TEXTE 00/2020

Ressortforschungsplan des Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3717 16 108 0

Klimawirksame Emissionen des deutschen Reiseverkehrs

Abschlussbericht

von

Angelika Schulz, Tobias Kuhnimhof, Claudia Nobis

DLR – Institut für Verkehrsforschung, Berlin

Bastian Chlond, Miriam Magdolen
KIT – Institut für Verkehrswesen, Karlsruhe

Fabian Bergk, Claudia Kämper, Wolfram Knörr, Jan Kräck
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg

Christian Jödden, Andreas Sauer, Martina Führer
Kantar TNS, München

Roman Frick
INFRAS, Bern

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

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

/umweltbundesamt.de
/umweltbundesamt

Durchführung der Studie:
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH
Im Weiher 10
69121 Heidelberg

Abschlussdatum:
Mai 2020

Redaktion:
Fachgebiet 1.2 Internationale Nachhaltigkeitsstrategien, Politik- und Wissenstrans-
fers
Ulrike Wachotsch

Publikationen als pdf:
http://www.umweltbundesamt.de/publikationen

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Mai 2020

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

Kurzbeschreibung: Klimawirksame Emissionen des deutschen Reiseverkehrs

Das Vorhaben hat ein konsistentes und grundsätzlich fortschreibbares Gesamtbild der Reiseverkehrsnachfrage und der klimawirksamen Emissionen des Reiseverkehrs in Deutschland geschaffen. Dabei stellen die Ergebnisse der jüngsten deutschlandweiten Befragung zur Alltagsmobilität „Mobilität in Deutschland 2017“ den Kern des Mengengerüstes dar, ergänzt insbesondere mit der Personenverkehrsrechnung aus „Verkehr in Zahlen“. Daneben ist eine auf den Reiseverkehr der Inländer abzielende Befragung im Dezember 2018 durchgeführt worden. Die Zusammenführung der verschiedenen Datenquellen zu einem konsistenten Verkehrsmengengerüst erfolgt im Rahmen eines Fusionsmodells. Auf dieses ist die Anwendung einer auf der UNWTO-Tourismus-Definition (alle Ortsveränderungen von Personen zu privaten oder beruflichen Zwecken, deren Ziele außerhalb des gewöhnlichen Umfeldes liegen) basierenden und im Rahmen des Vorhabens entwickelte Heuristik erfolgt, mittels der eine eindeutige Abgrenzung der Verkehrsmengen des Reiseverkehrs vom Nicht-Reiseverkehr möglich ist. Im Vorhaben sind zudem über verschiedene Modellierungsansätze Datenlücken bei den spezifischen Emissionen von reiseverkehrsspezifischen Verkehrsmitteln (z.B. Kreuzfahrtschiffe, Pkw mit Dachboxen) geschlossen worden. Im Ergebnis liegen Emissionsfaktoren von im Reiseverkehr gebräuchlichen Verkehrsmitteln in der Logik vom Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) und dem Transport Emission Model (TREMOD) vor. Die Verknüpfung der Emissionsfaktoren mit dem Verkehrsmengengerüst erlaubt die Berechnung der klimawirksamen Emissionen des Reiseverkehres der Inländer (Verursacherprinzip) und des Inlands (Territorialprinzip).

Abstract: Greenhouse gas emissions of the German tourism mobility

The project has created a consistent and in principle updateable picture of German tourism mobility volume and greenhouse gas emissions. For the travel mobility volume the results of the latest nationwide survey on everyday mobility ("Mobility in Germany 2017") are used. These were mostly supplemented by data from “Verkehr in Zahlen” and a survey carried out in December 2018. A model is set up to combine the various data sources into a consistent quantification of transport volume. On this transport volume model a heuristic based on the UNWTO definition of tourism (Tourism comprises the activities of persons traveling to and staying in places outside their usual environment for not more than one consecutive year for leisure, business and other purposes) is applied. Furthermore, data gaps for tourism-specific emission factors (e.g. cruise ships, passenger cars with roof boxes) have been closed. The results are emission factors for the means of transport used in travel mobility in the logic of HBEFA and TREMOD. With the tourism mobility’s transport volume and the emission factors the emissions from resident’s tourism mobility (polluter-pays principle) and domestic tourism mobility (territorial principle) are calculated.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis ... 8
Tabellenverzeichnis ... 10
Abkürzungsverzeichnis ... 12
Zusammenfassung ... 14
Abstract ... 28
1 Einleitung ... 42
1.1 Hintergrund und Ziele der Studie ... 42
1.2 Aufbau der Studie ... 42
1.3 Untersuchungsgegenstand und Bilanzgrenzen ... 43
1.4 Zusammenfassung des Vorgehens ... 44
2 Ermittlung der Emissionen ausgewählter Reiseverkehrsmittel ... 45
2.1 Methodik und Aufgabenstellung der Modelle ... 46
2.1.1 TREMOD ... 46
2.1.2 HBEFA ... 47
2.1.3 VEHMOD ... 48
2.2 Emissionsverhalten ausgewählter Reiseverkehrsmittel im Straßenverkehr ... 49
2.2.1 Methodik und Vorgehen ... 49
2.2.2 Ableitung des Personenkraftwagens ohne Zusatzausstattung ... 50
2.2.3 Bestimmung der Zusatzlasten und Verbräuche verschiedener Aufbauten und Fahrzeuge ... 51
2.2.3.1 Aufbauten und Anhänger ... 51
2.2.3.2 Wohnmobile ... 52
2.2.4 Anpassung der Verkehrssituationsanteile für verschiedene Reiseverkehrsmittel ... 53
2.2.5 Ergebnisse ... 53
2.3 Emissionsverhalten für Bahnen besonderer Bauart und Bahnen mit Dampfbetrieb ... 55
2.3.1 Bahnen besonderer Bauart ... 56
2.3.2 Dampfbetriebene Bahnen und Kleinbahnen mit touristischem Kontext ... 56
2.4 Emissionsverhalten ausgewählter bei Reisen genutzter Schiffe ... 56
2.4.1 Methodik und Vorgehen ... 59
2.4.2 Ergebnisse ... 62
2.4.3 Ergebnisvergleich für Kreuzfahrtschiffe mit den Daten der EU MRV ... 65
3 Quantifizierung der Reisemobilität in Deutschland im Verhältnis zu allen Verkehren in Deutschland ... 67

3.1 Abgrenzung der Reisemobilität im Projekt 67
3.2 Literatur- und Datenlage 69
3.3 Befragung zur Reisemobilität 78
3.3.1 Ausgewählte Kennziffern zur Reisemobilität 85
3.4 Datenfusion: Modellbildung 95
3.4.1 Kalibrierung des Fusionsmodells anhand von Referenzdaten der Verkehrsstatistik 99
3.4.2 Identifikation der Reisemobilität im Fusionsdatensatz 106
3.5 Struktur und Umfang der Reisemobilität in Deutschland: Ergebnisse und Interpretation 111
3.6 Exkurs: „Vor-Ort-Mobilität“ 116
4 Berechnung der klimawirksamen Emissionen des Reiseverkehrs 119
4.1 Umrechnung der Verkehrsleistungen in Fahrleistungen 119
4.2 Ableitung aggregierter Emissionsfaktoren 121
4.3 Ergebnisse und Interpretation 122
4.4 Exkurs: Emissionen ausgewählter Reiseereignisse 126
5 Handlungsempfehlungen 130
5.1 Verbesserung der Datenlage aus erhebungsmethodischer Sicht 130
5.2 Verbesserung der Datenlage aus inhaltlicher Sicht 136
5.3 Verbesserung der Informationsgrundlagen zur Quantifizierung der Reisemobilität und deren Fortschreibung (Aufbereitung, Fusion, Interpretation) 137
6 Quellenverzeichnis 140

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablauf der Heuristik zur Identifikation von Reisemobilität auf Tourenebene 15
Abbildung 2: Vorgehen zur Erzeugung eines kombinierten MiD-Wege-Reisedatensatzes 17
Abbildung 3: Reiseintensität nach A) Anzahl Reisen (pro Person/Jahr) und B) Personengruppen 18
Abbildung 4: Private Reisezwecke von A) Wenigreisenden und B) Vielreisenden 19
Abbildung 5: Hauptverkehrsmittel auf Reisen 20
Abbildung 6: Relative endenergiebezogene Mehrverbräuche von Reisemobilen im Straßenverkehr im Vergleich zum durchschnittlichen Pkw 22
Abbildung 7: THG-Emissionen der Reisemobilität nach Personengruppen und territorialem Bezug 25
Abbildung 8: THG-Emissionen exemplarischer Reisen bei ausgewählten 7-Tages Schiffs- bzw. Bootsreisen 26
Abbildung 9: Reisetypen im (Fern-)Reiseverkehr (Nobis / Schulz 2017) 43
Abbildung 10: Aufbau der Studie 44
Abbildung 11: Übersicht des Simulationsablaufs in VEHMOD 49
Abbildung 12: Verfahren zur Bestimmung zusätzlicher Emissionsfaktoren für Reiseverkehrsmittel im Straßenverkehr 50
Abbildung 13: Zusätzliche Widerstandskraft verschiedener Aufbauten und Anhänger in Abhängigkeit der Geschwindigkeit 52
Abbildung 14: Relative endenergiebezogene Mehrverbräuche von Reisemobilen im Straßenverkehr im Vergleich zum durchschnittlichen Pkw 54
Abbildung 15: CO_2-Emissionen internationaler Seeschiffe nach Güterart/Personen 58
Abbildung 16: Tool zur Berechnung der spezifischen Verbräuche und THG-Emissionen für Passagierschiffe und private Boote 61
Abbildung 17: Boxplot Darstellung der EU-MRV Daten zu Heavy Fuel Oil bzw. Maritime Diesel Oil-Verbräuchen und CO_2-Emissionen nach Passagierkilometer für Passagierschiffe 65
Abbildung 18: Zusammenstellung der gegenwärtigen Datenlage im Reiseverkehr in Deutschland, differenziert nach Verkehrsbereichen und Verkehrsträgern 70
Abbildung 19: Modularer Aufbau der Befragung zur Reisemobilität 82
Abbildung 20: Reiseintensität nach A) Anzahl Reisen (pro Person/Jahr) und B) Personengruppe 86
Abbildung 21: Private Reisezwecke von A) Wenigreisenden und B) Vielreisenden 88
Abbildung 22: Übliche Nutzung typischer Reiseverkehrsmittel (alle Reisenden) 91

Abbildung 23: Hauptverkehrsmittel auf Reisen (Modal Split) 92
Abbildung 24: Zusatzausrüstung von Pkw und Wohnmobilen auf Reisen 93
Abbildung 25: Vorgehen zur Erzeugung eines kombinierten MiD-Wege-Reisedatensatzes 99
Abbildung 26: Ableitung der Strukturen im Luftverkehr bezogen auf das Jahr 2017 105
Abbildung 27: Darstellung der Ebenen bei der Identifikation von Touren 108
Abbildung 28: Ablauf der Heuristik zur Identifikation von Reisemobilität auf Tourenebene 110
Abbildung 29: Emissionen im Inland (Abbildung links) und der Inländer (Abbildung rechts), differenziert nach Reise- und Nichtreisemobilität 124
Abbildung 30: Emissionen der Reisemobilität, differenziert nach Personengruppen, territorialem Bezug und Verkehrsträger 125
Abbildung 31: THG-Emissionen von Reisen mit unterschiedlichen Schiffs- und Bootklassen 127

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aufteilung der Personenverkehrsleistung in Reisemobilität und Nichtreisemobilität nach Verkehrsmitteln 21
Tabelle 2: Energieverbrauch und THG-Emissionen von Kreuzfahrtschiffen und Seefähren 23
Tabelle 3: WtW-THG-Emissionen der Reisemobilität 24
Tabelle 4 Für die Bestimmung der Emissionsfaktoren ausgewählte Reiseverkehrsmittel 45
Tabelle 5: Übersicht der in TREMOD abgebildeten Reiseverkehrsmittel 47
Tabelle 6: Emissionsfaktoren von Reiseverkehrsmitteln im Straßenverkehr inklusive Vorkette 55
Tabelle 7: Verbräuche von Reiseverkehrsmitteln im Straßenverkehr ohne Vorkette (TtW) 55
Tabelle 8: Betrachtete Klassen der Wasserfahrzeuge für die Passagier-/Personenbeförderung 57
Tabelle 9: Schiffs- und Bootsklassen mit ihrer abgeleiteten mittleren Motorleistung 62
Tabelle 10: Energieverbrauch und THG-Emissionen von Kreuzfahrtschiffen und Seefähren 63
Tabelle 11: Energieverbrauch und THG-Emissionen von Flusskreuzfahrtschiff und Tagesausflugsschiff 64
Tabelle 12: Energieverbrauch und THG-Emissionen von privaten Booten 64
Tabelle 13: Übersicht der Datenquellen und der Literatur zur Reisemobilität 71
Tabelle 14: Initiale Auswertung der MiD 2017 im Hinblick auf Mobilitätskenngrößen und summarische Verkehrsnachfragevolumina 76
Tabelle 15: Dauer der retrospektiven Berichtszeiträume für Detailerfassung einzelner Reisen 81
Tabelle 16: Überblick über Inhalt, Zielsetzung und Adressaten der Befragungsmodule 83
Tabelle 17: Befragungsinhalte der verschiedenen Screening- und Fragemodule 85
Tabelle 18: Soziodemographische Eigenschaften nach Reiseintensität der Personen[1] 87
Tabelle 19: Jährliches Reiseaufkommen nach Reiseintensität der Personen[1, 2] 88
Tabelle 20: Verkehrsmittelverfügbarkeit nach Reiseintensität der Personen[1] 89
Tabelle 21: Verkehrsmittelnutzung nach Reiseintensität der Personen[1] 90
Tabelle 22: Besetzungsgrad nach Fahrzeugtyp[1] 92
Tabelle 23: Mitgeführte Gepäckstücke je Reise nach Fahrzeugtyp[1] 94

Tabelle 24: Aufbereitung des Personendatensatzes der MiD 2017 für die Datenfusion 96
Tabelle 25: Aufbereitung des Wegedatensatz der MiD 2017 für die Datenfusion 96
Tabelle 26: Aufbereitung des Reisedatensatzes der MiD 2017 für die Datenfusion 97
Tabelle 27: Fusionsdatensatz (aus aufbereitetem Wege- und Reisedatensätzen der MiD 2017) 98
Tabelle 28: Abgeleitete Kalibrierungswerte der Flugverkehrszahlen aus Destatis (2019a) und ADV (2018) 106
Tabelle 29: Einteilung der regionalstatistischen Raumtypen (RegiostaR17) für die Identifikation der Reisemobilität 109
Tabelle 30: Aufteilung der Wege und Reisen aus dem Fusionsdatensatz in Reisemobilität und Nichtreisemobilität (ungewichtet) 110
Tabelle 31: Ausmaß der Reisemobilität bezüglich des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistung 111
Tabelle 32: Ergebnisse der Modellrechnungen – Aufteilung der Personenverkehrsleistung in Reisemobilität und Nichtreisemobilität nach Verkehrsmitteln 113
Tabelle 33: Differenzierung des Flugverkehrs in Deutschland 114
Tabelle 34: Aufteilung der Inländerverkehrsleistung des Reiseverkehrs nach Verkehrsmittel und Zweck 115
Tabelle 35: Anteil Vor-Ort-Mobilität nach Hauptverkehrsmittel der Reise und Vor-Ort-Verkehrsmittel (Bezugszeitraum: Dezember 2017 bis Dezember 2018) 117
Tabelle 36: Überblick über Besetzungsgrade in Erhebungen und Statistiken 120
Tabelle 37: Zuordnung der Reiseverkehrsmittel zu Verkehrsträgern 121
Tabelle 38: Anteil Straßenkategorien im Reiseverkehr nach Fahrzeugkategorie 122
Tabelle 39: THG-Emissionen der Reisemobilität 123
Tabelle 40: Endenergieverbrauch (Tank-to-Wheel) der Reisemobilität 123
Tabelle 41: Schiffsemissionen einer 7-Tage-Reise mit unterschiedlichen Schiffs- und Bootsklassen 126
Tabelle 42: Emissionen An- und Rückreise 7-Tage-Reise mit unterschiedlichen Schiffs- und Bootsklassen 127
Tabelle 43: Beispielrechnung der mobilitätsbedingten THG-Emissionen für unterschiedliche Badereisen 128
Tabelle 44: Übersicht der Empfehlungen zur Verbesserung der Datenlage 130

Abkürzungsverzeichnis

ADV	Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen
AIS	Automatic Identification System (Deutsch: Automatisches Identifikations-system)
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BMU	Bundesministerium für Umwelt
BRZ	Bruttoraumzahl (Maßzahl zur Bestimmung der Schiffsgröße)
C	Celsius
CUMILE	Car Usage Model Integrating Long Distance Events
DB	Deutsche Bahn AG
Destatis	Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik
dwif	Deutsches Wirtschaftswissenschaftliches Institut für Fremdenverkehre e. V.
et al.	et alii
EU	Europäische Union, European Union
EWR	Europäischer Wirtschaftsraum
FKZ	Förderkennzeichen
FLE	Fahrleistungserhebung
F.U.R.	Forschungsgemeinschaft Urlaub und Reisen e.V.
Fzgkm	Fahrzeugkilometer
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr
HFO	Heavy Fuel Oil
ifeu	Institut für Energie und Umweltforschung
IMO	International Maritime Organization
INVERMO	Projekt INVERMO (Die intermodale Vernetzung von Personenverkehrsmit-teln unter Berücksichtigung der Nutzerbedürfnisse)
KBA	Kraftfahrbundesamt
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
Km	Kilometer
MDO	Marine Diesel Oil
MiD	Mobilität in Deutschland
MIV	motorisierter Individualverkehr
MOP	Mobilitätspanel Deutschland
MRV	Measurement Reporting Verification
n	Nettostichprobengröße
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
Pers.	Person(en)
PHEM	Passenger Car and Heavy Duty Emission Model

ADV	Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen
Pkm	Personenkilometer (Einheit der Verkehrsleistung im Personenverkehr)
Pkw	Personenkraftwagen
PLZ	Postleitzahl
PTW	Personentagesgewicht
PW	Personengewicht
RA	Reiseanalyse
rbW	regelmäßiger beruflicher Weg
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
THG	Treibhausgas
TREMOD	Transport Emission Model
tkm	Tonnenkilometer (Einheit der Verkehrsleistung im Güterverkehr)
UBA	Umweltbundesamt (Deutschland)
UN	United Nations
UNWTO	United Nations World Tourism Organization
VEHMOD	Vehicle Model (Fahrzeugsimulationsmodell)
VDR	Verband Deutsches Reisemanagement e.V.
VDV	Verband deutscher Verkehrsunternehmen
ViZ	Verkehr in Zahlen

Zusammenfassung

Reiseverkehr erzeugt große Mengen klimawirksamer Emissionen, die bisher nicht vollständig erfasst werden

Reisen, sowohl von Deutschen im Inland als auch von Besuchern aus dem Ausland, haben eine erhebliche Bedeutung für die Tourismus- und Verkehrswirtschaft in Deutschland, verursachen jedoch auch große Mengen von Treibhausgasemissionen. Die in diesem Bericht dokumentierten Ergebnisse stellen dabei emissionsrelevante Aspekte der Reisemobilität dar und können somit eine Grundlage für das zielgerichtete Ausschöpfen der verkehrlichen Minderungspotenziale bilden.

Die Quantifizierung von Reiseverkehrsaufkommen und -leistung sowie der daraus resultierenden klimawirksamen Emissionen ist auf Basis vorhandener Statistiken und einschlägiger Erhebungen aus den Bereichen Verkehr und Tourismus nicht vollständig möglich. Einerseits gibt es Lücken hinsichtlich der unzureichenden Berücksichtigung tourismusspezifischer Verkehrsmittel wie zum Beispiel bei Wohnmobilen. Andererseits kommen unterschiedliche definitorische Kriterien zur Abgrenzung des Reiseverkehrs zur Anwendung. Vor diesem Hintergrund ist das Ziel des Vorhabens, ein konsistentes und fortschreibbares Gesamtbild der Reiseverkehrsnachfrage und der Emissionswirkung als Grundlagen zur Ermittlung der klimawirksamen Emissionen des Reiseverkehrs entsprechend der Definition der United Nations World Tourism Organization (UNWTO) in Deutschland zu schaffen.

Bilanzgrenzen sind gegenüber dem Alltagsverkehr, aber auch zwischen Inland und Ausland sowie Inländern und Ausländern zu ziehen

Reisen sind gemäß der Definition der UNWTO alle Ortsveränderungen von Personen zu privaten oder beruflichen Zwecken, deren Ziele außerhalb des gewöhnlichen Umfeldes liegen. Dies schließt sowohl Tagesausflüge und Tagesreisen als auch Reisen mit Übernachtungen ein. Die Dauer der Reisen kann bis zu einem Jahr umfassen, eine Mindestdauer wird nicht definiert. Ebenso wenig sieht diese Definition eine Abgrenzung anhand eines Entfernungskriteriums vor.

Um ein komplettes Abbild der Reisemobilität zu erfassen, ist die Analyse von Daten aus Mobilitätserhebungen im Alltag notwendig. Das Problem dabei ist, dass in solchen Erhebungen nicht erfasst wird, ob eine Aktivität innerhalb oder außerhalb des üblichen Umfelds einer Person stattfindet. Aus diesem Grund wird ein Konzept entwickelt, dass es ermöglicht, solche Aktivitäten außerhalb des gewohnten Umfelds einer Person auf Basis der Daten der Mobilitätsbefragungen zur Alltagsmobilität objektiv zu identifizieren. Dafür wird die Definition der Reisemobilität mit folgenden Punkten konkretisiert: Reisemobilität findet statt, bei

- allen Reiseanlässen mit Übernachtung, sofern nicht zu einem Zweitwohnsitz zugehörig,
- allen Reiseanlässen ohne Übernachtung, die als Hauptaktivität Freizeit, Urlaub, private Erledigungen oder einen geschäftlichen Anlass haben.

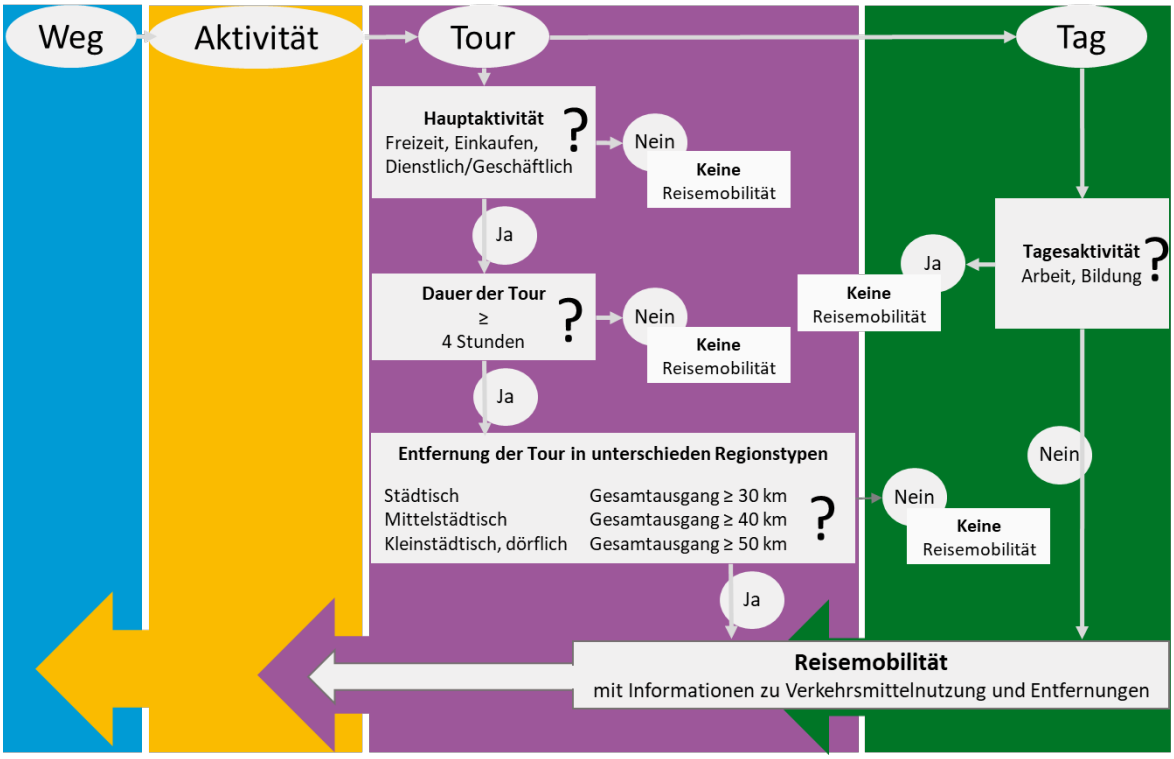
Dieser Definition folgend erfolgt die Abgrenzung der Reisemobilität dabei über der in Abbildung 1 dargestellten Heuristik, wobei

- unter einem Weg eine Ortsveränderung zur Ausübung einer bestimmten Aktivität verstanden wird,
- unter einer Aktivität der Zweck am Ziel, für den die Ortsveränderung durchgeführt wird, und

- unter einer Tour eine Abfolge von Ortsveränderungen, die sowohl zuhause beginnen als auch enden können und die jeweils einen Hauptzweck besitzen.

In Abhängigkeit vom Regionstyp des Wohnortes wurde diese Abgrenzung noch weiter variiert.

Abbildung 1: Ablauf der Heuristik zur Identifikation von Reisemobilität auf Tourenebene



Quelle: eigene Darstellung (Institut für Energie und Umweltforschung (ifeu), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Karlsruher Institut für Technologie (KIT))

Geographisch wird das Gebiet von Deutschland betrachtet (Inlandsprinzip). Demnach sind sowohl Reisen von Deutschen im Inland als auch Reisen ausländischer Touristen und Geschäftsreisender in Deutschland zu berücksichtigen. Ergänzend zur Reisemobilität im Inland wird die von Deutschland ausgehende (Fern-)Reisemobilität betrachtet, um – dem Inländerprinzip folgend – deren ökologischen Fußabdruck grob abzuschätzen und auf diese Weise eine Informationsgrundlage für umweltpolitische oder verkehrsplanerische Maßnahmen zu schaffen.

Bewertung der Nutzbarkeit von Datenquellen und Identifikation von Datenlücken zur Bestimmung der Verkehrsmengen der Reisemobilität

Die Herausforderung beim Aufstellen eines Mengengerüstes des Reiseverkehrs liegt zum einen in der Ableitung plausibler und zueinander konsistenter Nachfragezahlen angesichts verschiedener Datenlücken, zum anderen in der Identifikation widersprüchlicher Zahlen: Für einzelne Segmente der Reisemobilität besteht Informationsredundanz, die wiederum Widersprüche gerade im Hinblick auf die Volumina nach Fahrtzwecken erzeugt. Unter Berücksichtigung dieser Widersprüche erfolgt die Beurteilung und Wertung der Nutzbarkeit der jeweiligen Datenquellen für das Gesamtprojekt. Im Ergebnis der Analyse lässt sich feststellen, dass sich Reiseverhalten und Reiseverkehr der Inländer zwar weitestgehend vollständig abbilden lassen – wenn auch nicht in einer ausreichend hohen Differenziertheit und Granularität in Bezug auf eine Zuordnung der Emissionen.

Insgesamt ist der Datensatz der deutschlandweiten Befragung zur Alltagsmobilität „Mobilität in Deutschland 2017 (MiD 2017)“ grundsätzlich die umfassendste Quelle der Verkehrsnachfrage für Inländer, da dieser sowohl Aussagen zum Alltag wie auch zu Reisen erlaubt. Um aus diesem Datensatz eine vollständige und mit den weiteren Datenquellen konsistente Ableitung der Emissionen zu ermöglichen, sind zum einen Informationslücken mittels einer für den Zweck der Reisemobilität spezifischen Erhebung zu schließen, zum anderen ist der MiD-Datensatz mit Verkehrsdaten zu einem konsistenten Modell zu verschneiden (Fusionsmodell).

Zusammenführung der Datenquellen im Rahmen eines Fusionsmodells

Auch wenn die MiD prinzipiell für die Abbildung der Gesamtverkehrsnachfrage eines Jahres geeignet ist, müssen die vorliegenden Mikrodaten in geeigneter Form aufbereitet und insbesondere im Rahmen eines geeigneten Modellansatzes anhand von Referenzwerten der Verkehrsstatistik kalibriert werden. Dies ist erforderlich, da die Informationen zur Reisemobilität in der MiD einerseits mit einem auf einen einzelnen Stichtag bezogenen Wegetagebuch, andererseits mit einem retrospektiv auf einen dreimonatigen Berichtszeitraum ausgelegten Reisemodul erhoben werden.

Die mittels Reisemodul und Wegetagebuch generierten Mikrodaten liegen in zwei verschiedenen Datensätzen vor, die nicht direkt miteinander kombinierbar sind: Zum einen beziehen sie sich jeweils auf verschiedene Grundgesamtheiten (im Wegetagebuch die Gesamtbevölkerung, im Reisemodul Personen ab 14 Jahren). Zum anderen können einzelne Wege doppelt vorliegen – also sowohl im Wege- als auch im Reisedatensatz –, wenn es sich um Hin- oder Rückwege mehrtägiger Reisen handelt, die am Stichtag beginnen oder enden. Andererseits werden Tagesreisen ohne Übernachtung, die im Reisemodul explizit nicht erfasst werden, auch im Wegetagebuch nicht erfasst, wenn sie nicht am jeweiligen Stichtag stattfinden. Das in Abbildung 2 dargestellte Verfahren fusioniert die Datensätze zu einem konsistenten Modell. In das Modell fließen dabei zum einen Ergebnisse der MiD ein, zum anderen wesentliche Eckwerte der Verkehrsstatistik sowie anderer zentraler Untersuchungen zum Mobilitätsverhalten in Deutschland. Dabei bilden diese Eckwerte den Rahmen, innerhalb dessen die in den Erhebungen berichtete Mobilität plausibel und konsistent auf die Mobilitätseckwerte hin angepasst und gewichtet wird.

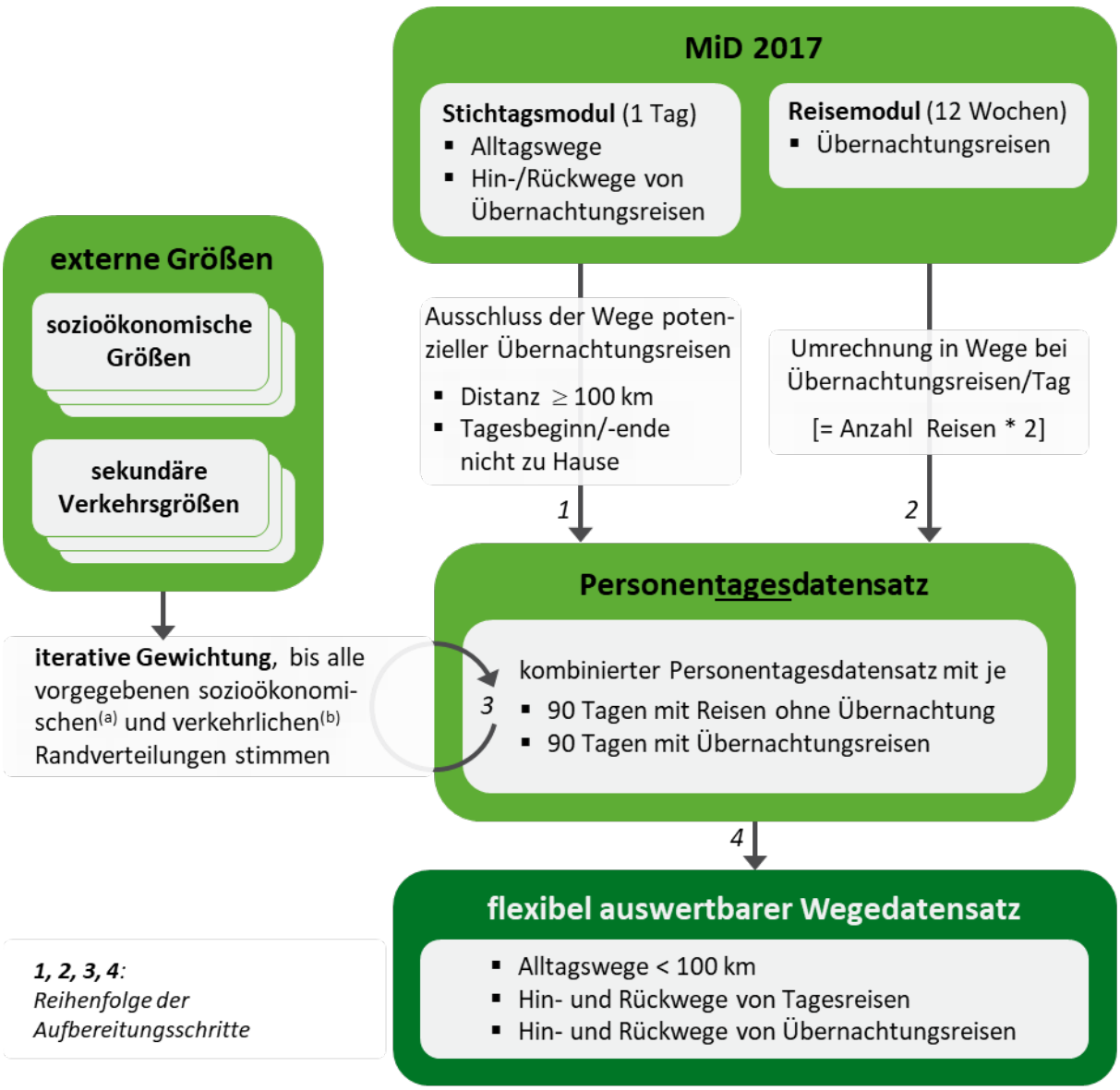
Die Erstellung dieses Modellansatzes ist in enger Abstimmung mit einem anderen Forschungsprojekt des Umweltbundesamtes („Handlungsoptionen für eine ökologische Gestaltung der Langstreckenmobilität im Personenverkehr und der Transportmittelwahl im Güterfernverkehr“, Forschungskennzahl 3717 58 102 0, Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) erfolgt. Mit dem so generierten Datensatz des Fusionsmodells steht eine universelle Quelle zur Verfügung, anhand derer eine Auswertung der Mobilität der deutschen Wohnbevölkerung

- nach Reisemobilität und Nichtreisemobilität,
- nach Mobilität im Fernverkehrsbereich und im Alltagsverkehrsbereich,
- nach Personengruppen mit unterschiedlichen soziodemographischen und sozioökonomischen Merkmalen,
- nach Verkehrsmitteln (auch in feinerer Differenzierung) und
- nach Fahrtanlässen (Arten von Reisemobilitätsereignissen)

erfolgen kann.

Eine Besonderheit stellt der Flugverkehr dar, bei dem aufgrund der umfangreichen Datenlage das auf Deutschland bezogene Flugverkehrsaufkommen ergänzt um die aus dem Ausland resultierenden Verkehre dargestellt werden kann. Dabei können Differenzierungen für unterschiedliche Nachfragegruppen (Inländerflüge im Inland, Inländerflüge ins Ausland, Incoming- sowie Transitverkehre als Umsteiger) und Reisezwecke (privat und geschäftlich) vorgenommen werden.

Abbildung 2: Vorgehen zur Erzeugung eines kombinierten MiD-Wege-Reisedatensatzes



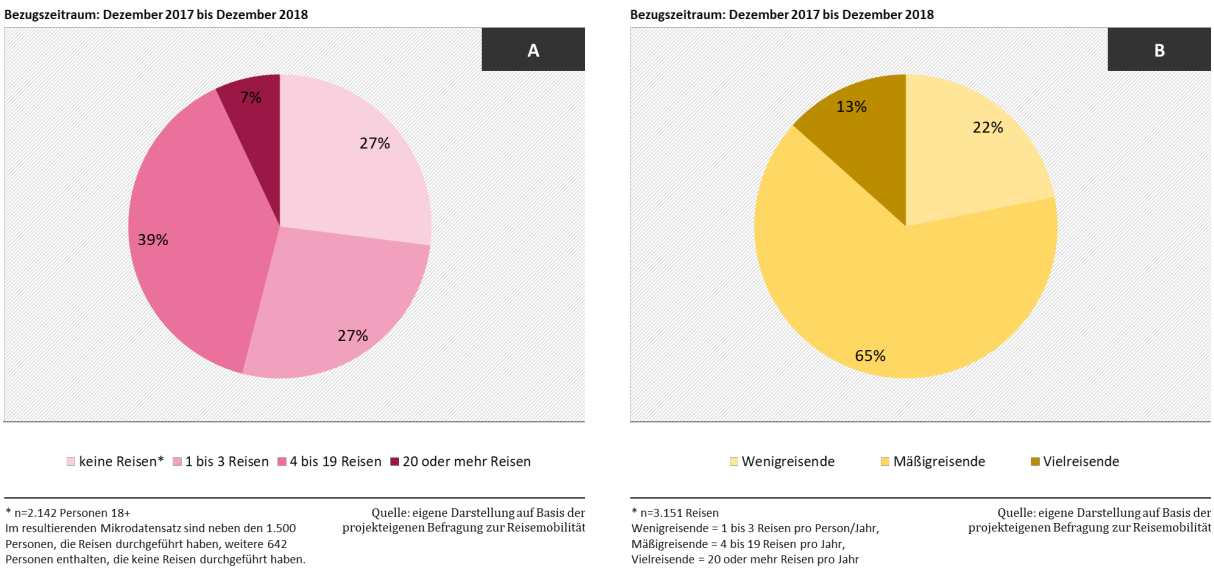
Gewichtungsmerkmale: (a) Sozioökonomie: Alter in Kombination mit Geschlecht, Haushaltsgröße in Kombination mit Pkw-Besitz, Raumtyp RegioStaR7 (BMVI 2018b), Wochentag des Stichtags, Monat des Stichtags, (b) Verkehrskenngrößen: Pkw-Fahrleistung aus ViZ-Fahrleistungsrechnung, Aufkommen und Leistung des öffentlichen Verkehrs, Aufkommen des Luftverkehrs nach Flugreisetyp (privat/dienstlich in Kombination mit Zielregionen Deutschland/Europa/Übersee)
Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

Reiseintensität, Verkehrsmittelnutzung und Charakterisierung der Reisenden erlauben einen Gesamtüberblick über verschiedene Reisetypen

Zur Gewinnung eines Gesamtüberblicks über verschiedene Reisetypen und zum Schließen von Datenlücken wurde im Dezember 2018 eine auf den Reiseverkehr der Inländer abzielende spezifische Befragung durchgeführt. Die Befragungsinhalte umfassen einerseits Reisen unterschiedlicher Dauer (Tagesreisen sowie Reisen mit Übernachtungen), andererseits Reisen unterschiedlicher Anlässe (private sowie Dienst-/Geschäftsreisen). Die Stichprobe der Befragung ist insgesamt repräsentativ für die deutsche Bevölkerung und ausgerichtet auf Personen, die im Berichtsjahr mindestens eine Reise durchgeführt haben. Gleichwohl sind infolge detaillierter Fragen und Antwortspektren zum Teil geringe Fallzahlen zu verzeichnen, mit entsprechender Vorsicht sind deshalb die resultierenden Kennzahlen zu interpretieren. Ausgewählte Ergebnisse sind:

- *Reiseintensität*: Mehr als die Hälfte der Reisenden führen gar keine oder maximal 3 Reisen im Jahr durch, auf sie entfallen 22 % der berichteten Reisen. Demgegenüber sind nur 7 % der Reisenden 20 Mal oder häufiger unterwegs, sie sind für immerhin 13 % der berichteten Reisen verantwortlich. Knapp zwei Drittel der berichteten Reisen werden von 39 % der Bevölkerung durchgeführt.

Abbildung 3: Reiseintensität nach A) Anzahl Reisen (pro Person/Jahr) und B) Personengruppen



* n=2.142 Personen 18+
Im resultierenden Mikrodatensatz sind neben den 1.500 Personen, die Reisen durchgeführt haben, weitere 642 Personen enthalten, die keine Reisen durchgeführt haben.

Quelle: eigene Darstellung auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität

* n=3.151 Reisen
Wenigreisende = 1 bis 3 Reisen pro Person/Jahr,
Mäßigreisende = 4 bis 19 Reisen pro Jahr,
Vielreisende = 20 oder mehr Reisen pro Jahr

Quelle: eigene Darstellung auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität

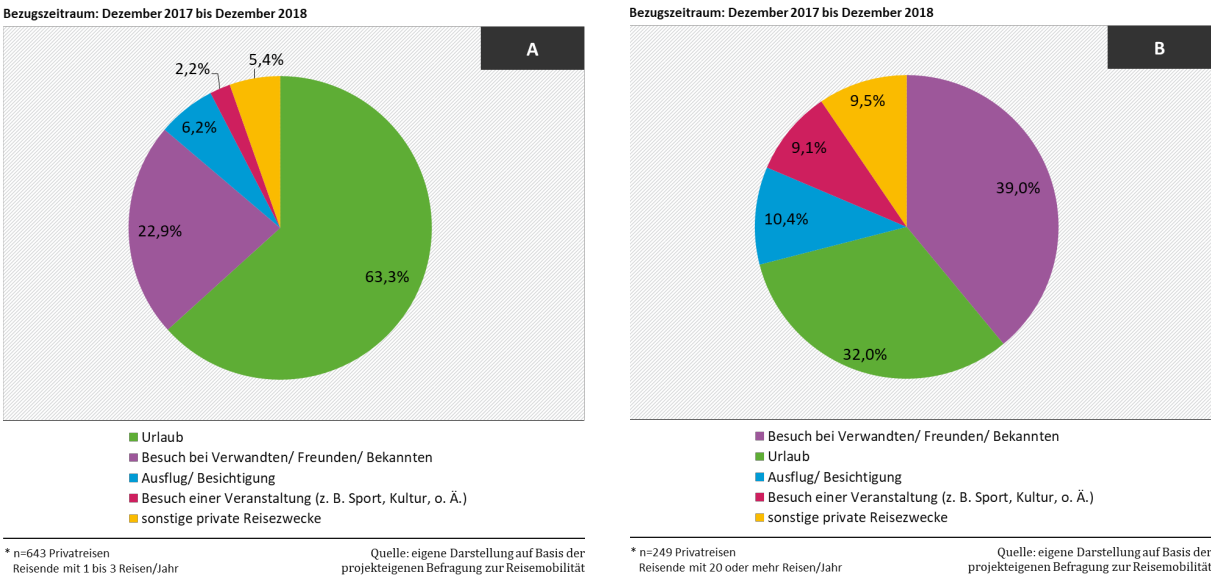
Die beobachteten Unterschiede in der Reiseintensität rechtfertigen dabei nicht die die Vernachlässigung der Wenigreisenden bei der Quantifizierung und Charakterisierung der Reisemobilität.

- *Charakteristik von Viel- gegenüber Wenigreisenden:* Vielreisende sind eher jüngere Männer, leben in größeren Mehrpersonenhaushalten, sind besser ausgebildet und eher berufstätig beziehungsweise studieren und verfügen eher über ein höheres Einkommen. Zudem leben sie eher in Haushalten, die über einen Zweitwohnsitz verfügen.

- *Reisezwecke*: Während knapp zwei Drittel der Reisen von Wenigreisenden Urlaubsreisen sind, ist dies bei Vielreisenden nur zu einem Drittel der Fall. Hier entfällt ein deutlich größerer Anteil auf Besuche von Verwandten, Freunden, Bekannten (39 %) (Abbildung 4). Dem

vergleichsweise hohen Anteil von Besuchen Vielreisender entspricht eine höhere Anzahl von Zweitwohnsitzen bei Lebenspartnern (6,4 % der Vielreisenden, 2,8 % der Wenigreisenden) oder Familienangehörigen (7,7 % der Vielreisenden, aber nur 1,4 % der Wenigreisenden). Geschäftliche Reisen dienen zu mehr als 55 % dem direkten Besuch von Kunden oder Partnern oder zur dortigen Erbringung beruflicher Leistungen.

Abbildung 4: Private Reisezwecke von A) Wenigreisenden und B) Vielreisenden



* n=643 Privatreisen
Reisende mit 1 bis 3 Reisen/Jahr

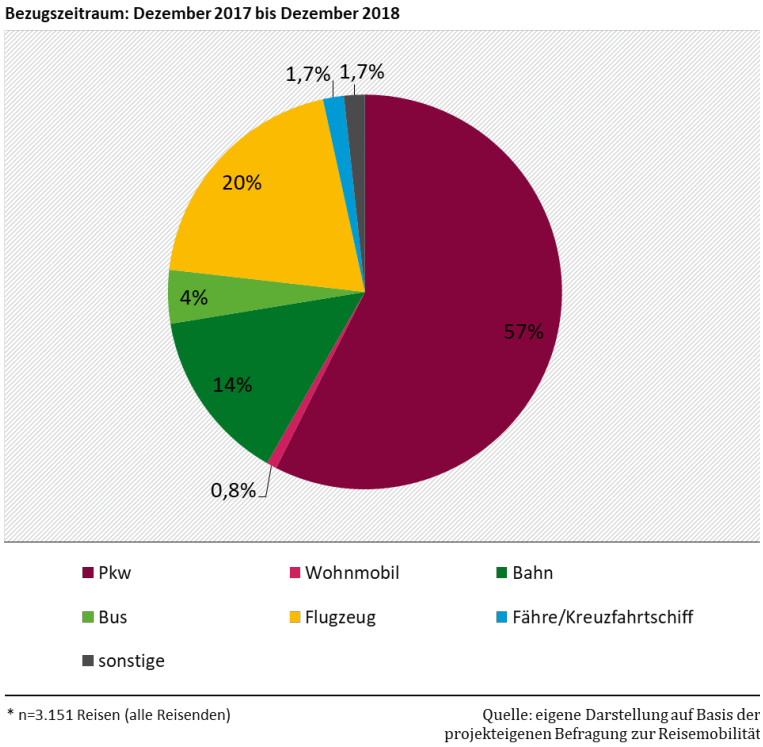
Quelle: eigene Darstellung auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität

* n=249 Privatreisen
Reisende mit 20 oder mehr Reisen/Jahr

Quelle: eigene Darstellung auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität

- *Verkehrsmittelnutzung der Reisenden:* Mehr als die Hälfte der berichteten Reisen wird mit dem Pkw durchgeführt, der Anteil der Wohnmobil-Reisen liegt unter einem Prozent (Abbildung 5). Während Flugreisen knapp 20 % ausmachen, fallen insbesondere im Urlaub genutzte Verkehrsmittel wie Kreuzfahrtschiffe kaum ins Gewicht. Die Pkw-Besetzungsgrade im Reiseverkehr sind im Durchschnitt deutlich höher als in der Alltagsmobilität, jedoch werden häufiger (7 %) Fahrzeugzusatzausstattungen wie Dachboxen, Dach- oder Heckgepäckträger genutzt, die zu höheren Verbräuchen führen.

