge existiert erst seit dem Jahr 2019 ebenfalls ein CO<sub>2</sub>-Monitoring. Die Daten dafür werden von der europäischen Umweltagentur (EEA) in Form einer online verfügbaren Datenbank mit Angaben zu einzelnen Nutzfahrzeugmodellen veröffentlicht. Da diese Daten noch nicht lange vorliegen, können sie bis auf Weiteres nicht im Rahmen der VEdV verwendet werden.

**Straßenverkehrszählungen der Länder (über MDM/UBA):**

Zur Erfassung der Datenlage fragte das Umweltbundesamt bei den Bundesländern die Verfügbarkeit aktueller Zählraten und Statistiken vergangener Jahre zur Verkehrsstärke auf dem nachgeordneten Straßennetz (Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen) in maschinenlesbarer Form an. Zudem wurden öffentlich zugängliche Statistiken der Länder hierzu, die in der Regel, wenn verfügbar, bis zum vorletzten oder Vorjahreszeitraum vorliegen, zusammengetragen. Teilweise werden auch Dauerzählstellenauswerte bzw. Verkehrsstärken an automatisierten Erfassungsanlagen der aktuellen Vormonate bis hin zu tagesaktuellen Viertelstundenwerten veröffentlicht. Rückmeldungen mit Datenlieferungen oder -zugängen erfolgten von sechs Bundesländern (Baden-Württemberg, Bayern, Nordrhein-Westfalen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen) sowie den Stadtstaaten Berlin und Hamburg.

Umfang und Qualität der verfügbaren Daten sind über die Länder hinweg sehr heterogen. Hinsichtlich der Straßenkategorien sind aufgrund der relativ häufig installierten automatisierten Dauerzählstellen aktuelle Verkehrsmengenwerte für die Landesstraßen mit guter Netzabdeckung verfügbar; vereinzelt für Kreisstraßen und selten bis nie für Gemeindestraßen der jeweiligen Länder. Der Anteil der Länder mit verfügbaren Informationen deckt insgesamt 58% des Landesstraßennetz (siehe Tabelle 64) ab. Mit rund 59% ist deren Anteil am gesamten Kreisstraßennetz in Deutschland zwar ähnlich hoch, jedoch können für diese Straßenkategorie keine Trends der verkehrlichen Entwicklung aufgrund zu geringer Zählstellendichte flächendeckend abgeleitet werden.

**Tabelle 64: Abschnittslängen (freie Strecke) der Landesstraßen der Bundesländer und deren Anteile an der Gesamtlänge der Straßenkategorie im Bundesgebiet**

Abschnittslängen der Landesstraßen	Länge in km	Anteil an Gesamtnetz
Baden-Württemberg	7.698	12%
Bayern	11.679	18%
Berlin	0	0%

Abschnittslängen der Landesstraßen	Länge in km	Anteil an Gesamtnetz
Hamburg	0	0%
Nordrhein-Westfalen	9.631	15%
Sachsen	2.994	5%
Sachsen-Anhalt	2.887	4%
Thüringen	2.965	5%
Insgesamt	37.854	58%

Quelle: Fernstraßen-Bundesamt 2022, eigene Berechnungen

Die bereitgestellten und verfügbaren Daten sind:

- ▶ Stundenwerte der Zählstellen (SZ) mit einer Mindestunterteilung nach Kfz, Schwerverkehr und Pkw pro Stunde; teilweise bis hin zur Klassifizierung in 8+1 Fahrzeugklassen.
- ▶ Monatswerte der Zählstellen (MZ) für die DTV in Kfz pro 24 Stunden.
- ▶ Quartalswerte der Zählstellen (QZ) für die DTV in Kfz pro 24 Stunden.
- ▶ Jahreswerte der Zählstellen (JZ) für die DTV in Kfz pro 24 Stunden.
- ▶ Monatswerte je Straßenkategorie (M-Str) für die DTV in Kfz pro 24 Stunden.
- ▶ Jahreswerte je Straßenkategorie (J-Str) für die DTV in Kfz pro 24 Stunden.
- ▶ Jahresfahrleitungen (JFL) in Fahrzeugkilometer pro Jahr.
- ▶ Abschnittslängen (AL) der Zählstellenstandorte

Wie in Tabelle 65 erkennbar sind in den verschiedenen Bundesländern unterschiedliche Sätze dieser Werte zu unterschiedlichen Veröffentlichungszeiträumen verfügbar. Datensätze des Jahres 2020 (vorletztes Jahr) waren in der Regel bis ins Jahr 2014 oder 2015 zurück zugänglich.