Abbildung 5: Hauptverkehrsmittel auf Reisen



* n=3.151 Reisen (alle Reisenden)

Quelle: eigene Darstellung auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität

Die Reisemobilität entspricht ungefähr der Hälfte der gesamten Mobilität der Inländer

Aus dem Fusionsmodell können folgende Ergebnisse abgeleitet werden (siehe Tabelle 1):

- Der Eckwert der Inländerverkehrsleistung beträgt 1.517,8 Milliarden Personenkilometer (50,5 Personenkilometer je Person und Tag).
  - Bezogen auf die Gesamtverkehrsleistung macht die Reisemobilität einen Anteil von 767,0 Milliarden Personenkilometer (50,5 % der Gesamtverkehrsleistung) aus. Hiervon finden 29,9 % der Personenverkehrsleistung des Reiseverkehrs im Inland und 20,7 % im Ausland statt, wobei der größte Anteil auf den Flugverkehr entfällt (als Verkehrsleistung von Inländern im Ausland).
  - Entsprechend der gewählten Abgrenzungen entfallen 49,5 % der Verkehrsleistung auf die Nichtreisemobilität.
- Verkehrsleistungen nicht gebietsansässiger Personen im Inland werden definitorisch der Reisemobilität zugewiesen und lassen sich für den motorisierten Individualverkehr (4,6 % der MIV-Gesamtverkehrsleistung) und den öffentlichen Verkehr (5,0 % ÖV-Gesamtverkehrsleistung) bestimmen. Eine Ausweisung von grenzüberschreitenden Pendelwegen ist mit den gegebenen Datenquellen nicht möglich.
- Weiterhin lassen sich aus dem Fusionsmodell die Wegezwecke unterscheiden. Die Verkehrsleistung der Reisemobilität im Inland wird zu 83,3 % durch private Wege- beziehungsweise

Reisezwecke und zu 16,7 % durch geschäftliche Zwecke bestimmt. Wird nur die Inlandsverkehrsleistung der Reisemobilität im Zuge von Flugreisen betrachtet, werden dagegen 60,3 % für geschäftliche Aktivitäten zurückgelegt.

Tabelle 1: Aufteilung der Personenverkehrsleistung in Reisemobilität und Nichtreisemobilität nach Verkehrsmitteln

Verkehrsleistung der Inländer nach Anlass [Milliarden Personenkilometer (Mrd. Pkm)]	**Zu Fuß** [Mrd. Pkm bzw. %]	**Fahrrad** [Mrd. Pkm bzw. %]	**MIV**[2] [Mrd. Pkm bzw. %]	**ÖV**[2] [Mrd. Pkm bzw. %]	**Flugzeug** [Mrd. Pkm bzw. %]	**Schiff** [Mrd. Pkm bzw. %]	**Sonstiges/ k. A.** [Mrd. Pkm bzw. %]
Reisemobilität: **767,0**	**3,2** **8,8 %**	**6,5** **15,2 %**	**369,8** **39,6 %**	**74,0** **42,5 %**	**289,7** **99,7 %**	**14,2** **98,2 %**	**9,6** **36,8 %**
– im Inland: 453,5	3,2 8,8 %	5,5 12,9 %	343,5 36,8 %	66,4 38,1 %	21,7 7,5 %	4,0 27,4 %	9,2 35,4 %
– im Ausland: 313,5	– –	1,0 2,3 %	26,4 2,8 %	7,6 4,3 %	268,0 92,2 %	10,3 70,8 %	0,4 1,4 %
Nichtreisemobilität 750,8	32,7 91,2 %	36,3 84,8 %	563,8 60,4 %	100,2 57,5 %	1,0 0,3 %	0,3 1,8 %	16,5 63,2 %
Summe Mobilität: **1.517,8**	**35,8** **100 %**	**42,8** **100 %**	**933,7** **100 %**	**174,2** **100 %**	**290,7** **100 %**	**14,5** **100 %**	**26,1** **100 %**
Reisemobilität Nichtgebietsansässiger im Inland	**–** **–**	**–** **–**	**43,5** **–**	**8,7** **–**	**–** **–**	**–** **–**	**–** **–**
Summe Verkehrsleistung im Inland	**–** [3] **–**	**42,8** [4] **–**	**950,4** **–**	**175,3** **–**	**–** [3] **–**	**–** [3] **–**	**–** [3] **–**

[1] Bezugsjahr 2017

[2] MIV = motorisierter Individualverkehr, ÖV = Öffentlicher Verkehr

[3] Eine Bestimmung der Gesamtverkehrsleistung von Inländern und Nichtgebietsansässigen im Inland ist aufgrund der beschriebenen Abgrenzungsprobleme sowie der fehlenden Datengrundlagen nicht möglich.

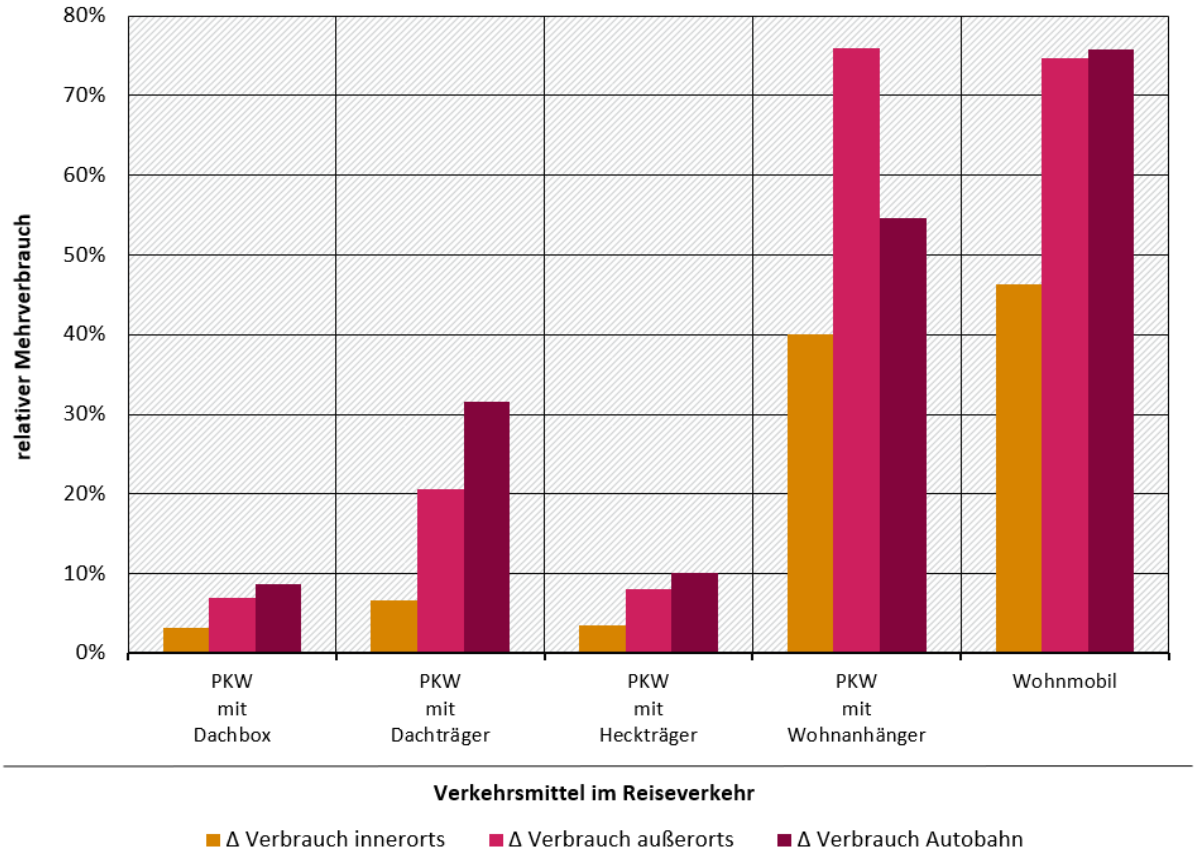
[4] Annahme: Kompensation der Inländerverkehrsleistung im Ausland und der Inlandsverkehrsleistung durch Nichtgebietsansässige.

Quelle: eigene Berechnung auf Basis des Fusionsmodells (ifeu/ DLR/ KIT)

Reisetypische Zusatzausstattungen beim Pkw verursachen einen deutlichen Mehrverbrauch

Prinzipiell können im Kontext von Reisen alle Verkehrsmittel genutzt werden, typische Fernverkehrsmittel (zum Beispiel Flugzeug, Fernbahn und -busse) sowie tourismusspezifische Verkehrsmittel (zum Beispiel Wohnmobile) werden im Reiseverkehr vermehrt genutzt und erhalten dadurch eine besondere Gewichtung. Insbesondere sind die Emissionen der im Reiseverkehr eingesetzten Straßenverkehrsmittel relevant, da deren Nutzung und damit deren Emissionen im Reiseverkehr von dem bisher in den Modellen abgebildeten durchschnittlichen Nutzungsverhalten abweichen. Für Wohnmobile und Pkw mit Zusatzausstattungen (Wohnanhänger, Dachgepäckbox, Heck- und Dachträger für Fahrräder) werden mittels VEHMOD die Zusatzverbräuche analog der Methodik von HBEFA und TREMOD bestimmt. Diese sind im Vergleich zum Pkw ohne Zusatzausstattung je nach Straßenkategorie in Abbildung 6 dargestellt.

Abbildung 6: Relative endenergiebezogene Mehrverbräuche von Reisemobilen im Straßenverkehr im Vergleich zum durchschnittlichen Pkw



Quelle: eigene Berechnung auf Basis von VEHMOD/ HBEFA, Bezugsjahr (ifeu/ DLR/ KIT)

Pkw mit Dachgepäckbox und Fahrrad-Heckträgern verzeichnen auf allen Straßenkategorien mit Werten zwischen 3 % und 9 % die geringsten Zusatzverbräuche unter den Zusatzausstattungen. Im Falle der Fahrrad-Dachträger liegen die Bandbreiten des Mehrverbrauchs zwischen 7 % innerorts und 32 % auf der Autobahn. Die hohen Zusatzverbräuche resultieren aus den im Vergleich höheren aerodynamischen Widerständen bei typischer Autobahngeschwindigkeit. Gespanne mit Wohnanhänger verbrauchen innerorts 40 %, außerorts 76 % und auf der Autobahn – unter Beachtung der Geschwindigkeitsrestriktionen von 100 km/h - 55 % mehr Energie als ein Pkw ohne Zusatzausstattungen. Bei Wohnanhängern sind sowohl die aerodynamischen als auch die aus dem höheren Gewicht resultierenden Widerstände Treiber für die höheren Verbräuche, die jedoch zumindest teilweise durch die geringeren Fahrgeschwindigkeiten wieder kompensiert werden.

Schiffe haben im Personenverkehr extrem hohe spezifische Emissionen

Weiterer Schwerpunkt der Betrachtung spezifischer Emissionen sind Schiffe**.** Die Berechnung der spezifischen Verbräuche und THG-Emissionen folgt der Methodik von TREMOD MM, angepasst um ein Modul zur Umrechnung der Emissionen pro Schiff und Zeit (Betriebsstunde) in Emissionen pro Person und Distanz (Personenkilometer). Zentral für die Emissionen je Personenkilometer sind die angenommene Auslastungsgrade, die differenziert nach Schiffsgröße bestimmt sind. Für Kreuzfahrtschiffe mit ihrem hohen Anteil an Crew (Mittelwert des Crewanteils in der betrachteten Stichprobe ist 27 %) ist relevant, dass für die ermittelten Emissionsfaktoren je Personenkilometer nur die Personenkilometer der Passagiere zählen.

In Tabelle 2 sind der Energieverbrauch und die Emissionsfaktoren der Schiffe dargestellt. Bei den Seeschiffen haben Kreuzfahrtschiffe die höchsten Emissionen, auch Flusskreuzfahrtschiffe befinden sich in einer ähnlichen Größenordnung. Hier sind die Emissionen und der Energieverbrauch der Hotelinfrastruktur mit enthalten. Auch die spezifischen Emissionen der Seefähren sind durch die geringen Auslastungsgrade von 50 % bei reinen Personenfähren und 35 % bei RoPax Fähren im Vergleich mit Landverkehrsmitteln relativ hoch (VTT Technical Research Centre of Finland 2017). Motor-, Sport- und Hausboote haben durch die geringe Motoreneffizienz und einem Besetzungsgrad von 2,5 Personen je Boot nochmals höhere spezifische Emissionen.

Tabelle 2: Energieverbrauch und THG-Emissionen von Kreuzfahrtschiffen und Seefähren

Größenklasse	Verbrauch pro Pkm [MJ]	THG-Emissionen/Pkm* [kg CO_2-Äq.]
Kreuzfahrtschiff	5,0	0,43
Seefähre nur Passagierbeförderung (Pax)	1,7	0,14
Seefähre Passagier- und Kfz-Beförderung (RoPax)	3,0	0,28
Flusskreuzfahrtschiff	5,0	0,45
Tagesausflugsschiff	2,5	0,22
Motor- und Sportboot	7,8	0,67
Hausboot	7,4	0,64
Segelboot	0,9	0,06

* eigene Annahme auf Basis von TREMOD MM und (VTT Technical Research Centre of Finland 2017). (ifeu/ DLR/ KIT)
THG-Emissionen setzten sich aus den direkten Emissionen und den Emissionen der Vorkette zu Energiebereitstellung zusammen (Well-to-Wheel).

Emissionen der Reisemobilität werden zur Hälfte im Ausland ausgestoßen

Die vorgenommene Differenzierung zwischen Reise- und Nichtreisemobilität und die Ermittlung der spezifischen Emissionen von Reiseverkehrsmitteln erlaubt es – entsprechend der bekannten Merkmale der jeweiligen Touren und dabei insbesondere der dabei genutzten Verkehrsmittel – die jeweils relevanten klimawirksamen Emissionen zu berechnen. Dabei wird eine Durchschnittsbetrachtung der Emissionen durchgeführt, das heißt, die Emissionsfaktoren werden abgeleitet, indem für das jeweilige Nutzungsmuster die gesamten Emissionen der Inländer durch die gesamte Nutzung der Inländer geteilt wird. Dabei ist für die THG-Emissionen die Abgrenzung inklusive der energetischen Vorkette (Well-to-Wheel (WtW)) und beim Energieverbrauch exklusive Vorkette (Tank-to-Wheel (TtW), Endenergieverbrauch) dargestellt. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Berechnung dargestellt:

Tabelle 3: WtW-THG-Emissionen der Reisemobilität

Emissionen der Inländer nach Anlass [Millionen Tonnen CO2-Äquivalente (Mio. t CO_2äq)]	MIV	ÖV	Flugzeug	Schiff
	[Millionen Tonnen CO2-Äquivalente (Mio. t CO_2äq)]			
	[%]			
Reisemobilität:	**45,1**	**3,3**	**57,0**	**5,6**
111,0	**40,6 %**	**3,0 %**	**51,3 %**	**5,1 %**
– im Inland:	41,7	3,0	5,0	1,6
51,2	81,5 %	5,8 %	9,7 %	3,0 %
– im Ausland:	3,4	0,3	52,0	4,1
59,8	5,7 %	0,6 %	86,9 %	6,8 %
Nichtreisemobilität	93,8	5,8	0,2	0,1
100,0	93,9 %	5,8 %	0,2 %	0,1 %
Summe Mobilität:	**138,9**	**9,1**	**57,2**	**5,7**
210,9	**65,9 %**	**4,3 %**	**27,1 %**	**2,7 %**
Reisemobilität Nichtgebietsansässiger im Inland	**5,3**	**0,4**	**–**	**–**
	–	**–**	**–**	**–**
Summe Emissionen im Inland (TREMOD)	**140,8**	**9,2**	Inland + abgehende Flüge bis zur ersten Zwischenlandung	**–**
			45,9	

* Im ÖV sind die Verkehrsmittel Reise-, Fernlinien-, Linienbus, Straßen-, Stadt-, U-Bahn und Eisenbahnen im Fern- und Regionalverkehr enthalten.

Quelle: Eigene Berechnungen (ifeu/ DLR/ KIT). Alle Angaben beziehen sich auf das Jahr 2017. Aufgrund von Rundungen entsprechen Zeilen- bzw. Zeilensummen nicht immer den Einzelwerten.

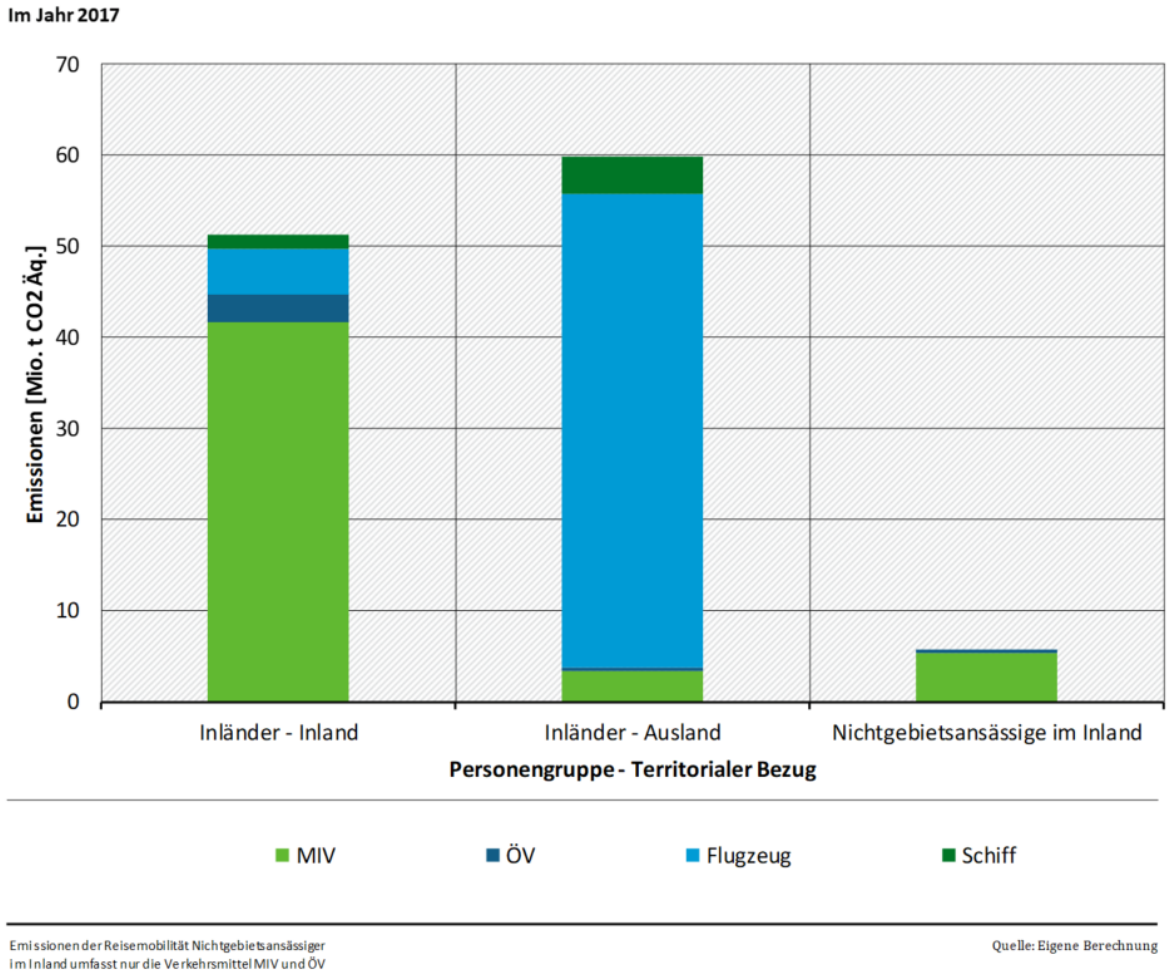
Die folgenden Ergebnisse sind hervorzuheben:

- Die Emissionen der Reisemobilität der Inländer sind etwas über denen der Nichtreisemobilität, dabei werden 53,9 % der Emissionen des Reiseverkehrs im Ausland emittiert und tauchen folglich in der deutschen Inlandsbilanz wie z. B. der Inventarberichterstattung nicht auf.

- Der MIV dominiert mit 81,5 % im Reiseverkehr und mit 93,9 % im Nichtreiseverkehr die Emissionen im Personenverkehr des Inlands. Dabei sind die spezifischen MIV-Emissionen mit 121 g CO_2-Äq./Pkm im Reiseverkehr trotz der berechneten Mehrverbräuche durch Zusatzausstattungen niedriger als im Nichtreiseverkehr mit 148 g CO_2-Äq./Pkm. Dies resultiert zum einen aus dem geringen Anteil von Innerortsfahrten im Reiseverkehr, zum anderen aus dem um 17 % höheren Besetzungsgrad gegenüber dem Inlands-Durchschnitt.

- Der Auslandsreiseverkehr der Deutschen wird durch den Luftverkehr bestimmt (siehe Abbildung 7), der auch für 27 % der mobilitätsbedingten Inländeremissionen verantwortlich ist. Bezogen auf die Reisemobilität verursacht er sogar 51,3 % der Emissionen. Verglichen mit der bisher in TREMOD enthaltenen Abgrenzung von Inlandsflügen plus abgehende Flüge bis zur ersten Zwischenlandung entspricht dies einem Plus von 11,3 Millionen t CO_2-Äq.

Abbildung 7: THG-Emissionen der Reisemobilität nach Personengruppen und territorialem Bezug



Emissionen der Reisemobilität Nichtgebietsansässiger im Inland umfasst nur die Verkehrsmittel MIV und ÖV

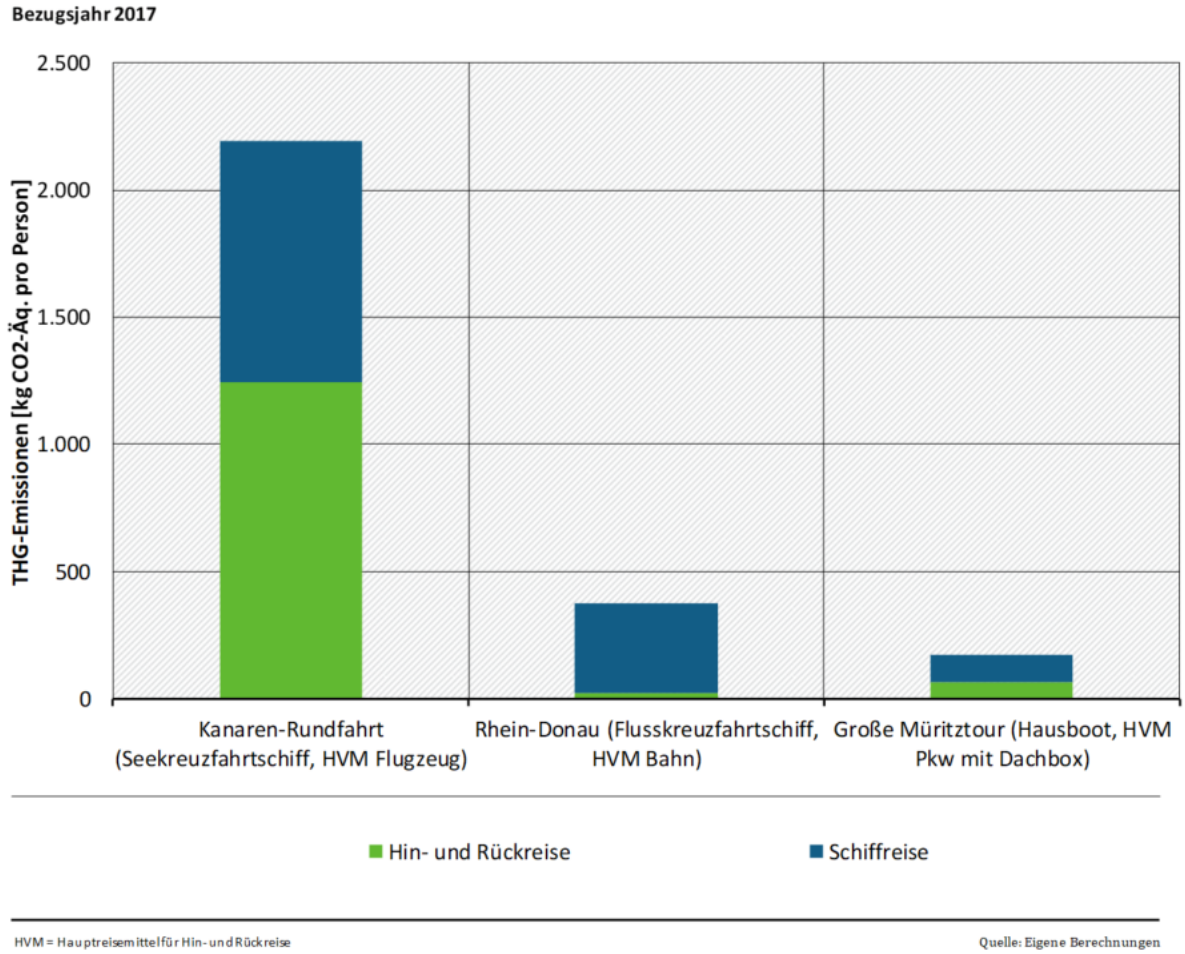
Quelle: Eigene Berechnung

- Die spezifischen THG-Emissionen (CO_2-Äquivalente je Verkehrsleistung) von Reise- und Nichtreisemobilität ähneln sich stark, jedoch ist der spezifische Endenergieverbrauch im Reiseverkehr deutlich niedriger als im Nichtreiseverkehr. Dieser Effekt wird insbesondere durch den Luftverkehr verursacht, der zwar im internationalen Verkehr relativ energieeffizient ist, jedoch durch die Verbrennung in großer Höhe eine hohe Klimawirkung verursacht.
- Emissionen der Schifffahrt fallen beinahe ausschließlich im Reiseverkehr an, insbesondere durch Kreuzfahrtschiffe im Ausland. Im Reiseverkehr der Deutschen im Ausland haben sie dabei einen Anteil von knapp 6,8 % beziehungsweise 4,1 Millionen t CO_2-Äq.

Reisedistanz beeinflusst die Emissionen einer Reise massiv, aber insbesondere bei Kreuzfahrten spielen auch die Emissionen vor Ort eine bedeutende Rolle

Auch wenn die Emissionen der Passagierschifffahrt gegenüber der Güterschifffahrt nur einen Bruchteil ausmachen, gewinnen diese zunehmend an Bedeutung, da der Kreuzfahrt-Tourismus auf Binnen- und internationalen Gewässern ein schnell wachsendes Marktsegment ist. Das Reisen mit Kreuzfahrtschiffen boomt seit Jahren und wächst schneller als jedes andere Marktsegment im weltweiten Tourismus. Um die Auswirkungen dieses Trends exemplarisch abzubilden, ist folgend in Abbildung 8 ein beispielhafter Vergleich einiger Schiffsreisetypen abgebildet.

Abbildung 8: THG-Emissionen exemplarischer Reisen bei ausgewählten 7-Tages Schiffs- bzw. Bootsreisen



Die Emissionen der Kreuzfahrt sind um eine Größenordnung höher als die dargestellten Alternativen. Insbesondere die durch die Anreise mit dem Flugzeug möglichen großen Entfernungen auch bei kürzeren Reisedauern beeinflussen die Reiseemissionen massiv, aber auch die Emissionsintensität der Hochseekreuzfahrtschiffe hat einen deutlichen Einfluss auf die Gesamtemissionen der Reise. Neben der Regionalität haben dabei insbesondere die üblichen Tagesfahrweiten der Schiffe einen hohen Einfluss: Diese sind bei Flusskreuzfahrten aber insbesondere bei Hausboottouren deutlich niedriger als bei den Hochseekreuzfahrten.

Der Vorteil der Regionalität und der niedrigeren Tagesfahrweiten der Hausboottour überwiegen dabei den Nachteil einer Anreise mit dem Pkw. Beim Vergleich mit anderen Reisearten ist zu beachten, dass ein Teil der Emissionen auf die zusätzliche Wohnfunktion der Schiffe zurückzuführen ist.

Eine umfassende Erhebung zur Reisemobilität wird aufgrund der zunehmenden Emissionsrelevanz empfohlen

Hinsichtlich der Fortschreibung der Situationsbeschreibung, die hier auf Grundlage von Verkehrsstatistiken und Mobilitätsbeschreibungen des Jahres 2017 vorgenommen ist, sind die nachfolgend aufgeführten Sachverhalte zu berücksichtigen:

- Die Mobilität im Alltag ist in den zurückliegenden Jahren weitestgehend stabil (Kompensation der Wirkungen einer zunehmenden Urbanisierung versus einer Mobilisierung älterer

Personenkreise vor allem durch die Pkw-Sozialisierung und einer Zunahme von Pendelweiten durch eine zunehmende Spezialisierung/differenzierte Ausbildungsprofile)

- Das Wachstum in der Verkehrsleistung findet daher – unter Berücksichtigung der Stabilität im Bereich des Alltags – vorrangig im Bereich der Reisemobilität statt

Eine Fortschreibung des Ergebnisses der vorliegenden Studie kann damit auf der Grundlage der amtlichen Statistiken sowie auch der die Mobilitätserhebungen zusammenfassenden regelmäßigen Personenverkehrsrechnung „Verkehr in Zahlen“ erfolgen. Eine weitere Quelle von Relevanz – gerade wegen des großen Anteils der nicht aus dem Inländerverkehr resultierenden Volumina – bieten die Veröffentlichungen der ADV (Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen). Daraus lassen sich die Veränderungen in der Nachfrage ableiten, sowohl hinsichtlich der Reisenden als auch hinsichtlich der Reisebeziehungen.

Die Qualität der Daten, auf deren Grundlage Umfang und Struktur der Reisemobilität ermittelt werden können, ließe sich auf verschiedenen Ebenen verbessern, zum einen in erhebungsmethodischer Hinsicht, zum anderen hinsichtlich inhaltlich näher zu untersuchender Teilaspekte. Dazu wird vorgeschlagen:

- Implementierung und Durchführung einer dezidierten Erhebung zur (Fern-)Reisemobilität, in der unter anderem saisonal auftretende Reiseereignisse oder spezifische Besetzungsgrade besser erfasst werden können
- Erhebung zur Bestimmung der Determinanten der Fern- und Reisemobilität sowie zur Ermittlung von Vermeidungspotenzialen im Zusammenhang mit der Reisemobilität
- Anpassung der MiD zwecks besserer Abbildung der Reisemobilität (unter anderem separate Erfassung einschlägiger Wege-/Reisezwecke, Erfassung der Reisen von Kindern, Verzicht auf Kappung maximaler Wegelängen)
- Weiterentwicklung der konzeptionellen Abgrenzung von Alltags- und Reisemobilität, insbesondere Operationalisierung des Begriffs „übliche Umgebung“ im Hinblick auf deren Berücksichtigung im Rahmen von Mobilitätserhebungen
- Entwicklung und Ableitung von Allokationsmethoden und Standardfaktoren zur Aufteilung der Emissionen von Kreuzfahrtschiffen bzw. Wohnmobilen auf die Transport- und Wohnbeziehungsweise Freizeitfunktion
- Verbesserung der Datenbasis (zum Beispiel Altersstruktur, Betriebsstunden, Lastprofile) und Weiterentwicklung von TREMOD zur Verbrauchsmodellierung von Schiffen.

Abstract

Travel generates large amounts of greenhouse gas emissions that have not yet been fully recorded

Tourism mobility, both by Germans and by visitors from abroad, is of considerable importance for the tourism and transport industry in Germany, but also causes large amounts of greenhouse gas emissions. The results documented in this report represent emission-relevant aspects of tourism mobility and can thus form a basis for the targeted exploitation of the potential for reducing traffic.

The quantification of travel volume as well as the resulting climate-impacting emissions is not fully possible on the basis of existing statistics and surveys from the transport and tourism sectors. On the one hand, there are gaps with regard to tourism-specific means of transport, such as motorhomes. On the other hand - depending on the intention of the respective statistics or empirical research - very different criteria are used to define tourism mobility: These usually refer either to specific travel purposes, to the number of overnight stays in the context of a trip or to the distances travelled. Against this background, the aim of the project is to create a consistent and updateable picture of the German tourism mobility's transport demand and emissions according to the definition of the United Nations World Tourism Organization (UNWTO).

To operationalize the UNWTO tourism definition with regard to transport volumes, limits are to be drawn in relation to everyday mobility, inland and abroad transport and between residents and non-residents

According to the UNWTO definition, tourism is any movement of persons for private or professional purposes whose destinations lie outside their usual environment. This includes day trips as well as trips with overnight stays. Trips can last up to one year, but no minimum duration is defined. In addition, the definition isn't providing a distance criterion.

In order to obtain a complete picture of tourism mobility, it is necessary to analyse data from everyday mobility surveys. The problem is that such surveys do not record whether an activity takes place within or outside a person's everyday environment. For this reason, a concept is developed that makes it possible to objectively identify such activities outside a person's everyday environment on the basis of data from mobility surveys on everyday mobility. For this purpose, the definition of tourism mobility is concretised with the following points: Tourism mobility takes place, with

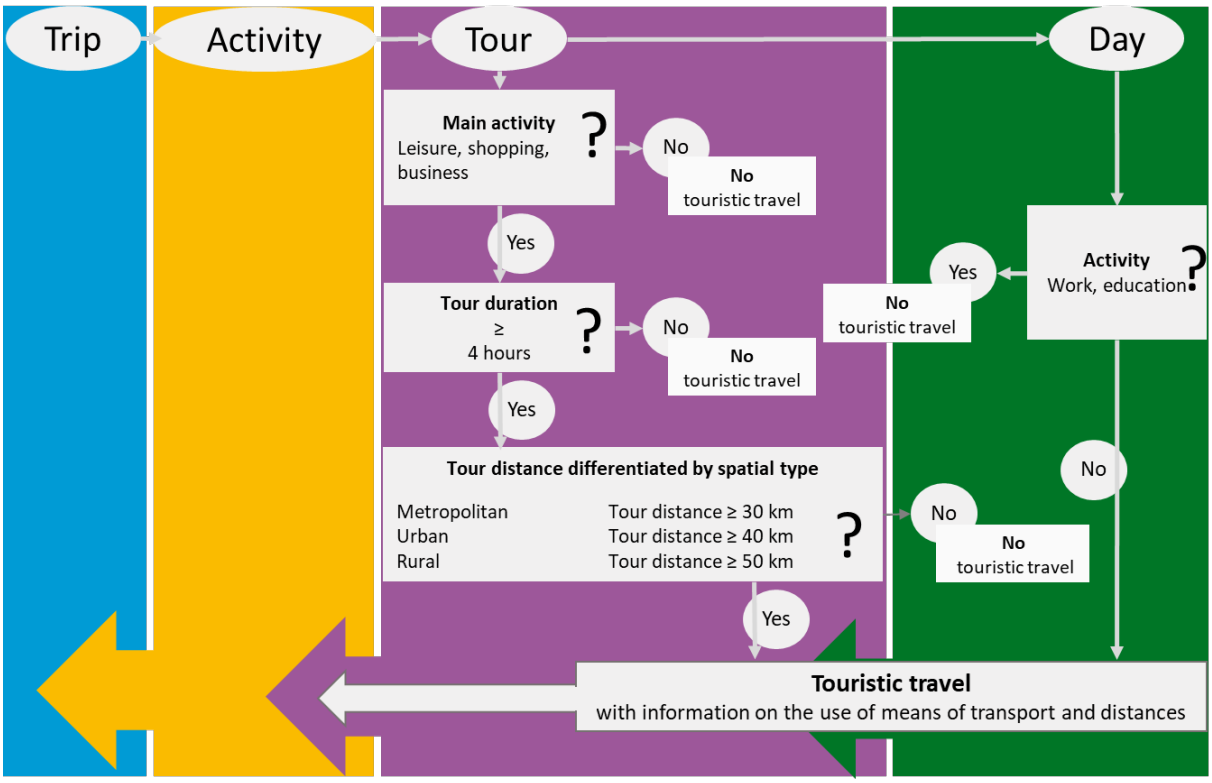
- all travel occasions with overnight stay, unless belonging to a secondary residence,
- all travel occasions without overnight stays, which have as their main activity leisure, holidays, private errands or a business event.

Following these criteria, the definition of tourism mobility is operationalized by the heuristic shown in Figure 1, where

- a way is understood to be a change of place to carry out a certain activity,
- an activity has a purpose at the destination for which the change of location is carried out, and
- a tour is a sequence of changes of location, which can start or end at home and each of which has a main purpose.

Depending on the region type of the place of residence, this process was further varied.

Figure 1: Identification process for tourism mobility at a tour level



Source: own illustration (ifeu/ DLR/ KIT)

Geographically, the territory of Germany is considered (territorial principle). According to this principle, both domestic trips by Germans and trips by foreign tourists and business travellers in Germany are taken into account. In addition to the domestic tourism mobility, abroad travel of German residents is considered. Due to this, a rough estimate of the ecological footprint of the complete resident's tourism mobility can be calculated. This is creating an important information basis for environmental policy or transport planning measures.

Data gaps and sources for determining tourism mobility's traffic volumes

The challenge in quantifying tourism mobility lies on the one hand in deriving transport demand figures in the view of various data gaps, and on the other hand in dealing with contradictory figures. Taking these contradictions into account, the usability of the respective data sources is assessed and evaluated for the overall project. Overall, the data set of the Germany-wide survey on everyday mobility "Mobilität in Deutschland 2017 (Mobility in Germany, MiD 2017)" is the most comprehensive source of transport demand for Germany, as it allows statements to be made on both everyday life and tourism mobility. The MiD data set is to be merged with traffic data from other sources – e.g. "Verkehr in Zahlen" - to form a consistent model of German mobility (fusion model). Furthermore, information gaps must be closed by means of a survey specifically designed for the purpose of tourism mobility.

Merging data sources to a fusion model

Even though MiD is in principle suitable for mapping the total transport demand of a year, the available microdata must be prepared in a suitable form and, in particular, calibrated using reference values from further transport statistics. This is necessary because the information on travel mobility in the MiD is collected on the one hand with a travel diary related to a single reference date, and on the other hand with a retrospective module designed for reporting travels in the last three months (travel module).

The microdata generated by the travel module and the travel diary are available in two different data sets that cannot be directly combined: On the one hand, they refer to different populations (in the travel diary it is the total population, in the travel module it is persons aged 14 and over). On the other hand, individual journeys may appear twice – i.e. both in the journey data set and in the trip data set – if they are outward or return journeys of several days' duration that begin or end on the reference date.

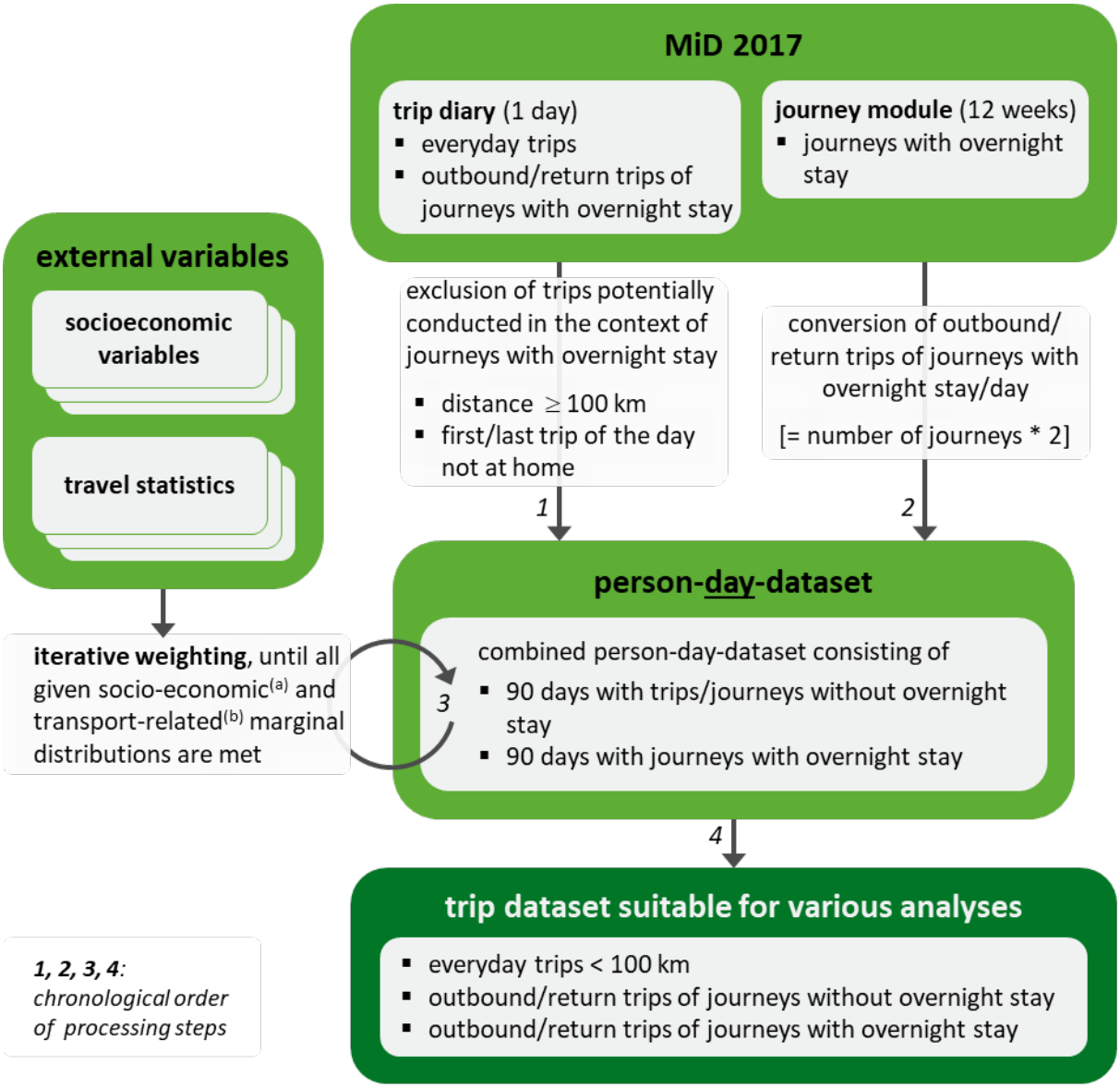
Day trips without overnight stays are explicitly not recorded in the travel module, nor in the travel diary if they do not take place on the reference date. The procedure shown in Figure 2 merges the data sets into a consistent model. The model is based both on the results of the MiD and on key data from transport statistics on mobility behaviour in Germany. These key data form the framework within the MiD's data sets and are adjusted and weighted.

The model approach was developed in close coordination with another research project of the Federal Environment Agency („Handlungsoptionen für eine ökologische Gestaltung der Langstreckenmobilität im Personenverkehr und der Transportmittelwahl im Güterfernverkehr", research code 3717 58 102 0, research plan of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety). The fusion model data set is a universal source for evaluating the mobility of the German resident population

- according to travel mobility and non-travel mobility,
- by mobility in long-distance and everyday traffic,
- by groups of persons with different socio-demographic and socio-economic characteristics,
- according to means of transport (also in finer differentiation) and
- according to travel occasions (types of travel mobility events)

A special feature is air traffic, where the extensive data pool means that the air traffic volume relating to Germany can be supplemented by the traffic resulting from abroad. Differentiations can be made for different demand groups (domestic flights in Germany, incoming and outgoing flights by residents and non-residents and transfer passengers) and travel purposes (private and business).

Figure 2: Procedure for generating a combined MiD dataset consisting of trips and journeys



Variables used for weighting: (a) socioeconomic variables: age in combination with sex, household size in combination with passenger car ownership, regional statistical spatial type RegioStaR7 (BMVI 2018b), day of the week of reporting/reference day, month of reporting/reference day, (b) transport variables: travel volumes of passenger cars according to ViZ calculation of vehicle kilometers travelled (kilometers travelled), travel volumes of public transport (passengers and passenger kilometers travelled), travel volumes of flight transport broken down by type of journey (private/business in combination with area of destination Germany/Europe/overseas)
Source: own illustration (ifeu/ DLR/ KIT)

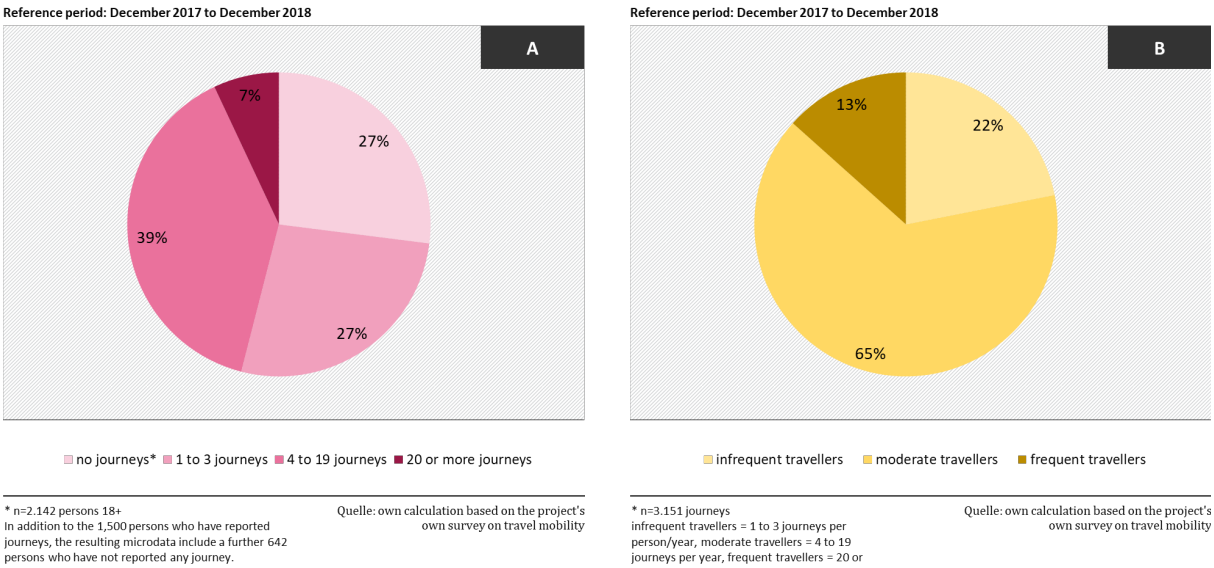
Travel intensity, means of transport use and characterisation of the travellers allow a general overview of different types of travel

In order to gain an overall view of different types of travel and to fill data gaps, a specific survey was conducted in December 2018, targeting travel mobility of German residents. The contents of the survey include trips of varying duration (day trips and overnight stays) and trips for different occasions (private and business trips). The survey sample is representative of the German population as a whole and focuses on persons who made at least one trip in the last year (December 2017 – December 2018). Nevertheless, due to detailed questions and response spectra,

the number of cases is partly low, so the resulting figures should be interpreted with caution. Selected results are:

- *Travel intensity:* More than half of the travellers make no trips or a maximum of 3 trips per year, but they account for only 22 % of the trips reported. In contrast, only 7 % of travellers make 20 trips or more, but account for 13 % of reported trips (Figure 3). Just under two thirds of the trips reported are made by 39 % of the population. The observed differences in travel intensity do not justify the neglect of the occasional or infrequent travellers in the quantification and characterisation of travel mobility.

Figure 3: Travel intensity by A) number of journeys (per person/year) and B) type of traveller



* n=2.142 persons 18+
In addition to the 1,500 persons who have reported journeys, the resulting microdata include a further 642 persons who have not reported any journey.

Quelle: own calculation based on the project's own survey on travel mobility

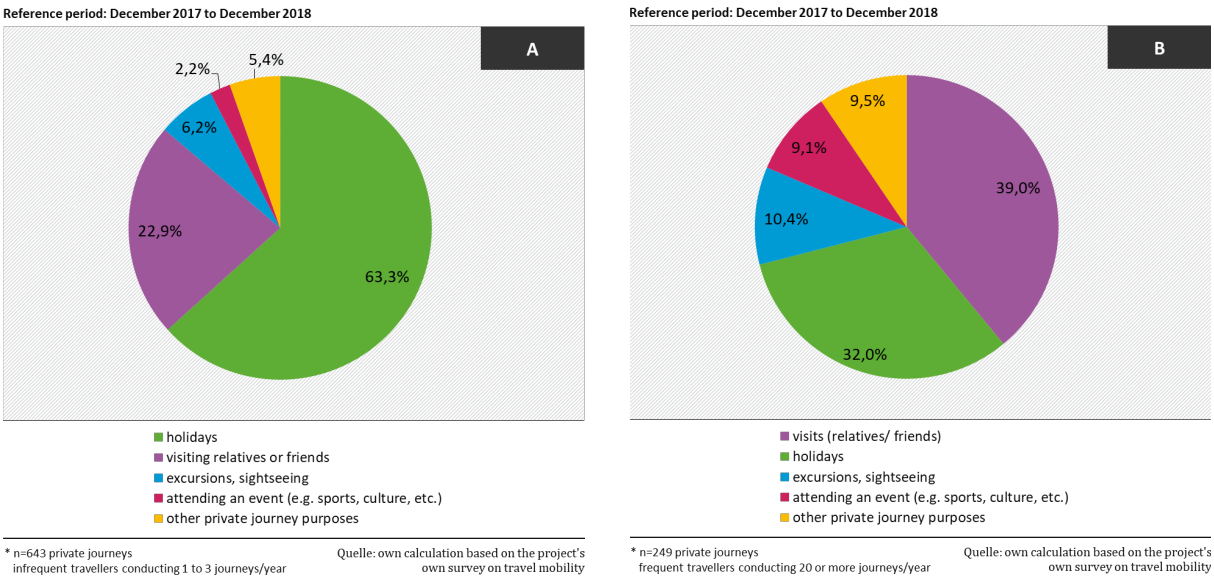
* n=3.151 journeys
infrequent travellers = 1 to 3 journeys per person/year, moderate travellers = 4 to 19 journeys per year, frequent travellers = 20 or

Quelle: own calculation based on the project's own survey on travel mobility

- *Characteristics of frequent versus infrequent travellers:* Frequent travellers tend to be younger men, live in larger multi-person households, are better educated and tend to study or work, and tend to have a higher income. They are also more likely to live in households with a second home.

- *Travel purposes:* While almost two thirds of the trips made by occasional travellers are holidays, only one third of frequent traveller's trips are holidays. In the latter, a much larger proportion (39 %) are visiting relatives, friends and acquaintances (Figure 4). The comparatively high proportion of frequent travellers is matched by a high number of secondary residences with partners (34.6 % of frequent travellers, 35.1 % of occasional travellers) or family members (42.2 % of frequent travellers, but only 10.1% of occasional travellers). More than 55 % of business trips are for direct visits to customers or partners or for the provision of professional services.

Figure 4: Private journey purposes of A) infrequent travellers and B) frequent travellers



* n=643 private journeys infrequent travellers conducting 1 to 3 journeys/year

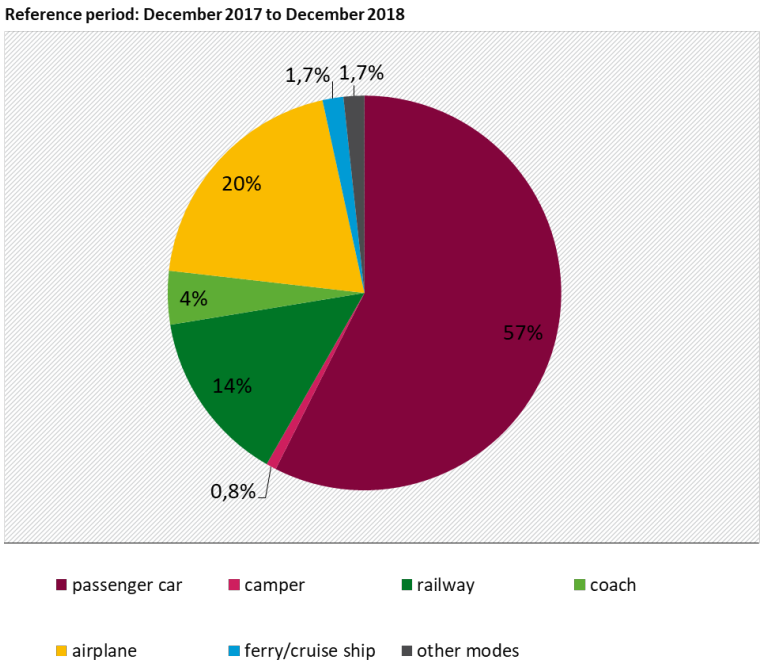
Quelle: own calculation based on the project's own survey on travel mobility

* n=249 private journeys frequent travellers conducting 20 or more journeys/year

Quelle: own calculation based on the project's own survey on travel mobility

- *Use of means of transport by passengers:* More than half of the reported trips are made by car, with the proportion of motorhome trips being less than one percent (Figure 5). While air travel accounts for just under 20 %, particular travel means of transport, such as cruise ships, are hardly significant. On average, the car occupancy rates for travel are significantly higher than for everyday mobility. Additional vehicle equipment such as bicycle roof racks are used more frequently (7 %).

Figure 5: Main mode of travel on journeys



* n=3.151 journeys (all travellers)

Quelle: own calculation based on the project's own survey on travel mobility

Tourism mobility represents about half of the total mobility of nationals

The following results can be derived from the fusion model (see Table 1):

- The reference value for national transport performance is 1,517.8 billion passenger kilometres (50.5 passenger kilometres per person and day).
  - In relation to the total transport performance, tourism mobility accounts for 767.0 billion passenger kilometres (50.5 % of total transport performance). Of this, 29.9 % of the tourism passenger transport performance takes place in Germany and 20.7 % abroad. On the latter (resident's abroad transport performance), air transport accounts for the largest share.
  - In accordance with the selected heuristic, 49.5 % of the traffic performance is attributable to everyday mobility.
- It is assumed, that transport performance of non-residents in Germany is tourism mobility. It is 4.6 % of total motorised individual transport (MIT) and 5.0 % of total public transport. It is not possible to identify transport performance of cross-border commuting routes with the given data sources.
- Furthermore, the fusion model can be used to distinguish between the purposes of the routes. 83.3 % of tourism mobility's total traffic volume is private travel and 16.7 % for business purposes. 60.3 % of travel mobility's air travel is for business activities.

Table 1: Breakdown of passenger transport performance in travel mobility and non-travel mobility by means of transport

Passenger Transport Performance [billion person kilometers (bill. pkm)]	**Walking** [bill. pkm/ %]	**Cycling** [bill. pkm/ %]	**MIT[2]** [bill. pkm/ %]	**PT[2]** [bill. pkm/ %]	**Plane** [bill. pkm/ %]	**Ship** [bill. pkm/ %]	**Miscellaneous** [bill. pkm/ %]
Tourism Mobility: 767,0	**3,2 8,8 %**	**6,5 15,2 %**	**369,8 39,6 %**	**74,0 42,5 %**	**289,7 99,7 %**	**14,2 98,2 %**	**9,6 36,8 %**
– in the inland: 453,5	3,2 8,8 %	5,5 12,9 %	343,5 36,8 %	66,4 38,1 %	21,7 7,5 %	4,0 27,4 %	9,2 35,4 %
– abroad: 313,5	– –	1,0 2,3 %	26,4 2,8 %	7,6 4,3 %	268,0 92,2 %	10,3 70,8 %	0,4 1,4 %
Everyday Mobility 750,8	32,7 91,2 %	36,3 84,8 %	563,8 60,4 %	100,2 57,5 %	1,0 0,3 %	0,3 1,8 %	16,5 63,2 %
Sum of domestic passenger transport performance: 1.517,8	**35,8 100 %**	**42,8 100 %**	**933,7 100 %**	**174,2 100 %**	**290,7 100 %**	**14,5 100 %**	**26,1 100 %**
Tourism Mobility of foreigners in the inland	**– –**	**– –**	**43,5 –**	**8,7 –**	**– –**	**– –**	**– –**
Sum of passenger transport performance in the inland	**– [3] –**	**42,8 [4] –**	**950,4 –**	**175,3 –**	**– [3] –**	**– [3] –**	**– [3] –**

[1] Reference year 2017

[2] MIT = motorised individual transport, PT = Public Transport

[3] It is not possible to determine the total transport performance of residents and non-residents in Germany due to the problems of delimitation described above and the lack of data.

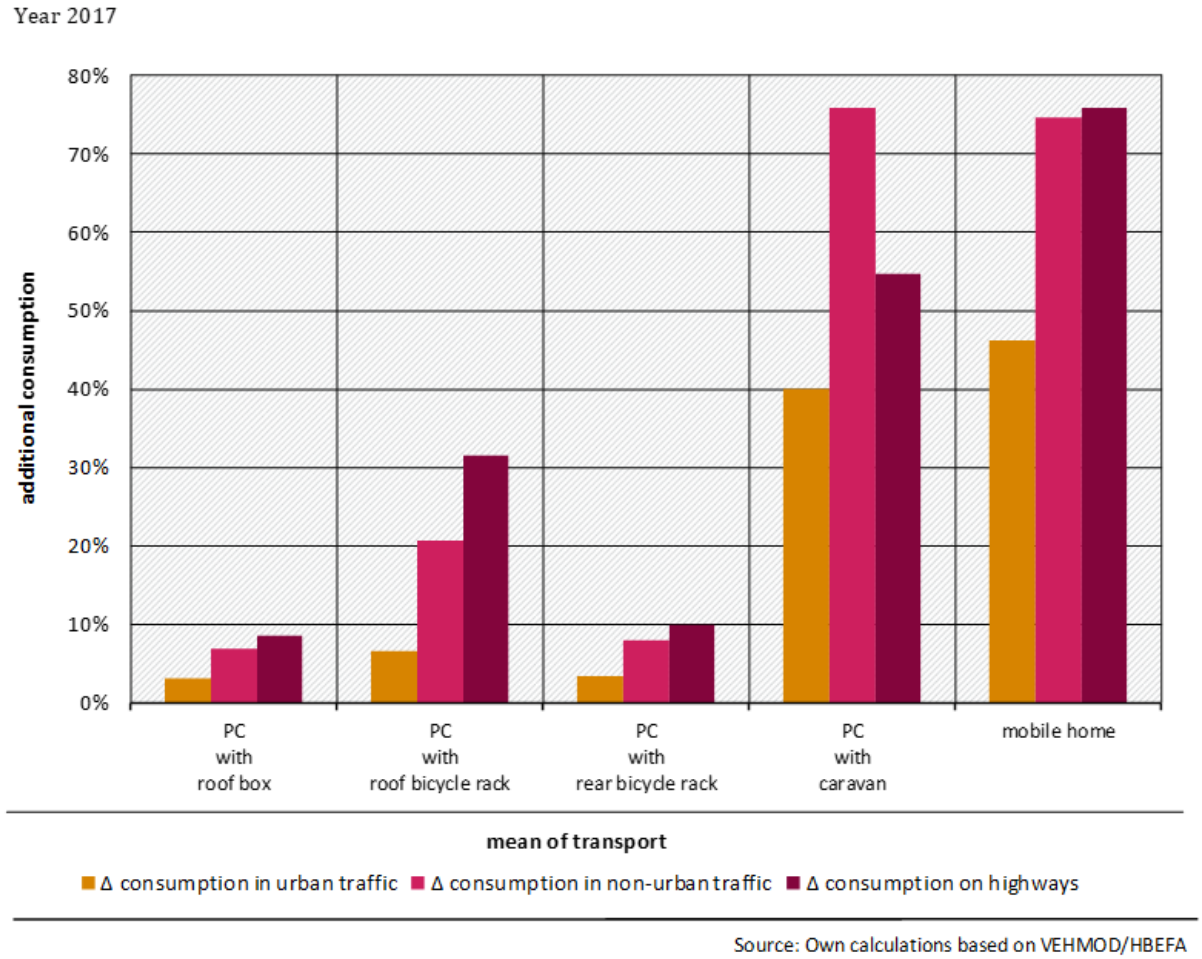
[4] Assumption: Compensation of national transport performance abroad and domestic transport performance by non-residents.

Source: own calculation based on the fusion model (ifeu/ DLR/ KIT)

Additional equipment typical of passenger cars on journeys causes a significant increase in fuel consumption

In principle, all means of transport can be used in the context of tourism; typical long-distance means of transport (e.g. airplane, long-distance train and bus) as well as tourism-specific means of transport (e.g. motorhomes) are especially relevant for the calculation of tourism mobility's emissions. In particular, the emissions from road transport are relevant, since their use and thus their emissions in travel differ from the emissions in everyday use. For motorhomes and cars with additional equipment (caravan, roof luggage box, rear and roof rack for bicycles) the additional consumption is determined by VEHMOD analogous to the methods of HBEFA and TREMOD. These are shown in Figure 6 in comparison with the car without additional equipment.

Figure 6: Energy-related additional consumption of tourism-specific equipment for passenger cars/ mobile homes compared to an average passenger car without extra equipment



Source: Own calculations based on VEHMOD/HBEFA

Among vehicles with additional equipment, passenger cars with a roof box and a rear bicycle rack have the lowest additional fuel consumption with values between 3 % and 9 % per road category. In the case of bicycle roof racks, the bandwidths of additional consumption range from 7 % in urban areas to 32 % on the motorway. The additional fuel consumption of the latter results from the high aerodynamic resistance at typical motorway speed. Vehicles with caravans consume 40 % more energy in urban areas, 76 % outside towns and 55 % more energy on the motorway than a car without additional equipment. In the case of caravans, both the aerodynamic resistance and the resistance resulting from the higher weight are important drivers for the higher consumption. However, taking into account the speed restrictions of 100 km/h for caravans, it is at least partially reduced by the lower speeds driven.

Ships have extremely high specific emissions in passenger transport

Another focus of the project are specific emissions of ships. The calculation of consumption and GHG emissions follows the methodology of TREMOD MM, adjusted by a module for converting emissions per ship and time (operating hour) into emissions per person and distance (person-kilometres). Central to the emissions per person-kilometre are the assumed utilisation rates, which are differentiated by ship size. Especially for cruise ships with their high proportion of crew (in average of the sample 27 % of the total persons on board) it is relevant that only the kilometres of the passengers count for the calculated emission factor per passenger kilometre.

Table 2 shows the energy consumption and emission factors of ships. Among the ocean-going vessels, cruise ships have the highest emissions. Emissions of river cruise ships are in a similar order of magnitude. With the cruise ships, the values include the operation of the on-board hotel infrastructure. Sea ferries specific emissions are also relatively high compared to land transport due to the low utilisation rates of 50 % for passenger ferries and 35 % for RoPax ferries. Motorboats, sports boats and houseboats have even higher specific emissions due to their low engine efficiency and the low number of passengers (2.5 persons per boat).

Table 2: Energy consumption and GHG emissions of cruise ships and sea ferries

Ship type	Fuel consumption per pkm [MJ]	GHG-Emissions/Pkm* [kg CO_2-Eq.]
Cruise ship	5,0	0,43
Sea ferry (Pax)	1,7	0,14
Sea ferry with freight transport (RoPax)	3,0	0,28
River cruise ship	4,7	0,45
Excursion vessel	2,6	0,22
Recreational crafts	7,8	0,67
Houseboat	7,4	0,64
Sailing boat	0,9	0,06

GHG emissions are made up of direct emissions and emissions from the upstream energy supply chain (well-to-wheel)
Source: Own calculations (ifeu/ DLR/ KIT)

Half of the emissions from tourism mobility are emitted abroad

The differentiation made between tourism and everyday mobility and the calculation of the specific emissions of means of travel make it possible to calculate the relevant climate-impacting emissions. For GHG emissions, the results include upstream emissions (Well-to-Wheel (WtW)), while for energy consumption they are excluded (Tank-to-Wheel (TtW), final energy consumption). Table 3 shows the results of the calculation;

Table 3: WtW-GHG emissions from travel mobility

Emissions [Million tonnes CO_2-equivalents (CO_{2eq})]	MIT	PT	Plane	Ship
	[Million tonnes CO_2-equivalents (Mio. t CO_{2eq})] [%]			
Resident's tourism mobility:	**45,1**	**3,3**	**57,0**	**5,6**
111,0	**40,6 %**	**3,0 %**	**51,3 %**	**5,1 %**
– inland:	41,7	3,0	5,0	1,6
51,2	81,5 %	5,8 %	9,7 %	3,0 %
– abroad:	3,4	0,3	52,0	4,1
59,8	5,7 %	0,6 %	86,9 %	6,8 %
Resindent's everyday mobility:	93,8	5,8	0,2	0,1
100,0	93,9 %	5,8 %	0,2 %	0,1 %
Sum Mobility:	**138,9**	**9,1**	**57,2**	**5,7**
210,9	**65,9 %**	**4,3 %**	**27,1 %**	**2,7 %**
Non-resident's tourism mobility in the inland	**5,3**	**0,4**	**–**	**–**
	–	**–**	**–**	**–**
Sum Emissions in the inland (TREMOD)	**140,8**	**9,2**	Inland + outbound flights until the first landing	**–**
			45,9	

*Public transport includes the following means of transport: coach, long-distance bus, regular bus, tram, urban railway, underground and railways in long-distance and regional transport.

Source: Own calculations (ifeu/ DLR/ KIT). All figures refer to 2017. Due to rounding, line and line totals do not always correspond to the individual figures.

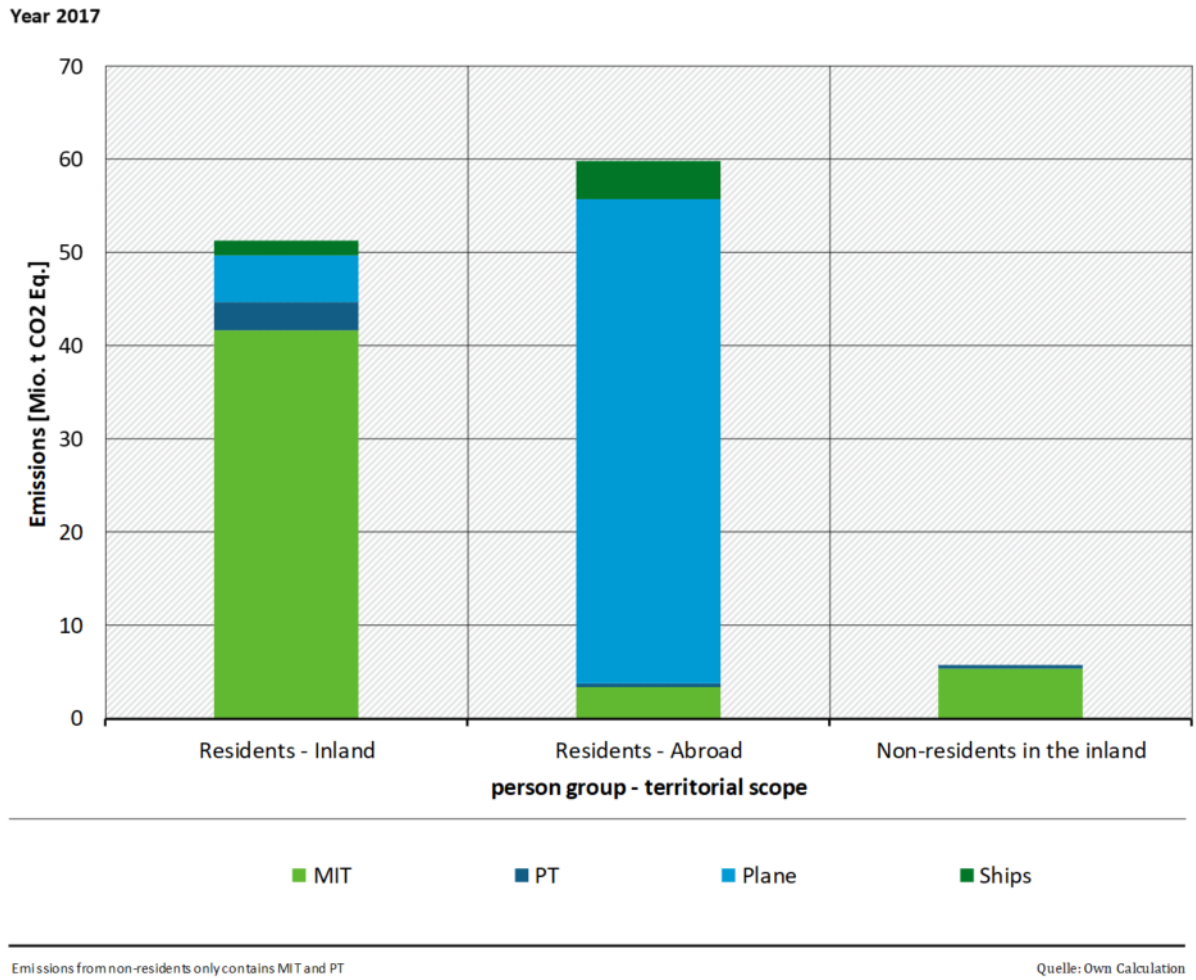
The following results should be highlighted:

- The emissions of tourism mobility are in the same magnitude to those of everyday mobility, but 53.9 % of the emissions of travel are emitted abroad and therefore do not appear in the German territorial balance sheets (e.g. inventory reporting).
- Motorised individual transport (MIT) dominates the emissions in domestic personal transport with 81.5 % in travel mobility (see Figure 7) and with 93.9 % in everyday mobility. Despite the calculated additional consumption due to additional equipment, the specific MIT emissions of 121 g CO_{2eq}/Pkm in travel are lower than in non-travel with 148 g CO_{2eq}/Pkm. This is partly due to the low proportion of inner-city trips in tourist traffic, and partly to the 17 % higher occupancy rate compared with the German average.
- Abroad travel of Germans is dominated by air traffic (see Figure 7), which is also responsible for 27.1 % of the resident's mobility-related emissions. In relation to travel mobility, it even accounts for 51.3 % of emissions. Compared with the approach included in TREMOD (domestic flights plus outgoing flights to the first stopover), this corresponds to higher emissions by 11.3 million tonnes CO_{2eq}.

- The specific GHG emissions (CO_{2eq} per transport service) of the mobility types (travel and everyday mobility) are very similar, but the specific final energy consumption in travel is significantly lower than in everyday mobility. This effect is in particular caused by air transport. Although it is relatively energy-efficient, it has a high climate impact due to the Non-CO_2-effects of combustion at high altitude.
- Emissions from shipping are almost exclusively generated by cruise ships abroad. They account for 4.1 million tonnes of CO_{2eq} (6.8 % of the Germans abroad travel emissions).

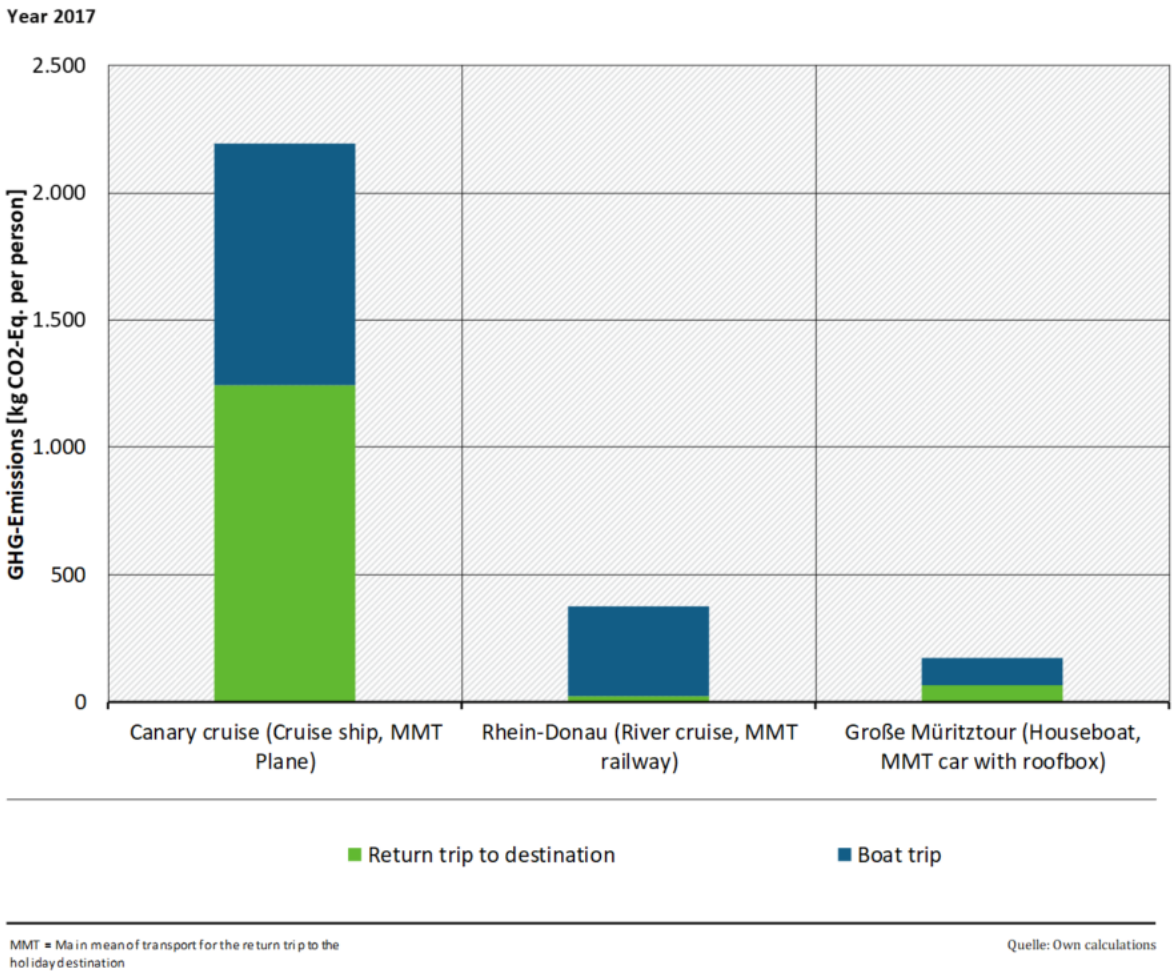
Figure 7: Travel mobility's GHG-Emissions per person group and territorial scope

mode



Travel distance has a massive impact on the emissions of a trip, but especially for cruises, on-site emissions also play an important role. Although passenger shipping emissions are only a fraction of those of freight shipping, they are becoming increasingly important as cruise tourism in inland and international waters is a rapidly growing market segment. Cruise ship travel has been booming for years and is growing faster than any other market segment in global tourism. In order to illustrate the effects of this trend, Figure 8 shows an exemplary comparison of some types of cruise ship travel.

Figure 8: Total GHG emissions from selected 7-days ship or boat voyages



The cruise emissions are an order of magnitude higher than the alternatives shown. In particular, long-distance air travel has a massive impact on travel emissions. Also the emission intensity of ocean-going cruise ships are increasing total travel emissions significantly. The regional alternatives are significantly lower in emissions: The emissions from river cruises are slightly higher than those from houseboat trips due to the longer daily travel distances. It should be noted, that part of the emissions are due to the additional residential function of the ships.

A comprehensive survey on travel mobility is recommended due to the increasing relevance of emissions

For further research, the following facts must be taken into account:

- Daily mobility has been largely stable in recent years (compensation for the effects of increasing urbanisation versus mobilisation of older people, mainly through car socialisation and an increase in commuting distances through increasing specialisation/differentiated training profiles).
- The growth in transport performance therefore takes place primarily in the area of travel mobility.

The results of the present study can thus be updated on the basis of the official statistics and the regular transport statistics. A further source of relevance is provided by the ADV (German Airports Association). From the ADV publications, changes in demand can be derived, both in terms of travellers and in terms of travel relationships.

The quality of the data, on the basis of which the extent and structure of travel mobility can be determined, could be improved at various levels: on the one hand with regard to survey methodology, and on the other hand with regard to content-related aspects that need to be examined in more detail. For this purpose it is proposed:

- The Implementation of a dedicated survey on (long-distance) travel mobility, in which, among other things, seasonally occurring travel events or specific occupancy rates can be better recorded;
- A survey to identify the determinants of long-distance and travel mobility to identify mitigation potentials;
- Adaptation of the MiD to better reflect travel mobility (including separate recording of relevant journey or travel purposes, recording of children's journeys, no maximum journey lengths);
- Further development of the methodology to split everyday from travel mobility. In particular operationalisation of the concept of "usual environment" and taking it into account in mobility surveys;
- Development of allocation methods and standard factors to allocate emissions of ships and motorhomes to their different functions (transport, residential and leisure);
- Improvement of the database (e.g. age structure, operating hours, load profiles) and further development of TREMOD for the consumption modelling of ships.

Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

1 Einleitung

Reisen, sowohl von Deutschen im Inland als auch von Besuchern aus dem Ausland, haben eine enorme Bedeutung für die Tourismus- und Verkehrswirtschaft in Deutschland, verursachen jedoch auch große Mengen an Treibhausgasemissionen. Diese sind für die im UN-Klimaabkommen von Paris aus dem Jahr 2015 geforderten Begrenzung der Erderwärmung auf „deutlich unter 2°C“ (“Paris Agreement” 2015) möglichst rasch und deutlich zu reduzieren. Diese Anforderung findet sich - zumindest teilweise - auch in den Zielen des Klimaschutzplans 2050 wieder, der eine Reduktion der Emissionen im inländischen Verkehr bis 2030 auf 95 bis 98 Millionen Tonnen fordert (2018: 163 Millionen Tonnen) (Bundesregierung 2016). Diese Ziele werden nur erreichbar sein, wenn auch der Reiseverkehr einen Beitrag zur Emissionsminderung leistet. Nur mit genauer Kenntnis von Charakter und Umfang der Reisemobilität sind dabei die Formulierung und Umsetzung zielgerichteter Maßnahmen möglich.

Die in dem Bericht dokumentierten Ergebnisse des Projektes „Klimawirksame Emissionen des deutschen Reiseverkehrs“ stellen dabei emissionsrelevante Aspekte der Reisemobilität dar und kann somit eine Grundlage für das zielgerichtete Ausschöpfen der verkehrlichen Minderungspotenziale sein.

1.1 Hintergrund und Ziele der Studie

Die Quantifizierung von Reiseverkehrsaufkommen und -leistung sowie der daraus resultierenden klimawirksamen Emissionen ist auf Basis vorhandener Statistiken und einschlägiger Erhebungen aus den Bereichen Verkehr und Tourismus nicht vollständig möglich. Einerseits gibt es Lücken hinsichtlich der unzureichenden Berücksichtigung tourismusspezifischer Verkehrsmittel wie zum Beispiel bei Wohnmobilen. Andererseits kommen – je nach Intention der jeweiligen Statistik oder empirischen Untersuchung – ganz unterschiedliche definitorische Kriterien zur Abgrenzung des Reiseverkehrs zur Anwendung: Diese beziehen sich in der Regel entweder auf bestimmte Reisezwecke, auf die Anzahl von Übernachtungen im Kontext einer Reise oder auf die jeweils zurückgelegten Wegstrecken. Infolgedessen deckt jede Datenquelle immer nur mehr oder weniger umfängliche Teilbereiche der Reisemobilität ab.

Vor diesem Hintergrund sieht das Vorhaben vor, ein konsistentes und fortschreibbares Gesamtbild der Reiseverkehrsnachfrage als Grundlagen zur Ermittlung der klimawirksamen Emissionen des Reiseverkehrs in Deutschland zu schaffen. Insbesondere im Hinblick auf Verkehrsmittel mit Bezug zum Tourismus sollen bestehende Informationslücken geschlossen werden.

1.2 Aufbau der Studie

Aus dem dargestellten Hintergrund und dem Ziel des Vorhabens ergibt sich folgender Aufbau der Studie:

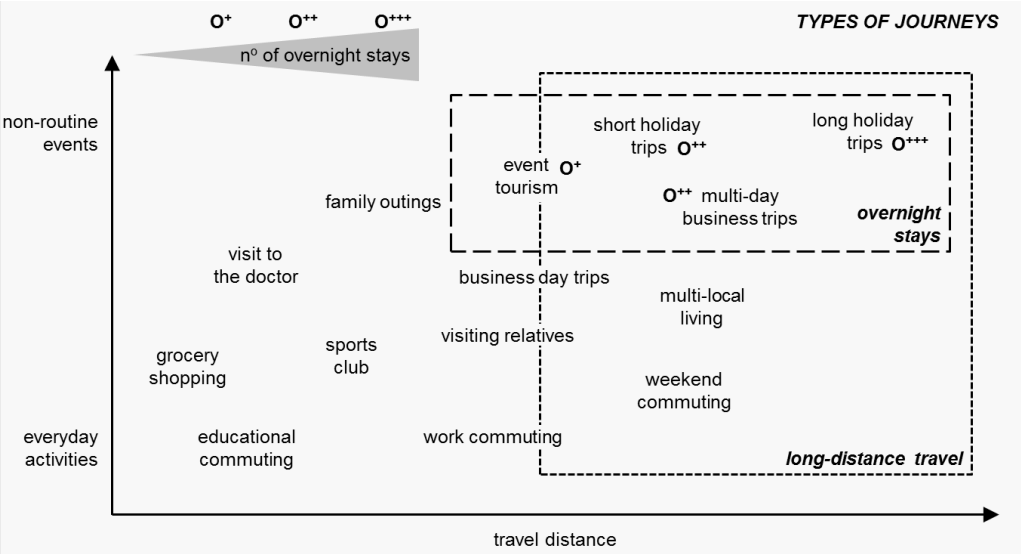
- Für insbesondere im Reiseverkehr genutzte Verkehrsmittel werden die Emissionen der Nutzung (je Kilometer) für das Jahr 2017 bestimmt, Basis der Berechnungen sind dabei die Modelle HBEFA und TREMOD (Kapitel 2);
- Umfang und Art des Reiseverkehrs werden bestimmt. Dies geschieht in Abgrenzung zum deutschen Inlandsverkehr. Zudem werden Umfang und Art von Reisen der Deutschen ins Ausland abgeschätzt (Kapitel 3);

- Der Anteil der Emissionen des Reiseverkehrs an den Emissionen des gesamten Verkehrs in Deutschland wird bestimmt. Zudem werden für exemplarische Wegeketten des Reiseverkehrs die durch diese verursachten klimawirksamen Emissionen dargestellt (Kapitel 3);
- Es werden Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Datenlage (Kapitel 5) und zur Anwendung der Ergebnisse gegeben (Kapitel 5).

1.3 Untersuchungsgegenstand und Bilanzgrenzen

Alle vorgenannten Aufgaben beziehen sich auf den Reiseverkehr oder auch „Reisen“, zu denen gemäß der Definition der UN alle Ortsveränderungen von Personen zu privaten oder beruflichen Zwecken zählen, deren Ziele außerhalb des gewöhnlichen Umfeldes liegen (United Nations / Statistical Division 2016). Dies schließt sowohl Tagesreisen als auch solche mit Übernachtungen ein, wobei die Dauer der Reisen bis zu einem Jahr umfassen kann. Abbildung 9 zeigt die Spannbreite der nach dieser Definition zu berücksichtigenden Reisetypen auf. Insbesondere das Kriterium 'außerhalb der üblichen Umgebung' impliziert, dass es sich in den **allermeisten Fällen um Reisen mittlerer bis längerer Entfernung handelt**. Die Berücksichtigung eines Entfernungskriteriums ist gemäß der Ausschreibung zwar nicht explizit vorgesehen, kann ggf. aufgrund der Verwendung entsprechender Datenquellen, die ein solches Kriterium verwenden, jedoch erforderlich werden.

Abbildung 9: Reisetypen im (Fern-)Reiseverkehr (Nobis / Schulz 2017)



Prinzipiell können im Kontext von (Fern-)Reisen alle Verkehrsmittel genutzt werden und sind demnach zu berücksichtigen. Neben den typischen Verkehrsmitteln der Alltagsmobilität für kürzere bis mittlere Entfernungen (zum Beispiel Auto, ÖPNV oder Fahrrad) sind dies vor allem die typischen Fernverkehrsmittel (zum Beispiel Flugzeug, Fernbahn und -busse) sowie tourismusspezifische Verkehrsmittel (zum Beispiel Wohnmobile, Hausboote, Fähren).

Infolge der teilweise sehr spezifischen Reisezwecke (zum Beispiel Reisen aus Anlass mehrerer Wohnsitze einer Person, Geschäftsreisen) gilt es, die ebenso spezifischen Personengruppen, die diese Reisen durchführen, zu identifizieren und adäquat (= mit hinreichend großen Stichproben) zu berücksichtigen. In den traditionellen Erhebungen insbesondere zur Alltagsmobilität ist dies nur bedingt möglich. Für die Gewinnung eines Gesamtbildes der Reisemobilität sind neben jenen

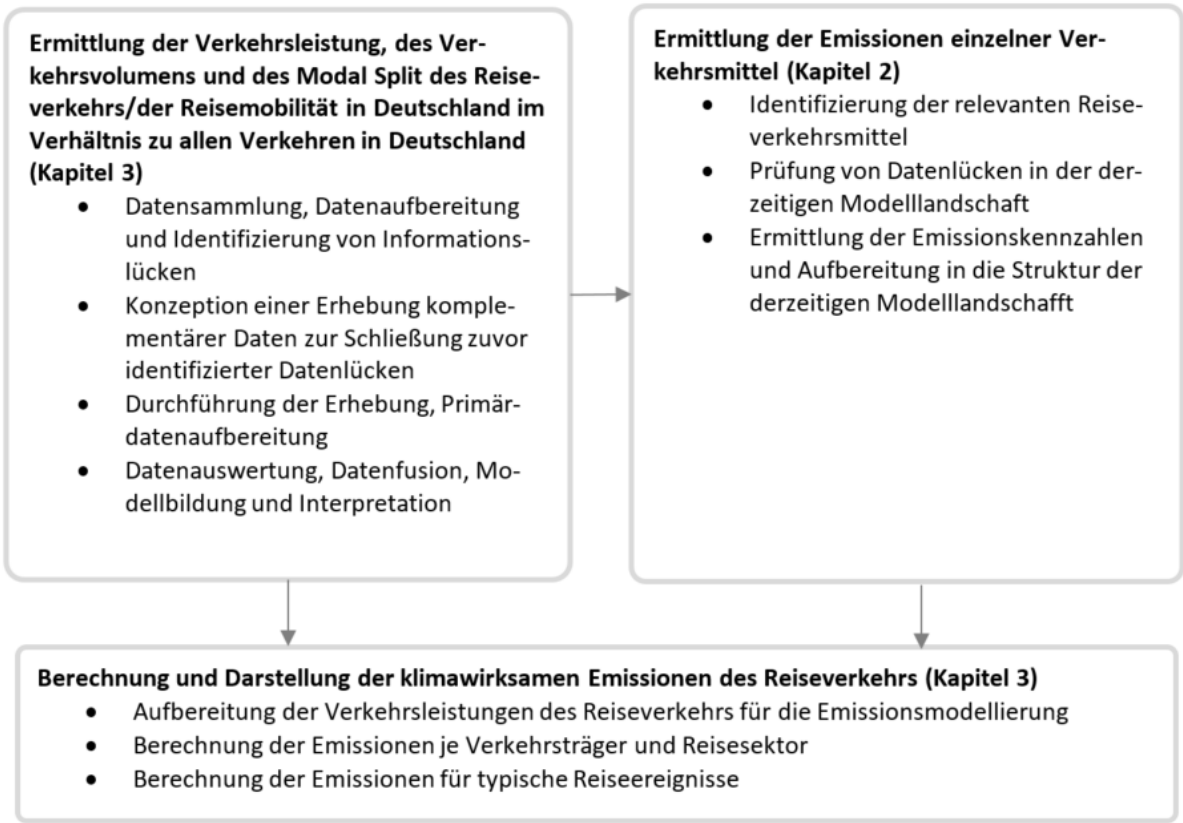
Personengruppen, die in erster Linie für 'Reisen' im Sinne der oben genannten Definition verantwortlich sind (zum Beispiel häufig reisende Geschäftsleute), auch die verschiedenen Gruppen der 'Wenigreisenden' gezielt zu erfassen, da deren Reisen (zum Beispiel die klassische Jahresurlaubsreise) im Kontext der Alltagsmobilität in der Regel nur unzureichend abgebildet werden.

Geographisch beziehen sich die vorgesehenen Arbeiten auf das Gebiet von Deutschland (Inlandsprinzip). Demnach sind sowohl Reisen von Deutschen im Inland als auch Reisen ausländischer Touristen in Deutschland zu berücksichtigen. Ergänzend wird die von Deutschland ausgehende (Fern-)Reisemobilität betrachtet werden, um – dem Inländerprinzip folgend – deren ökologischen Fußabdruck grob abzuschätzen und auf diese Weise eine Informationsgrundlage für planerische Maßnahmen zu schaffen.

1.4 Zusammenfassung des Vorgehens

Vor dem Hintergrund und den Zielen der Studie, wurde dabei für das Projekt das in Abbildung 10 dargestellte Vorgehen gewählt:

Abbildung 10: Aufbau der Studie



Quelle: Eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

2 Ermittlung der Emissionen ausgewählter Reiseverkehrsmittel

Im Rahmen des Vorhabens sind Informationslücken bezüglich des Emissionsverhaltens einzelner, im Reiseverkehr relevanter Verkehrsmittel, geschlossen worden. In diesem Kapitel sind dabei die Datengrundlage, Methodik und Ergebnisse für die spezifischen Emissionen der Verkehrsmittel dargestellt. Als Bezugsgröße ist dabei – analog der gängigen Methodik - der Nutzungsparameter „Fahrzeugkilometer“ (Fzgkm) gewählt. Die Emissionen je Fahrzeugkilometer werden dabei als Emissionsfaktor bezeichnet. Die zentrale Datengrundlage und methodische Anknüpfpunkte für das Vorgehen sind das Transport-Emission-Model („TREMOD“) sowie die in diesem enthaltenen Daten des „Handbuch Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr“ („HBEFA“). Für die Anpassung der Emissionsfaktoren typischer Reiseverkehrsmittel im Straßenverkehr wird das Simulationsmodel „VEHMOD“ verwendet.

In dem Vorhaben wurde dabei ein Schwerpunkt gelegt auf Verkehrsmittel, die in bisher nicht beziehungsweise nicht differenziert in der Modelllandschaft TREMOD/HBEFA abgebildet wurden. Für folgende Verkehrsmittel sind in dem Vorhaben Emissionsfaktoren bestimmt worden:

Tabelle 4 Für die Bestimmung der Emissionsfaktoren ausgewählte Reiseverkehrsmittel

Verkehrsträger	In TREMOD enthaltene Differenzierung von im Reiseverkehr genutzten Verkehrsmittel
Straße	Wohnmobile, Pkw mit Zusatzausstattung ((Wohn-)Anhänger, Dachgepäckbox, Fahrrad-Heck-/Dachgepäckträger)
Bahn	Bergbahnen, touristische Bahnen
Schiffe	Kreuzfahrtschiffe, Fähren, Ausflugs- und Flusskreuzfahrtschiffe, Motorboote, Hausboote, Segelboote

Dabei liegt ein Fokus des Vorhabens auf der Bestimmung von Emissionen der im Reiseverkehr genutzten **Straßenverkehrsmittel**, da

- auf diese ein hoher Anteil der Gesamtemissionen des Reiseverkehrs entfällt und
- deren Nutzung und damit die Emissionen im Reiseverkehr von dem bisher in den Modellen abgebildeten durchschnittlichen Nutzungsverhalten deutlich abweicht (im Gegensatz beispielsweise zum Flugverkehr, in dem der Reiseverkehr mit den durchschnittlichen Emissionsfaktoren gut abgebildet wird).

Dabei werden im Straßenverkehr Fahrzeugtyp, Fahrzeugnutzung und typische Zusatzausrüstungen im Vergleich mit den Standardwerten von TREMOD/HBEFA angepasst.

Ein weiterer Schwerpunkt bilden **Schiffe**, die bisher nicht in einer Form in den Modellen integriert waren, dass sie mit Aktivitätsdaten zur Beschreibung der Reisemobilität verknüpft werden konnten.

In diesem Kapitel wird zunächst die grundlegende Methodik und Aufgabenstellung der Modelle erläutert (Kapitel 2.1), bevor für die Verkehrsträger Straße, Bahn und Schiffe die Methodik zur Ableitung der Emissionsfaktoren und die Ergebnisse der Berechnungen dargestellt werden (Kapitel 2.2 bis 2.4).