**Tabelle 65: Übersicht zu verfügbaren bereitgestellten Datenquellen und -inhalte der Bundesländer zu verschiedenen Veröffentlichungszeiträumen**

Bundesland	Datenquelle	2020 (vorletztes Jahr)	2021 (Vorjahr)	2022 (aktuelles Jahr)
Baden-Württemberg	Verkehrsmonitoring	JZ, AL		
	Berichte-VM	JZ, AL		
	Dauerzählstellen (DZ)	JZ	JZ	
	Berichte-DZ	J-Str, JZ, MZ	J-Str, JZ, MZ	MZ
	Stat. Landesamt	J-Str		
Bayern	Dauerzählstellen (DZ)	JZ, MZ	JZ, MZ	MZ

Bundesland	Datenquelle	2020 (vorletztes Jahr)	2021 (Vorjahr)	2022 (aktuelles Jahr)
	Berichte-DZ	MZ, JZ	MZ, JZ	MZ
Nordrhein-Westfalen	Dauerzählstellen (DZ)	SZ	SZ	SZ
	Berichte-DZ	J-Str, JZ, JFL	J-Str, JZ, JFL	
	OpenData NRW			J-Str (2015), AL
Sachsen	Dauerzählstellen (DZ)	JZ, AL	JZ, AL	
	Berichte-DZ	J-Str, JZ	J-Str, JZ	MZ, M-Str
Sachsen-Anhalt	Dauerzählstellen (DZ)	MZ, QZ, JZ	MZ, QZ, JZ	MZ, QZ
	Berichte-DZ	MZ, QZ, JZ	MZ, QZ, JZ	MZ, QZ
Thüringen	Dauerzählstellen (DZ)	MZ, AL	MZ, AL	MZ, AL
Berlin	Detektordaten	SZ	SZ	SZ
Hamburg	Dauerzählstellen (DZ)	SZ	SZ	SZ
	Berichte-DZ	JZ		

Quelle: eigene Zusammenstellung

Für das aktuelle Jahr stehen in allen Fällen entweder monatliche DTV-Werte oder Stundenwerte der Zählstellen bereit, um einen aktuellen Trend der Fahrleistung auf den Landesstraßen abzuleiten. Die Stundenwerte der Zählstellen müssen zu durchschnittlichen täglichen Verkehrsmengen (DTV) des Betrachtungszeitraums (z.B. eines Monats) umgerechnet werden. Bei der Aufbereitung der Stundenwerte kommen zudem Qualitätsmerkmale (z.B. Dauer von Aufzeichnungslücken) bei der Fahrzeugerkennung zu tragen, um zu entscheiden, ob die verfügbaren Daten einer Zählstelle hinreichend zur Bestimmung des DTV im Zählstellenbereich selbst, aber auch zur Bestimmung eines mittleren DTV der Straßenkategorie sind. Die verfügbaren DTV-Monatswerte der Zählstellen können in der Regel direkt weiterverwendet werden, um mit den jeweiligen gültigen Abschnittslängen gewichtet einen mittleren DTV je Bundesland und Straßenkategorie abzuleiten. Die Gewichtung der Zählstellenwerte über die jeweils gültigen Abschnittslängen, die jedoch nicht im Falle aller Bundesländer gegeben waren, spielt hierbei eine grundlegende Rolle. Anhand der Landesmittelwerte werden anschließend über die jeweilige Netzlänge der Straßenkategorie die Ergebnisse der einzelnen Länder zu einem gewichteten Wert zusammengefasst, der den Mittelwert des Bundesgebiets repräsentieren soll. Die so ermittelten DTV-Werte einzelner Zeitintervalle (Monate bzw. Jahre) werden zur abschätzenden Trendfortschreibung (Änderungsrate) bis zum möglichst aktuellen Zeitpunkt für das Bundesgebiet herangezogen.