2.1 Methodik und Aufgabenstellung der Modelle

2.1.1 TREMOD

Das Emissionsberechnungsmodell „TREMOD“ in der Version 6 bildet den motorisierten Verkehr in Deutschland hinsichtlich seiner Verkehrs- und Fahrleistungen, Energieverbräuche und den zugehörigen Luftschadstoffemissionen für den Zeitraum 1960 bis 2018 und in Szenarien bis 2050 ab. Ziel von TREMOD ist es ein Inventar aller Verkehre in Deutschland und der damit verbundenen Emissionen darzustellen. Die Auswahl und Differenzierung in TREMOD richtet sich dabei nach der Bedeutung der Verkehrsmittel in Bezug auf die Emissionen des deutschen Inlandverkehrs. **In TREMOD ist bisher keine Differenzierung zwischen Alltags- und Reiseverkehr enthalten.** (Knörr et al. 2016)

In TREMOD werden im Personenverkehr die Verkehrsträger Pkw, motorisierte Zweiräder, Busse, Bahnen, Schiffe und Flugzeuge und im Güterverkehr die Verkehrsträger Lkw und Zugmaschinen, Bahnen, Schiffe und Flugzeuge erfasst. Ausgangspunkt der Bilanzierung in TREMOD ist der Verkehr innerhalb der Landesgrenzen Deutschlands. Damit werden die Emissionen bilanziert, die durch die im Inland erbrachten Fahr-und Verkehrsleistungen entstehen. Eine Ausnahme ist der Flugverkehr: Hier wird unterschieden in Inlandsverkehr (national) zwischen den deutschen Verkehrsflughäfen und abgehenden Flugverkehr ins Ausland bis zur ersten Zwischenlandung (international). (Knörr et al. 2016)

TREMOD liefert für den Straßenverkehr im Inland die Fahrzeugbestände, die Fahrleistungen, die Verkehrs- und Transportleistungen für alle Fahrzeugkategorien, weiter differenziert in Antriebsarten und Emissionsstandards. Wesentliche Datenquellen sind die Bestandsstatistiken vom Kraftfahrbundesamt (KBA) und die Fahrleistungserhebung der Bundesanstalt für Straßenwesen (BaSt). Für den Schienenverkehr werden die Verkehrsleistungen (Personenkilometer, Tonnenkilometer) und Betriebsleistungen (Platzkilometer, angebotene Tonennkilometer) des Personennah, -fern-und Güterverkehrs differenziert nach kommunalen Bahnen, DB, sonstigen öffentliche Bahnen und Werksbahnen ausgegeben. Die Ergebnisse für die Binnenschifffahrt werden nach Schiffstypen, Güterarten, Flagge und Wasserstraßentyp differenziert. Beim Flugverkehr werden die Verkehrs- und Transportleistungen des Inlandsverkehrs und des abgehenden grenzüberschreitenden Verkehrs bis zur ersten Zwischenlandung unterschieden. Damit werden beim Flugverkehr als einzigem Verkehrsträger auch Strecken außerhalb Deutschlands betrachtet. (Knörr et al. 2016)

Ergebnisse für den Energieverbrauch und die Emissionen sind in der gleichen Differenzierung verfügbar wie die Verkehrsdaten. Es wird zusätzlich unterschieden in die direkten Emissionen am Fahrzeug, Verdunstungsemissionen (Straßenverkehr) und Gesamtemissionen inklusive der energetischen Vorketten. Die Emissionsdaten für den Straßenverkehr stammen im Wesentlichen aus dem HBEFA, Emissionsdaten der übrigen Verkehrsmittel basieren auf Recherchen und Modellierungen des ifeus. (Knörr et al. 2016)

Ein zentrales Teilmodell ist **TREMOD MM** (Mobile Maschinen), mit dem eine Berechnung der Emissionen von mobilen Geräten und Maschinen in der Landwirtschaft, Bauwirtschaft, Forstwirtschaft und Grünpflege sowie der Sport- und Fahrgastschifffahrt durchgeführt werden kann. TREMOD MM verwendet dabei einen Bottom-Up-Ansatz, bei dem differenzierte Daten u. a. zur Altersstruktur, Motorleistung und Nutzungsdauern für die Emissionsberechnung berücksichtigt werden. (ifeu 2009) Durch den Fokus auf Emissionen aus Geräten, verknüpft TREMOD MM Emissionen mit Lastfaktoren und Nutzungsdauern, aber nicht mit den im Reiseverkehr relevanten Größen wie Verkehrs- oder Fahrleistung.

Tabelle 5: Übersicht der in TREMOD abgebildeten Reiseverkehrsmittel

Verkehrsträger	In TREMOD enthaltene Differenzierung von im Reiseverkehr genutzten Verkehrsmittel
Straße	Pkw (inklusive Wohnmobile), Reisebus, Fernlinienbus, öffentlicher Straßennahverkehr (Nahlinienbusse), Krafträder/ Kleinkrafträder/ Quads und Pedelecs
Bahn	Fernverkehr, Nahverkehr, Straßen-, Stadt- und U-Bahnen
Schiffe (nur motorbezogene Kennzahlen)	Motorboote, Fähren, Ausflugs- und Flusskreuzfahrtschiffe
Luftverkehr	alle kommerziellen Luftbewegungen innerhalb, sowie nach beziehungsweise aus Deutschland

2.1.2 HBEFA

HBEFA stellt Daten zum Emissionsverhalten von Fahrzeugen im Straßenverkehr bereit, dies umfasst derzeit Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, schwere Nutzfahrzeuge, Stadtbusse, Reisebusse und Motorräder. Die im Rahmen des HBEFA gesammelten Daten werden dabei zu Emissionsfaktoren aggregiert. Emissionsfaktoren werden je (Fahrzeug-)Subkategorie (zum Beispiel Euro 5 Diesel-Pkw) ermittelt und geben die Emissionen je Kilometer definierter Nutzung an (g/km). Wesentliches Merkmal für die Nutzung ist die Verkehrssituation, die aus den modellierten Emissionen je Fahrzyklus (sekündlich aufgelösten Geschwindigkeit-Zeit-Profile) aggregiert werden. (Keller et al. 2017)

Basis der Modellierung ist das PHEM-Modell (Passenger car and Heavy duty Emission Model), dass im Folgenden kurz beschrieben ist:

„PHEM berechnet Kraftstoffverbrauch und Emissionen von Fahrzeugen basierend auf der Längsdynamik der Fahrzeuge und den Emissionskennfeldern ihrer Motoren. Für jede Sekunde berechnet PHEM die benötigte Motorleistung, um die Fahrwiderstände und die Verluste im Antriebsstrang zu überwinden. Ein Fahrermodell simuliert das korrespondierende Schaltverhalten, um die Motordrehzahl zu berechnen. Sind Leistung und Drehzahl bekannt, können die Emissionen aus den Emissionskennfeldern des entsprechenden Motors übernommen werden. Ein Modul für den transienten Betrieb passt die Emissionswerte an die Übergänge zwischen den verschiedenen Zuständen gemäß dem Fahrzyklus an. Zusätzliche Module berücksichtigen das Verhalten spezifischer Technologien. Aus dem Modell resultieren Leistung, Drehzahl, Kraftstoffverbrauch und Emissionen verschiedener Schadstoffe in 1 Hz Auflösung für jeden Zyklus und Fahrzeugtyp.“ (Keller et al. 2017)

Emissionsfaktoren sind für die wichtigsten Luftschadstoffe und den Energieverbrauch verfügbar. Die aktuelle Version von HBEFA und Grundlage für die Studie ist die Version 4.1. Wesentliches Ziel der letzten Aktualisierung von HBEFA sind das zuverlässige Abbilden des Emissionsverhaltens leichter Dieselfahrzeuge, die Berücksichtigung neuer Technologien wie Elektrofahrzeuge und eine genauere Betrachtung der CO_2-Emissionsfaktoren. Letztere sollen eine genauere Bestimmung des Realverbrauchs ermöglichen sowie die Lücke zwischen den Verbräuchen in Testzyklen und dem Realverbrauch analysieren und begründen. **Ein Teil dieser Lücke kann durch Zusatzausstattungen die im Reiseverkehr üblich sind, wie zum Beispiel Dachboxen und Fahrradträger, erklärt werden, über deren Nutzungshäufigkeit bisher keine zuverlässigen Daten vorliegen.** Sie werden im HBEFA 4.1 für die Ermittlung des Pkw-Realverbrauchs berücksichtigt, aber nicht separat ausgewiesen. Das Vorgehen in dieser Studie war es demnach, die einzelnen Einflüsse für den Reiseverkehr mittels des Modelles **VEHMOD** separat

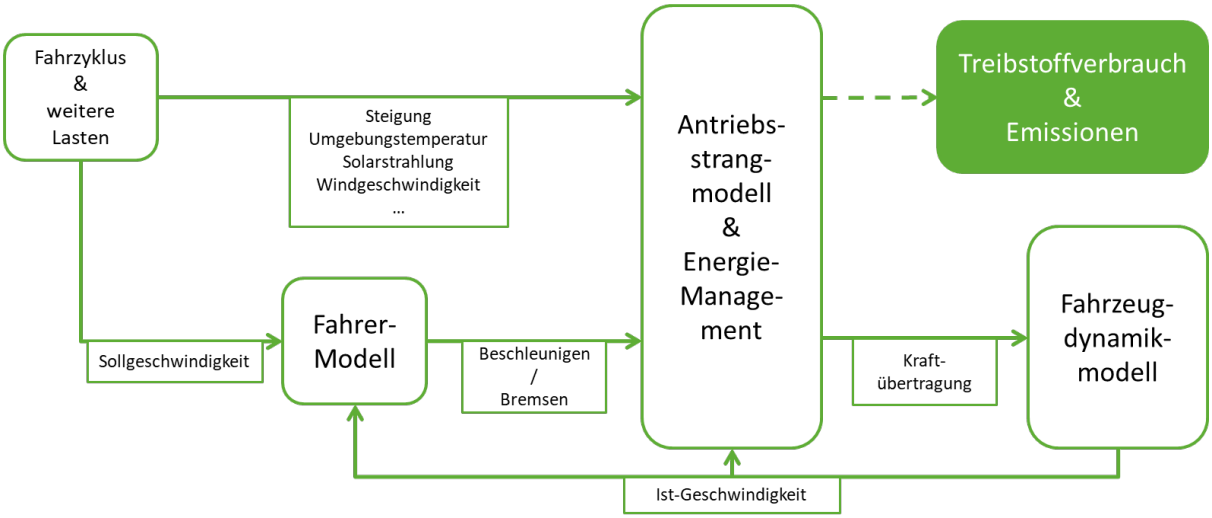
zu modellieren und auszuweisen. Das Vorgehen wurde mit den Entwicklern des HBEFA abgestimmt.

2.1.3 VEHMOD

Das Simulationsmodell VEHMOD wurde im Zuge des vom Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) geförderten Projektes My-eDrive konzipiert und errichtet, um den fahrzeugspezifischen Verbrauch und die THG-Emissionen auf Basis von realitätsnahen Fahrprofilen und Testzyklen zu ermitteln (Kräck et al. 2015) und in verschiedenen Projekten weiterentwickelt (Helms / Kräck 2016). Mit Hilfe dieses Simulationstools ist es aufgrund der durchgängigen Parametrierbarkeit möglich für verschiedene Fahrzeugkonfigurationen Treibstoffverbräuche für unterschiedliche Antriebskonfigurationen und Kraftstoffarten, wie elektrische oder konventionell benzin- oder dieselbetriebene Kraftfahrzeuge mit unterschiedlichen Zusatzlasten durch Nebenverbraucher, Klimatisierung oder Auf- und Anbauten sowie variierenden Auslastungsgraden zu ermitteln.

In VEHMOD erfolgt die Berechnung des Kraftstoffverbrauchs und der CO_2-Emissionen anhand eines längsdynamischen, physikalischen Fahrzeugmodells. Der schematische Ablauf des Modells ist in Abbildung 11 dargestellt. Ausgehend von einem Fahrzyklus in Form eines Zeitgeschwindigkeits-Profils wird dem Fahrermodell eine Sollgeschwindigkeit vorgegeben, das je nach Abweichung zur Ist-Geschwindigkeit des Modellfahrzeugs einen Beschleunigungs- oder Abbremsvorgang über das Antriebsstrang- und Energiemanagementmodul einleitet. Hier werden je nach hervorgerufener Last über Wirkungsgrad- und Verbrauchskennfelder, drehzahl- und drehmomentabhängig unter Berücksichtigung des momentanen Übersetzungsverhältnisses sowie der Lasten durch Nebenverbraucher die Kraftstoff- und Energieverbräuche ermittelt. Das Übersetzungsverhältnis wird über die Getriebeabstufung und des auf Basis der hervorgerufenen Motordrehzahl und Lastanforderung gewählten Ganges festgelegt. Die über das Getriebe und die Reifen übertragene Kraft auf die Straße ergibt in Abhängigkeit der Fahrwiderstände aus dem Fahrdynamikmodul eine neue Ist-Geschwindigkeit, die im nächsten Iterationsschritt wieder mit der Sollgeschwindigkeit abgeglichen wird und einen neuen Rechenzyklus initialisiert bis das vorgegebene Zeit-Geschwindigkeits-Profil vollständig durchlaufen ist. Neben der Geschwindigkeit werden unter anderem die Straßenneigung (Steigung beziehungsweise Gefälle), die Umgebungstemperatur, die Luftdichte, die relative Windgeschwindigkeit sowie optional die solare Einstrahlung und abweichende Rauminnentemperaturen zur Klimatisierung berücksichtigt. Ferner werden unterschiedliche Verbrauchs- beziehungsweise Wirkungsgradkennfelder für Diesel-, Otto- und Elektromotoren eingesetzt und die unterschiedlichen Kraftstoffeigenschaften berücksichtigt.

Abbildung 11: Übersicht des Simulationsablaufs in VEHMOD



Quelle: Eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

2.2 Emissionsverhalten ausgewählter Reiseverkehrsmittel im Straßenverkehr

Da nicht für alle Reiseverkehrsmittel im Straßenverkehr Emissionsfaktoren aus TREMOD differenziert vorliegen, werden diese gesondert ermittelt. Hierbei wird darauf geachtet, dass die gewählte Methodik mit den beiden Emissionsmodellen HBEFA und TREMOD möglichst kompatibel und auf diese abgestimmt ist.

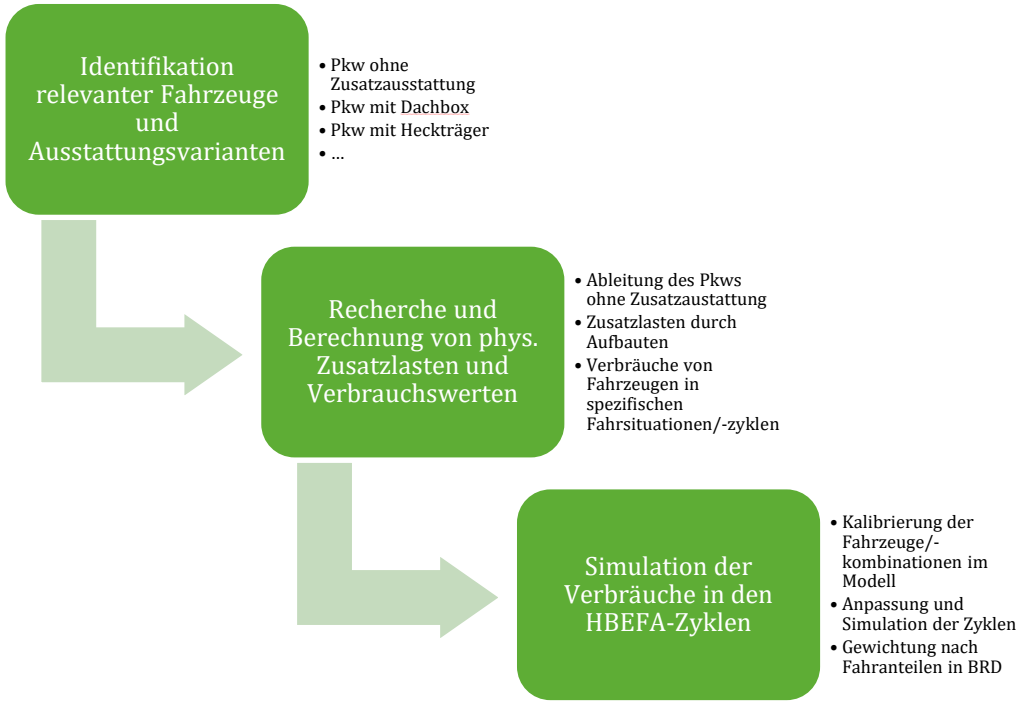
2.2.1 Methodik und Vorgehen

Emissionsfaktoren der einzelnen Straßenverkehrsmittel in der Reisemobilität, die bisher nicht in TREMOD als separate Fahrzeugschicht enthalten sind und die gleichzeitig relevante Emissionen verursachen, werden mittels VEHMOD bestimmt. Dies betrifft folgende Fahrzeugvarianten und -konfigurationen:

- Wohnmobile
- Pkw mit Wohnanhänger (Benziner und Diesel)
- Pkw mit Dachgepäckbox (Benziner und Diesel)
- Pkw mit Heckträger für Fahrräder (Benziner und Diesel)
- Pkw mit Dachträger für Fahrräder (Benziner und Diesel).

Um die zusätzlichen Verbräuche der einzelnen Konfigurationen zu ermitteln, wird das in Abbildung 12 dargestellte Verfahren durchgeführt: Zunächst werden die in HBEFA enthaltenen Pkw von Zusatzverbräuchen bereinigt (Pkw ohne Zusatzausstattungen). Danach werden die Zusatzlasten durch Anhänger und Aufbauten bestimmt, die in die Parametrierung der Fahrzeuge zur anschließenden Simulationsrechnung mittels der HBEFA-Verkehrssituationszyklen eingehen. Die damit ermittelten Verbrauchs- beziehungsweise Emissionsunterschiede bezogen auf einen Pkw ohne Zusatzausstattungen werden zur Bestimmung der jeweiligen Emissionsfaktoren herangezogen.

Abbildung 12: Verfahren zur Bestimmung zusätzlicher Emissionsfaktoren für Reiseverkehrsmittel im Straßenverkehr



Quelle: Eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

In den nachfolgenden Abschnitten werden die die in Abbildung 12 dargestellten Schritte näher beschrieben.

2.2.2 Ableitung des Personenkraftwagens ohne Zusatzausstattung

In HBEFA 4.1 sind für die verschiedenen Antriebskonzepte (zum Beispiel Otto- und Diesel-Pkw) mittlere Fahrzeuge hinterlegt, auf Basis derer die Emissionen des Straßenverkehrs berechnet werden. Die spezifischen Energieverbräuche (TtW = Tank-to-Wheel, das heißt ohne Berücksichtigung des Energieverbrauchs in der Bereitstellung der Energieträger) für den mittleren Diesel-Pkw betragen 2,48 MJ/km und für den benzinbetriebenen 2,51 MJ/km. Somit betragen die spezifischen Emissionen je Fahrzeug-km über alle Straßenkategorien gemittelt und inklusive der Vorkettenemissionen 196 g/km bei den diesel- und 221 g/km im Falle der benzinbetriebenen Pkw. Diese werden als Ausgangspunkt zur weiteren Berechnung der Mehremissionen für Aufbauten und Wohnmobile herangezogen. Hierbei werden die in HBEFA enthaltene Zuschläge für Aufbauten (erhöhte aerodynamische Widerstände), die in HBEFA pauschal für 5 % der Fahrleistung angenommen sind, herausgerechnet. Die in HBEFA angenommenen Zusatzbeladungen in Höhe von 215 kg im Falle der Diesel- und 120 kg bei Benzinern wurden als Aufschlag für die Reisetätigkeiten aus (Matzer et al. 2019) übernommen.

Anschließend werden diese Verbräuche für benzin- (49 % der Gesamtfahrleistung) und dieselbetriebene Pkw (51 % der Gesamtfahrleistung) fahrleistungsgewichtet zusammengefasst. Der so berechnete Pkw ohne Zusatzausstattung hat dabei einen TtW-Energieverbrauch je Fahrzeug-km von 2,65 MJ innerorts, 2,06 MJ außerorts und 2,64 MJ auf Bundesautobahnen. Dies ergibt einen im Mittel um 3 % niedrigeren Verbrauch als im HBEFA 4.1. Die mittleren CO_2-Emissionen in CO2-Äquivalenten je Fahrzeug-km (ohne Berücksichtigung der Vorkette) belaufen sich entsprechend auf 189 g innerorts, 147 g außerorts und 188 g auf Autobahnen.

2.2.3 Bestimmung der Zusatzlasten und Verbräuche verschiedener Aufbauten und Fahrzeuge

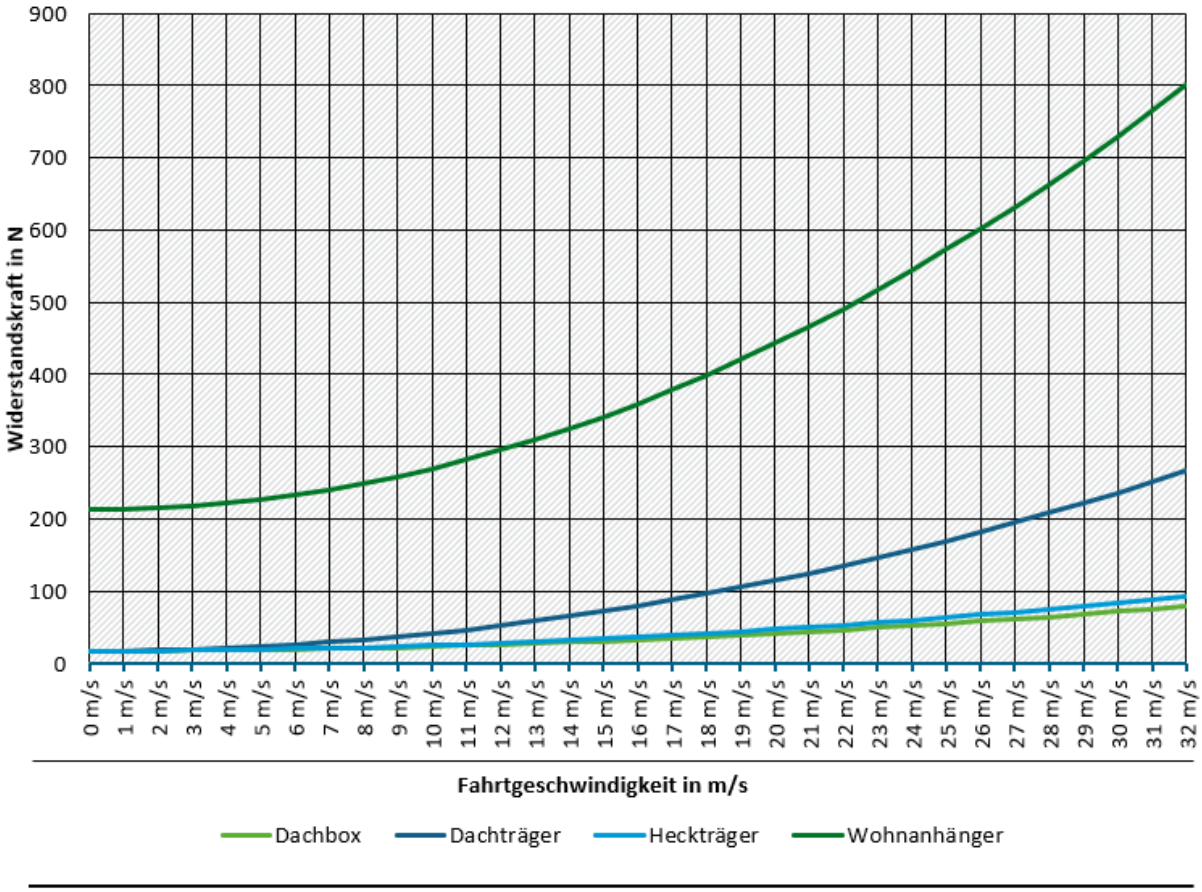
Die Vorgehensweise zur Abschätzung der Zusatzlasten für Dachträger, Heckträger, Dachgepäckboxen und Wohnanhänger unterscheidet sich zur Bestimmung der Emissionsfaktoren für Komplettfahrzeuge wie Wohnmobile, da erstere prinzipiell an jeden beliebigen Pkw montiert beziehungsweise angehängt werden können. Hier bietet es sich an konfigurationsspezifische, fahrsituationsabhängige Zusatzlasten zu bestimmen, mit denen ein beliebiges Fahrzeugmodell beaufschlagt werden kann.

2.2.3.1 Aufbauten und Anhänger

Der ADAC untersuchte sowohl den Mehrverbrauch durch Dachboxen (ADAC 2014a) als auch für Dach- und Heckträger (ADAC 2014b) jeweils an einem spezifischem Pkw-Modell. Ferner wurden in einem weiteren Test Zugfahrzeuge für Wohnanhänger getestet (ADAC 2017) und deren Verbräuche ermittelt.

Um auf die durch die Aufbauten und Anhänger verursachten zusätzlichen Lasten zu schließen, werden in einem ersten Schritt die angegeben Basisfahrzeuge unter Berücksichtigung der Modellvariante – ohne weiteres Equipment, wie beispielsweise der Dachgepäckbox – in VEHMOD parametrisiert und mittels verfügbarer Verbrauchsmesswerte des ADAC-Ecotest (ADAC Fahrzeugtechnik 2019) beziehungsweise der Typzulassungsprüfung aus Herstellerangaben kalibriert. Daraufhin wurden die Fahrzeuggewichte durch die zusätzlichen Massen der Transportvorrichtungen ergänzt und der aerodynamische Widerstand erhöht, bis die vorgegebenen Verbrauchswerte für die Fahrzeuge inklusive der jeweiligen zusätzlichen Komponenten erreicht werden. Diese auf den Fahrwiderstand zusätzlich wirkenden Lasten werden in Form einer fahrgeschwindigkeitsabhängigen Widerstandskraft angegeben und additiv auf den Fahrwiderstand beliebiger Basisfahrzeuge gerechnet (siehe Abbildung 13).

Abbildung 13: Zusätzliche Widerstandskraft verschiedener Aufbauten und Anhänger in Abhängigkeit der Geschwindigkeit



Quelle: Eigene Berechnungen

Die zusätzlichen fahrtgeschwindigkeitsabhängigen Widerstandkräfte für Dachboxen und einen mit zwei Fahrrädern beladenen Heckträger liegen hier in etwa auf dem gleichen Niveau. Diese betragen kurz nach dem Anfahren 17 Newton (N) und wachsen quadratisch auf circa 79 N beziehungsweise 93 N bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 32 m/s (155 km/h). Der Fahrrad-Dachträger trägt bei dieser Geschwindigkeit deutlich mehr mit rund 280 N bei.

Die zusätzlich zu überwindende Widerstandskraft bei Wohnanhängern fällt aufgrund der großen Stirnfläche, die zumeist die des Zugfahrzeugs übertrifft, und der relativ hohen Gewichtslast am höchsten aus und beträgt zwischen 212 N beim Anfahren und 801 N bei 32 m/s Fahrtgeschwindigkeit.

Hierbei wird vernachlässigt, dass unterschiedliche Geometrien des Basisfahrzeugs diese Widerstandskraft aufgrund aerodynamischer Effekte in gewissen Grenzen beeinflussen und somit in der Realität bei einzelnen Fahrzeug-Aufbau-Kombinationen variieren können.

Der Mehrverbrauch der Reiseverkehrsmittel wird zunächst differenziert nach Benziner und Diesel modelliert und danach fahrleistungsgewichtet zusammengefasst.

2.2.3.2 Wohnmobile

Im Falle der Wohnmobile wurde eine Recherche der Verbrauchsbandbreiten durchgeführt. Der ADAC führte Tests für neun dieser Fahrzeuge durch und gibt Verbräuche aus längeren Testfahrten an (ADAC 2019). Zusätzlich wurden für diese Fahrzeuge Verbrauchswerte aus (Dr. Fisch /

Fischl 2019) zusammengetragen. Hieraus ergibt sich insgesamt eine Verbrauchsbandbreite von 9,5 l/100 km bis 12,5 l/100 km Diesel. Die Mittelwerte der Fahrzeugstichprobe liegen je Datenquelle zwischen 10,3 l/100 km und 10,6 l/100 km.

Diese Werte dienen als Anhaltswerte zur Validierung des Verbrauchs des in VEHMOD parametrisierten Wohnmobilmodels. Dieses wurde mittels bekannter Parameterwerte eines Basisfahrzeugs (z.B. Fiat Ducato) zuzüglich der sich ändernden Widerstandsflächen aufgrund der geometrischen Abmessung durch den Wohnmobilaufbau mit einem angepassten aerodynamischen Widerstandsbeiwert in VEHMOD eingepflegt. Das so parametrisierte Modell liegt bei einer Verteilung von 20 % Innerorts- und jeweils 40 % Außerorts und Autobahnfahranteilen bei rund 9,8 l/100 km Diesel.

2.2.4 Anpassung der Verkehrssituationsanteile für verschiedene Reiseverkehrsmittel

Die in der Reisemobilität eingesetzten Straßenverkehrsmittel unterliegen unterschiedlichen Höchstgeschwindigkeitsvorgaben, die vor allem auf die Verteilung der Verkehrssituationsanteile auf Autobahnen Auswirkung haben. Es gelten im Wesentlichen folgende Geschwindigkeitsrestriktionen:

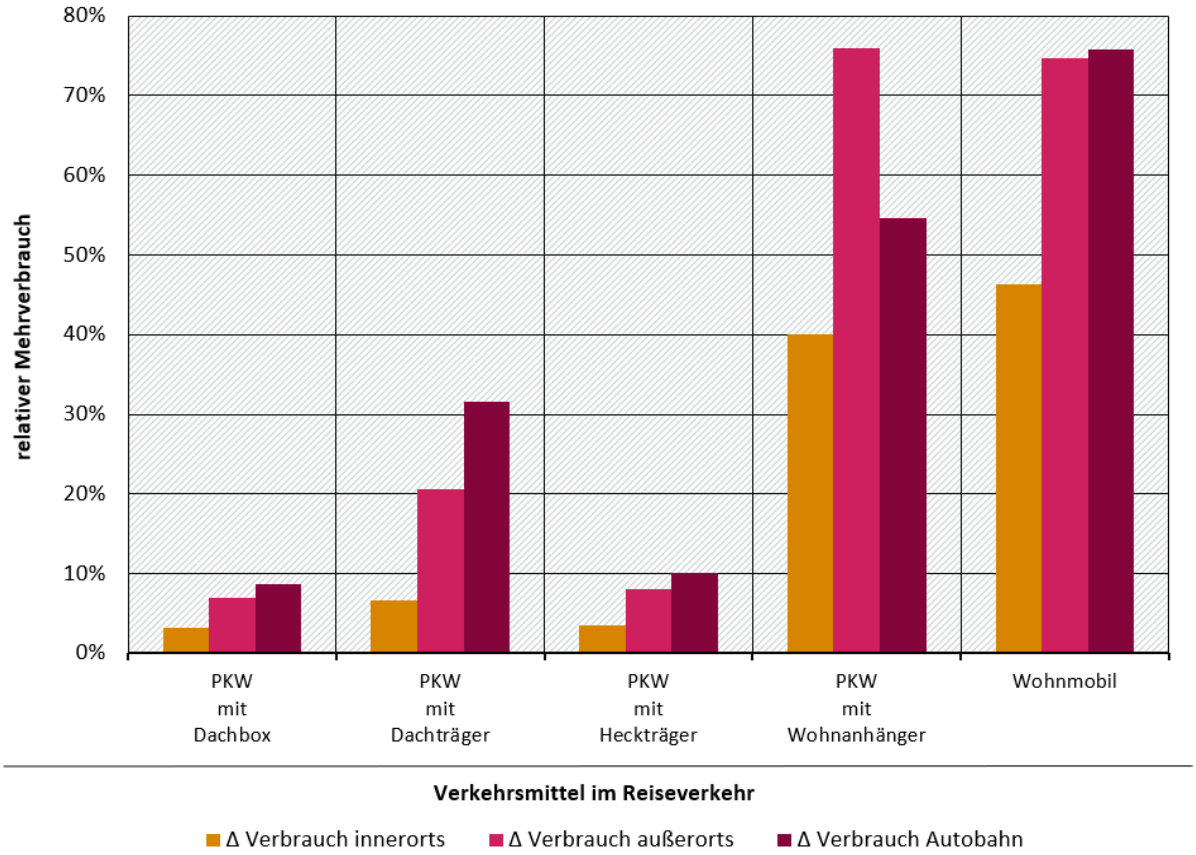
- Für Pkw-Gespanne mit Wohnanhänger oder Anhänger < 3,5 t gilt eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h gemäß ("§ 3 StVO 2013 - Einzelnorm" 2013) beziehungsweise 100 km/h ("StVOAusnV 9 - Neunte Verordnung über Ausnahmen von den Vorschriften der Straßenverkehrs-Ordnung" 1998) auf Landstraßen und Autobahnen.
- Für Pkw-Gespanne mit Wohnanhänger oder Anhänger > 3,5 t und < 7,5 t gilt eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h gemäß ("§ 3 StVO 2013 - Einzelnorm" 2013) auf Landstraßen und Autobahnen gemäß ("§ 18 StVO 2013 - Einzelnorm" 2013).
- Für Wohnmobile gilt keine besondere Geschwindigkeitsbegrenzung, es sei denn sie haben ein zulässiges Gesamtgewicht von über 3,5 t aber geringer als 7,5 t. In diesem Falle liegt die zulässige Höchstgeschwindigkeit bei 80 km/h auf Landstraßen ("§ 3 StVO 2013 - Einzelnorm" 2013) und 100 km/h auf Autobahnen gemäß ("StVOAusnV 12 - Zwölfte Verordnung über Ausnahmen von den Vorschriften der Straßenverkehrs-Ordnung" 2005).
- Für Dachgepäckboxen und Fahrradträger gelten in Deutschland keine besonderen Geschwindigkeitsbegrenzungen. Hersteller und Verbände empfehlen jedoch zumeist eine maximale Reisegeschwindigkeit von 130 km/h, respektive 120 km/h (Mayer 2018), (ADAC 2018). Diese Höchstgeschwindigkeitsrestriktion findet jedoch keine Anwendung in den Modellrechnungen, da keine gesetzliche Verpflichtung besteht, diese einzuhalten.

Aufbauend auf diesen Beschränkungen ist für die Modellierung folgende Annahme getroffen worden: Es werden die Verkehrssituationsanteile, die nicht der vorgegebenen zulässigen Höchstgeschwindigkeit des jeweiligen Reiseverkehrsmittels entsprechen, der nächstgültigen Geschwindigkeitsklasse mit gleicher Verkehrssituation in derselben Straßenkategorie zugeordnet.

2.2.5 Ergebnisse

Die Mehrverbrauchsanteile im Vergleich zum Pkw ohne Zusatzausstattung werden in Abbildung 14 dargestellt.

Abbildung 14: Relative endenergiebezogene Mehrverbräuche von Reisemobilen im Straßenverkehr im Vergleich zum durchschnittlichen Pkw



Quelle: Eigene Berechnung (ifeu/ DLR/ KIT)

Auf Basis der Simulationsrechnungen können folgende Aussagen zu den Emissions- und Verbrauchsfaktoren für straßengebundene Reiseverkehrsmittel gemacht werden:

- Pkw mit Dachgepäckboxen und Heckträger verzeichnen auf allen Straßenkategorien die geringsten Zusatzverbräuche. Diese betragen zwischen 3 % und 9 %.
- Im Falle der Fahrrad-Dachträger liegen die Bandbreiten des Mehrverbrauchs zwischen 7 % innerorts und 32 % auf der Autobahn.
- Gespanne mit Wohnanhänger verbrauchen innerorts 40 % mehr Energie, außerorts 76 % und auf der Autobahn 55 %. Der geringere relative Mehrverbrauch auf Autobahnen bezogen auf den mittleren Pkw im Vergleich zu außerorts ist im Wesentlichen den Anpassungen der Fahrsituationsanteile aufgrund der Geschwindigkeitsrestriktionen geschuldet, die hier mit 100 km/h Höchstgeschwindigkeit in allen Fahrzyklen der HBEFA-Verkehrssituationen Anwendung fand.
- Wohnmobile werden überwiegend mit Dieselkraftstoff betrieben. Diese verbrauchen innerorts 15 %, außerorts 47 % und auf der Autobahn 56 % mehr Treibstoff als das Referenzfahrzeug, wenn man unterstellt, dass diese ihre zulässige und technisch mögliche Höchstgeschwindigkeit gemäß der Fahrsituation auf Autobahnen ausreizen.

In nachfolgender Tabelle 6 werden die Treibhausgas-Emissionsfaktoren (WtW = Well-to-Wheel: CO_2-Emissionen inklusive der Vorkettenemissionen zur Bereitstellung des Treibstoffs und der direkten Verbrennungsemissionen, die aus der Abgasanlage des Fahrzeugs treten) für die Reisemobile des Straßenverkehrs tabellarisch untergliedert nach Straßenkategorien aufgelistet.

Tabelle 6: Emissionsfaktoren von Reiseverkehrsmitteln im Straßenverkehr inklusive Vorkette

	Innerorts	Außerorts	Autobahn
Pkw ohne Zusatzausstattung	226 g CO_2-Äq./km	176 g CO_2-Äq./km	225 g CO_2-Äq./km
Pkw mit Dachbox	233 g CO_2-Äq./km	188 g CO_2-Äq./km	245 g CO_2-Äq./km
Pkw mit Dachträger	241 g CO_2-Äq./km	212 g CO_2-Äq./km	296 g CO_2-Äq./km
Pkw mit Heckträger	234 g CO_2-Äq./km	190 g CO_2-Äq./km	248 g CO_2-Äq./km
Pkw mit Wohnanhänger	316 g CO_2-Äq./km	309 g CO_2-Äq./km	348 g CO_2-Äq./km
Wohnmobil	333 g CO_2-Äq./km	309 g CO_2-Äq./km	399 g CO_2-Äq./km

Quelle: Eigene Berechnung (ifeu/ DLR/ KIT)

Nachfolgende Tabelle 7 listet die ermittelten Verbräuche der Pkw im Reiseverkehr auf:

Tabelle 7: Verbräuche von Reiseverkehrsmitteln im Straßenverkehr ohne Vorkette (TtW)

	Innerorts	Außerorts	Autobahn
Pkw ohne Zusatzausstattung	2,65 MJ/km	2,06 MJ/km	2,64 MJ/km
Pkw mit Dachbox	2,74 MJ/km	2,21 MJ/km	2,87 MJ/km
Pkw mit Dachträger	2,83 MJ/km	2,49 MJ/km	3,47 MJ/km
Pkw mit Heckträger	2,74 MJ/km	2,23 MJ/km	2,90 MJ/km
Pkw mit Wohnanhänger	3,71 MJ/km	3,63 MJ/km	4,08 MJ/km
Wohnmobil	3,88 MJ/km	3,60 MJ/km	4,65 MJ/km

Quelle: Eigene Berechnung (ifeu/ DLR/ KIT)

2.3 Emissionsverhalten für Bahnen besonderer Bauart und Bahnen mit Dampfbetrieb

In TREMOD liegen bisher keine Emissionsfaktoren für ausgewählte, im Reisekontexten vorkommende Bahnen wie Seilbahnen, vorwiegend touristisch genutzten Kleinbahnen oder Bahnen mit Dampfbetrieb vor. Auch wenn diese Bahnen aufgrund von in der Regel kurzen Wegelängen keine hohe Relevanz für die Gesamtemissionen einer Reise haben, können sie zur Einordnung anderer Emittenten und für eine möglichst vollständige Abbildung der Reiseemissionen hilfreich sein.

Diese Bahnen sind zunächst gegenüber der in TREMOD gut abgebildeten Normalbahn abzugrenzen. Die Normalbahnen erfüllen dabei folgende Kriterien:

- Sie verkehren nach einem regelmäßigen, veröffentlichten Fahrplan.

- Sie verkehren auf Normalspur (1425 mm) im Rad-Schiene-System.

In Abgrenzung dazu lassen sich folgende Gruppen von Bahnen für die Betrachtung ableiten:

- Bahnen besonderer Bauart: *„Diese Bezeichnung gilt für Seilschwebe- und Standseilbahnen, Zahnradbahnen, Kabinenbahnen und Schwebebahnen.“* (VDV 2018) Damit sind in dieser Gruppe Bahnen mit vorwiegend touristischer Nutzung enthalten, wie zum Beispiel die Seilbahn Zugspitze, aber auch im Alltag genutzte Verkehrsmittel wie die Wuppertaler Schwebebahn.
- Dampfbetriebene Bahnen und Kleinbahnen mit touristischem Kontext, insbesondere Nebenbahnen in touristischen Gebieten, wie Inselbahnen, die Brockenbahn oder die sächsischen Schmalspurbahnen; aber enthalten sind auch Sonderfahrten von Museumsbahnvereinen zur Traditions- und Denkmalpflege.

2.3.1 Bahnen besonderer Bauart

Bahnen besonderer Bauart wurden letztmalig in der Statistik des Verbands deutscher Verkehrsbetriebe (VDV) von 2014 gesondert ausgewiesen, zu diesem Zeitpunkt waren im VDV 7 Linien mit einer gesamten Streckenlänge von 22 km im Jahr vertreten. Diese erbrachten eine Verkehrsleistung von 107 Mio. Personenkilometern (gesamter im VDV organisierter öffentlicher Personenverkehr 16,8 Milliarden Personenkilometer). Angeboten wurden 292 Mio. Sitzplatzkilometer, so dass im VDV ein mittlerer Auslastungsgrad von 37 % ermittelt wurde. Der Verbrauch der im VDV organisierten Bahnen besonderer Bauart wurde zuletzt 2010 erfasst (VDV 2011). Dort betrug der spezifische Stromverbrauch 5 kWh/100 Pkm. Das entspricht mit den in TREMOD hinterlegten Vorkettendaten ein THG-Emissionsfaktor von 28 g CO_2-Äq./Pkm.

2.3.2 Dampfbetriebene Bahnen und Kleinbahnen mit touristischem Kontext

In Deutschland werden historische dampfbetriebene Bahnen für touristischen Zwecke aber auch für die Traditions- und Denkmalpflege eingesetzt. Die Traktion des historischen Eisenbahnbetriebs wird zu einem großen Teil mit kohlegefeuerten aber auch mit Leichtöl (Heizöl) beziehungsweise mit Schweröl (Bunkeröl C) durchgeführt. In Deutschland werden etwa 190 Dampflokomotiven betrieben, die Spannweite reicht dabei von 30 PS-Schmalspurloks bis hin zu Hauptbahn-Schnellzugloks mit circa 2000 PS. Hergestellt wurden sie bis zur ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Da keine aktuellen Verbrauchsstatistiken vorliegen, werden die in TREMOD enthaltenen Daten aus dem Regelbetrieb in Westdeutschland bis zu dessen Einstellung im Jahr 1977 herangezogen. Inklusive Vorketten wurden dabei im Dampfbetrieb 96 g CO_2 je Sitzplatzkilometer emittiert (Mittelwert der Emissionswerte von 1960 bis 1976). Bei einer heute für den Museumsbetrieb näherungsweise angenommenen Auslastung von 50 % emittieren die Bahnen damit 193 g CO_2-Äq./Pkm. Dieses Ergebnis wird auf mit Leicht- und Schweröl betriebene Kleinbahnen übertragen.

2.4 Emissionsverhalten ausgewählter bei Reisen genutzter Schiffe

Im Bereich der Schiffe liegen in TREMOD MM (Mobile Maschinen) für Motorboote, Binnenfähren sowie Ausflugs- und Flusskreuzfahrtschiffe Verbrauchs- und Emissionskennzahlen vor. Die Emissionsberechnung erfolgt jedoch rein motorbezogen auf Basis der Anzahl der Motoren, der Motorlast und der Betriebsdauer. Es fehlen die Informationen zu den Eigenschaften der Fahr-

zeuge (Größe, Kapazität, Einsatzmuster) und den damit beförderten Personen. Damit liegt bisher keine Methodik analog Straßen- und Bahnverkehr vor, aus der direkt die Emissionen von Reiseereignissen von einzelnen Personen berechnet werden könnte.

Zunächst mussten sinnvolle Klassen für den Bereich der Passagierschiffe gebildet werden, die sowohl kompatibel für spätere Berechnungen in TREMOD sind als auch gut erfassbar in der Fragebogenerhebung. Es gibt unzählige Arten von Schiffen und Booten, die der Beförderung von Personen dienen. Das Projektteam hat sich auf Wasserfahrzeuge konzentriert, die speziell für den Zweck einer Reise eine wichtige Rolle spielen und in nennenswerter Anzahl vorkommen. Tabelle 8 listet die gewählten Klassen nach Art des Gewässertyps und Verfügbarkeit von Kabinen für Übernachtungsgäste auf.

Tabelle 8: Betrachtete Klassen der Wasserfahrzeuge für die Passagier-/Personenbeförderung

Klasse	Binnengewässer	Küstennah	Hochsee	Kabine
Schiffe				
Kreuzfahrtschiff		X	X	X
Flusskreuzfahrtschiff	X			X
Seefähre* nur Passagierbeförderung (Pax)		X		
Seefähre* Passagier- und Kfz-Beförderung (RoPax)		X		
Tagesausflugsschiff	X	X		
*Private Boote***				
Motorboote	X	X		X
Hausboote	X			X
Segelboote	X	X		X

* Zu der Klasse „Seefähren“ werden auch die „küstennahen Fähren“ gerechnet.

** Die Kategorie der „Privaten Boote“ bezeichnet Boote, die sich im Eigenbesitz befinden oder gechartert werden.

Der Schiffsverkehr wird in der nationalen Treibhausgasberichterstattung unterschiedlich erfasst und differenziert. In TREMOD werden die Kraftstoffverbräuche auf den deutschen Binnenwasserstraßen auf Grundlage der Schiffsbewegungen berechnet. Insgesamt macht die Binnenschifffahrt circa 0,8 % der THG-Verkehrsemissionen in Deutschland aus (Knörr et al. 2019). Dabei ist nur der Güterverkehr berücksichtigt. Die Passagierschiffe und Motorboote im Binnenbereich werden über das Tool TREMOD MM erfasst. Im Jahr 2017 haben diese in Deutschland circa 207 kt CO_2 ausgestoßen, das entspricht 12 % der Binnenschifffahrt in einer gemeinsamen Betrachtung von Güter- und Passagierschiffen (inklusive private Boote). Die Seeschifffahrt wird in TREMOD nicht erfasst.

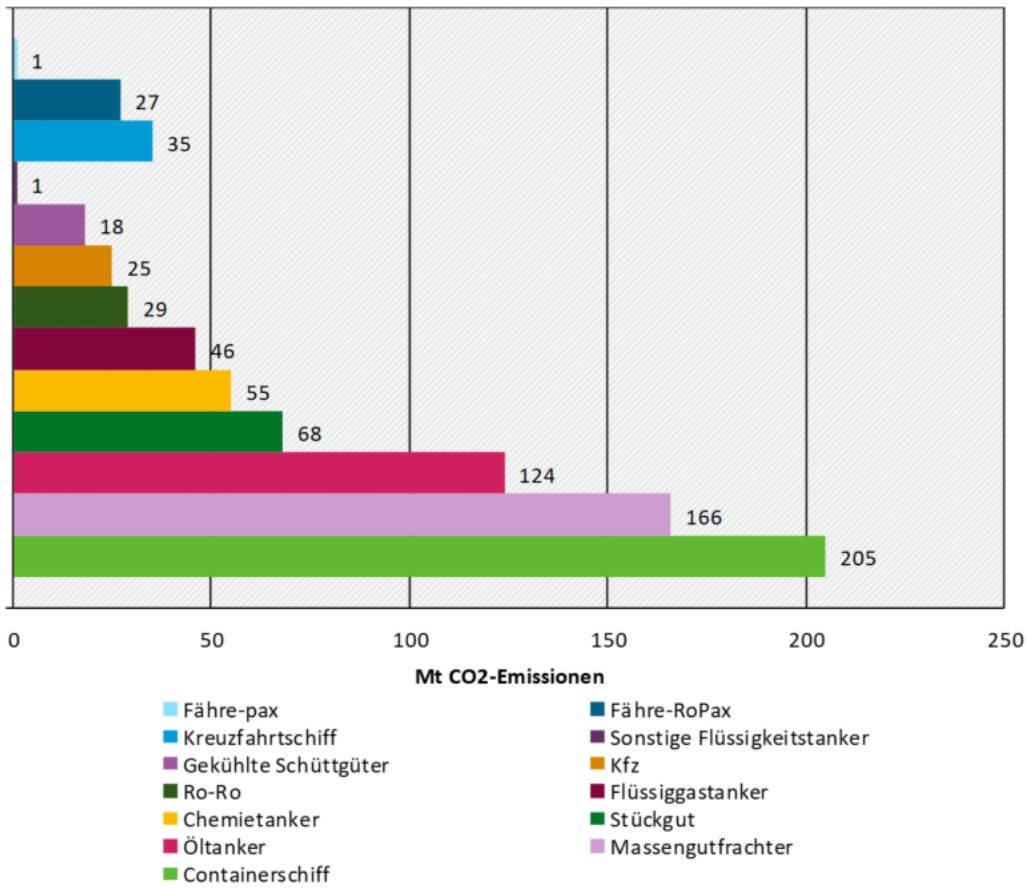
Im nationalen Treibhausgasinventurbericht des UBA werden nur die in Deutschland getankten Kraftstoffmengen angerechnet (UBA 2018). Der Anteil der CO_2-Emissionen der Binnenschifffahrt wird auf 0,4 % des gesamten Verkehrs und somit niedriger als in TREMOD geschätzt. Dies ist plausibel, da ein Großteil der Binnenschifffahrt grenzüberschreitend verkehrt und möglicherweise im Ausland tankt. Deutlich höher wird der Anteil des nationalen Seeverkehrs am Verkehr

mit circa 0,8 % angegeben. Internationale Bunkerungen werden hingegen nur nachrichtlich erfasst und nicht dem deutschen Inventar angerechnet. Passagierschiffe werden im nationalen Treibhausgasinventurbericht des UBA nicht differenziert.

Die Emissionen aus der (Passagier)-Hochseeschifffahrt werden nicht auf nationaler Ebene berichtet. Die beste Referenz zur Darstellung der THG-Emissionen aus der internationalen Passagierschifffahrt ist der dritte Treibhausgasbericht der International Maritime Organization (IMO). Demnach ist 2012 die internationale Schifffahrt für 2,2 % der globalen CO_2-Emissionen verantwortlich. Die Passagierschiffe haben dabei einen Anteil von 8 % (vgl. Abbildung 15 nach (IMO 2014)). 2019 beginnen die Arbeiten am vierten Treibhausgasbericht der IMO (IMO 2018).

Abbildung 15: CO_2-Emissionen internationaler Seeschiffe nach Güterart/Personen

Bezugsjahr 2012



Quelle: (IMO 2014).

Auch wenn die Emissionen der Passagierschifffahrt gegenüber der Güterschifffahrt nur einen Bruchteil ausmachen, gewinnt diese Betrachtung zunehmend an Bedeutung, da der Kreuzfahrt-Tourismus auf Binnen- und internationalen Gewässern ein schnell wachsendes Marktsegment ist. Umweltschutz und Nachhaltigkeit werden im Tourismus immer wichtiger. Das Reisen mit Kreuzfahrtschiffen boomt seit Jahren und wächst schneller als jedes andere Marktsegment im weltweiten Tourismus.

Der Fokus richtet sich nun neben der Minderung der Luftschadstoffemissionen verstärkt auf die Energieeffizienz und die THG-Emissionen der Schiffe, so gibt es verschiedene internationale Anstrengungen, die sich um eine Regulierung bemühen. Die EU und die IMO haben jeweils ein System erstellt, dass die THG-Emissionsdaten von Seeschiffen erfasst (EU: (European Commission

2016); IMO:(IMO 2016)). Der erste öffentlich Datensatz des MRV Systems[1] der EU wurde Ende Juni 2019 online gestellt. Die Ergebnisse konnten gesichtet und mit den eigenen Ergebnissen verglichen werden (vgl. Kapitel 2.4.3). Eine umfangreichere Auswertung konnte in diesem Projektkontext nicht weiter vorgenommen werden. Weiterhin ist die Betrachtung der gesamten Reisekette mit dem Reisezweck „Kreuzfahrt" für dieses Vorhaben relevant. Häufig werden große Distanzen mit dem Auto oder Flugzeug zu dem Ausgangs- oder Endpunkt der Kreuzfahrt unternommen. Weitere Fahrten kommen in der Regel bei Landgängen hinzu.

Es sei an dieser Stelle darauf verwiesen, dass eine Reise mit einem Kreuzfahrtschiff nicht nur dem Zweck der Anreise dient, sondern dass auch Übernachtung und sonstige Dienstleistungen (Freizeiteinrichtungen) auf diesen „Verkehrsmitteln" erbracht werden. Die Verbräuche und Emissionen umfassen demnach mehr als nur den Anreiseaufwand. Das Projektteam hat sich drauf verständigt, dass aufgrund der geringen quantitativen Bedeutung der Schiffsreisen (siehe 3.3) im Rahmen der Studie auf eine aufwendige Allokation verzichtet wird. Nichtsdestotrotz ist dieser Aspekt wichtig für die Interpretation der Ergebnisse.

2.4.1 Methodik und Vorgehen

Wie bereits erwähnt, lag bisher der Hauptfokus der Umweltbetrachtung von Schiffen auf Schwefel und Rußemissionen. Außerdem standen – aufgrund ihrer Flottengröße – die Güterschiffe im Fokus. Wegen der untergeordneten Relevanz von Passagierschiffen gibt es nur wenige Datenquellen für die Abschätzung von Emissionen.

Für eine genaue Ableitung der Verbrauchs- und Emissionswerte der betrachteten Klassen sind Primärdaten die beste Wahl. Diese Angaben konnten sich nur vereinzelt für private Boote oder Tagesausflugsschiffe finden und sind häufig an einen speziellen Fall gebunden. Für die größeren Fähren und Kreuzfahrtschiffe gibt es so gut wie keine Angaben, nicht zuletzt wegen der komplizierten Struktur des Energieverbrauches für Hauptantrieb und Strom-/Wärmeerzeugung an Bord. Der Aufbau eines umfassenden Modells zur Berechnung des Energieverbrauches für Passagierschiffe wurde geprüft, erwies sich jedoch in Anbetracht der Komplexität gegenüber den Projektmitteln als unrealistisch. Aus diesem Grund wird ein kombinierter Ansatz verfolgt, der für einen Teil der Schiffe und Boote die Verbrauchsdaten modelliert (Binnenschiffe und Privatboote) und für einen anderen Teil aus sekundären Quellen ableitet (Hochseekreuzfahrtschiffe und Seefähren). Nach einer breiten Literatur und Internet-Recherche erwiesen sich folgende Quellen als wichtig und wurden genauer geprüft:

- Nationale Modelle zur Berechnung der Verkehrsemissionen: (ifeu 2009; VTT Technical Research Centre of Finland 2017)
- Statistiken zur Flottenzusammensetzung in Deutschland: unter anderem (Statistisches Bundesamt 2016; WSV 2017), Datenbanken von Schiffstypen
- Treibhausgasberichte der International Maritime Organization: (IMO 2014)
- Plattformen, die Daten zu Schiffeigenschaften und -bewegungen zusammenstellen: vesselfinder.com, cruisemapper.com

[1] Monitoring, reporting and verification (MRV): Ab Januar 2018 müssen große Schiffe (größer 5.000 Bruttoraumzahl), die in Häfen des Europäischen Wirtschaftsraums (EWR) Güter oder Passagiere be- oder entladen, ihre damit verbundenen CO_2-Emissionen und andere relevante Informationen überwachen und melden.

- Datenblätter zu Schiffen und Schiffsmotoren: unter anderem (Boat Fuel Economy 2019; MAN 2019; Neptun Werft 2019)
- Angaben von Reedereien und Häfen zu ihren Flotten: unter anderem (A-ROSA Flussschiff GmbH 2019; Hafen Hamburg 2019; Viking River Cruises 2019)
- Rechner CO_2-Fußabdruck für Kreuzfahrten von atmosfair (atmosfair 2010)
- Naturschutzbund Deutschland (NABU) Kreuzfahrtranking (NABU 2018)
- Wissenschaftliche Studien, die sich mit der Modellierung und Aufzeichnung von Verbrauchsdaten für Passagierschiffe beschäftigen, z.B. (Marty et al. 2012)

Aus den angegebenen Quellen wurden Annahmen für die Berechnung übernommen oder Vergleichswerte gebildet, um die Ergebnisse zu prüfen und zu plausibilisieren.

Das Tool zur Berechnung der spezifischen Verbräuche und THG-Emissionen wurde zunächst nach dem Muster von TREMOD MM entwickelt. Dabei richtet sich der Verbrauch nach der Motorisierung (ifeu 2009). Für die speziellen Fragestellungen des Projektes sind jedoch noch eine Reihe von Anpassungen der Berechnungslogik notwendig, da in TREMOD MM nur Verbräuche und Emissionen pro Betriebsstunde eines Motors berechnet werden. Weitere Annahmen zur Ableitung von spezifischen Verbräuchen/Emissionen pro Personenkilometer waren erforderlich. Außerdem wurden weitere Annahmen in TREMOD MM aktualisiert, wie der spezifische Motorenverbrauch, Generatorleistung bei Flusskreuzfahrtschiffen und Anteile von Biokraftstoffen.

Aufgrund der komplexen Ausprägung des Energieverbrauches von Kreuzfahrtschiffen, konnte der vereinfachte Ansatz über die Ableitung des Verbrauches nach Motorleistung nicht übernommen werden. Hochseekreuzfahrtschiffe sind schwimmende Kleinstädte, die neben dem Antrieb des Schiffes eine hohe Anzahl von Nebenverbrauchern an Bord haben. Neben dem Hauptantrieb müssen Steuerungseinheiten, Passagierkabinen und auch eine Reihe von Freizeit-/Luxus-Einrichtungen für die Passagiere (zum Beispiel Restaurants, Schwimmbad, Shopping-Bereich) mit Energie versorgt werden. Außerdem ist der Betrieb eines Schiffes auf Hochsee sehr viel energieintensiver und variabler als in Binnengewässern. Hinzu kommt der spezielle Verbrauch dieser Schiffe in Revierfahrten und während der Liegezeiten. Die Spannweite des Energieverbrauchs für den reinen Vortrieb liegt auf hoher See zwischen 50 % bis 70 %. Der Rest (30 % bis 50 %) werden vom Hotelbetrieb an Bord benötigt (atmosfair 2010).

Im Zuge des Projektes ist es nicht möglich gewesen, ein eigenes Verbrauchsmodell für Hochseekreuzfahrtschiffe zu entwickeln. Der CO_2-Kreuzfahrtrechner von atmosfair hat zwar eine gute Dokumentation seiner Methode, die Hintergrunddaten für die Berechnung sind jedoch nicht frei verfügbar. Dafür konnten aber die Ergebnisse des Rechners als Vergleichswerte verwendet werden, auch wenn atmosfair sein Angebot zur Kompensation von Kreuzfahrten mittlerweile zurückgezogen hat (Stand Oktober 2019) (Spiegel 2019). Myclimate bietet einen ähnlichen Service noch an (https://germany.myclimate.org/de/cruise_calculators/new, zuletzt abgerufen am 7.2.2020).

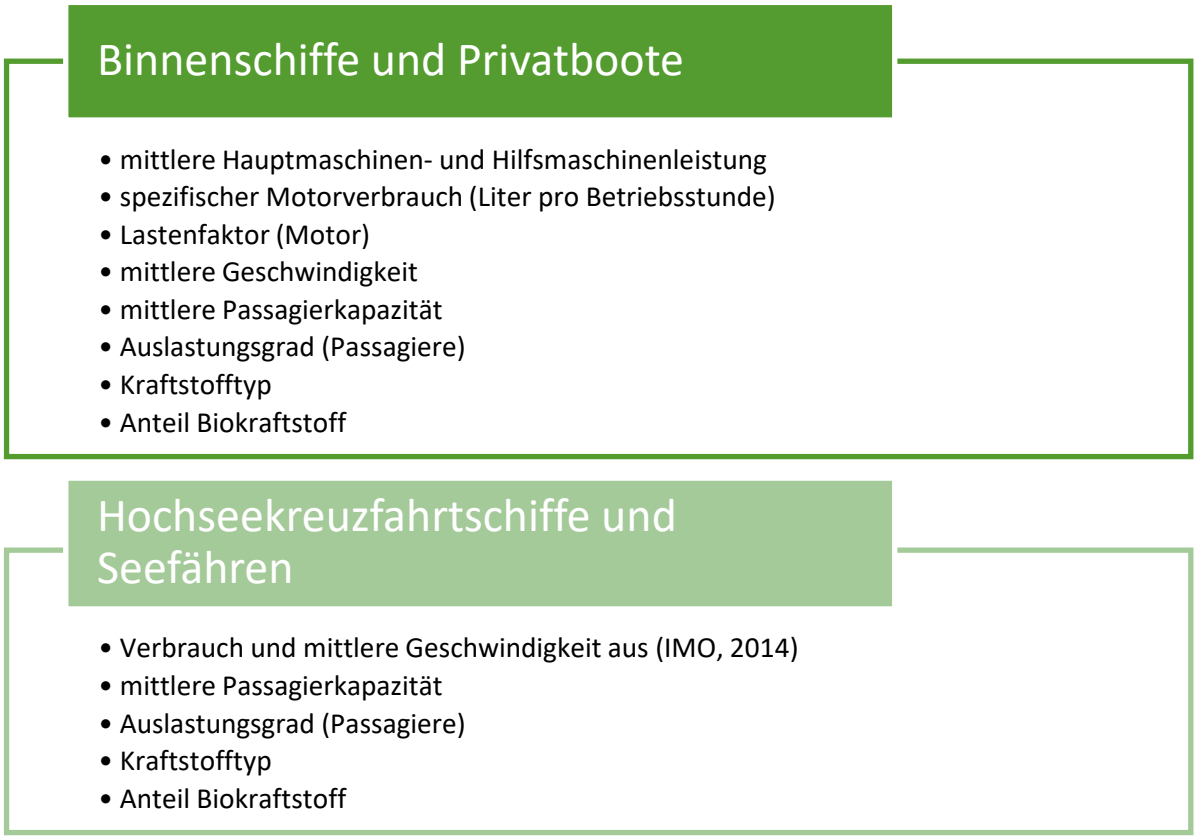
Die International Maritime Organization hat zur Erstellung ihres Treibhausgasberichtes ebenfalls ein Verbrauchs- und Emissionsmodell entwickelt, das mit einigen Datenbanken verknüpft ist und umfassende Ergebnisse liefert. So kann das Modell mit Hilfe von Bewegungsdaten und Schiffskennzahlen spezifische Jahresverbräuche pro Schiff berechnen. Die Ergebnisse liegen im Bericht jedoch nur aggregiert vor. Im dritten Treibhausgasbericht von 2014 werden Verbräuche,

Durchschnittsgeschwindigkeiten nach Schiffstyp und Größenklasse für das Basisjahr 2012 angegeben (IMO 2014). Diese Angaben wurden für Hochseekreuzfahrtschiffe und Seefähren für das Berechnungstool übernommen und um weitere Annahmen ergänzt. Die THG-Emissionen wurden nicht aus dem Bericht übernommen, sondern eigens berechnet, da nicht alle Ergebnisse nachvollziehbar waren und die Energievorkette (Well-to-Wheel) nicht berücksichtigt wurde.

Abbildung 16 stellt die Eingangsdaten für das Tool zur Berechnung der spezifischen Verbräuche und THG-Emissionen für Passagierschiffe und private Boote zusammen.

Abbildung 16: Tool zur Berechnung der spezifischen Verbräuche und THG-Emissionen für Passagierschiffe und private Boote

Auflistung von Eingangsdaten nach Schiffstyp



Quelle: Eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT).

Ein wichtiger Schritt zur Ableitung der passenden Eingangsdaten für die Berechnung war die Identifikation der geeigneten Schiffsgrößen für die jeweilige Klasse. Dafür wurden Statistiken und Flottenbestände analysiert. Tabelle 9 stellt die gewählten Schiffs- und Bootsklassen mit ihrer abgeleiteten mittleren Motorisierung dar.

Tabelle 9: Schiffs- und Bootsklassen mit ihrer abgeleiteten mittleren Motorleistung

Klasse	Installierte Motorenleistung [kW]	Quelle
	Schiffe	
Kreuzfahrtschiff	61.840	Gewichtetes Mittel der IMO Schiffstypen „Cruise“ (2.000-100.000+ BRZ*) (IMO 2014)
Flusskreuzfahrtschiff	2.243	Mittlere Maschinenleistung und Zusatzleitung von Hilfsgeneratoren (Gesonderte Auswertung der zentralen Binnenschiffsdatei nach Motorenleistung der Kabinenschiffe)
Seefähre - nur Passagierbeförderung (Pax)	1.885	IMO Schiffstyp „Ferry - pax only“ (0 -1.999 BRZ*) (IMO 2014)
Seefähre Passagier- & Kfz-Beförderung (RoPax)	15.490	IMO Schiffstyp „Ferry - RoPax “ (2.000+ BRZ*) (IMO 2014)
Tagesausflugsschiff	248	Mittlere Maschinenleistung orientiert an der zentraler Binnenschiffsdatei (WSV 2017).
	Private Boote	
Motorboote	70	Abgeleitet von Motor- und Sportbooten mit einer durchschnittlichen Länge von ca 7 m. Nur Statistik zu Bootslängen verfügbar (Mell 2016).
Hausboote	45	Annahme abgeleitet aus Mietflotten für Hausboote in der Region Mecklenburger Seenplatte (Nautal 2019)
Segelboote	7,5	Abgeleitet von Motor- und Sportbooten mit einer durchschnittlichen Länge von circa 9 m. Nur Statistik zu Bootslängen verfügbar (Mell 2016).

* BRZ: Bruttoraumzahl.

Für die privaten Boote wurden weitere Hilfsgeneratoren und Landstromnutzung vernachlässigt, dafür wurde eine höhere Motorisierung insgesamt angenommen.

2.4.2 Ergebnisse

In den folgenden Tabellen (Tabelle 10 bis Tabelle 12) sind die Ergebnisse der Berechnung des Energieverbrauches (absolut und bezogen auf den Personenkilometer) und der spezifischen THG-Emissionen (bezogen auf Personenkilometer) dargestellt. Der Bezug auf den Personenkilometer ist relevant im Projektkontext, da er die Schnittstelle zu dem Mengengerüst des Reiseverkehrs schafft. Die Bezugsgröße ist jedoch unüblich in der Angabe von Schiffsverbräuchen. Deshalb musste diese Größe über das durchschnittliche Platzangebot und einen durchschnittlichen Auslastungsgrad ermittelt werden.

Die Ergebnisse in Tabelle 10 zeigen den Energieverbrauch und die THG-Emissionen von Kreuzfahrtschiffen und Seefähren. Die Verbrauchswerte wurden, wie bereits einleitend in Kapitel 2.4 beschrieben, aus dem Treibhausgasbericht der IMO abgeleitet. Weitere Annahmen zur Berechnung der spezifischen Kenngrößen waren erforderlich. Für jede betrachtete Schiffsgröße wurden durchschnittliche Passagier- und Crew-Anzahlen ermittelt. Letztlich wurden die Verbräuche und Emissionen nur auf die Passagiere umgelegt, sie tragen somit die Lasten der Crewmitglieder

mit. Das Verhältnis von Passagieren und Crew ist insbesondere für die Kreuzfahrtschiffe relevant, da hier die Crew einen relevanten Anteil der gesamten Personen auf dem Schiff ausmachen kann[2]. Für die Seefähren wurden die deutschen Flotten berücksichtigt, die insbesondere zwischen den Nord- und Ostseeinseln (Seefähre nur Passagierbeförderung) sowie Dänemark/Skandinavien verkehren (RoPax). Erwartungsgemäß haben die Kreuzfahrtschiffe die höchsten Emissionen (430 g CO_2-Äq./Pkm), da sie eine Hotelinfrastruktur an Bord besitzen. Auch die spezifischen Emissionen der Seefähren sind relativ hoch, was teilweise auf den schlechteren Auslastungsgrad zurückzuführen ist (50 % bei reinen Personenfähren und 35% bei RoPax Fähren). Die Auslastungsgrade wurden von dem finnischen Emissionsberechnungsmodell LIPASTO übernommen (VTT Technical Research Centre of Finland 2017). Die Allokation der Emissionen und des Energieverbrauchs der RoPax-Fähre zwischen Güter- und Personenverkehr wurde von 16 % auf 50 % (Pax) angepasst. Da in Finnland der Fährenbetrieb eine höhere Relevanz im Verkehr aufweist, als das für Deutschland der Fall ist, wurden diese Verkehre differenzierter in der nationalen Emissionsberechnung berücksichtigt. Für Deutschland konnten keine Daten für den Fährbetrieb aufgefunden werden. Unter Berücksichtigung einer besseren Datenlage für den deutschen Anwendungsfall, können sich die Ergebnisse noch stark verändern.

Tabelle 10: Energieverbrauch und THG-Emissionen von Kreuzfahrtschiffen und Seefähren

Größenklasse	Verbrauch pro Seetag für ein mittleres Schiff	Verbrauch pro Pkm	THG-Emissionen* pro Pkm
Kreuzfahrtschiff	237 t HFO/MDO (9,7 TJ)	0,12 kg HFO/MDO (5 MJ)	0,43 kg CO_2-Äq.
Seefähre nur Passagierbeförderung (Pax)	7 t MDO (0,3 TJ)	0,04 kg MDO (1,7 MJ)	0,14 kg CO_2-Äq.
Seefähre Passagier- und Kfz-Beförderung (RoPax)	37 t MDO (1,6 TJ)	0,07 kg MDO (3,0 MJ)	0,28 kg CO_2-Äq.

* THG-Emissionen setzten sich aus den direkten Emissionen und den Emissionen der Vorkette zu Energiebereitstellung zusammen (Well-to-Wheel). HFO: Heavy Fuel Oil (Schweröl), MDO: Marine Diesel Oil (Marinediesel).
Quelle: Eigene Berechnungen (ifeu/ DLR/ KIT)

Tabelle 11 stellt die Ergebnisse für die Binnenpassagierschiffe Flusskreuzfahrtschiff und Tagesausflugsschiff zusammen. Für die Passagierzahlen wurden die Flotten ausgewählter Reederei und Häfen analysiert[3] . Auffällig ist, dass sich die 450 g CO_2-Äq./Pkm für Flusskreuzfahrtschiffe in einer ähnlichen Größenordnung wie die Hochseekreuzfahrtschiffe bewegen. Weiterhin wurde ein relativ konservativer Wert für den mittleren Lastenfaktor der Antriebsmaschine gewählt (50 %), was im Binnenverkehr evtl. überschätzt ist. Die Tagesausflugsschiffe reihen sich im Vergleich zum Flusskreuzfahrtschiff recht gut mit 220 g CO_2-Äq./Pkm gegenüber 450 g CO_2-Äq./Pkm ein. Das Ergebnis ist insbesondere durch den niedrigen Passagier-Auslastungsgrad beeinflusst (vgl. Tabelle 11).

[2] Für diese Angabe wurden circa 60 Kreuzfahrtschiffe aus dem größten und mittleren Passagiersegment ausgewählt und ausgewertet (CruiseMapper 2019). In der betrachteten, zufälligen Stichprobe beträgt der Mittelwert des Crewanteils an den gesamten auf den Schiffen mitfahrenden Menschen 27 %.

[3] unter anderem (A-ROSA Flussschiff GmbH 2019; Hafen Hamburg 2019; Viking River Cruises 2019)

Tabelle 11: Energieverbrauch und THG-Emissionen von Flusskreuzfahrtschiff und Tagesausflugsschiff

Größenklasse	Verbrauch pro Betriebsstunde	Angenommene Passagier-Kapazität/ Auslastungsgrad*	Verbrauch pro Pkm	THG-Emissionen* pro Pkm
Flusskreuzfahrtschiff	235 kg Diesel (10,1 GJ)	80 %	0,11 kg (5,0 MJ)	0,45 kg CO_2-Äq.
Tagesausflugsschiff	31 kg Diesel (1,3 GJ)	30 %	0,06 kg (2,5 MJ)	0,22 kg CO_2-Äq.

* eigene Annahme

THG-Emissionen setzten sich aus den direkten Emissionen und den Emissionen der Vorkette zu Energiebereitstellung zusammen (Well-to-Wheel).

Quelle: Eigene Berechnungen (ifeu/ DLR/ KIT)

Tabelle 12 fasst die Ergebnisse für die privaten Boote zusammen. Leider gibt es keine Statistik zu der durchschnittlichen Motorisierung von privaten Booten. Somit musste die Motorisierung nach der mittleren Bootslänge abgeleitet werden, die in der deutschen Studie „Strukturen im Bootsmarkt update 2016“ erhoben wurde (Mell 2016). Die Motor- und Sportboote haben eine durchschnittliche Länge von 7 m, die Segelboote liegen bei 8 m. Zwei Drittel der Motor- und Sportboote liegen an einem Binnenanlieger und ein Drittel hat seinen Liegeplatz küstennah. Das Verhältnis der Liegeplätze bei Segelbooten ist mit jeweils 50 % ausgeglichen. Diese Angabe war für die Abschätzung der Motorisierung wichtig, da Boote auf Seestraßen sehr viel höher motorisiert sind und weniger Geschwindigkeitsregulierungen unterliegen (Wischer 2007). Für eine Abschätzung der Hausboote wurden Mietflotten von Chartern für den Raum Mecklenburg-Vorpommern und Müritz analysiert, da dies ein beliebtes Ziel für Hausbooturlaube ist.

Tabelle 12: Energieverbrauch und THG-Emissionen von privaten Booten

Bootstyp	Verbrauch pro Betriebsstunde	Verbrauch pro Pkm	THG-Emissionen* pro Pkm
Motor- und Sportboot	6,6 kg Benzin (287,1 MJ)	0,18 kg Benzin (7,8 MJ)	0,67 kg CO_2-Äq.
Hausboot	4,3 kg Benzin (187,0 MJ)	0,17 kg Benzin (7,4 MJ)	0,64 kg CO_2-Äq.
Segelboot	0,6 kg Benzin (26,1 MJ)	0,02 kg Benzin (0,9 MJ)	0,06 kg CO_2-Äq.

THG-Emissionen setzten sich aus den direkten Emissionen und den Emissionen der Vorkette zu Energiebereitstellung zusammen (Well-to-Wheel).

Quelle: Eigene Berechnungen (ifeu/ DLR/ KIT)

Insgesamt sind die spezifischen THG-Emissionen für die Klassen „Motor- und Sportboot“ und Hausboot sehr hoch (670 g CO_2-Äq. und 640 g CO_2-Äq.). Dies ist zum einen auf die schlechtere Effizienz von kleineren Motoren und die geringe Personenauslastung für dies Klasse zurückzuführen (2,5 Personen je Boot).

Da die Fallzahl in der Befragung für dieses Reiseverkehrsmittel sehr gering war, wird der Verbrauchs- und Emissionswert für die drei Typen der privaten Boote gemittelt. Laut Produktionsstatistik der EU wurden in Deutschland 2017 circa zwei Drittel Motorboote und ein Drittel Segelboote abgesetzt (Eurostat 2019). In der Studie von (Mell 2016) liegt der Motorbootbesitz circa

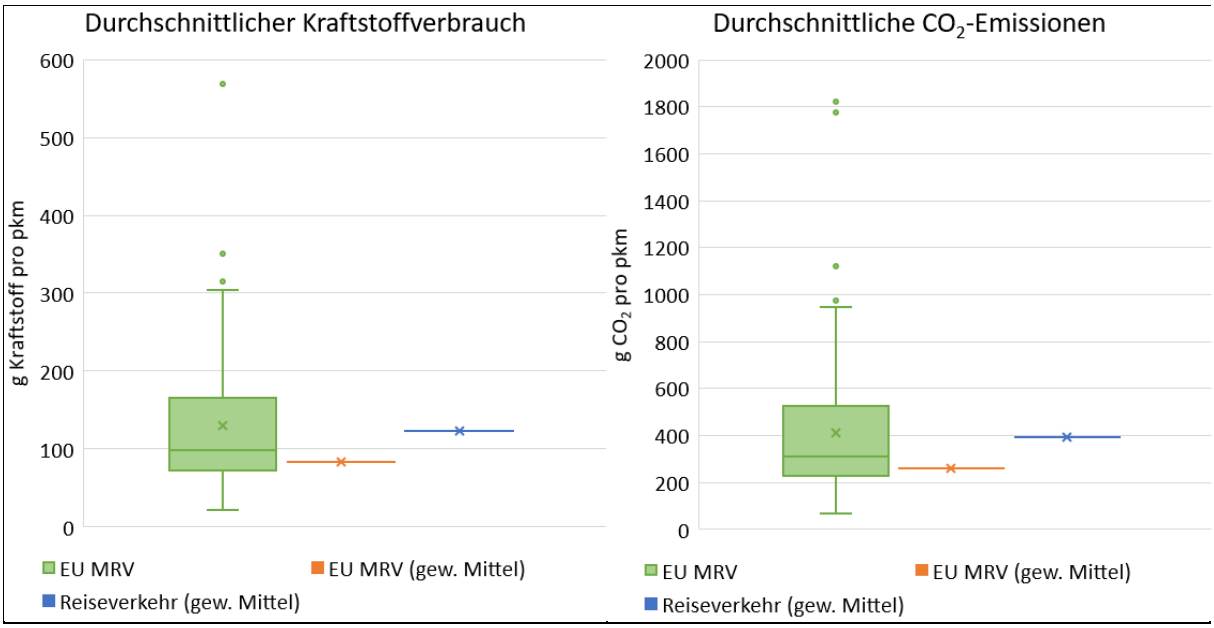
1,5-mal höher als der Segelboot besitz im Bestand. In dieser Studie leiten wir basierend auf den Bestandszahlen einen gewichteten Mittelwert von **430 g CO2-Äquivalent/Pkm THG-Emissionen für private Boote** ab.

2.4.3 Ergebnisvergleich für Kreuzfahrtschiffe mit den Daten der EU MRV

Seit Juli 2019 stehen die ersten Ergebnisse der EU MRV Berichterstattung zur Verfügung. Der Datensatz beinhaltet 150 Passagierschiffe mit Angaben zu Verbräuchen und CO_2-Emissionen, differenziert nach Seemeilen und Passagierseemeilen. Dabei differenziert der Datensatz die namentlich genannten Schiffe nicht weiter nach Eigenschaften, wie Bruttoraumzahl oder Passagierkapazität. Da die Ergebnisse erst zum Schluss der Projektphase zur Verfügung standen, war es nicht mehr möglich den Datensatz noch über weitere Quellen aufzuarbeiten, um bspw. fehlende Daten selbst zu recherchieren. In diesem Projektkontext wurde deshalb der Datensatz für die Passagierschiffe im Gesamtergebnis den eigenen Ergebnissen gegenübergestellt (siehe Abbildung 17). Die MRV-Daten enthalten außerdem RoPax Schiffe (344 Fälle), die nicht weiter analysiert wurden.

Auffällig ist, dass es einige Ausreißer im Datensatz der Passagierschiffe gibt, bei denen nicht geklärt werden konnte, ob es sich um Fehler handelt oder besondere Umstände, wie Leerfahrten, die zu einen schlechten Auslastungsgrad geführt haben. Ein Datensatz wurden wegen einer zu hohen Abweichung aus der Auswertung entfernt und in vier Fällen fehlen Angaben, so dass sich die Auswertungen in Abbildung 17 auf 145 (von ursprünglich 150) Fälle beziehen.

Abbildung 17: Boxplot Darstellung der EU-MRV Daten zu Heavy Fuel Oil bzw. Maritime Diesel Oil-Verbräuchen und CO_2-Emissionen nach Passagierkilometer für Passagierschiffe



Datenbasis: EU MRV Daten heruntergeladen am 9.9.2019 (https://mrv.emsa.europa.eu/#public/emission-report)
Anmerkung: Im Boxplot zeigt die grüne Linie innerhalb der Box das 50%-Perzentil an (Median), die Box gibt den Bereich des 25%- bis 75%-Perzentil an. Der Maximal- und Minimalwert ist jeweils mit einem Strich gekennzeichnet und die Ausreißer sind als Punkte dargestellt. Die orange Linie gibt das gewichtete Mittel der EU MRV Daten nach Verkehrsleistung an. Die blaue Linie gibt die im Projekt ermittelten Ergebnisse für die Kreuzfahrtschiffe an, aus Gründen der Vergleichbarkeit in „tank-to-wheel“ Werte umgerechnet.
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

In Abbildung 17 wurden aus Gründen der Vergleichbarkeit die in diesem Vorhaben modellierten THG-Emissionen von „Well-to-Wheel“ (WtW = inklusive energetischer Vorkette) in Tank-to-

Wheel (TtW = nur Auspufemissionen) umgerechnet (WtW: 430 g CO_2-Äq./Pkm; TtW: 389 g CO_2-Äq./Pkm). Die Ergebnisse der EU MRV Daten umfassen nur CO_2-Emissionen, inklusive der Berücksichtigung weiterer relevanter Treibhausgase würden sich die Emissionen noch geringfügig erhöhen.

Insgesamt liegen die Ergebnisse der Passagierschiffe bei den Verbräuchen und den CO_2-Emissionen pro Passagierkilometer niedriger als die im Rahmen des Projektes ermittelten Emissionen der Kreuzfahrtschiffe. Dabei haben große Kreuzfahrtschiffe, die über ihre hohe Passagierzahl eine hohe absolute Verkehrsleistung erbringen, vergleichsweise niedrige spezifische CO_2-Emissionen.[4]

Die für die Berechnung der klimawirksamen Emissionen relevanten Ergebnisse der verkehrsleistungsgewichten Mittelwerte liegen zwar in einem ähnlichen Feld, es gibt aber noch relevante Abweichungen. Es empfiehlt sich daher für folgende Forschungsvorhaben eine systematische Auswertung und Plausibilisierung der aktuell verfügbaren Datensätze zu Kreuzfahrtschiffsverbräuchen und -emissionen auf EU-Ebene (EU Monitoring) und internationaler Ebene (IMO MEPC.278(70)).

[4] Daraus folgt der deutlich niedrigere Wert für das verkehrsleistungsgewichtete Mittel der EU MRV Ergebnisse (orange Linie) im Vergleich mit dem ungewichtetem Mittelwert (grünes X im Boxplot) der EU MRV Ergebnisse.

3 Quantifizierung der Reisemobilität in Deutschland im Verhältnis zu allen Verkehren in Deutschland

'Reisen' sind gemäß der Definition der UNWTO (United Nations World Tourism Organization) alle Ortsveränderungen von Personen zu privaten oder beruflichen Zwecken, deren Ziele außerhalb des gewöhnlichen Umfeldes liegen (United Nations, 2016: 237 ff., Stichworte ‚Tourism', ‚Usual environment'). Dies schließt sowohl Tagesausflüge und Tagesreisen als auch Reisen mit Übernachtungen ein. Die Dauer der Reisen kann bis zu einem Jahr umfassen, eine Mindestdauer wird nicht definiert. Ebenso wenig sieht diese Definition eine Abgrenzung anhand eines Entfernungskriteriums vor. Die Abgrenzung von Langstreckenereignissen durch einen Schwellenwert, zum Beispiel 100 km, ist demnach nicht hinreichend geeignet, um touristische Ereignisse zu beschreiben.

Eurostat (2013) gibt ebenfalls einen Überblick über die wichtigsten Aspekte der Identifizierung des **Tourismus**. Die gewohnte Umgebung des Einzelnen ist gemäß dem Methodenbuch abhängig von der Dauer der Aktivität, dem Zweck und der Häufigkeit der Aktivität sowie der Entfernung vom gewöhnlichen Aufenthaltsort oder dem Überschreiten von Verwaltungsgrenzen. Obwohl diese Eigenschaften erwähnt werden, wird auch darauf hingewiesen, dass es keine strengen Kriterien gebe, da das gewohnte Umfeld von der subjektiven Wahrnehmung abhängig sei.

Eine Studie in Deutschland, die die subjektive Interpretation der gewohnten Umgebung beinhaltet, ist „Tagesreisen der Deutschen" (dwif 2014). Aus dieser geht hervor, dass die deutsche Bevölkerung 2,95 Milliarden private und geschäftliche Tagesreisen pro Jahr unternimmt. Tagesreisen innerhalb Deutschlands umfassen dabei durchschnittlich eine einfache Entfernung von 72,8 km. Da die Befragten subjektiv bewerteten, bei welchen Aktivitäten sie ihre gewohnte Umgebung verlassen, wurden auch Tagesreisen von nur 5 km einfacher Wegstrecke oder von nur einer Stunde Dauer erfasst. Dies verdeutlicht, dass vor dem Hintergrund dieser (erweiterten und unscharfen) Definition für die Identifikation der Reisemobilität und ihre Abgrenzung zur Mobilität im Alltag ein pragmatischer Ansatz gewählt werden muss, der sich zudem an den verfügbaren Datenquellen orientiert.

Eine weitere Umfrage, die den Tourismus analysiert, ist die jährliche Urlaubsbefragung „Reiseanalyse", die den deutschen Urlaubsmarkt untersucht (F.U.R. 2019). Aus dieser werden unter anderem Informationen über die Anzahl der Reisen mit einer Mindestdauer von 5 Tagen (55 Millionen) und über die Anzahl der Kurzaufenthalte mit 2 bis 4 Tagen (35,4 Millionen) der deutschen Bevölkerung gewonnen. Studien, die Urlaubsreisen erfassen, umfassen zwar touristische Ereignisse im Sinne der UNWTO, reichen aber nicht aus, um ein Gesamtbild zu vermitteln, da die gewohnte Umgebung bereits – wie dargestellt – bei kleineren Ausflügen verlassen wird.

3.1 Abgrenzung der Reisemobilität im Projekt

Beispielsweise aus der „Reiseanalyse" sowie aus der Erhebung der „Tagesreisen der Deutschen" lassen sich weder der komplette Umfang noch die Struktur von Reisemobilität ableiten. Einige touristische Aktivitäten finden eingebettet in den Alltag statt und werden durch solche Erhebungen gar nicht oder nur in sehr geringem Ausmaß erfasst. Um ein komplettes Abbild der Reisemobilität zu erfassen, ist die Analyse von Daten aus Mobilitätserhebungen im Alltag notwendig. Das Problem dabei ist, dass in solchen Umfragen nicht erfasst wird, ob eine Aktivität innerhalb oder außerhalb des üblichen Umfelds einer Person stattfindet. Aus diesem Grund wurde ein Konzept entwickelt, das es ermöglicht, solche Aktivitäten außerhalb des gewohnten Umfelds einer Person auf Basis der Daten der alltäglichen Mobilitätsbefragungen objektiv zu identifizieren.

Zwar werden laut UNWTO weder eine „Mindestdauer“ noch eine „Mindestentfernung“ vorgegeben. Dennoch wurde aus Gründen einer operationalisierbaren Abgrenzung und Quantifizierbarkeit – insbesondere aus den zentralen Mobilitätserhebungen – für die „Reisemobilität“ folgende Abgrenzungskriterien gewählt:

- alle Reiseanlässe mit Übernachtung, sofern nicht zu einem Zweitwohnsitz zugehörig,
- alle Reiseanlässe ohne Übernachtung, die als Hauptaktivität Freizeit, Urlaub, private Erledigungen oder einen geschäftlichen Anlass haben (keine Verknüpfung mit anderen Hauptaktivitäten wie Ausbildung oder Arbeit), und für die davon ausgegangen werden kann, dass die Durchführung dieser Aktivität/Reise als zentrale Aktivität den Tag strukturiert.

Die Reisedistanz hingegen ist für das vorliegende Projekt kein alleiniges Abgrenzungsprinzip.

Als zentrale Aufgabe im Projekt hat die Identifikation von Reisemobilität – auch der an einzelnen Tagen – zu erfolgen: Auf der Grundlage der Erhebung „Mobilität in Deutschland 2017“ (MiD 2017), in der die Mobilität eines Stichtags berichtet wird, lässt sich eine Heuristik entwickeln, anhand derer sich die Reisemobilität bestimmen lässt. Da für die Wege ein Wegezweck berichtet wird, lässt sich die Art einer am Ziel (oder auch davor) durchgeführten Aktivität bestimmen. Weiterhin lassen sich anhand der Zeitangaben auch Aktivitätendauern ableiten. Damit lässt sich grundsätzlich ableiten, ob

- die Aktivität zusammen mit der dazugehörigen Wegekette für den Tag ein zentrales Ereignis darstellt und
- die Art der Aktivität vom Charakter und dem Detailzweck her der Reisemobilität zuzurechnen ist.

Somit werden Freizeit- oder geschäftlich bedingte Aktivitäten, die im Alltag lediglich ergänzend zu anderen alltäglichen Aktivitäten erbracht werden (zum Beispiel im Zusammenhang mit Arbeit oder Ausbildung), ebenfalls nicht der Reisemobilität zugerechnet.

Die Operationalisierung dieser Definition wird in Abschnitt 3.4.2 beschrieben. Um die gewohnte Umgebung der Personen aus der berichteten Mobilität der MiD abzuleiten, erfolgt im Zuge einer zu diesem Zweck entwickelten Heuristik eine kombinierte Berücksichtigung der Wegezwecke, der Dauer von Aktivitäten und Wegen sowie der zurückgelegten Entfernungen.

Geographisch wird das Gebiet von Deutschland betrachtet (**Inlandsprinzip**). Demnach sind sowohl Reisen von Deutschen im Inland als auch Reisen ausländischer Touristen und Geschäftsreisender in Deutschland zu berücksichtigen.

Hierbei ergibt sich allerdings die Herausforderung, dass mangels differenzierter Daten nur Abschätzungen auf einem aggregierten Niveau möglich sind, etwa bei der Bestimmung der nicht durch Inländer verursachten Verkehrsvolumina im Inland). Zusätzliche Herausforderungen bestehen in empirischen Definitions- und Zuordnungsproblemen. So wird beispielsweise die Fahrt eines nicht gebietsansässigen Touristen mit einem in Deutschland zugelassenen Leihwagen als Inländerfahrt klassifiziert. Hier verbleiben zwangsläufig gewisse Unschärfen in den Ergebnissen.

Ergänzend zur Reisemobilität im Inland wird die von Deutschland ausgehende (Fern-)Reisemobilität betrachtet, um – dem **Inländerprinzip** folgend – deren ökologischen Fußabdruck grob abzuschätzen und auf diese Weise eine Informationsgrundlage für umweltpolitische oder verkehrsplanerische Maßnahmen zu schaffen.

Am Ende steht die differenzierte Ausweisung der Reisemobilität als Anteil am Gesamtvolumen der Mobilität. Die Gesamtmobilität (alle Verkehrsmittel, alle Fahrtzwecke, alle Fahrtweiten) ist dabei immer mitzuführen, um daraus die verschiedenen Verkehrsvolumina des Reiseverkehrs (Personenkilometer nach Verkehrsmitteln und differenzierten Fahrtanlässen) und die daraus resultierenden Emissionen bestimmen zu können.