Hierbei traten während der Bearbeitung sowie beim Vergleich der ermittelten Zeitreihenwerte mit verfügbaren Veröffentlichungen vergangener Jahre verschiedene Herausforderungen auf:

- ▶ Teilweise fehlende, zugehörige Tagesganglinien zur Korrektur bei fehlerhaften Aufzeichnungen einzelner Zählstellen (Stundenwerte)

- ▶ Wenn angewandt, weitere Informationen Kriterien (z.B. Erfassungsdauer, Zählstellenart) hinsichtlich der Gültigkeit von Zählstellen zur Bildung von durchschnittlichen DTV-Werten der Straßenkategorie.
- ▶ Fehlende Informationen zu gültigen Abschnittslängen für die Gewichtung einzelner Zählstellenergebnisse, um eines landesdurchschnittlichen DTV zu bilden.
- ▶ Unterschiedliche veröffentlichte jahresdurchschnittliche DTV-Werte für ein Bundesland durch zwei Behörden für dieselbe Fahrzeugkategorie und Straßenklasse. Dies konnte zwar auf Rückfrage fachlich-inhaltlich erklärt werden. Offen ist hier der Umgang und die Wahl eines Verfahrens bezüglich der Gewichtung der Landeswerte für die Abschätzung des bundesdeutschen Trends.

Aus diesen Gründen war es nicht möglich auf Basis der verfügbaren Daten und Informationen einen bundesweiten Trend mit dem angestrebten Verfahren abzuschätzen sowie dieses zu validieren. Hierzu bedarf es weitere Daten- und Informationen sowie einheitliche Festlegungen zur Methodik der Bestimmung von Länderdurchschnittswerten je Straßenkategorie. Hilfreich wäre hierzu ein Austausch mit allen Fachstellen der jeweiligen Länder durchzuführen, um zielführende Konventionen zu treffen und möglichst einheitliche Datenbereitstellungsmöglichkeiten zu klären.

Auswertungen der jährlichen DTV-Änderungsraten des Leichtverkehrs auf den Landesstraßen einzelner Länder (u.a. Baden-Württemberg, Nord-Rhein-Westfalen und Sachsen) deuten darauf hin, dass diese im Wesentlichen denen der Bundesstraßen folgen. Im Güterverkehr zeichnen sich hier jedoch größere Unterschiede zwischen Bundesstraßen und Landstraßen ab.

## B Zusatzinformationen

### B.1 Heizwerte und Absatzmengen

Die Absatzmengen der Kraftstoffe werden in der AMS in Masseinheiten (Gramm oder Tonnen) angegeben. Da die VEdV wie auch die Berichterstattung im Inventar auf Basis der physikalischen Einheiten in Joule angegeben werden, werden die Mengen der AMS mit den Heizwerten nach Angaben der AG Energiebilanzen umgerechnet. Tabelle 66 zeigt die verwendeten Heizwerte für die Kraftstoffe in den VEdV 2020 bis 2022.

**Tabelle 66: Heizwerte für die Umrechnung der masse-bezogenen Energiemengen der AMS in physikalische Mengen (2020 bis 2022)**

	Diesel	Biodiesel	Benzin	Bioethanol	Kerosin	Flugbenzin
Heizwert in kJ/kg	42.648	37.542	42.281	26.658	42.800	43.516

Quelle: (AG Energiebilanzen 2023)

Schließlich sind die von der AMS für das Jahr 2022 angegebenen Inlandsablieferungen in Tonnen und TJ in Tabelle 67 dargestellt (siehe auch Tabelle 32 in Kapitel 2.3.6.1).

**Tabelle 67: Inlandsablieferungen der Kraftstoffe der VEdV 2022**

Inlandsablieferungen	Diesel	Biodiesel	Benzin	Bioethanol	Kerosin	Flugbenzin
Menge in t	32.245.420	2.515.562	15.810.085	1.185.924	8.951.752	4.037
Menge in TJ	1.375.203	93.685	668.466	31.614	383.135	176

Quelle: AMS, Dezember 2022 vom 28.02.2023 (BAFA o.J.)