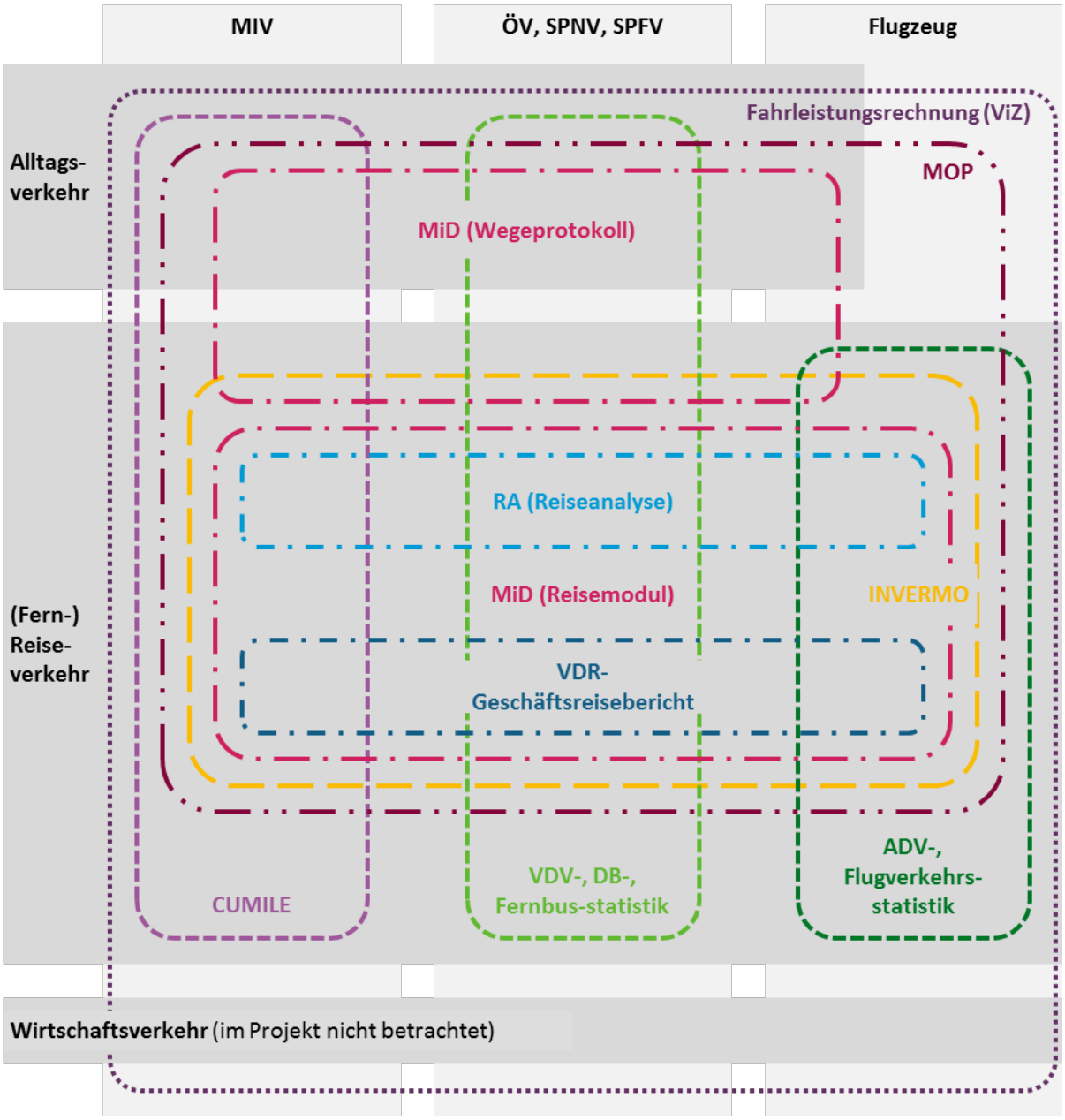
3.2 Literatur- und Datenlage

Ausgehend von der zuvor festgelegten Definition wurden relevante Datenquellen ausgewertet. Dabei erfolgte die Sichtung und Evaluierung der Datenquellen dahingehend, inwieweit auf deren Grundlage eine Quantifizierung der Volumina und der sich daraus ergebenden Emissionen der Reisemobilität – insbesondere in Abgrenzung zu anderen Fahrtzwecken – möglich ist.

Datenquellen

Die für das Projekt relevanten Datenquellen berücksichtigen zumeist unterschiedliche Grundgesamtheiten zur Bestimmung der Gesamtnachfrage im Inland (zum Beispiel amtliche Statistiken) gegenüber der Mobilität der Inländer (auch im Ausland) oder betrachten nur bestimmte Fahrtzwecke und Reisedauern (vgl. Abbildung 18). Daher besteht die Aufgabe zum einen in der Ableitung insgesamt plausibler und zueinander konsistenter Nachfragezahlen, zum anderen in der Identifikation von Widersprüchen: Für einzelne Segmente der Reisemobilität besteht einerseits Informationsredundanz (Existenz unterschiedlicher Datenquellen zum Thema), die wiederum Widersprüche gerade im Hinblick auf die Volumina nach Fahrtzwecken erzeugt. Daraus resultieren eine anschließende Beurteilung und Wertung der Nutzbarkeit der jeweiligen Datenquellen für das Gesamtprojekt. Darüber hinaus gibt es Informationslücken. Diese betreffen insbesondere die Ausweisung detaillierter Reisekontexte für die Ableitung und Bestimmung von Emissionen der Inländer sowie die Reisemobilität von Nichtgebietsansässigen in Deutschland.

Abbildung 18: Zusammenstellung der gegenwärtigen Datenlage im Reiseverkehr in Deutschland, differenziert nach Verkehrsbereichen und Verkehrsträgern



ADV: Arbeitsgemeinschaft deutscher Verkehrsflughäfen, CUMILE: Car Usage Model Integrating Long-distance Events, DB: Deutsche Bahn AG, INVERMO: INterMOdale VERnetzung (Fernverkehrspanel), MiD: Mobilität in Deutschland, MIV: Motorisierter Individualverkehr, MOP: Mobilitätspanel Deutschland, ÖV: Öffentlicher Verkehr, RA: Reiseanalyse, SPFV: Schienenpersonenfernverkehr, SPNV: Schienenpersonennahverkehr, VDV: Verband deutscher Verkehrsunternehmen, ViZ: Verkehr in Zahlen

Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

Die Datenquellen und zugehörige weitere Literatur entsprechend der folgenden Aufstellung wurden berücksichtigt, im Rahmen der Möglichkeiten beschafft (nicht für alle Erhebungen sind die Primär- beziehungsweise Mikrodaten frei verfügbar) und entsprechend der nachfolgenden Tabelle 13 auf der Grundlage von direkten Datenanalysen oder auf Grundlage von Metaanalysen (zum Beispiel publizierte Informationen, Berichte) evaluiert:

Tabelle 13: Übersicht der Datenquellen und der Literatur zur Reisemobilität

Datenquelle	Reisezwecke/ Verkehrsmittel/ Zielgruppe	Quantitative Aussagen/ zentrale Ergebnisse	Verwendung im Projekt
F.U.R. Reiseanalyse (F.U.R. 2019)	Urlaubs- und Kurzurlaubsreisen mit Übernachtungen; Inländer	Anzahl Urlaubs- und Kurzurlaubsreisen; 2,2 Reisen pro Person/Jahr; Veränderungen von Fahrtweiten/ Wahl entfernterer Destinationen	Ableitung von Trends; Differenzierung nach Reisezwecken; Plausibilitätsprüfung der Anzahl Urlaubsreisen (summarisch)
VDR Geschäftsreiseanalyse (VDR 2018)	Geschäfts- und Dienstreisen; Inländer	Anzahl Geschäftsreisen (Aufteilung nach Dauer); erfasste Reisen dürften nur eine untere Abschätzung darstellen	Ableitung von Trends; Plausibilitätsprüfung der Anzahl Geschäftsreisen (summarisch)
Mobilitätspanel Deutschland (MOP) (Ecke et al. 2019)	alle Reisezwecke; methodisch bedingte Untererfassung mehrtägiger Urlaubsreisen; Inländer	Reisemobilität nach Zwecken und Verkehrsmitteln bei Reisen mittlerer Dauer; Erfassung mehrtägiger Kurzreisen, jedoch keine Erfassung von Urlaubsreisen	Bestimmung der Eigenschaften von Kurzurlauben und Tagesreisen beziehungsweise Tagesunternehmungen
INVERMO (Zumkeller et al. 2005)	Reiseereignisse mit einer Entfernung von > 100 km; alle Fahrtzwecke; alle Verkehrsmittel; Inländer	Anzahl Reisen über 100 km je Bundesbürger (2002); Heterogenität der Nachfrage gerade im Reiseverkehr (2002 führten circa 10% der Bevölkerung circa 43% aller Reisen durch)	Ableitung und Identifikation sowie Emissionszuordnung für einzelne typische Reisen; Bestimmung der Determinanten der Reisemobilität; Nutzbarkeit der Beschreibungen einzelner Reisen mit Etappen für eine Emissionszuordnung
Fahrleistungserhebung (FLE) der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), bestehend aus zwei Teilen:	keine Differenzierung nach Reisezwecken und Fahrtanlässen; nur Pkw-Verkehr	Aussagen zu Gesamtverkehrsleistungen des Pkw-Verkehrs in Deutschland	Eckwerte der Nachfrage hinsichtlich der Kfz-Nutzung in Deutschland; Ableitung von Referenzwerten zur Kfz-Nutzung für das Fusionsmodell
FLE – Inlandsfahrleistung (Bäumer et al. 2017a)	Bestimmung der Inlandsfahrleistungen mit Kfz	Summarische Ausweisung und Differenzierung nach Fahrzeugkategorien für das Jahr 2014	Aufteilung der Fahrleistungen im Inland in Fahrleistungsanteile durch Inländer im Inland und Ausländer im Inland
FLE – Inländerfahrleistung (Bäumer et al. 2017b)	Bestimmung der Inländerfahrleistungen mit Kfz	Summarische Ausweisung und Differenzierung nach Fahrzeugkategorien für das Jahr 2014	Aufteilung der Fahrleistung von Inländern in Fahrleistungsanteile im Inland und im Ausland

(Fortsetzung Tabelle 13 auf der folgenden Seite)

(Fortsetzung Tabelle 13)

Datenquelle	Reisezwecke/ Verkehrsmittel/ Zielgruppe	Quantitative Aussagen/ Zentrale Ergebnisse	Verwendung im Projekt
CUMILE (modellierter Datensatz der Nutzung einer für Deutschland repräsentativen Pkw-Flotte auf Grundlage von MOP und INVERMO) (Eisenmann 2018)	alle Reiseanlässe; nur Pkw-Verkehr; Inländerprinzip (deutsche Pkw-Flotte)	Aussagen zur Pkw-Nutzung und Aufteilung der Jahresfahrleistung auf Fahrtzwecke und Reiseereignisse; Möglichkeit der quantitativen Abgrenzung der Reisemobilität mit Pkw von der Nutzung für andere Zwecke	Validierung des Gesamtnachfragemodells; Ableitung von Emissionen für ausgewählte Pkw-Fahrten
MiD-Stichtagswegemodul für Alltagsmobilität (MiD 2017)	alle Wege und Reisezwecke am Stichtag, darunter Tagesreisen; alle Verkehrsmittel; Inländer	erste vorläufige Ergebnisse in Tabelle 14; Vergleich mit anderen verfügbaren Informationsquellen	zentrale Datenquelle für die Abbildung der Mobilität der Bevölkerung; Zuordnung von Emissionen zu Reiseereignissen aus den Kontextinformationen für den Alltag möglich; Zuordnung von Emissionen zu Reiseereignissen in geringerer Granularität (Reisen mit Hauptverkehrsmittel) möglich
MiD-Reisemodul für Übernachtungsreisen (MiD 2017)	alle Fahrtzwecke bei Übernachtungsreisen; nur Aussagen zu genutzten Hauptverkehrsmitteln; nur rudimentäre Informationen zu Zielen und Reisekontexten; Inländer	erste vorläufige Ergebnisse in Tabelle 14; Vergleich mit anderen verfügbaren Informationsquellen	zentrale Datenquelle für die Abbildung der Mobilität der Bevölkerung; Zuordnung von Emissionen zu Reiseereignissen aus den Kontextinformationen für den Alltag möglich; Zuordnung von Emissionen zu Reiseereignissen in geringerer Granularität (Reisen mit Hauptverkehrsmittel) möglich
Studie „Tagesreisen der Deutschen“ (dwif 2014)	alle Tagesunternehmungen	keine Mikrodaten verfügbar; Definition der „Tagesreisen“ unklar	aufgrund anderer Abgrenzung und Zielsetzung nur zur Verifizierung der aus Mobilitätserhebungen bekannten Zusammenhänge; Bestimmung der Determinanten der Tagesreisemobilität

(Fortsetzung Tabelle 13 auf der folgenden Seite)

(Fortsetzung Tabelle 13)

Datenquelle	Reisezwecke/ Verkehrsmittel/ Zielgruppe	Quantitative Aussagen/ Zentrale Ergebnisse	Verwendung im Projekt
Amtliche Statistiken: **ÖPNV** **SPFV** **Fern-/Linienbus** (Destatis 2019b) **Passagiere an Flughäfen** (Destatis 2019a)	Betrachtung von Kenngrößen nur für den Fernverkehr; ÖPNV-Statistik nicht nach Zwecken differenzierbar; Inlandsprinzip; Inländer und Nichtgebietsansässige	Daten enthalten sowohl die Mobilität von Inländern als auch die von Nichtgebietsansässigen	Ableitung von Referenzwerten der Gesamtnachfrage; Setzen von Referenzwerten (im Flugverkehr in Kombination mit Daten der ADV-Fluggastbefragung); Differenzierung und Disaggregierung möglich
ADV-Fluggastbefragung (ADV 2018)	Befragung von Flugreisenden zu Reisekontext und Zweck einer Flugreise	keine Mikrodaten verfügbar	Disaggregation und Interpretation der Gesamtnachfragezahlen der amtlichen Statistik im Flugverkehr; Abgrenzung des Flugverkehrs der Inländer von dem der Nichtgebietsansässigen
Flash-Eurobarometer (European Union 2016)	EU-weite Befragung von Reisenden zu Urlaubsverhalten und Reisezielen	keine Mikrodaten verfügbar; nur sehr kleine Stichprobenumfänge	Erhebung für das Projekt nur als Vergleichsgröße nutzbar
CLIA-Studie zum Kreuzfahrtmarkt (CLIA 2018)	Analyse des deutschen Kreuzfahrtmarktes	Summarische Angaben zum Kreuzfahrtmarkt (Anzahl an Reisen, Destinationen)	Vergleichsgrößen zur Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse der MiD
Grundlagenstudie Langstreckenmobilität (Frick et al. 2014)	Analyse und Aufbereitung unterschiedlicher Statistiken zur Langstreckenmobilität	keine Mikrodaten; Gesamttransportleistung je Inländer; circa 21.500 km/Jahr und Person; Anteil des Langstreckenbereichs circa 45%	Vergleichsergebnisse zur Einordnung der Ergebnisse der MiD
Schweizer Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV 2015)	alle 5 Jahre wiederholte Erhebung zur Mobilität im Alltags- und Fernverkehr in der Schweiz	Auswertungen verdeutlichen hohe Dynamik im Alltags- und Fernverkehr im Zeitraum 2005-2015	Vergleichsgrößen zur Verifikation der in Deutschland beobachtbaren Prozesse und Entwicklungen
Modellrechnungen für Verkehr in Zahlen (BMVI 2018a)	alljährlich im Auftrag des BMVI erfolgende Zusammenstellung von aktuellen Kennzahlen im Verkehrsbereich	alljährliche Aktualisierung, weitestgehend auf Grundlage verkehrsträgerspezifischer Statistiken und Mobilitätserhebungen; Kenngrößen der Mobilität	Referenzwerte für die Verkehrsleistungen einzelner Verkehrsmittel und Jahre als Referenzgrößen zur Ableitung des Anteils der Reisemobilität

Quelle: eigene Zusammenstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

Im Ergebnis lässt sich feststellen, dass sich Reiseverhalten und Reiseverkehr der Inländer zwar weitestgehend vollständig abbilden lassen – wenn auch nicht in einer ausreichend hohen Differenziertheit und Granularität in Bezug auf eine Zuordnung der Emissionen.

Je nach Art einer Reise liegen dabei die folgenden Aussagen vor:

- **Tourismus, Urlaubsreisen**
  Das Reisemodul der MiD erlaubt eine Bestimmung nach Dauer und der Größenordnung der Entfernung sowie der Hauptverkehrsmittel mittels einer statistisch abgesicherten Erhebung. Details der in der MiD ausgewiesenen Reisen in Bezug auf Gesamtdistanzen, Etappen, Verkehrsmittelnutzung auf den Etappen, Mobilität am Zielort liegen jedoch nicht vor. Die Erhebung INVERMO (in 2002/2003) bietet in einer kleineren Stichprobe Informationen zu Reisekontexten. Mittlerweile dürfte diese Datenquelle jedoch gerade für Flugreisen und generell komplexere Reisen veraltet sein. Auch die Daten der „Reiseanalyse“ erlauben nur bedingt eine Ableitung nach Gesamtdistanzen. Informationen zu Etappen, Verkehrsmittelnutzung auf den Etappen, Mobilität am Zielort liegen nicht vor (Zweck: Definition von Mengengerüsten, Abgleich mit anderen Quellen, Nutzung der Urlaubszielverteilung und damit auch der Fahrtweiten und der daraus resultierenden Verkehrsmittelnutzung im Modell). Damit besteht an dieser Stelle Informationsbedarf.

- **Tagesverkehre**
  Detaillierte Erfassung in MiD und MOP (sowohl Geschäftstagesreisen als auch Tagesreisen für private Anlässe).

- **Wochenendpendeln**
  Hier ist auf der Grundlage von MiD und MOP eine Abgrenzung der Volumina unter Setzung von Annahmen möglich. Dieser Fahrtzweck ist für die vorliegende Fragestellung auch nur nachgeordnet relevant, muss aber entsprechend abgegrenzt werden.

- **Volumina der Reisemobilität gegenüber der sonstigen Mobilität**
  Auf der Grundlage der MiD (sowohl aus der Erhebung des Alltagsverkehrs wie auch aus der Erhebung des Reisemoduls) und des MOP (als Mehrtageserhebung) ist eine Abgrenzung der Volumina der Reisemobilität unter Setzung von geeigneten Annahmen möglich.

Als Bezugs- und Referenzjahr für die Studie eignet sich das Jahr 2017: Für die Bestimmung der Reisevolumina beziehen sich die zentralen Erhebungen (MiD 2017, ADV-Fluggastbefragung (ADV 2018)) auf dieses Jahr. Weitere zentrale Datenquellen und regelmäßig erhobene Statistiken im Verkehrsbereich lassen sich diesem Jahr unmittelbar zuordnen (zum Beispiel VDV-Statistik, welche die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel erfasst (Destatis 2019b)). Dennoch gibt es einzelne Merkmale, die sich nicht unmittelbar für das Jahr 2017 aus Erhebungen ableiten lassen. In diesen Fällen werden Strukturinformationen aus Erhebungen aus der jüngeren Vergangenheit dazu verwendet, bestimmte Kenngrößen auf das Jahr 2017 angemessen zu übertragen: So liefert die Fahrleistungserhebung 2014 Aussagen über die Anteile von Fahrleistungen mit Pkw und Kombi von Inländern im Ausland und von Ausländern im Inland (Bäumer et al. 2017 a und 2017b). Damit lassen sich die Gesamtvolumina aus den aktuellen Statistikquellen sinnvoll und angemessen disaggregieren. Durch die zeitliche Nähe und da nur relative Größen mit geringer Variation über die Zeit verwendet werden, ist ein solcher Ansatz möglich.

Hinsichtlich der Gesamtvolumina wurden die vom BMVI für das Jahr 2017 ausgewiesenen, ebenfalls auf diversen amtlichen und nicht amtlichen Statistiken beruhenden Zahlen verwendet (wie

ausgewiesen in ViZ 2018[5] (BMVI 2018a)). Damit ergibt sich für das Jahr 2017 auch ein gegenüber anderen Quellen widerspruchsfreies Bild.

Insgesamt stellt der Datensatz der MiD die grundsätzlich umfassendste Quelle der Verkehrsnachfrage für Inländer dar, da er sowohl Aussagen zum Alltag wie auch zu Reisen erlaubt. Zentrale Ergebnisse einer zusammenfassenden Auswertung unter Berücksichtigung der Volumina der MiD im Reiseverkehr werden in der nachstehenden Tabelle 14 als eine erste Analyse und einem Vergleich mit den Ergebnissen und Kenngrößen anderer Erhebungen und Statistiken dargestellt. Darauf aufbauend erfolgt eine erste Beurteilung und Einschätzung.

[5] Bei Erarbeitung der Ergebnisse war die aktuellste Ausgabe von ViZ jene für das Jahr 2018. Allfällige spätere Revidierungen einzelner Kennwerte und Volumina konnten nach Erarbeitung des Modells nicht mehr berücksichtigt werden.

Tabelle 14: Initiale Auswertung der MiD 2017 im Hinblick auf Mobilitätskenngrößen und summarische Verkehrsnachfragevolumina

Segment	Kenngröße	Vergleichsgröße, Hinweise
Personenverkehrsleistung im Alltag	3,1 Wege pro Person und Tag; 39,1 km pro Person und Tag am Stichtag, mittlere Weglänge 12,5 km	Entsprechung zu den Ergebnissen des MOP (41 km pro Person und Tag beziehungsweise 3,3 Wege pro Person und Tag), mittlere Weglänge 12,3 km
Anteil Wege über 100 km	1,6%, mittlere Weglänge 241 km	MOP: 1,5% bei höheren Weganzahlen, Überschätzung im Fernbereich in der MiD denkbar
Urlaubsreisen / Kurzurlaubsreisen (Reisen mit Übernachtungen)	2,3 Reisen pro Person und Jahr	Reiseanalyse (F.U.R., 2016/17): Insgesamt 1,0 beziehungsweise 1,2 Reisen pro Person (Urlaube: 77% aller Deutschen unternehmen in Summe 69 Millionen Urlaubsreisen; Kurzurlaube: 48% aller Deutschen unternehmen in Summe 80,5 Millionen Kurzurlaubsreisen). Höhere Werte in MiD.
Reisen mit Übernachtung für andere private Zwecke	1,9 Reisen pro Person und Jahr	kein Referenzwert verfügbar
Geschäftsreisen mit Übernachtung	1,5 Reisen pro Person und Jahr	VDR (2017): bei einer Grundgesamtheit von 70 Millionen Personen insgesamt 187,5 Millionen Geschäftsreisen, davon 55% eintägig, 45% mehrtägig (1,2 Geschäftsreisen mit Übernachtung pro Person und Jahr)
Wege aus dem MiD-Stichtagswegemodul für Alltagsmobilität >100 km	18,1 Wege pro Person und Jahr, darunter 2,0 Pendelwege (zum Arbeitsplatz) 4,2 dienstliche/geschäftliche Wege 0,3 Pendelwege (Ausbildungsplatz) 3,2 Wege für private Erledigungen 8,2 Wege in der Freizeit	In der Stichtagserhebung können sowohl einzelne Wege (Hin- und Rückwege von einem Reiseereignis) als auch ganze Reisen (geschlossene Wegeketten) enthalten sein. Zur Vereinfachung erfolgt eine Umrechnung in „Reisen“).
(Fern-)Pendelwege (Arbeit und Ausbildung)	1,2 Reisen pro Person und Jahr	keine Referenzquelle verfügbar
Geschäftstagesreisen und Alltagswege	2,1 Reisen pro Person und Jahr	VDR (2017): bei einer Grundgesamtheit von 70 Millionen Personen insgesamt 187,5 Millionen Geschäftsreisen, davon 55% eintägig (1,4 Geschäftsreisen ohne Übernachtung pro Person und Jahr)
Tagesreisen (Freizeit, private Erledigungen)	5,7 Reisen pro Person und Jahr	Quelle „Tagesreisen der Deutschen“ (dwif 2014) als Vergleich nicht geeignet

(Fortsetzung Tabelle 14 auf der folgenden Seite)

(Fortsetzung Tabelle 14)

Segment	Kenngröße	Vergleichsgröße, Hinweise
Mobilität insgesamt	14,7 Reisen pro Person und Jahr mit einer Distanz >100 km; Gesamtdistanz pro Person und Jahr in einer ersten Abschätzung 23.000 km, davon circa 55% im Fernbereich	Nach Frick et al. (2014) ergab sich für das Jahr 2012 eine Gesamttransportleistung von 21.500 km je Bundesbürger, wovon 45% auf den Fernbereich entfielen. Nach der Flugstatistik (Destatis 2019a) ergeben sich geringere Anzahlen an Flugreisereignissen. Überschätzung von Fernereignissen.

Quelle: eigene Zusammenstellung (ifeu/ DLR/ KIT) auf Basis der MiD 2017 und weiterer genannte Quellen

Es ergeben sich – insbesondere in einem Vergleich mit anderen Datenquellen – gewisse Diskrepanzen, die zwar grundsätzlich aus den unterschiedlichen Abgrenzungen (Inländermobilität versus Inlandsmobilität) und Definitionen (Reiseanlässe) erklärbar sind. Auf Grundlage der MiD 2017 ergibt sich eine Gesamtverkehrsnachfrage durch Inländer, welche verglichen mit anderen Quellen relativ hoch ist. Der hohe Wert resultiert dabei gerade aus dem Fernbereich und hier vermutlich gerade auch aus erhebungsbedingten Artefakten (gegebenenfalls selektive Übererfassung gerade langer Reisen, Überschätzung bestimmter Reisearten und Verkehrsmittel). Um diese Diskrepanzen aufzulösen, müssen die Ergebnisse der MiD (Alltag und Reisemobilität) anhand anderer vorliegender Referenzdatenquellen und Informationen verglichen und entsprechend abgegrenzt werden (zum Beispiel Inländermobilität im Inland), um insgesamt zu einem konsistenten Abbild der Verkehrsnachfrage in Deutschland zu kommen, insbesondere jener der gebietsansässigen Wohnbevölkerung (=Inländer).

Daher wird im Projekt aufbauend auf den grundsätzlichen Strukturen der MiD ein Ansatz entwickelt, in dem die vorliegenden Informationen, Daten und Statistiken dazu verwendet werden,

- eine Gesamtdarstellung der Mobilität der Inländer im Alltag und im Reiseverkehr abzuleiten,
- eine Inbeziehungsetzung und Konsistenz zur Statistik herzustellen, indem bekannte Werte aus der amtlichen Statistik für Deutschland als Referenz zur Validierung herangezogen werden, sowie
- Strukturen und Informationen zu den Anteilen der in Deutschland nicht durch Inländer durchgeführten Mobilität abzuleiten, bei der es sich in der Regel um Reisemobilität handeln dürfte.

Identifizierte Datenlücken

Die Hauptlücke bezogen auf Inländer-Verkehre besteht in den fehlenden Grundlagen zur **Ermittlung der Emissionen speziell komplexer Reiseketten und ganzer Urlaube**: Hieraus ergibt sich das Konzept zur exemplarischen Befragung bestimmter Reiseanlässe (Kapitel 3.3). Für die üblicherweise weniger komplexen Reisen mit Tagesbezug beziehungsweise Fahrten unter ausschließlicher Nutzung von Pkw liegen auf Grundlage der MiD 2017 und des MOP ausreichend differenzierte Informationen über Reisemobilitätsereignisse vor, um daraus Aussagen zu den Emissionen ableiten zu können.

Eine weitere relevante Datenlücke besteht bei den **Incoming**-Verkehren (Reiseverkehre mit Ziel und in Deutschland durch Nichtgebietsansässige): Zwar sind diese prinzipiell in den Mengengerüsten und Zahlen der amtlichen Statistiken enthalten (Fernbus, Bahn, Flugreisende), werden dort aber nicht gesondert ausgewiesen.

Die Fahrleistung durch nicht in Deutschland zugelassene Kraftfahrzeuge im Inland wurde in der „Fahrleistungserhebung 2014“ der Bundesanstalt für Straßenwesen erfasst und wird nach Herkunftsländern differenziert und auch summarisch ausgewiesen (Bäumer et al. 2017a). Für diese Volumina kann davon ausgegangen werden, dass diese dem Reiseverkehr zuzurechnen sind. Eine Differenzierung der Incoming-Verkehre nach Fahrtzwecken, Herkunft oder Eigenschaften der Halter, Reisedauern und Entfernung ist dabei nicht möglich. Somit können grenzüberschreitende Pendlerfahrten, die mit einem Kraftfahrzeug mit ausländischem Kennzeichen unternommen werden, mit den vorhandenen Daten nicht identifiziert und herausgerechnet werden.

Die Fluggaststatistiken und Befragungen des ADV lassen eine Aufteilung der aus Deutschland resultierenden Verkehrsvolumina und der Volumina aus Incoming-Verkehren prinzipiell zu. Jedoch liegen auch für die Incoming-Flugverkehre keine Aussagen zur durchgeführten Reisemobilität innerhalb Deutschlands vor.

Weitere Datenlücken sind bezüglich **Geschäftsreisen** zu konstatieren. Geschäftsreisende gehören tendenziell zu den Vielreisenden und gelangen deshalb in den klassischen Mobilitätserhebungen entweder schon bei der Rekrutierung der Probanden (infolge schlechter Erreichbarkeit) nicht in die Stichprobe oder sie erfüllen bei der späteren Wegeabfrage eventuelle formale Kriterien für die Berichterstattung nicht. In spezifischen Erhebungen zum Geschäftsreiseverkehr werden zudem oft nicht die Reisenden selbst, sondern die Organisatoren der Reisen befragt (beispielsweise in der VDR-Geschäftsreiseanalyse).

3.3 Befragung zur Reisemobilität

Die bislang vorliegenden Datenquellen sowohl zur Alltagsmobilität als auch zu einzelnen Segmenten der (Fern-)Reisemobilität (zum Beispiel Urlaubs- oder Geschäftsreisen) bilden auf Grundlage der jeweiligen definitorischen Abgrenzungen in der Regel immer nur einen ganz spezifischen Ausschnitt ab. Keine der verfügbaren Datenquellen, weder jene aus dem Bereich Verkehr noch solche aus touristischer Perspektive, liefern ein konsistentes Gesamtbild des gesamten Zweck- und Entfernungsspektrums.

Vor diesem Hintergrund wurde eine gezielte Befragung zur Erfassung der Reisemobilität durchgeführt, deren übergeordnetes Ziel die Gewinnung eines **quantitativen Gesamtüberblicks** über verschiedene Reisetypen war. Dieser sollte einerseits Reisen unterschiedlicher Dauer (Tagesreisen sowie Reisen mit Übernachtungen), andererseits Reisen unterschiedlicher Anlässe (private sowie Dienst-/Geschäftsreisen) erfassen.

Befragungsinhalte

Im Zuge der Literatur- und Datenanalyse (vgl. Abschnitt 3.2) wurden folgende Bereiche identifiziert, zu denen bislang verfügbare Datenquellen keine oder nur unzureichende Informationen liefern:

- Die Nutzung gängiger Verkehrsmittel der Alltagsmobilität wird in den verschiedenen Erhebungen bereits gut abgebildet. Dies sind für kürzere und mittlere Entfernungen vor allem das Auto, öffentliche Nahverkehrsmittel oder das Fahrrad, für längere Entfernungen kommen Fernbahn und Fernbusse sowie das Flugzeug hinzu. Weitere **reisespezifische Verkehrsmittel** wie Wohnmobile, Wohnwagen, Fähren, Kreuzfahrtschiffe oder verschiedene andere Bootstypen sowie touristische Bahnen werden hingegen gar nicht oder unzweckmäßig erfasst (zum Beispiel Wohnmobil als Unterkategorie von Pkw, Fähren als Unterkategorie von Schiffen). Auch emissionsrelevante **Zusatzausstattungen von Fahrzeugen** (zum Beispiel Dachboxen oder Gepäckträger) finden in der Regel keine Berücksichtigung.

- Abgesehen vom eingeschränkten Spektrum der erfassten Verkehrsmittel wird häufig vor allem aus befragungsökonomischen Gründen darauf verzichtet, zwischen den verschiedenen Etappen einer Reise zu unterscheiden. In der Regel wird lediglich das genutzte Hauptverkehrsmittel erhoben, eventuelle **Zubringerverkehrsmittel** zu diesem werden hingegen nicht berücksichtigt. Eine realistische Ermittlung der Emissionen einer Reise erfordert jedoch die Abbildung der gesamten Reisekette ‚von Tür zu Tür', zumal insbesondere bei Reisen ins entferntere Ausland mit diesen Zubringerverkehrsmitteln beträchtliche Streckenanteile innerhalb Deutschlands zurückgelegt werden können (zum Beispiel auf einer längeren Bahnfahrt vom Wohnort zum Flughafen, von dem aus ein Interkontinentalflug angetreten wird).

- Reisemobilität ist nicht auf An- und Abreise zum Zielort beschränkt, sondern beinhaltet auch **Mobilität vor Ort**. Je nach Charakter der Reise legen die Reisenden auch am Zielort oder in der Zielregion mehr oder weniger große Entfernungen zurück. Hierfür nutzen sie zudem nicht immer dieselben Verkehrsmittel, die sie bereits für die Anreise hauptsächlich genutzt haben.

- **Dienst- und Geschäftsreisen** werden in den Stichtagserhebungen zur Alltagsmobilität aufgrund der spezifischen Charakteristik der jeweiligen Reisenden in der Regel zu selten oder in ungeeigneter Weise erfasst.

- Vor dem Hintergrund sich verändernder Familienkonstellationen und Lebensstile gewinnen **Pendelwege** zwischen mehreren Wohnsitzen an Bedeutung. Sofern es sich für die Befragten um typische Alltagswege handelt, werden diese in den Stichtagserhebungen zur Alltagsmobilität vermutlich zum größten Teil erfasst. In den resultierenden Mikrodaten hingegen entziehen sie sich jedoch unter Umständen der genauen Identifikation, da die Eigenschaft als Pendelweg nicht explizit erfasst wird. Zudem sind weder Art noch Anzahl individuell genutzter Zweitwohnsitze bekannt, aufgrund derer diese Pendelwege überhaupt erst unternommen werden.

- Wege geringerer und mittlerer Entfernung werden in den Stichtagserhebungen zur Alltagsmobilität umfänglich erfasst. So liegt etwa in der jüngsten MiD 2017 der Anteil der Wege unter 100 km bei über 98%, entsprechend liegt der Anteil der Wege **über 100 km** unter 2%. Ungeachtet einer eventuellen Verknüpfung mit Übernachtungen und der sich daraus eröffnenden Erfassung dieser längeren Wege beispielsweise im Reisemodul der MiD 2017, sind Wege dieses Entfernungsbereiches möglicherweise deutlich untererfasst.

- **Reisen nicht gebietsansässiger Personen[6] innerhalb Deutschlands** werden in den Erhebungen zur Alltagsmobilität – je nach Art der Stichprobengewinnung – überwiegend nicht erfasst, da sie in den üblicherweise verwendeten Ziehungsrahmen, beispielsweise Einwohnermelderegistern, nicht vertreten sind. Diese auch als ‚Incoming-Verkehre' bezeichneten Reisen nicht gebietsansässiger Personen gehen somit nur zu einem geringen Teil in die Verkehrsstatistik ein.

[6] Als ‚nicht gebietsansässige Personen' werden im Projektkontext nicht zur Wohnbevölkerung Deutschlands gehörende Personen verstanden, die nach Deutschland einreisen oder durch Deutschland durchreisen.

Für die Erhebung zur Reisemobilität im Rahmen dieses Forschungsvorhabens ergaben sich somit folgende Befragungsschwerpunkte:

- Fokussierung auf Wege ab 100 km Entfernung
- Erfassung sowohl privat als auch dienstlich/geschäftlich veranlasster Reisen mit entsprechender Zweckdifferenzierung
- Erfassung sowohl von Tagesreisen als auch von Übernachtungsreisen unterschiedlicher Dauer
- detaillierte Erfassung der genutzten Verkehrsmittel entlang der gesamten Reisekette von ‚Tür zu Tür' (sowohl Hauptverkehrsmittel als auch Zubringerverkehrsmittel zum Hauptverkehrsmittel)
- Erfassung der genutzten Verkehrsmittel ‚vor Ort' (am Zielort und/oder in der Zielregion)
- explizite und von den übrigen Reiseereignissen getrennte Erfassung von Pendlerwegen
- Erfassung ausgewählter soziodemographischer Eigenschaften der befragten Personen und ihrer Haushalte

Stichprobe

Aus früheren Erhebungen, zum Beispiel INVERMO (Zumkeller et al. 2005) ist bekannt, dass nur ein vergleichsweise kleiner Teil der Bevölkerung für einen Großteil der Reisen verantwortlich ist. Dabei sind sowohl die Reiseereignisse selbst als auch die Reiseintensitäten sehr ungleichmäßig auf die Bevölkerung verteilt. Auf eine für die deutsche Wohnbevölkerung repräsentative zusammengesetzte Stichprobe wurde deshalb verzichtet. Stattdessen wurde eine vergleichsweise kleine Nettostichprobe (n=1.500 Personen) realisiert, die nur solche Personen umfasst, die tatsächlich Reisen durchgeführt haben. Dabei waren die Reisetypen und vor allem die Anzahl der individuellen Reiseereignisse zunächst unerheblich, da das gesamte Spektrum der Reisetypen und Reiseintensitäten erfasst werden sollte. Der resultierende Datensatz beinhaltet über die 1.500 reisenden Personen (= Nettostichprobe) hinaus noch weitere 642 Personen, die angaben, keine Reisen durchgeführt zu haben.

Im Hinblick auf das angestrebte Gesamtbild der Reisemobilität, zu dem sowohl Vielreisende als auch Wenigreisende gehören, wurde auf eine Fokussierung auf spezifische Personengruppen und damit auch auf eine eventuelle Schichtung der Stichprobe verzichtet, um nicht vorschnell möglicherweise relevante Personengruppen auszuschließen. Um diese im Zuge der Datenauswertung dennoch identifizieren, beschreiben und quantifizieren zu können, wurden ergänzend verschiedene soziodemographische Variablen erfasst.

Die Rekrutierung der Stichprobe erfolgte im Rahmen des ‚Lightspeed Online-Panels' des Projektpartners Kantar TNS.

Befragungsinstrument

Die Befragung wurde mittels eines Online-Fragebogens durchgeführt. Dieses Befragungsinstrument erlaubte durch gezielte Filterführungen insbesondere die Vermeidung unnötiger Fragen, die für die jeweils befragte Person nicht zutrafen. Dies war angesichts des komplexen Befragungsgegenstandes und der hohen Anforderungen an das Erinnerungsvermögen der Probanden von erheblicher Bedeutung. Die Beantwortung des Fragebogens konnte jederzeit unterbrochen und zu einem beliebigen Zeitpunkt wieder aufgenommen werden. Auch konnten die Befragten

bei Bedarf ohne größeren Aufwand weitere Hilfsmittel zu Rate ziehen, etwa ihren persönlichen Kalender oder einen Routenplaner zur Bestimmung der zurückgelegten Entfernungen. Mithilfe zusätzlich Plausibilitätsprüfungen wurden die befragten Personen auf inkonsistente Eingaben aufmerksam gemacht, die sie dann direkt im Fragebogen verbessern konnten.

Die durchschnittliche Interviewdauer betrug wie vorgesehen 20 Minuten (Median: 15 Minuten).

Befragungs- und Berichtszeitraum

Eine besondere Herausforderung bei der Erfassung länger zurückliegender Reiseereignisse ist das unter Umständen begrenzte und zudem selektive Erinnerungsvermögen der befragten Personen. Dies gilt nicht nur für die Reisen an sich, sondern vor allem ihre jeweiligen Details, insbesondere die mit den verschiedenen Verkehrsmitteln zurückgelegten Entfernungen. Je länger die Reisedauer, desto wahrscheinlicher werden sich die Probanden an eine Reise erinnern können.

Reisemobilität ist zudem durch eine typische Saisonalität im Jahresverlauf gekennzeichnet. Da eine Ganzjahresbefragung im Kontext des Projektes ausgeschlossen war, wurde der Saisonalität durch eine zeitliche Staffelung der retrospektiven Berichtszeiträume Rechnung getragen. Eine Aufteilung in mehrere Befragungszeiträume und deren Verteilung über ein gesamtes Jahr waren im Projektkontext ebenfalls nicht möglich. Aus diesem Grund erfolgte die Erfassung der Reiseereignisse in zwei aufeinanderfolgenden Schritten: Zunächst sollten die Befragten die zurückliegenden 12 Monate (Dezember 2017 bis Dezember 2018) in Gänze rekapitulieren. Erst im Anschluss daran wurden sie in einem zweiten Schritt gebeten, eine begrenzte Anzahl von maximal drei einzelnen Reisen genauer zu berichten. Hierbei wurden die retrospektiven Berichtszeiträume an die Dauer der zu berichtenden Reisen angepasst: Je größer die Anzahl der Übernachtungen im Verlauf einer Reise, desto länger der Berichtszeitraum. Die Dauer der retrospektiven Berichtszeiträume ist Tabelle 15 zu entnehmen.

Tabelle 15: Dauer der retrospektiven Berichtszeiträume für Detailerfassung einzelner Reisen

Reisetyp	Berichtszeitraum
Reisen mit mindestens 4 Übernachtungen	zurückliegende 12 Monate
Reisen mit 1-3 Übernachtungen	zurückliegende 3 Monate
Tagesreisen ohne Übernachtung	zurückliegende 4 Wochen

Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

Die anfängliche individuelle Bestandsaufnahme erfüllte verschiedene Funktionen:

- Erhebungsmethodisch stellte der Gesamtüberblick über alle Reisen des zurückliegenden Jahres die Auswahlgrundlage für die später ausführlich zu berichtenden Reisen dar (zum Auswahlmechanismus siehe späteren Abschnitt „Befragungsdesign“).
- Die nach Reisetypen gegliederte Bestandsaufnahme aller Reisen des zurückliegenden Jahres ermöglichte die Ableitung eines groben Mengengerüstes auch ohne wiederholte oder ganzjährige Befragung.
- Die kompakte Abfrage zu einem frühen Zeitpunkt der Befragung diente der Sensibilisierung der befragten Personen für die inhaltlich notwendige feine Differenzierung der verschiede-

nen Reisetypen gleich zu Beginn des Fragebogens. Die Zusammenstellung des Gesamtüberblicks reduzierte zudem das Risiko, dass einzelne Reiseereignisse infolge abnehmender Konzentration der Probanden vergessen worden wären.

Feldzeit

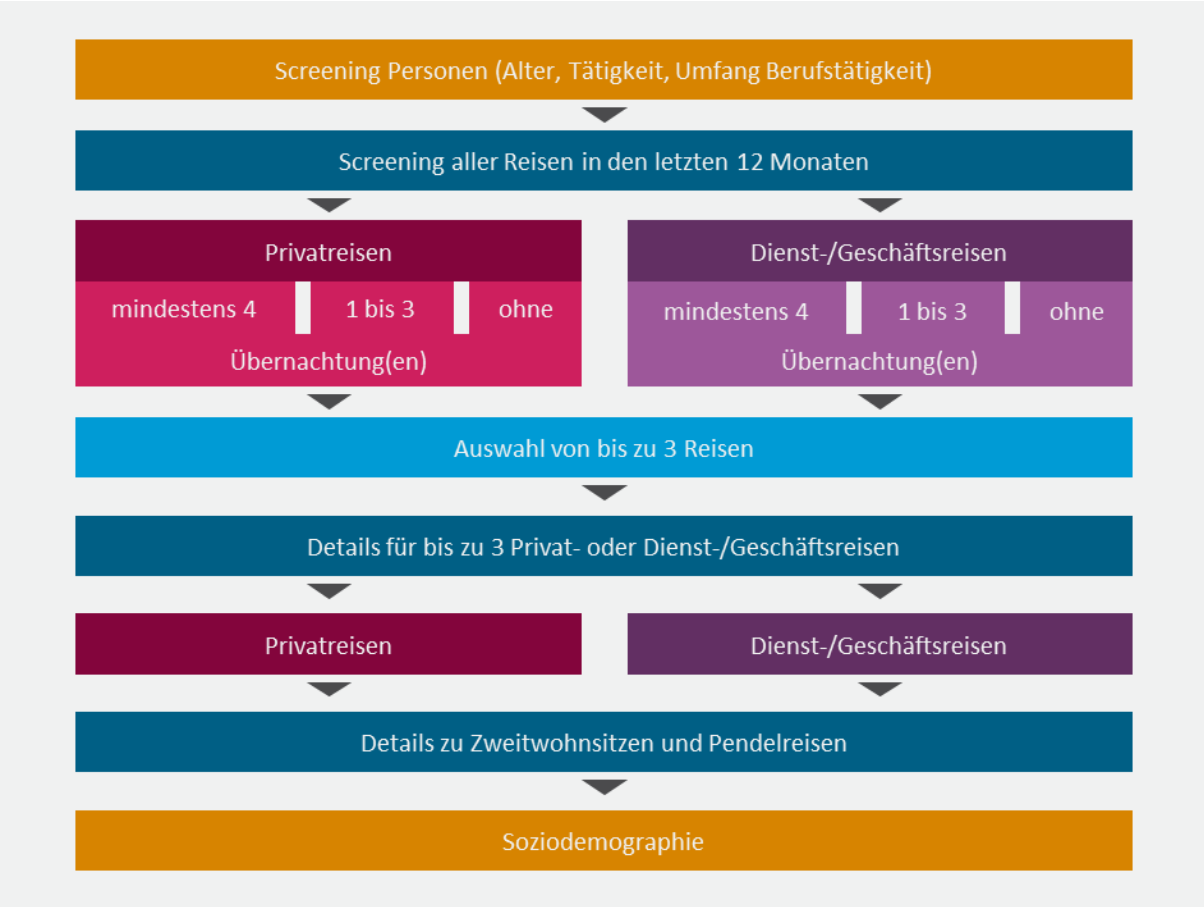
Die Feldzeit lief vom 6.12.2018 bis zum 15.12.2018.

Befragungsdesign

Die Heterogenität der Reisetypen, insbesondere die Differenzierung in Privat- und Dienst-/Geschäftsreisen, aber auch die unterschiedlichen Detaillierungsgrade bei der Erfassung von Reiseereignissen erforderten einen modularen Aufbau der Befragung.

Abbildung 19 zeigt schematisch den Aufbau der Befragung aus mehreren Modulen. Diese setzte sich aus mehreren aufeinanderfolgenden Screening- und Befragungsmodulen zusammen: Nach der Abfrage von Personeneigenschaften wie Alter und Berufstätigkeit folgte die Groberfassung des Reiseaufkommens während eines Jahres, differenziert in Privat- und Geschäftsreisen, jeweils mit oder ohne Übernachtungen. Für bis zu drei ausgewählte Reisen schlossen sich Detailabfragen zu einzelnen Reisen an. Nach einem weiteren Fragenblock zu Zweitwohnsitzen und Pendelreisen folgten abschließend Fragen zur Soziodemographie der Reisenden und ihrer Haushalte.

Abbildung 19: Modularer Aufbau der Befragung zur Reisemobilität



Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

Abgesehen von verschiedenen Befragungsinhalten, erfüllten die verschiedenen Befragungsmodule jeweils verschiedene Aufgaben und richteten sich an verschiedene Adressaten (Tabelle 16):

Tabelle 16: Überblick über Inhalt, Zielsetzung und Adressaten der Befragungsmodule

Befragungsmodul	Befragungsgegenstand	Zielsetzung	Adressaten
Screening Personen	Alter und Tätigkeit der befragten Personen	Grundlage für spätere Filterführung	alle
Screening Privatreisen	ausgewählte Reisemerkmale	quantitativer Überblick über gesamtes privat veranlasstes Reiseaufkommen eines Jahres; Auswahlrahmen für die später detailliert zu berichtenden Reisen	alle
Screening Dienst-/ Geschäftsreisen	ausgewählte Reisemerkmale	quantitativer Überblick über gesamtes dienstlich/ geschäftlich veranlasste Reiseaufkommen eines Jahres; Auswahlrahmen für die später detailliert zu berichtenden Reisen	nur Berufstätige
Auswahlmechanismus Detailreisen	automatisierte Steuerung durch Befragungsprogramm	Gewinnung hinreichend großer Fallzahl aller Reisetypen	alle im Screening berichteten Reisen
Detailabfrage Privatreisen	ausgewählte Reisemerkmale; Vor-Ort-Mobilität	Erfassung emissionsrelevanter Eigenschaften der berichteten Reisen; detaillierte Erfassung genutzter Verkehrsmittel	alle Personen, die mindestens eine private Reise durchgeführt haben
Detailabfrage Dienst-/ Geschäftsreisen	ausgewählte Reisemerkmale; Vor-Ort-Mobilität	Erfassung emissionsrelevanter Eigenschaften der berichteten Reisen	alle berufstätigen Personen, die mindestens eine Dienst-/ Geschäftsreise durchgeführt haben
Detailabfrage Pendelreisen	ausgewählte Merkmale von Zweitwohnsitzen und Pendelreisen	Erfassung emissionsrelevanter Eigenschaften der berichteten Reisen	alle
Soziodemographie	ausgewählte soziodemographische Merkmale	Typisierung der Reisenden; Schnittstellen zu anderen Erhebungen zur Alltags- und Reisemobilität	alle

Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

Die Auswahl der detailliert zu berichtenden Reisen wurde durch das Befragungsprogramm gesteuert. Je nach Umfang und Zusammensetzung des individuellen Reiseportfolios wurden die Befragten aufgefordert, bestimmte Reisen zu berichten. Die Auswahl folgte dabei folgenden Grundsätzen:

- Befragte, die mehr als drei Reisen verteilt auf mehr als drei Reisetypen durchgeführt hatten, berichteten je Reisetyp maximal eine Reise. Die Auswahl der Reisetypen richtete sich danach, für welchen Reisetyp bislang die wenigsten Detailberichte der gesamten Stichprobe vorlagen.

- Befragte, die mehr als drei Reisen verteilt auf maximal zwei Reisetypen durchgeführt hatten, berichteten je Reisetyp jeweils eine Reise sowie eine weitere Reise. Die Auswahl der dritten Reise richtete sich danach, für welchen Reisetyp bislang die wenigsten Detailberichte der gesamten Stichprobe vorlagen.
- Befragte, die mehr als drei Reisen eines einzigen Reisetyps durchgeführt hatten, berichteten jeweils die aktuellsten drei Reisen.
- Befragte, die insgesamt nur bis zu drei Reisen durchgeführt hatten, berichteten alle Reisen.
- Kamen bei einer befragten Person mehrere Reisen eines Typs infrage, wurde jeweils die aktuellste Reise ausgewählt.

Ziel dieses Auswahlmechanismus war die möglichst breite Abbildung des gesamten Reisespektrums sowohl einer einzelnen Person als auch der gesamten Stichprobe.

Eine Woche nach Beginn der Feldzeit wurde das bis dahin vorliegende Auswahlergebnis überprüft, eine Nachsteuerung war nicht erforderlich.

Fragenkatalog

Der Fragenkatalog war so gestaltet, dass insbesondere solche Informationen erfasst wurden, die in anderen Datenquellen nicht oder in nicht geeigneter Form erfasst werden. Ziel war somit die Ergänzung jener anderen Quellen, sodass im Ergebnis ein umfassenderes Gesamtbild der Reisemobilität gezeichnet werden kann.

Aus diesem Grund wurde nicht nur bei der Fragenauswahl, sondern auch bei der Formulierung der Fragen und der jeweiligen Antwortoptionen darauf geachtet, dass die wesentlichen Kennzahlen über verschiedene Erhebungen hinweg miteinander verglichen werden können. Als Orientierungsrahmen dienten die Fragenkataloge der Erhebungen MiD 2017, INVERMO und „Reiseanalyse“. Über diese Fragenkataloge hinausgehend wurden insbesondere Fragen zu reisespezifischen Verkehrsmitteln, zur Verkehrsmittelwahl für Zubringeretappen zum jeweiligen Hauptverkehrsmittel (An- und Abreise), zu Besetzungsgraden individuell genutzter Kraftfahrzeuge, zur Vor-Ort-Mobilität, zum Beförderungsbedarf von Gepäck sowie zu Pendelreisen aufgenommen.

Eine Reihe soziodemographischer Variablen diente der Typisierung der Reisenden, nicht zuletzt auch als Schnittstelle insbesondere zur MiD. Darüber hinaus erfolgte insbesondere die feine Differenzierung der Verkehrsmittel unter Berücksichtigung der Kompatibilität zum ‚Transport Emission Model‘ (TREMOD).

In Tabelle 17 sind die Befragungsinhalte der einzelnen Screening- und Fragemodule in Stichpunkten aufgeführt:

Tabelle 17: Befragungsinhalte der verschiedenen Screening- und Fragemodule

Modul	Befragungsinhalte
Soziodemographische Eigenschaften der befragten Personen	Alter; hauptsächliche Tätigkeit; Umfang der Berufstätigkeit; Geschlecht; Schul-/Bildungsabschluss; allgemeine persönliche Pkw-Verfügbarkeit; persönliche Carsharing-Mitgliedschaft; BahnCard-Besitz; Führerscheinbesitz; Mitgliedschaft Vielfliegerprogramm; übliche Verkehrsmittelnutzung; übliche Reiseverkehrsmittelnutzung
Soziodemographische Eigenschaften der Haushalte der befragten Personen	Haushaltsgröße; Anzahl von Kindern und Jugendlichen im Haushalt; Anzahl der Fahrzeuge im Haushalt; Haushaltsnettoeinkommen; PLZ
Screening für alle Reisen	Anzahl der Reisen in den letzten 12 Monaten; Anzahl der Reisen in den letzten 3 Monaten; Anzahl der Reisen im zurückliegenden Monat; Zielregionen der Reisen (Deutschland, Nachbarländer Deutschlands, übriges Europa, andere Kontinente); Hauptverkehrsmittel für Anreise
Details für Privatreisen und Dienst-/Geschäftsreisen	Zeitpunkt der Rückkehr von Reise; Anzahl der Übernachtungen; Reisezweck; Zielregion (Regionen Deutschland, Länder Europa/Welt); Anzahl der Übernachtungsorte; Entfernung vom Ausgangspunkt (km); Anzahl der Reisenden; Hauptverkehrsmittel für Anreise (detailliert); nur für Hauptverkehrsmittel Kfz: emissionsrelevante Zusatzausstattung; nur für Hauptverkehrsmittel Kfz: Antriebsart; nur für Hauptverkehrsmittel Kfz: Anzahl Mitfahrer (Besetzungsgrad); Zubringerverkehrsmittel zu Bahnhof, Busbahnhof, Flughafen, Hafen; nur für Zubringerverkehrsmittel Kfz: Anzahl Mitfahrer (Besetzungsgrad); genutzte Verkehrsmittel vor Ort; zurückgelegte Distanzen vor Ort (nach Verkehrsmittel); Art und Umfang von Gepäck; Regelmäßigkeit der Reise
Zweitwohnsitze	Anzahl und Typ persönlicher Zweitwohnsitze; Entfernung Zweitwohnsitz zu Hauptwohnsitz
Details für Pendelreisen	Häufigkeit des Pendelns zwischen Haupt- und Zweitwohnsitz (nach Typ Zweitwohnsitz); Anzahl Pendelreisen im zurückliegenden Monat; Hauptverkehrsmittel (jeweils Anzahl der Reisen)

Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

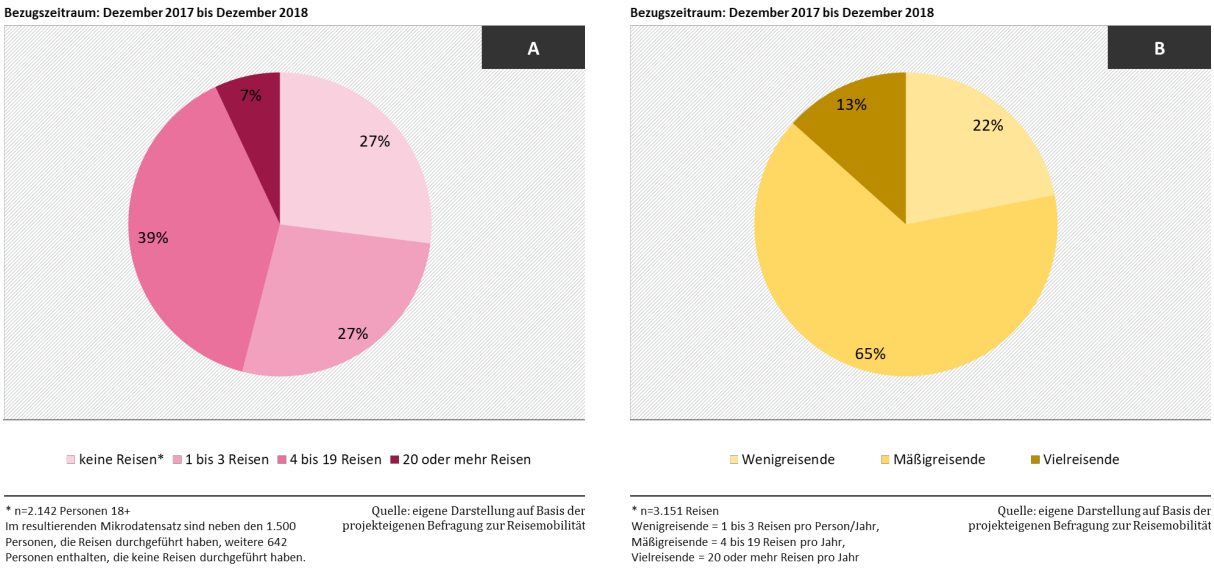
3.3.1 Ausgewählte Kennziffern zur Reisemobilität

Im Folgenden werden als Ergebnis der Befragung einige ausgewählte Kennziffern zur Reisemobilität dargestellt. Aufgrund der kleinen Stichprobe und – je nach Filterung – sehr geringen Fallzahl wird auf eine Hochrechnung der Ergebnisse für die gesamte deutsche Bevölkerung verzichtet.

Reiseintensität

Der Fokus liegt auf dabei auf Personengruppen, die sich hinsichtlich ihrer Reiseintensität unterscheiden: **Wenigreisende** mit 1 bis 3 Reisen im Jahr, **Mäßigreisende** mit 4 bis 19 Reisen im Jahr und **Vielreisende** mit 20 oder mehr Reisen im Jahr. Die Verteilung dieser Gruppen auf die Bevölkerung sowie der auf sie jeweils entfallende Anteil kann Abbildung 20 entnommen werden. Mehr als die Hälfte der Reisenden führen gar keine oder maximal 3 Reisen im Jahr durch, auf sie entfallen jedoch nur 22 % der berichteten Reisen. Demgegenüber sind nur 7 % der Reisenden 20 Mal oder häufiger unterwegs, sind jedoch für immerhin 13 % der berichteten Reisen verantwortlich. Knapp zwei Drittel der berichteten Reisen werden von 39 % der Bevölkerung durchgeführt.

Abbildung 20: Reiseintensität nach A) Anzahl Reisen (pro Person/Jahr) und B) Personengruppe



* n=2.142 Personen 18+
Im resultierenden Mikrodatensatz sind neben den 1.500 Personen, die Reisen durchgeführt haben, weitere 642 Personen enthalten, die keine Reisen durchgeführt haben.

Quelle: eigene Darstellung auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität

* n=3.151 Reisen
Wenigreisende = 1 bis 3 Reisen pro Person/Jahr,
Mäßigreisende = 4 bis 19 Reisen pro Jahr,
Vielreisende = 20 oder mehr Reisen pro Jahr

Quelle: eigene Darstellung auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität

Charakteristik von Reisenden

Auch hinsichtlich soziodemographischer Merkmale gibt es Unterschiede zwischen den Gruppen, die bisherigen Forschungsergebnissen entsprechen. Gegenüber allen Reisenden und insbesondere den Wenigreisenden lassen sich **Vielreisende** wie folgt charakterisieren (Tabelle 18):

- Sie sind eher männlich und jüngeren Alters.
- Sie leben in eher größeren Haushalten, zu denen zudem eher Kinder und Jugendliche unter 18 Jahren leben. Allerdings ist die durchschnittliche Anzahl der Kinder unter 18 Jahren deutlich geringer als bei allen Reisenden.
- Sie sind eher besser ausgebildet.
- Sie sind eher berufstätig oder studieren.
- Sie verfügen über ein deutlich höheres monatliches Äquivalenzeinkommen, entsprechend groß ist der Anteil der Personen, die in Haushalten mit hohem ökonomischen Status leben.
- Sie leben eher in Haushalten, die über einen Zweitwohnsitz verfügen.
- Sie sind eher im Besitz einer BahnCard oder Mitglied in einem Vielfliegerprogramm.

Insgesamt rechtfertigen die beobachteten Unterschiede aufgrund ihrer Größenordnung zunächst jedoch keinesfalls die Vernachlässigung etwa der Wenigreisenden bei der Quantifizierung und Charakterisierung der Reisemobilität.

Tabelle 18: Soziodemographische Eigenschaften nach Reiseintensität der Personen[1]

	alle Reisenden (mindestens 1 Reise Jahr)	Vielreisende (≥ 20 Reisen/Jahr)	Wenigreisende (1 bis 3 Reisen/Jahr)
	[Anteil Personen in %]		
Geschlecht	männlich: 49,9% weiblich: 50,1%	männlich: 57,9% weiblich: 42,1%	männlich: 47,9% weiblich: 52,0%
Alter	18-24 Jahre: 9,0% 25-64 Jahre: 63,9% 65-74 Jahre: 19,9% 75 Jahre und älter: 7,1%	18-24 Jahre: 15,4% 25-64 Jahre: 65,2% 65-74 Jahre: 15,1% 75 Jahre und älter: 4,4%	18-24 Jahre: 7,7% 25-64 Jahre: 62,6% 65-74 Jahre: 22,0% 75 Jahre und älter: 7,7%
Haushaltsgröße	1 Person: 24,8% 2 Personen: 48,3% 3 Personen: 13,2% 4 oder mehr Pers.: 13,7% ∅: 2,22	1 Person: 23,4% 2 Personen: 44,8% 3 Personen: 11,1% 4 oder mehr Pers.: 20,7% ∅: 2,45	1 Person: 28,1% 2 Personen: 47,0% 3 Personen: 13,3% 4 oder mehr Pers.: 11,6% ∅: 2,13
Haushalt mit Kindern unter 18 Jahren	ja: 18,1% nein: 81,9% ∅: 1,6	ja: 23,3% nein: 76,7% ∅: 0,4	ja: 14,8% nein: 85,2% ∅: 0,2
höchster Bildungsabschluss[2]	niedrig: 12,2% mittel: 59,4% hoch: 28,0%	niedrig: 9,6% mittel: 51,6% hoch: 38,8%	niedrig: 15,1% mittel: 62,2% hoch: 22,6%
Tätigkeit	berufstätig: 48,7% Studierende: 7,3% Rentner: 31,6%	berufstätig: 55,3% Studierende: 12,1% Rentner: 21,3%	berufstätig: 45,2% Studierende: 5,7% Rentner: 35,0%
monatliches Äquivalenzeinkommen (neue OECD-Skala)	2.291 EUR	3.042 EUR	1.997 EUR
ökonomischer Status des Haushalts[3]	niedrig: 32,8% mittel: 49,8% hoch: 17,4%	niedrig: 21,0% mittel: 46,2% hoch: 32,8%	niedrig: 45,1% mittel: 43,9% hoch: 11,0%
Zweitwohnsitz	ja: 13,7% nein: 86,3%	ja: 21,6% nein: 78,4%	ja: 9,9% nein: 90,1%
BahnCard-Besitz	BC25: 9,3% BC50: 3,9% BC100: 0,7%	BC25: 13,8% BC50: 11,3% BC100: 1,8%	BC25: 5,4% BC50: 2,1% BC100: 0,6%
Mitgliedschaft in Vielfliegerprogramm	ja: 12,0% nein: 88,0%	ja: 19,4% nein: 80,6%	ja: 9,7% nein: 90,3%

[1] Bezugszeitraum: Dezember 2017 bis Dezember 2018

[2] Bildungsabschluss: niedrig = Volks-/Hauptschule, POS 8. Klasse mit/ohne Berufsausbildung, mittel = Mittlere Reife, Realschulabschluss, POS 10. Klasse/EOS 12. Klasse, Fachhochschulreife, Abitur, Berufsausbildung mit Abitur, hoch = Fachhochschul-/Universitätsabschluss

[3] ökonomischer Status (Basis: monatliches Äquivalenzeinkommen): niedrig = bis unter 1.500 EUR, mittel = 1.500 bis unter 2.600 EUR, hoch = 2.600 EUR und mehr

Quelle: eigene Darstellung auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität (ifeu/ DLR/ KIT)

Etwas anders sieht es aus, wenn man das jeweilige **Reiseaufkommen** der Gruppen betrachtet (Tabelle 19). So liegt bei Vielreisenden die durchschnittliche Anzahl von in einem Jahr durchgeführten Reisen bei 27 privaten Reisen Jahr beziehungsweise gut 23 dienstlich oder geschäftlich veranlassten Reisen.

Tabelle 19: Jährliches Reiseaufkommen nach Reiseintensität der Personen[1, 2]

	alle Reisenden (mindestens 1 Reise Jahr)	Vielreisende (≥ 20 Reisen/Jahr)	Wenigreisende (1 bis 3 Reisen/Jahr)
	[Anteil Personen in %]		
Privatreisen	keine Reisen: 0,7% 1 bis 3 Reisen: 40,0% 4 od. mehr Reisen: 59,3% ∅: 7,2 Reisen	keine Reisen: 1,4% 1 bis 3 Reisen: 4,9% 4 od. mehr Reisen: 93,8% ∅: 27,0 Reisen	keine Reisen: 0,9% 1 bis 3 Reisen: 99,1% ∅: 1,9 Reisen
Dienst-/Geschäftsreisen	keine Reisen: 84,2% 1 bis 3 Reisen: 7,6% 4 od. mehr Reisen: 8,3% ∅: 2,6 Reisen	keine Reisen: 53,4% 1 bis 3 Reisen: 4,4% 4 od. mehr Reisen: 42,3% ∅: 23,3 Reisen	keine Reisen: 97,1% 1 bis 3 Reisen: 2,9% ∅: 0,03 Reisen

[1] Bezugszeitraum: Dezember 2017 bis Dezember 2018

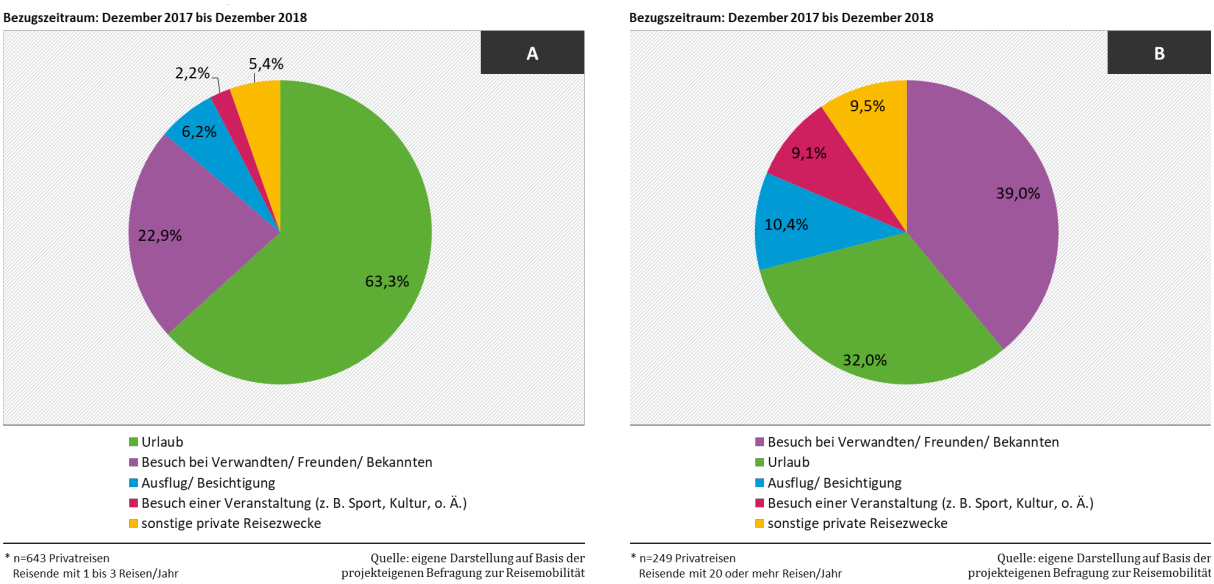
[2] Durchschnittswerte beziehen sich auf reisende Personen.

Quelle: eigene Darstellung auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität (ifeu/ DLR/ KIT)

Während knapp zwei Drittel der Reisen von Wenigreisenden Urlaubsreisen sind, ist dies bei Vielreisenden nur zu einem Drittel der Fall. Hier entfällt ein deutlich größerer Anteil auf Besuche von Verwandten, Freunden, Bekannten (39%) (Abbildung 21). Dem vergleichsweise hohen Anteil von Besuchen Vielreisender entspricht eine höhere Anzahl von Zweitwohnsitzen bei Lebenspartnern (6,4% der Vielreisenden, 2,8% der Wenigreisenden) oder Familienangehörigen (7,7% der Vielreisenden, aber nur 1,4% der Wenigreisenden).

Geschäftliche Reisen dienen zu mehr als 55% dem direkten Besuch von Kunden oder Partnern oder zur dortigen Erbringung beruflicher Leistungen.

Abbildung 21: Private Reisezwecke von A) Wenigreisenden und B) Vielreisenden



Die **Ausstattung der jeweiligen Haushalte mit Fahrzeugen** entspricht der beobachteten Reiseintensität der Gruppen (Tabelle 20). Wieder sind es die Vielreisenden, die tendenziell über einen umfangreicheren und vielfältigeren Fuhrpark verfügen. Dies gilt nicht zuletzt für reiseaffine Verkehrsmittel wie Wohnmobile, Wohnwagen und Motorräder sowie die verschiedenen Bootstypen.

Tabelle 20: Verkehrsmittelverfügbarkeit nach Reiseintensität der Personen[1]

	alle Reisenden (mindestens 1 Reise Jahr)	Vielreisende (≥ 20 Reisen/Jahr)	Wenigreisende (1 bis 3 Reisen/Jahr)
	[Anteil Personen in Haushalten mit mindestens 1 Fahrzeug in %]		
Pkw	86,4%	89,4%	85,6%
Wohnmobil (bis 3,5 t zGG)[2]	3,1%	7,4%	1,3%
Wohnmobil (über 3,5 t zGG)[2]	2,0%	4,1%	1,4%
Wohnwagen (ohne Pkw)	2,2%	5,5%	1,4%
Lkw (bis 3,5 t zGG*)	2,0%	4,4%	0,9%
Lkw (über 3,5 t zGG*)	1,5%	3,5%	0,7%
Motorrad	9,7%	20,2%	6,4%
Moped/Mofa	6,6%	8,3%	4,5%
Elektrofahrrad/ Pedelec	9,3%	14,3%	6,4%
Fahrrad	57,0%	66,3%	53,6%
Motorboot	2,6%	5,1%	1,4%
Segelboot	2,1%	5,0%	0,9%
Hausboot	1,5%	3,5%	0,7%

[1] Bezugszeitraum: Dezember 2017 bis Dezember 2018

[2] zGG: zulässiges Gesamtgewicht

Quelle: eigene Darstellung auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität (ifeu/ DLR/ KIT)

In ähnlicher Weise nutzen Vielreisende die verschiedenen reiseaffinen Verkehrsmittel tendenziell häufiger als die anderen Gruppen (Tabelle 21).

Tabelle 21: Verkehrsmittelnutzung nach Reiseintensität der Personen[1]

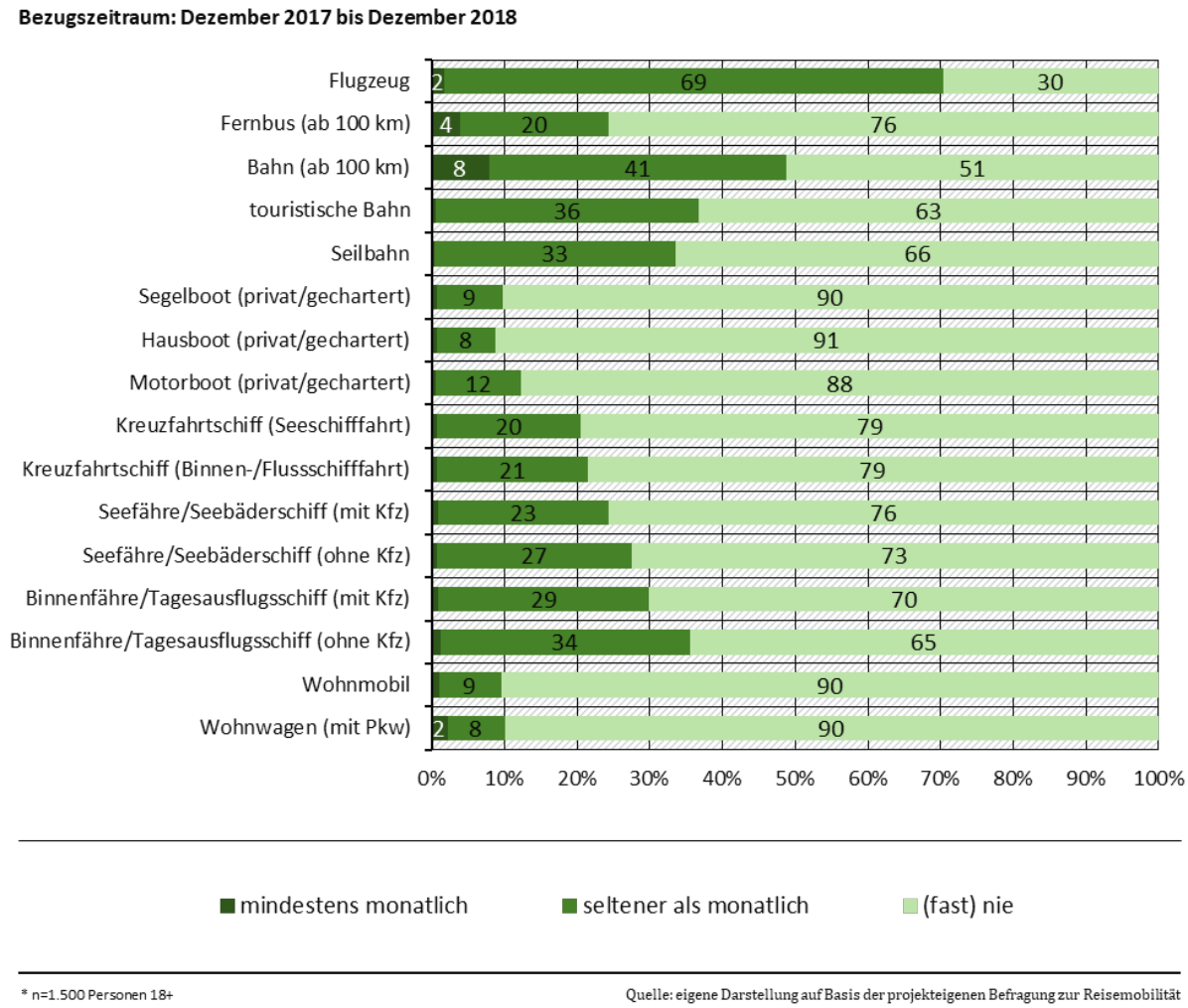
Verkehrsmittel	alle Reisenden (mindestens 1 Reise Jahr)			Vielreisende (≥ 20 Reisen/Jahr)			Wenigreisende (1 bis 3 Reisen/Jahr)		
	[Anteil Personen mit entsprechender Nutzungshäufigkeit in %: mindestens monatlich | seltener als monatlich | (fast)nie]								
Privat-Pkw/ Dienstwagen	82,6%	3,4%	14,0%	84,8%	2,6%	12,6%	81,3%	3,5%	15,2%
Carsharing/ Mietwagen	4,8%	10,5%	84,4%	7,3%	15,00%	77,6%	3,6%	6,8%	89,6%
Wohnwagen (mit Pkw)	2,2%	7,9%	90,0%	2,4%	11,0%	86,6%	1,9%	6,5%	91,6%
Wohnmobil	1,0%	8,5%	90,5%	1,5%	14,2%	84,2%	0,6%	6,4%	93,0%
Bus/Bahn (regional unter 100 km)	30,1%	35,1%	34,8%	42,0%	29,6%	28,3%	27,3%	27,7%	45,0%
Fernbus (ab 100 km)	3,9%	20,3%	75,7%	6,6%	25,7%	67,6%	3,1%	14,8%	82,0%
Bahn (ab 100 km)	7,8%	41,0%	51,2%	16,3%	43,8%	39,9%	5,0%	30,0%	64,9%
Flugzeug	1,7%	68,6%	29,7%	5,5%	70,8%	23,7%	1,4%	60,8%	37,8%
Binnenfähre/ Tagesausflugsschiff (ohne Kfz)	1,2%	34,3%	64,6%	1,8%	40,2%	58,0%	1,2%	26,3%	72,5%
Binnenfähre/ Tagesausflugsschiff (mit Kfz)	0,9%	29,1%	70,1%	2,5%	35,8%	61,7%	0,5%	21,5%	78,0%
Seefähre/ Seebäderschiff (ohne Kfz)	0,7%	26,8%	72,6%	1,4%	32,0%	66,6%	0,7%	19,3%	79,9%
Seefähre/ Seebäderschiff (mit Kfz)	0,8%	23,5%	75,7%	1,5%	30,1%	68,3%	0,4%	18,2%	81,4%
Kreuzfahrtschiff (Binnen-/ Flussschifffahrt)	0,6%	20,8%	78,6%	1,0%	22,6%	76,4%	0,7%	12,3%	87,0%
Kreuzfahrtschiff (Seeschifffahrt)	0,6%	19,9%	79,5%	1,0%	19,4%	79,6%	0,5%	13,5%	85,9%
Motorboot	0,6%	11,6%	87,8%	1,0%	16,9%	82,1%	0,5%	7,0%	92,6%
Hausboot	0,6%	8,0%	91,3%	0,5%	10,1%	89,4%	0,3%	5,2%	94,5%
Segelboot	0,6%	9,1%	90,3%	1,5%	13,0%	85,5%	0,5%	5,7%	93,9%
Seilbahn	0,3%	33,3%	66,4%	0,5%	40,3%	59,1%	0,3%	24,7%	75,0%
touristische Bahn	0,5%	36,3%	63,2%	0,5%	41,5%	57,9%	0,5%	24,9%	74,6%

[1] Bezugszeitraum: Dezember 2017 bis Dezember 2018

Quelle: eigene Darstellung auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität (ifeu/ DLR/ KIT)

Deutlich wird auch, dass – mit Ausnahme von Bahn und Flugzeug – die **typischen Reiseverkehrsmittel** von allen Reisenden generell eher selten genutzt werden (Abbildung 22). Dies gilt vor allem für Wohnmobile und Wohnwagen sowie Motor-, Segel- und Hausboote, die von gut 90 % der Befragten nie genutzt werden. Bei Seefähren und Kreuzfahrtschiffen ebenso wie bei Fernbussen liegt der Anteil der Nichtnutzer bei rund drei Vierteln der Befragten, der überwiegende Rest nutzt sie seltener als einmal jährlich. Touristische und Seilbahnen werden ebenfalls sehr selten genutzt, allerdings ist der Anteil der Nichtnutzer etwas geringer.

Abbildung 22: Übliche Nutzung typischer Reiseverkehrsmittel (alle Reisenden)



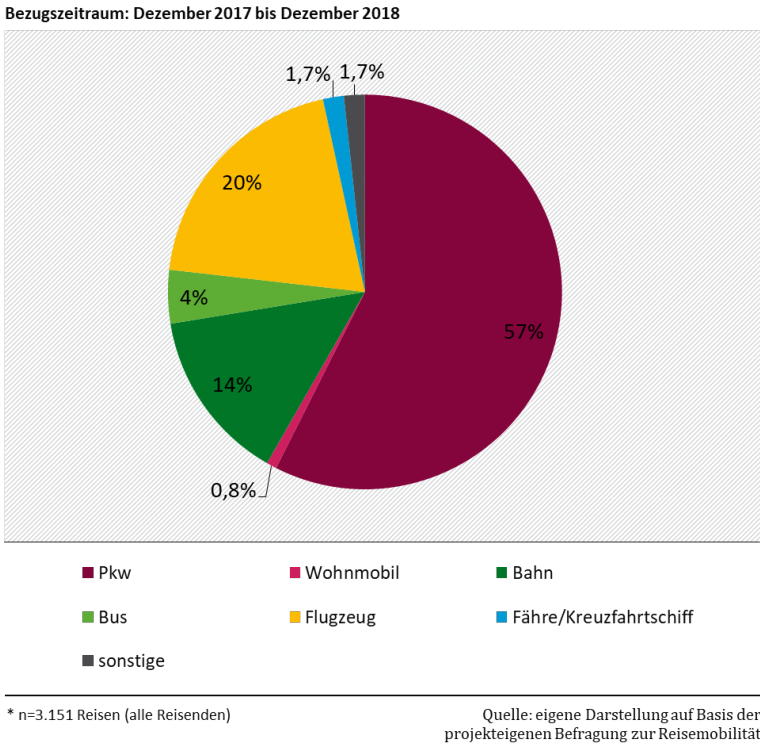
* n=1.500 Personen 18+

Quelle: eigene Darstellung auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität

Emissionsrelevante Eigenschaften der Verkehrsmittelnutzung auf Reisen

Mehr als die Hälfte der berichteten Reisen wird mit dem Pkw durchgeführt, der Anteil der Wohnmobil-Reisen liegt unter einem Prozent (Abbildung 23), ihr Anteil an allen Pkw-Fahrten beträgt 1,4 %. Während Flugreisen knapp 20 % ausmachen, fallen die verschiedenen Fähren und Kreuzfahrtschiffe insgesamt kaum ins Gewicht.

Abbildung 23: Hauptverkehrsmittel auf Reisen (Modal Split)



* n=3.151 Reisen (alle Reisenden)

Quelle: eigene Darstellung auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität

Der durchschnittliche Besetzungsgrad von Pkw und Wohnmobilen bei Reisen liegt deutlich über dem für die MiD 2017 ausgewiesenen Wert von 1,5 Personen (MiD 2019: 7) (Tabelle 22).

Tabelle 22: Besetzungsgrad nach Fahrzeugtyp[1]

Fahrzeugtyp	Anzahl Reisen [n]	Besetzungsgrad [Fahrer und Mitfahrer]
Pkw ohne Anhänger/Wohnwagen (inklusive Carsharing/Mietwagen, Dienstwagen, Mitfahrgelegenheit/Ridesharing)	1.634	2,24
Pkw mit Wohnwagen	20	3,25
Pkw mit Anhänger	15	2,21
Wohnmobil	25	2,37

[1] Bezugszeitraum: Dezember 2017 bis Dezember 2018

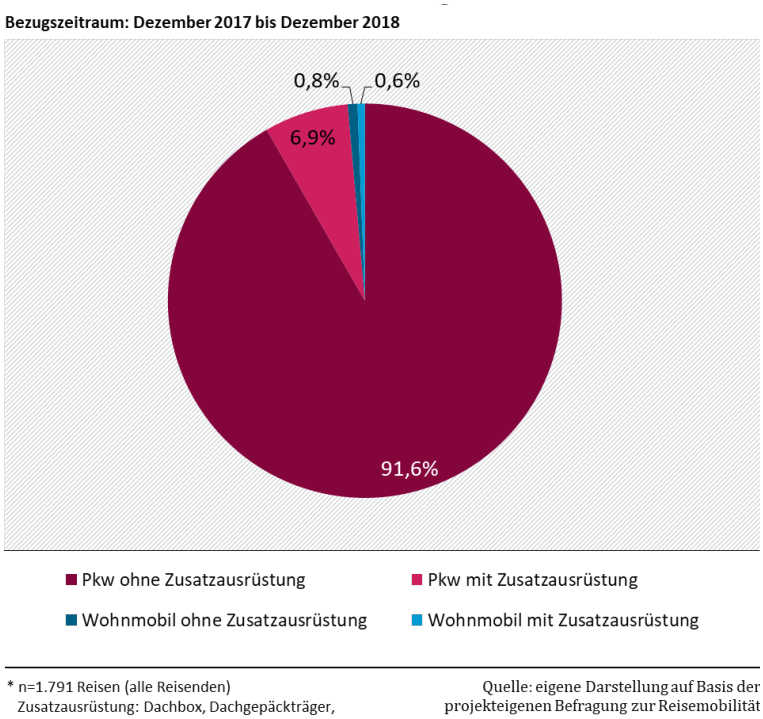
Quelle: eigene Darstellung auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität (ifeu/ DLR/ KIT)

Zusatzausrüstungen und Gepäcktransport

Fahrzeugzusatzausrüstungen und mitgeführtes Gepäck wirken sich bei entsprechendem Umfang auf Kraftstoff- und Energieverbräuche und damit auf die resultierenden Emissionen aus.

Dachboxen, Dach- oder Heckgepäckträger – die die Mitführung von Gepäck oder Fahrrädern erlauben – werden nur bei knapp 7 % der Pkw-Fahrten genutzt (Abbildung 24). Wohnmobile hingegen fahren in den allermeisten Fällen ohne entsprechende Ausrüstung, da sie im Fahrzeuginnenraum hinreichend Platz bieten.

Abbildung 24: Zusatzausrüstung von Pkw und Wohnmobilen auf Reisen



* n=1.791 Reisen (alle Reisenden)
Zusatzausrüstung: Dachbox, Dachgepäckträger,

Quelle: eigene Darstellung auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität

Gepäckstücke mit tendenziell größerem Gewicht werden nur in begrenztem Umfang mitgeführt (Tabelle 23). Hier sind es vor allem größere Koffer, Taschen oder Rucksäcke, Fahrräder sowie im Fall von Dienst-/Geschäftsreisen auch Werkzeugkästen, größere Maschinen oder größere Mengen von Verbrauchsmaterial.

Tabelle 23: Mitgeführte Gepäckstücke je Reise nach Fahrzeugtyp[1]

Gepäcktyp	Durchschnittliche Anzahl mitgeführter Gepäckstücke nach Fahrzeugtyp			
	Pkw		Wohnmobil	
	ohne Zusatz-ausrüstung	mit Zusatz-ausrüstung	ohne Zusatz-ausrüstung	mit Zusatz-ausrüstung
größere Koffer/Taschen/Rucksäcke	1,6	2,9	1,4	1,2
Fahrrad (auch Pedelec)	0,02	1,1	1,1	0,3
Kinderwagen/Rollstuhl/Rollator	0,03	0,1	0,04	0
Surfbrett/Kanu/Faltboot/Snowboard	0,004	0,05	0	0
Skiausrüstung (Ski/Skischuhe)	0,01	0,1	0	0
Zelt-/Campingausrüstung	0,01	0,1	0	0,2
Tiere/Käfige	0,03	0,1	0,2	0,1
sonstige(s) Gepäck/Ausrüstung	0,1	0,02	0,03	0,1
Werkzeugkasten/größere Maschinen[2]	0,1	0,2	0	0,7
Verbrauchsmaterial (größere Mengen)[2]	0,2	0,3	0	0,8

[1] Bezugszeitraum: Dezember 2017 bis Dezember 2018

[2] nur Dienst-/Geschäftsreisen

Quelle: eigene Darstellung auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität (ifeu/ DLR/ KIT)

3.4 Datenfusion: Modellbildung

Wie eingangs erläutert, stellen die Ergebnisse der jüngsten deutschlandweiten Befragung zur Alltagsmobilität „Mobilität in Deutschland 2017“ den Kern des Mengengerüstes der Reisemobilität dar, der mit Hilfe verschiedener anderer Datenquellen ergänzt wird. Die Zusammenführung erfolgt im Rahmen eines Fusionsmodells, das vom Modell der Personenverkehrsrechnung für „Verkehr in Zahlen“ (ViZ) (BMVI 2018a) abgeleitet wurde.

Dabei erfolgte die Entwicklung dieses Fusionsmodellansatzes synergetisch in Verbindung mit einem weiteren Projekt des Umweltbundesamtes („Handlungsoptionen für eine ökologische Gestaltung der Langstreckenmobilität im Personenverkehr und der Transportmittelwahl im Güterfernverkehr“[7], Forschungskennzahl 3717 58 102 0, Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit). Beiden Projekten gemeinsam war das Ziel, auf Grundlage unterschiedlicher Datenquellen eine geeignete, der jeweiligen Fragestellung angemessene Bestimmung der Verkehrsnachfrage des Personenverkehrs vorzunehmen, welche sich nach den jeweiligen Projektnotwendigkeiten und Intentionen differenziert auswerten lässt. Eine große Herausforderung für beide Projekte stellte die partielle Inkompatibilität der unterschiedlichen, in ihren jeweiligen Definitionen und Abgrenzungen nicht eindeutigen Datengrundlagen und Statistiken dar (Inkompatibilität in Bezug auf Grundgesamtheiten und jeweils erfasste und ausgewiesene Inhalte). Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Zielsetzungen der beiden Projekte hätten sich die Herangehensweisen zur Berechnung von Datengrundlage und Aussage her unterschieden.

Auch wenn die MiD prinzipiell für die Abbildung der Gesamt(fern)verkehrsnachfrage geeignet ist, müssen, wie in Abschnitt 3.2 dargestellt, die vorliegenden Mikrodaten zuvor in geeigneter Form aufbereitet und im Rahmen eines Modells anhand von Referenzwerten der Verkehrsstatistik kalibriert werden. Dies ist aus mehreren Gründen erforderlich:

Informationen zur Reisemobilität werden in der MiD auf unterschiedliche Weise erhoben, einerseits in einem auf einen einzelnen Stichtag bezogenen **Wegetagebuch** oder **Stichtagsmodul**, andererseits in einem retrospektiv auf einen dreimonatigen Berichtszeitraum ausgelegten **Reisemodul**. Das **Wegetagebuch** liegt für die gesamte Stichprobe vor, umfasst alle Altersklassen und beinhaltet neben den Alltagswegen des jeweiligen individuellen Stichtags auch Hin- oder Rückwege mehrtägiger Reisen, die an eben jenem Stichtag zurückgelegt wurden. Allerdings wurde die Distanz von Langstreckenwegen im Zuge der Datenaufbereitung auf 1.000 km begrenzt, da mit der MiD lediglich der Inlandsverkehr der Inländer abgebildet werden soll. Das **Reisemodul** hingegen liegt nur für Personen ab 14 Jahren und zudem nur für eine Teilstichprobe vor und beinhaltet ausschließlich Reisen mit mindestens einer Übernachtung, die in einem Zeitraum von drei Monaten vor dem jeweiligen Stichtag unternommen wurden. Dementsprechend liegen die resultierenden Mikrodaten in zwei verschiedenen Datensätzen vor, die – erhebungsmethodisch begründet – nicht direkt miteinander kombinierbar sind: Zum einen beziehen sie sich jeweils auf verschiedene Grundgesamtheiten (Gesamtbevölkerung oder Personen ab 14 Jahren). Zum anderen können einzelne Wege doppelt vorliegen – also sowohl im Wege- als auch im Reisedatensatz –, wenn es sich um Hin- oder Rückwege mehrtägiger Reisen handelt, die am Stichtag entweder begonnen oder aber beendet wurden. Andererseits werden Tagesreisen ohne Übernachtung weder im Reisemodul noch im Wegetagebuch erfasst, wenn sie nicht am jeweiligen Stichtag durchgeführt wurden. Darüber hinaus werden Übernachtungsreisen von Kindern unter 14 Jahren ebenfalls nicht erfasst. Bei separater Auswertung und nachträglicher Aufsummierung ergäben sich zwangsläufig verzerrte Kennwerte für das Gesamtverkehrsaufkommen (= Anzahl der Wege oder Reisen) und daraus folgend auch für die resultierende Gesamtverkehrsleistung. Um

[7] Das Projekt läuft noch bis zum Frühjahr 2021.

ausgehend von den Mikrodatensätzen der MiD 2017 ein konsistentes Bild der (Fern-)Verkehrsnachfrage abbilden zu können, wurde das Fusionsmodell entwickelt.

Die Aufbereitung der originalen MiD-Mikrodatensätze im Rahmen des Fusionsmodells umfasste im Einzelnen die folgenden Schritte (Tabelle 24, Tabelle 25, Tabelle 26, Tabelle 27):

Tabelle 24: Aufbereitung des Personendatensatzes der MiD 2017 für die Datenfusion

Nr.	Personendatensatz
P1	Anhebung der nur pauschal erfassten weiteren Stichtagswege mittels eines Hebefaktors (PHF1), die über die detailliert erfassten Stichtagswege hinaus durchgeführt wurden; ebenfalls berichtete regelmäßige berufliche Wege (rbW)[8] wurden zunächst nicht angehoben
P2	Anhebung regelmäßiger beruflicher Wege von Personen ab 16 Jahren, für die aufgrund eines Stellvertreterinterviews oder aufgrund fehlender Angaben keine Informationen zu diesen Wegen erhoben wurden (differenziert nach Art und Umfang der Berufstätigkeit: Vollzeit, Teilzeit, geringfügige Berufstätigkeit, berufliche Nebentätigkeit, Berufstätigkeit ohne Angabe zum Umfang, Auszubildender); Anhebung dieser regelmäßigen beruflichen Wege mittels eines Hebefaktors (PHF2), direkt berichtete Wege wurden nicht angehoben
P3	Bildung eines kombinierten Hebefaktors (PHFX) aus PHF1 und PHF2 für die spätere Hochrechnung
P4	Entfernung von am Stichtag mobilen Personen, bei denen jedoch keine Wegeerfassung erfolgte, sowie von Personen mit unbekannter Mobilität am Stichtag

Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

Tabelle 25: Aufbereitung des Wegedatensatz der MiD 2017 für die Datenfusion

Nr.	Wegedatensatz
W1	Aufhebung der in der MiD 2017 vorgenommenen Korrektur subjektiv überschätzter Wegelängen von MIV-, ÖV- sowie Fuß- und Radwegen (vgl. Nobis &Köhler 2019, S. 12), um Kompatibilität zur langjährig praktizierten Personenverkehrsrechnung in „Verkehr in Zahlen“ zu gewährleisten
W2	Imputation fehlender Verkehrsmittelangaben mittels eines multinomialen Regressionsmodells analog zur MiD 2017. Fehlende Verkehrsmittelangaben wurden bereits in der MiD 2017 imputiert, jedoch in einem geringen Detaillierungsgrad, als für die vorliegende Fragestellung erforderlich. Deshalb wurde die Imputation nun mit stärkerer Differenzierung der öffentlichen Verkehrsmittel durchgeführt (Straßen-ÖV: Anrufsammeltaxi, Stadtbus/Regionalbus, Straßenbahn, U-Bahn/Stadtbahn, Fernlinienbus, Reisebus; Schienen-ÖV: S-Bahn/Nahverkehrszug, Fernzug; Flugzeug; Schiff). Insgesamt sind jedoch nur 6% der ÖV-Wege betroffen, bei denen keine Angaben dazu vorlagen, welches der verschiedenen öffentlichen Verkehrsmittel genutzt wurde.
W3	Entfernung von Wegen, die potenziell auch im Reisedatensatz enthalten sein können: Wege ab 100 km, wenn der erste Weg des Stichtags nicht zuhause begann und/oder der letzte Weg des Stichtags nicht zuhause endete (eventuelle Hin- oder Rückwege mehrtägiger Übernachtungsreisen) oder bei denen der Wegezweck „Urlaub (ab 4 Übernachtungen)“ angegeben wurde (insgesamt 1% des Verkehrsaufkommens und 18% der Verkehrsleistung)

Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

[8] „Regelmäßiger beruflicher Weg (rbW): Hierzu gehören alle regelmäßig von Personen durchgeführten Wege, die während der Arbeitszeit aufgrund ihres Berufs anfallen. Typische Berufsgruppen mit regelmäßigen beruflichen Wegen sind Handwerker, Busfahrer, Postboten, Vertreter und Lieferanten. Der Weg zur Arbeit gehört nicht zu den regelmäßigen beruflichen Wegen.“ (Nobis & Köhler 2019, S. 15)

Tabelle 26: Aufbereitung des Reisedatensatzes der MiD 2017 für die Datenfusion

Nr.	Reisedatensatz
R1	Imputation unplausibler oder fehlender Reisedistanzen unter Verwendung von Reiseziel und Hauptverkehrsmittel (dies trifft auf 2% der Übernachtungsreisen zu)
R2	Imputation der Reisen von Kindern unter 14 Jahren unter Verwendung von Reisen, die von Haushaltsmitgliedern berichtet wurden, bei denen die Anzahl der Reisenden größer als die Anzahl der berichtenden Haushaltsmitglieder war; Dienstreisen wurden nicht berücksichtigt (insgesamt 4.185 zusätzliche Reisen von Kindern)
R3	Differenzierung des Verkehrsmittels „Pkw“ in „Pkw als Fahrer“ und „Pkw als Mitfahrer“ basierend auf der mittels einer binär logistischen Regression geschätzten Wahrscheinlichkeit, mit der Pkw-Wege des Wegedatensatzes als Fahrer oder Mitfahrer zurückgelegt wurden

Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

Tabelle 27: Fusionsdatensatz (aus aufbereitetem Wege- und Reisedatensätzen der MiD 2017)

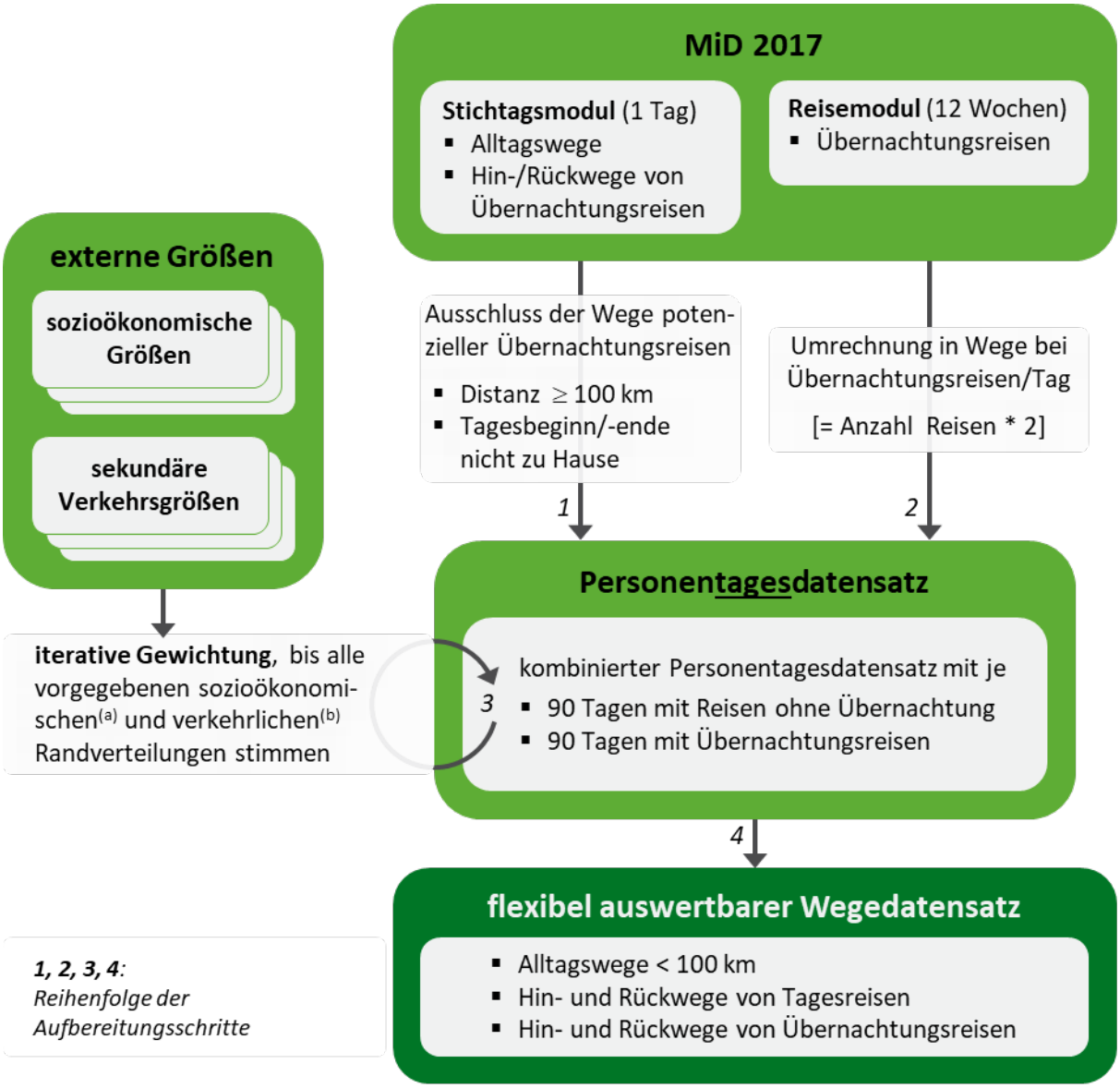
Nr.	Fusionsdatensatz (Reisen und Wege)
F1	Teil 1 (Personentagesdatensatz mit Reisetagen aus dem Reisemodul): Für jede reisende Person sind 90 Tage abzubilden, die den retrospektiven Befragungszeitraum repräsentieren. Um den Personentagesdatensatz handhabbar zu gestalten, werden sowohl die Hin- und Rückreisetage berichteter Übernachtungsreisen als auch die verbleibenden Tage ohne Reisen jeweils zusammengefasst und über ein Tagesgewicht entsprechend gewichtet: Auf jede berichtete Reise entfallen zwei Reisetage, an denen jeweils Hin- und Rückweg stattfanden, folglich erhält eine Reise das Tagesgewicht TGEW = 2. Das Tagesgewicht der Tage ohne Reisen ergibt sich aus der Anzahl der Tagesreisen (TGEW = 90 Tage – (Anzahl berichteter Reisen * 2)).
F2	Teil 2 (Personentagesdatensatz mit Wegetagen aus dem Stichtagsmodul): Analog zum Personentagesdatensatz mit Reisetagen (vgl. Schritt F1) sind für jede Person, die im Stichtagsmodul für einen Tag Alltagswege berichtet hat, ebenfalls 90 Tage abzubilden. Die Wege aus dem Stichtagsmodul erhalten deshalb das Tagesgewicht TGEW = 90.
F3	Iterative Neugewichtung der beiden Tagesdatensätze anhand sozio-ökonomischer Merkmale (Alter in Kombination mit Geschlecht, Haushaltsgröße in Kombination mit Pkw-Besitz, Raumtyp RegioStaR7[9], Wochentag des Stichtags, Monat des Stichtags); zunächst voneinander unabhängige Neugewichtung der beiden Tagesdatensätze, um sicherzustellen, dass sowohl die Mobilität im Alltag als auch die Reisemobilität hinsichtlich der soziodemographischen Eigenschaften der Befragten korrekt wiedergegeben werden
F4	Kombination der beiden aufbereiteten Personentagesdatensätze, sodass im resultierenden Personentagesdatensatz sowohl Tage mit/ohne Reisen aus dem Reisemodul als auch der Stichtag aus dem Stichtagsmodul enthalten sind, die zusammen die Gesamtmobilität der Bevölkerung in einem Zeitraum von 90 Tagen wiedergeben. Je nach Reiseaktivität sind einzelne Personen mehrfach vertreten, mindestens jedoch mit dem Stichtag aus dem Stichtagsmodul. Die Tage sind so gewichtet, dass jeweils 90 Tage abgebildet sind.
F5	Iterative Gewichtung des kombinierten Tagesdatensatzes anhand sozio-ökonomischer Merkmale (Alter in Kombination mit Geschlecht, Haushaltsgröße in Kombination mit Pkw-Besitz, Raumtyp RegioStaR7, Wochentag des Stichtags, Monat des Stichtags) und nach Verkehrskenngrößen (Pkw-Fahrleistung aus ViZ-Fahrleistungsrechnung, Aufkommen und Leistung des öffentlichen Verkehrs, Aufkommen des Luftverkehrs nach Flugreisetyp (privat/dienstlich in Kombination mit Zielregion Deutschland/Europa/Übersee))
F6	Zusammenfügung von aufbereitetem Wegedatensatz und aufbereitetem Reisedatensatz zu einem kombinierten Wegedatensatz, in dem sowohl alle Wege aus dem Stichtagsmodul als auch alle Hin- und Rückwege der Übernachtungsreisen aus dem Reisemodul enthalten sind; Ergänzung aller Gewichte (einschließlich eines konsolidierten Gewichtes TW für die Berechnung von Jahreswerten)

Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

Der im letzten Schritt F6 erzeugte kombinierte Wegedatensatz ist flexibel auswertbar. Abbildung 25 zeigt eine vereinfachte schematische Übersicht der Aufbereitungsschritte.

[9] RegioStaR (BMVI 2018b) ist eine „Regionalstatistische Raumtypologie für die Mobilitäts- und Verkehrsforschung“, die vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur mit Unterstützung des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) für die Analyse von Wirkungszusammenhängen zwischen Verkehr und räumlichen Strukturen und für die Abbildung räumlich unterschiedlichen Mobilitätsverhaltens konzipiert wurde. Die Typologie basiert auf siedlungsstrukturellen Merkmalen auf der Ebene von Gemeindeverbänden.

Abbildung 25: Vorgehen zur Erzeugung eines kombinierten MiD-Wege-Reisedatensatzes



Gewichtungsmerkmale: (a) Sozioökonomie: Alter in Kombination mit Geschlecht, Haushaltsgröße in Kombination mit Pkw-Besitz, Raumtyp RegioStaR7 (BMVI 2018b), Wochentag des Stichtags, Monat des Stichtags, (b) Verkehrskenngrößen: Pkw-Fahrleistung aus ViZ-Fahrleistungsrechnung, Aufkommen und Leistung des öffentlichen Verkehrs, Aufkommen des Luftverkehrs nach Flugreisetyp (privat/dienstlich in Kombination mit Zielregionen Deutschland/Europa/Übersee)
Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

3.4.1 Kalibrierung des Fusionsmodells anhand von Referenzdaten der Verkehrsstatistik

Wesentliche Aufgabe des Projektes besteht in einem konsistenten Abbild der Nachfrage der Inländer in Deutschland, um darauf aufbauend die Anteile der Reisemobilität zu identifizieren.

Dieses Abbild der Nachfrage fußt zum einen auf der Erhebung „Mobilität in Deutschland 2017“, muss aber zum anderen sinnvoll anhand relevanter verkehrsstatistischer Größen kalibriert werden, um ein insgesamt valides Bild der Nachfrage abzuleiten.

Dabei werden verkehrsstatistische Kenngrößen der Nachfrage im Personenverkehr für das Jahr 2017 als Referenz verwendet, Grundlage hierfür bilden:

1. Zusammenstellung „Verkehr in Zahlen“ des BMVI (BMVI 2018a)
2. Erhebungen zur Kfz-Nutzung (Fahrleistungserhebung 2014)
   a. Inlandsfahrleistungserhebung (Bäumer et al. 2017a),
   b. Inländerfahrleistungserhebung (Bäumer et al. 2017b)
3. Zusammenstellung der Nachfragezahlen und Beförderungsleistungen (=Verkehrsleistung in Personenkilometern) im Öffentlichen Verkehr laut Destatis (Destatis 2019b)
4. Erhebungen der Fluggastzahlen an deutschen Verkehrsflughäfen durch das Statistische Bundesamt (Destatis 2019a) sowie Erhebungen der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (ADV 2018).

Darüber hinaus spielen die dargestellten Überlegungen, Darstellungen und Quellen eine Rolle, die in Abschnitt 3.2 dargestellt wurden:

Inländerprinzip und Inlandsprinzip

Die Erhebung MiD 2017 bildet die Nachfrage der deutschen Wohnbevölkerung ab und folgt damit dem Inländerprinzip. Dementsprechend ist die Nachfrage von nicht gebietsansässigen Personen im Inland auch im auf der MiD 2017 beruhenden Modell nicht abgebildet. Die Statistiken der Verkehrsträger wiederum (Luftverkehr, Öffentliche Verkehrsmittel mit Bussen und Bahnen) orientieren sich am Inlandsprinzip, enthalten somit die Personenverkehrsleistungen von Nichtgebietsansässigen in Deutschland sowie dem Luftverkehr durch Nichtgebietsansässige, der über deutsche Flughäfen abgewickelt wird.

Aus dieser Abgrenzung heraus ergeben sich für die Bestimmung der konsistenten Nachfragevolumina bestimmte Herausforderungen, da die unterschiedlichen Statistiken und Datenquellen, die sich auf unterschiedliche Grundgesamtheiten beziehen, jeweils um jene Anteile korrigiert werden müssen, die in den Statistiken/Datenquellen anders erfasst werden. Das bedeutet:

- Für die Statistiken, die den Inlandsverkehr erfassen, hat eine Aufteilung in den Inlandsverkehr der Inländer (Inländerverkehrsleistung im Inland) sowie den Inlandsverkehr der Nichtgebietsansässigen zu erfolgen (Verkehrsleistung durch Nichtgebietsansässige im Inland).

- Für Datenquellen und Statistiken, die auf einer Befragung von Inländern beruhen (Inländerverkehr), hat eine Aufteilung der Gesamtverkehrsleistung zu erfolgen, zum einen in den Anteil, der im Inland stattfindet (Inländerverkehrsleistung im Inland) und zum anderen den Anteil der Verkehrsleistung, der außerhalb Deutschlands stattfindet (Inländerverkehrsleistung im Ausland).

Allerdings sind derartige Abgrenzungsmöglichkeiten nicht für alle Verkehrsträger gegeben: Folglich haben unter Setzung plausibler Annahmen gewisse Übertragungen von Kenngrößen von einem auf den anderen Verkehrsträger (zum Beispiel für den MIV auf den ÖV) zu erfolgen. Diese erforderlichen Anpassungen und Annahmen werden in den nachfolgenden Abschnitten beziehungsweise bei den einzelnen Verkehrsträgern entsprechend erläutert.

Im Luftverkehr ist ein Vorgabewert zur Kalibrierung anzugeben, welcher den Anteil des Flugverkehrs in Deutschland durch die gebietsansässige Bevölkerung beschreibt, um Kompatibilität zu dem auf der MiD fußenden Inländermodell herzustellen.

Nachfolgend werden die Datenquellen benannt und die quantitativen Grundlagen vorgestellt. Dabei werden auf Basis der Übertragung von quantitativ begründeten Annahmen Schlussfolgerungen abgeleitet und jeweils auf bestimmte Segmente der Gesamtnachfrage (Anteil der Transportleistung von Nichtgebietsansässigen im Inland, Anteil der Transportleistungen die von Inländern außerhalb Deutschlands erbracht werden) übertragen.

Aus diesen hier dokumentierten Annahmen ergeben sich die Kalibrierungsgrößen des Modells, welche für die deutsche Wohnbevölkerung (=Inländer) die Nachfrage differenziert nach Fahrtzwecken und Verkehrsmitteln abbilden. Auf dieser Grundlage ist eine Abgrenzung der Reisemobilität von der sonstigen Mobilität möglich.

Aus der Differenz „Verkehrsleistung von Inländern im Inland“ und der Gesamtverkehrsleistung aus den Verkehrsträgerstatistiken für Deutschland lässt sich der mutmaßliche Anteil der Verkehrsleistung der Nichtgebietsansässigen im Inland ableiten. Umgekehrt lässt sich aus der Differenz der „Verkehrsleistung von Inländern im Inland“ und der „Gesamtverkehrsleistung der Inländer“ der Logik der obigen Zusammenstellung folgend die „Verkehrsleistung von Inländern im Ausland“ ableiten.

Für die Verkehrsleistungen, die von Nichtgebietsansässigen im Inland anfallen, wird – der Definition der UNWTO (United Nations 2016) folgend – angenommen, dass diese zu 100% der Reisemobilität zuzuordnen sind (Urlaubs-, Kurzurlaubs- und Geschäftsreisen sowie zum Beispiel Einkaufsfahrten aus dem Ausland nach Deutschland). Eine Ausweisung von grenzüberschreitenden Pendelwegen ist mit den gegebenen Datenquellen nicht möglich.

Inputgrößen Motorisierter Individualverkehr (MIV)

Das Fusionsmodell bildet die Nutzung von Kraftfahrzeugen (Krafträder, Personenkraftwagen, Lkw) im Zusammenhang mit der Mobilität von Privatpersonen und -haushalten ab. Dabei ist eine zweifelsfreie Quantifizierung des Anteils von Wohnmobilen (die entweder als Pkw oder als Lkw zugelassen sein können) nicht möglich. Im Ergebnis werden die Daten für den MIV zusammengefasst ausgewertet. Eine anschließende Differenzierung des Fusionsdatensatzes nach verwendeten Verkehrsmitteln (Krafträder, Personenkraftwagen, Lkw) ist dennoch möglich. Es wird für die weiteren Betrachtungen davon ausgegangen, dass die inneren Strukturen (relative Aufteilung nach verwendeten Arten von Kraftfahrzeugen) in der MiD die Realität hinreichend genau widerspiegeln. Als Inputdaten für die Fahrleistungen der Inländer beziehungsweise im Inland im motorisierten Verkehr werden die beiden Quellen wie folgt verwendet:

a) Inlandsfahrleistung im MIV

Die Schätzung der Fahrleistung von Kraftfahrzeugen auf dem deutschen Straßennetz 2014 (Inlandsfahrleistung) basiert auf einer bundesweiten automatisierten Verkehrszählung an 520 zufällig ausgewählten Straßenabschnitten während jeweils etwa 24 Stunden (Bäumer et al. 2017a). In der Verkehrszählung werden alle Tages- und Jahreszeiten abgedeckt. Die Stichprobe der Straßenabschnitte ist nach Straßenklasse und Ortslage (inner-/außerorts) geschichtet, dabei werden alle Straßenklassen in der Erhebung berücksichtigt. Mithilfe der Abschnittslängen werden die empirisch erhobenen Verkehrsstärkenwerte in Fahrleistungen transformiert und auf die Grundgesamtheit aller Abschnitte, also das gesamte Straßennetz hochgerechnet. Aus diesen Zählungen wird ein Gesamtwert der Inlandsfahrleistung geschätzt (für 2014 auf 743,8 Milliarden Fahrzeugkilometer).

Die Methodik der Zählung erlaubt es, den Anteil der Fahrleistungen durch ausländische Kraftfahrzeuge herauszurechnen (ebenda, S. 73): Aus der Hochrechnung der Daten der Verkehrszählung ergibt sich für 2014 ein Gesamtwert der Fahrleistung ausländischer Kraftfahrzeuge auf dem deutschen Straßennetz von knapp 42 Milliarden Fahrzeugkilometern. Der Ausländeranteil an der Inlandsfahrleistung 2014 liegt damit bei 5,6% (ebenda, Tabelle 34). Allerdings wird dieser Wert insbesondere durch Busse, Lkw und Sattelzüge usw. bestimmt. Der Anteil an der Fahrleistung durch nicht deutsche Pkw liegt dabei in einer Größenordnung von 3,5% der Gesamtfahrleistungen aller Pkw beziehungsweise bei 3,9% bei Berücksichtigung aller Fahrzeuge der betrachteten Kategorien (Krafträder, Pkw, Pkw mit Anhänger, Wohnmobile usw.) (ebenda, Tabelle 36).

b) Inländerfahrleistung im MIV

Die Bestimmung des Umfangs der Fahrleistungen der Inländer erfolgt auf der Grundlage der Fahrleistungserhebung 2014 – Inländerfahrleistung (Bäumer et al. 2017b). Die Erhebung der Inländerfahrleistung, also der Fahrleistung der in Deutschland mit amtlichem Kennzeichen oder Versicherungskennzeichen angemeldeten Kfz, wurde als stichprobenartige Halterbefragung, angelegt (zwei Tachoablesungen). Dabei werden definitorisch nur Inländer (= in Deutschland zugelassene Kraftfahrzeuge) befragt. Bei der Erhebung der Fahrleistungen von in Deutschland zugelassenen Pkw ergeben sich damit auch Anteile der Fahrleistungen, die im Ausland zurückgelegt werden. Deshalb ist ein expliziter Bestandteil der Befragung die Abschätzung des Anteils der außerhalb von Deutschland durchgeführten Fahrleistungen. Der Auslandsanteil von in Deutschland zugelassenen Pkw wird mit circa 2,9 % der Gesamtfahrleistungen angegeben. Insgesamt kann von einer weitestgehenden Kompensation der Fahrleistungen von Nichtgebietsansässigen im Inland und den im Ausland erbrachten Fahrleistungen von Inländern ausgegangen werden.

Um die Pkw-Fahrleistungen in Transportleistungen von Personen im MIV umzurechnen, hat eine Umrechnung mit einem mittleren Besetzungsgrad je Pkw zu erfolgen. Dabei sind bei größeren Wegelängen die Besetzungsgrade höher. Daraus ermitteln sich die Inputgrößen für die Modellkalibrierung aus der Umrechnung der Fahrzeugkilometer in Personenkilometer mit dem MIV.

c) Zusammenstellung der Personenverkehrsleistung nach „Verkehr in Zahlen“ (BMVI 2018a)

„Verkehr in Zahlen“ stellt die Verkehrsleistung in Personenkilometern pro Jahr aufbauend auf unterschiedlichen Statistiken und Modellen zusammen. Dieses Modell bildet auch die Grundlage für die Gesamtverkehrsleistung im MIV 2017 (950,4 Milliarden Personenkilometer), die jedoch entsprechen den vorangehenden Erläuterungen auf die unterschiedlichen Nachfragesegmente aufgeteilt werden muss.

Als sinnvoller Kalibrierungswert der Inländerfahrleistung unter Nutzung der oben dargestellten Zusammenhänge (Korrektur der Statistikwerte um im Ausland beziehungsweise durch Ausländer erbrachte Fahrleistungen) wird für das Jahr 2017 ein Wert von 933,7 Milliarden Personenkilometern angesetzt.

Inputgrößen Öffentliche Verkehrsmittel (einschließlich kollektiver Charterverkehre)

Grundlage für die Kalibrierung der Öffentlichen Verkehrsmittel bilden die Statistiken des Statischen Bundesamtes (Destatis 2019b), welche die Beförderungsleistungen bei den ÖV-Unternehmen erfragen (Inlandsprinzip). Die Aufstellung differenziert dabei zwischen Linien- und Charterverkehren und unterscheidet zwischen Eisenbahnen, Straßenbahnen und Omnibussen (ebenda, S. 35 f.). Weiterhin wird zwischen Nah- und Fernverkehr unterschieden, wobei sich die Abgrenzung auf den Unternehmenszweck (überwiegende Geschäftstätigkeit eines Unternehmens) bezieht.

Ausgewiesen werden dabei „Fahrgäste“ sowie Beförderungsleistungen in Personenkilometern. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die gezählten Fahrgäste als „Unternehmensfahrten“ beziehungsweise „Verkehrsmittelfahrten“ ausgewiesen werden. Das bedeutet, dass Personen, die eine Fahrt mit mehreren Verkehrsunternehmen oder Verkehrsmitteln des Öffentlichen Verkehrs durchführen (zum Beispiel Umsteiger von einem Regionalzug in einen Stadtbus sowie Umsteiger von der Straßenbahn in den Bus) während dieser ÖV-Fahrt gegebenenfalls mehrfach erfasst werden.

Im Ergebnis bedeutet dies, dass die in den Mobilitätsbefragungen ausgewiesenen Fahrten mit dem ÖV als Hauptverkehrsmittel nicht unmittelbar mit den Fahrgastzahlen aus den ÖV-

Statistiken in Beziehung gesetzt werden können. Die ausgewiesenen Verkehrsleistungen als Beförderungsleistungen im ÖV (in Personenkilometern, 175,3 Milliarden Personenkilometer 2017) beinhalten demgegenüber keine Mehrfacherfassung und können als Referenz herangezogen werden. Eine Kalibrierung erfolgt deshalb summarisch anhand der Beförderungsleistungen im Öffentlichen Verkehr.

Aufgrund der Zusammenfassungen in der amtlichen Statistik und auch aufgrund der beschriebenen Umsteigerproblematik erfolgt bei der Kalibrierung des Fusionsdatensatzes die Darstellung der öffentlichen Verkehrsmittel gesamthaft, das heißt, die Fahrten mit allen öffentlichen/kollektiven Verkehrsmitteln werden zusammengefasst. Neben den Linienverkehren sind in der Erhebung auch die Charterverkehre enthalten. Zwar wird in der MiD zwischen unterschiedlichen ÖV-Verkehrsmitteln unterschieden, jedoch fällt auch aus der Sicht der Befragten eine eindeutige Zuordnung schwer, so dass eine solche Zusammenfassung sinnvoll ist.

Da die ÖV-Statistik auf dem Inlandsprinzip fußt, erlaubt diese keine Unterscheidung in- und ausländischer Fahrgäste mit ihren jeweiligen Verkehrsleistungen. Auch in der MiD werden nicht nur die Verkehrsleistungen mit öffentlichen Verkehrsmitteln von Inländern im Inland, sondern auch solche im Ausland erfasst. Um zu einer sinnvollen Abgrenzung des Anteils der Verkehrsleistungen im ÖV durch Nichtgebietsansässige zu kommen, wird die Annahme getroffen, dass sich die Verkehrsleistungsverteilung (Anteil von Fahrleistungen von Inländern im Ausland beziehungsweise Fahrleistungen durch Nichtgebietsansässige im Inland) grundsätzlich so darstellt wie .im MIV: Daraus ergibt sich ein Kalibrierungswert von 174,2 Milliarden Personenkilometern im ÖV für die Verkehrsleistung der Inländer im ÖV (Nutzung im Inland und im Ausland).

Inputgrößen Flugverkehr

Der Abschätzung des Flugverkehrsaufkommens durch Deutsche gilt besondere Aufmerksamkeit, da mit Flugreisen ein besonders hoher und klimawirksamer Emissionsausstoß verbunden ist. Insgesamt ist die Datenlage im Flugverkehr sehr detailliert, da jeder Flugpassagier bei Abflug und Ankunft registriert wird. Da jedoch über die Flugpassagiere selbst kaum Informationen zur Verfügung stehen, sind einige Abgrenzungen und Abschätzungen notwendig.

Der Flugverkehr erfährt stetiges Nachfragewachstum: Waren es im Jahr 2014 noch 207,9 Millionen Passagiere (ADV 2015), sind es drei Jahre später in 2017 bereits 234,7 Millionen Passagiere mit Ankunft oder Abflug an deutschen Flughäfen (ADV 2018). Bei der Betrachtung dieser Zahlen müssen jedoch zwei Aspekte berücksichtigt werden: Zum einen wird ein Passagier sowohl beim Abflug als auch bei der Ankunft gezählt, womit eine Person auf ihrer Reise mehrfach erfasst wird. Dies betrifft vor allem Umsteiger auf deutschen Flughäfen, da diese auf ihrer Reise unter Umständen mehrmals erfasst werden. Dies betrifft im Jahr 2017 29,3 Millionen Passagiere (ADV 2018). Zum anderen ist zu berücksichtigen, dass sich das Passagieraufkommen nicht nur aus Deutschen, sondern auch aus ausländischen Touristen zusammensetzt. Der Incoming-Tourismus spielt bei den Flugverkehrszahlen eine bedeutende Rolle. **Das Wachstum des Flugverkehrsaufkommens war in den letzten drei Jahren vor allem durch den Incoming-Verkehr geprägt**. Von 2014 bis 2017 ist die Zahl der Incoming-Passagiere um 20% von 23,6 auf 28,2 Millionen gestiegen, während die Zahl der Passagiere, die ihre Reise in Deutschland beginnen, in diesem Zeitraum nur um 10% wuchs (von 54,3 Millionen auf 59,6 Millionen).

Weiterhin steigen auf deutschen Flughäfen auch Passagiere aus den Nachbarländern Deutschlands ein. Die Gesamtzahl an Einsteigern aus allen Nachbarländern liegt bei 2,9 Millionen (ADV 2018), dies sind vorrangig Personen aus den Niederlanden, Österreich und Polen. Weitere Quellen für diese länderübergreifenden Abflüge konnten nicht identifiziert werden. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Zahl der ausländischen Passagiere, die in Deutschland ihre Flugreisen

beginnen, mit der Zahl an deutschen Passagieren, die ihre Flugreisen an Flughäfen der benachbarten Länder starten, ausgleicht.

Für die Beschreibung des Umfangs und der Struktur der Flugreisen ist auch die Unterscheidung in Privat- und Geschäftsreisen dienlich. In 2008 waren etwa 39% der 73,3 Millionen Einsteiger an deutschen Flughäfen aus beruflichem Anlass auf Reisen. In 2014 ist dieser Anteil auf circa 35% gesunken (ADV 2015). In 2017 liegt der Anteil an beruflich bedingten Reisen bei 32% der Einsteiger (ADV 2018).

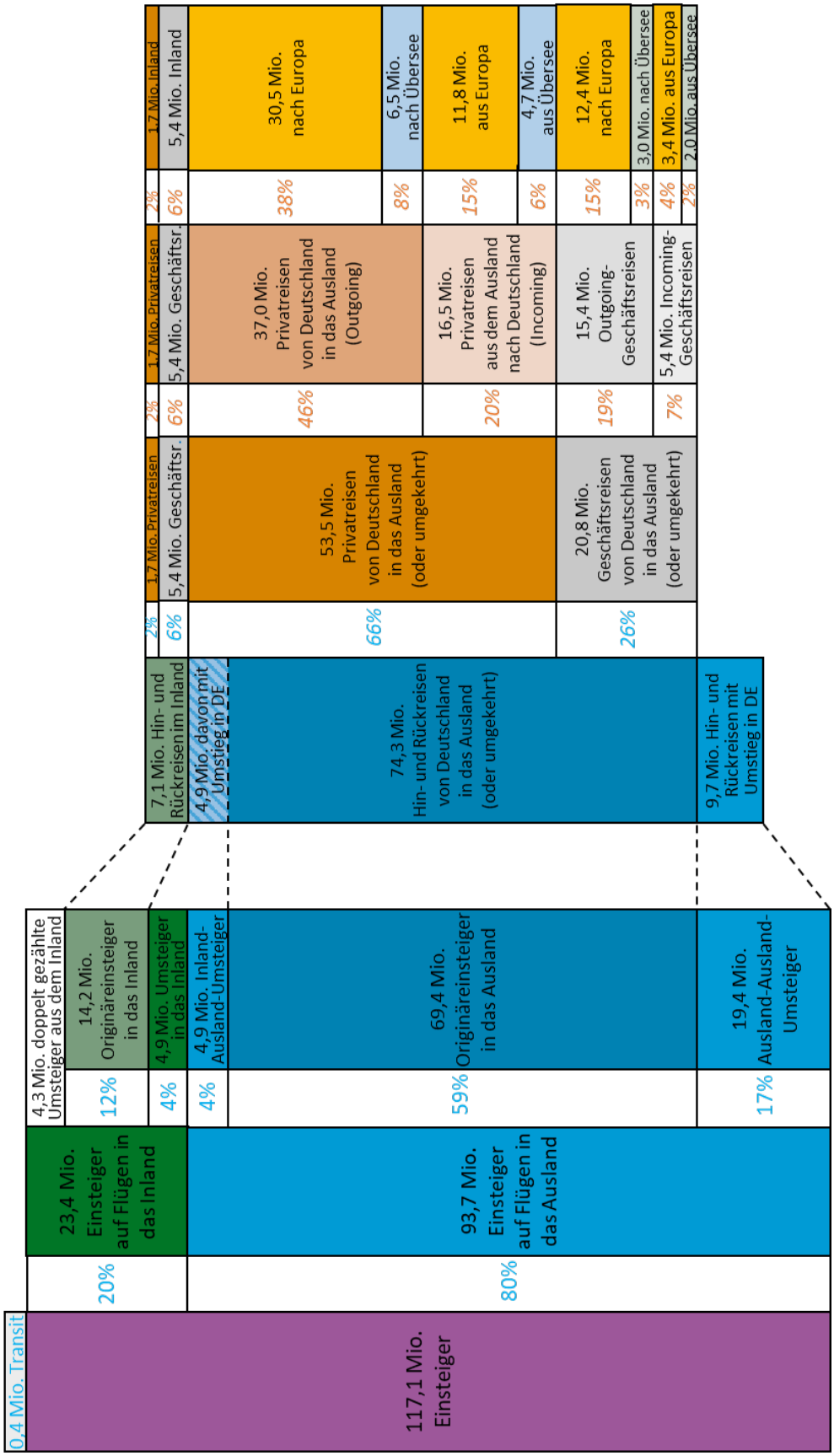
Eine weitere Datenquelle für die Beschreibung des Luftverkehrs bietet das Statistische Bundesamt (Destatis 2019a, Destatis 2018a). Es werden sämtliche Passagierzahlen aufgeführt und es liegen Informationen zu Start- und Zielrelationen unterschieden nach Flughäfen sowie den Verkehrsleistungen vor. Die Verkehrsleistungen werden vom Statistischen Bundesamt aus den Flügen berechnet, die an einem Hauptverkehrsflughafen starten oder landen. Im Jahr 2018 sind 122,6 Millionen Einsteiger an den 24 Hauptverkehrsflughäfen (Flughäfen mit mehr als 150.000 Fluggasteinheiten) gezählt worden. Diese teilen sich auf 23,5 Millionen Passagiere mit Ziel in Deutschland, 77,8 Millionen Passagiere mit dem Ziel in Europa und 21,3 Millionen Passagiere mit interkontinentalen Zielen auf. Bei den Verkehrsleistungen werden 70,4 Milliarden Personenkilometer im Inland ausgewiesen, wovon 10,3 Milliarden durch Verkehr innerhalb Deutschlands erklärt werden. Da mehr als 99% des Passagieraufkommens auf den Hauptverkehrsflughäfen zu verzeichnen sind, spielen die weiteren Flughäfen und Flugplätze nur eine untergeordnete Rolle (Destatis 2018a).

Die gesamthaften Zahlen verdeutlichen, welche Bedeutung der Luftverkehr für Deutschland hat. Neben dem Ausmaß ist auch die Struktur von Bedeutung. Weiterhin ist es relevant, aus den vorliegenden Zahlen zum Passagieraufkommen Reiseereignisse zu identifizieren. Für die Einbeziehung der Daten aus der Statistik und der Erhebungen der ADV werden Kalibrierungseckwerte unter Annahmen abgeleitet.

In Abbildung 26 wird die aus den Zahlen der offiziellen Statistik unter Zuhilfenahme der Ergebnisse der Airport Travel Survey (ADV 2018) abgeleitete Struktur des Luftverkehrs in Deutschland dargestellt. Dabei beziehen sich die Zahlen auf das Jahr 2017, da für diesen Zeitpunkt sowohl die Daten der amtlichen Statistik sowie die Daten der Airport Travel Survey vorhanden sind. Die Notwendigkeit der Ableitung der Flugreisen aus den gesamthaften Zahlen der Einsteiger auf deutschen Flughäfen wird deutlich. Die Umsteiger sowie die Incoming-Verkehre sind herauszurechnen, um die Nachfrage der Inländer abzubilden.

Durch die Hinzunahme der aktuellen Zahlen aus der Publikation zur Airport Travel Survey 2018 (ADV 2018) konnten sukzessive die Strukturen (orange eingefärbte Prozentzahlen in Abbildung 26) zur Aufteilung der Einsteigerzahlen noch differenzierter ausgewiesen werden. Im Zuge dieser Aktualisierung wurde auch die Gesamtzahl der Einsteiger auf 117,1 Millionen im Vergleich zu 115,6 (Stand April 2019) angepasst. Die Abgrenzung von Incoming- und Outgoing-Verkehren, von Umsteigern sowie der Unterscheidung in Reisezwecke wurden durch die Abgleiche unterschiedlicher Quellen sowie die Abfrage von Strukturzahlen der Nachfrage bei einzelnen Flughäfen erarbeitet. Die Publikation zur Airport Travel Survey hat diese Vorgehensweise vollumfänglich bestätigt.

Abbildung 26: Ableitung der Strukturen im Luftverkehr bezogen auf das Jahr 2017



Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT) auf Basis von Destatis (2019a) und ADV (2018)

Die in das Fusionsmodell eingehenden Werte, unterschieden nach Privat- und Geschäftsreisen und zusätzlich nach Zielen im Inland, in Europa und nach Übersee sind in Tabelle 28 dargestellt.

Tabelle 28: Abgeleitete Kalibrierungswerte der Flugverkehrszahlen aus Destatis (2019a) und ADV (2018)

Relationen	Reisetyp	Flugreisen [Millionen]
Inland – Inland	Privatreisen	1,76
	Dienst-/Geschäftsreisen	5,38
Inland – Ausland	Privatreisen nach Europa	30,51
	Privatreisen nach Übersee	6,48
	Dienst-/Geschäftsreisen nach Europa	12,40
	Dienst-/Geschäftsreisen nach Übersee	3,07
alle Relationen		59,60

Anmerkung: Eine Reise beinhaltet zwei Wege.

Quelle: eigene Darstellung

3.4.2 Identifikation der Reisemobilität im Fusionsdatensatz

Die im Folgenden beschriebene Methodik zur Identifikation von Wegen im Zuge von Reisemobilität aus dem Fusionsdatensatz wurde zunächst anhand der Daten des deutschen Mobilitätspanels (MOP) entwickelt, da die Mikrodaten der MiD erst später verfügbar wurden. Das MOP ist ein Bestandteil der Datenlandschaft in der deutschen Verkehrsstatistik. Die vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) beauftragte Erhebung untersucht das Mobilitätsverhalten der in Deutschland lebenden Bevölkerung (Ecke et al. 2019). Durch den Längsschnittansatz (Erhebung über den Verlauf einer Woche) kann das MOP über die Abbildung von standardisierten Eckwerten des Mobilitätsverhaltens hinaus unter anderem Kenngrößen zu Variabilität, Variation und Stabilität des Verkehrsverhaltens abbilden. Für die Identifikation von Reisemobilitätsereignissen wurden die Daten der Erhebungen 2012 bis 2017 genutzt (sechs Jahre). Nach Bereinigung der Daten verblieben etwa 360.000 Wege, welche in den Identifikationsprozess einbezogen wurden. Im Prozess wurde auf eine Gewichtung der Daten auf allen Ebenen verzichtet. Das MOP zeigte sich hilfreich für die Entwicklung der Heuristik, da das Verhalten von Personen über eine Woche berücksichtigt werden konnte. Nach Auswahl der geeigneten Methodik konnte diese auf die Stichtagserhebung der MiD angewendet werden. Die für die Durchführung der Methodik benötigten Informationen sind Wegezweck, Entfernung sowie Beginn und Ende jeden Weges. Weiterhin ist der Raumtyp des Wohnortes zur Unterscheidung der gewohnten Umgebung relevant. Die gewählte Methodik wird anhand des Fusionsdatensatzes der MiD beschrieben, da alle weiteren Analysen auf diesen Daten beruhen.

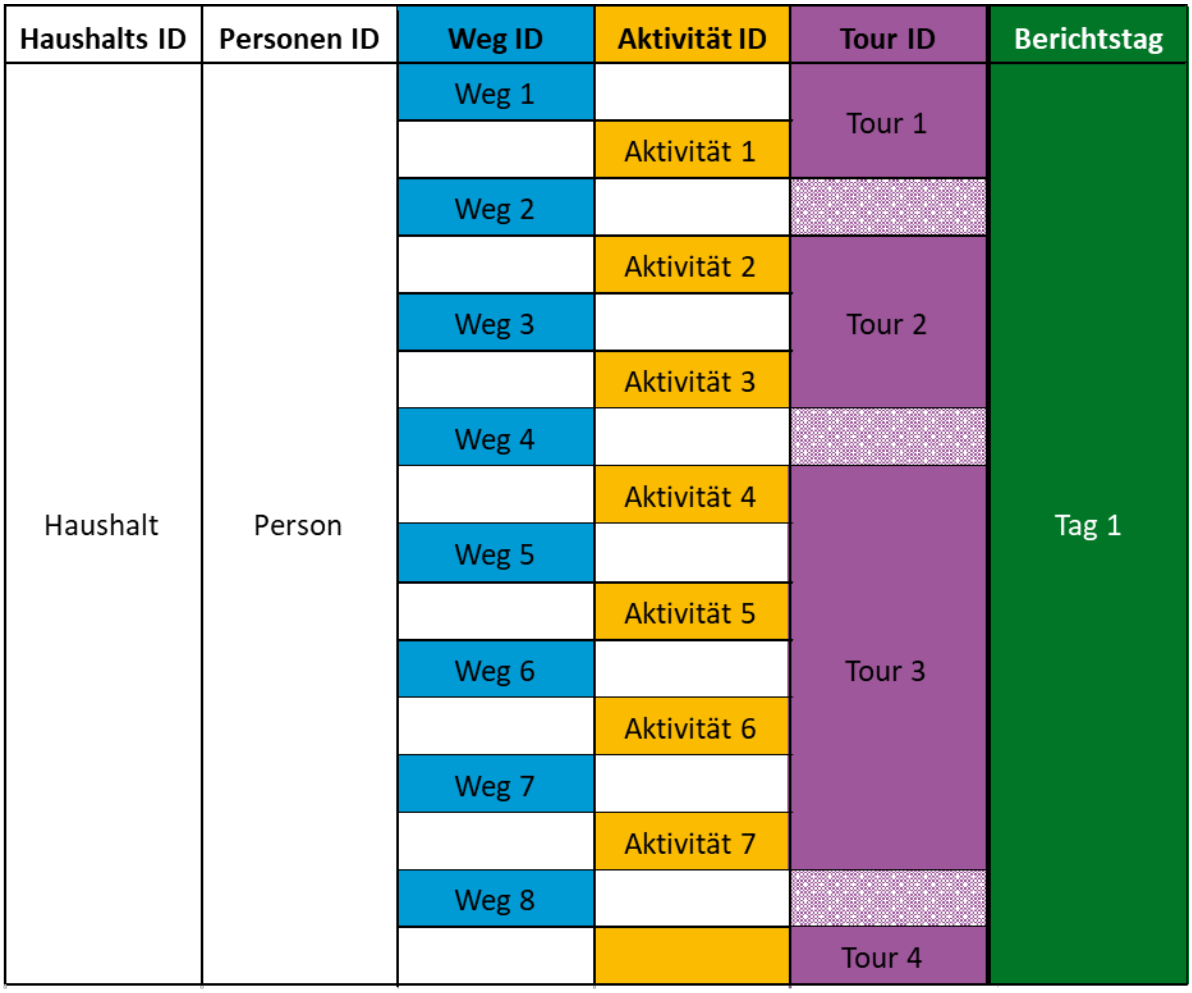
Für die Identifikation der Reisemobilität werden den Output-Daten des Fusionsmodells die vorliegenden Informationen beziehungsweise Eigenschaften aus dem MiD-Wegedatensatz zugespielt. Von den folgenden Analysen sind solche Wege aus dem Fusionsmodell ausgeschlossen, die als regelmäßige berufliche Wege (rbW) (zur Definition von rbW siehe Fußnote [8], S. 96) gekennzeichnet sind und solche Wege, die im Zuge des Reisemoduls berichtet wurden: Die rbW werden direkt als Nichtreisemobilität gekennzeichnet, die Wege des Reisemoduls hingegen werden direkt als Reisemobilität gekennzeichnet.

Die verbleibenden Wege werden als Reisemobilität und Nichtreisemobilität anhand einer Heuristik kategorisiert, die aus den berichteten Wegen Touren erstellt und dabei den Tourzweck, die Tourdauer und die Gesamtentfernung, die innerhalb einer Tour zurückgelegt wird, berücksichtigt. Aus dem Fusionsmodell werden Wege, die keine rbW oder Reisen sind, entnommen (Verkehrsmittel und Kilometer-Angabe) und ihnen Informationen aus dem ursprünglichen MiD-Wegedatensatz zugespielt. Dazu gehören die Startzeit und Endzeit des Weges, um die Dauer zu berechnen, sowie der Wegezweck (mit expliziter Ausweisung von Nach-Hause-Wegen). Für einige wenige Wege liegen keine Start- und Endzeiten vor, weshalb die Dauer nicht berechnet und die Heuristik nicht angewendet werden kann. Solche Wege werden als Nichtreisemobilität kategorisiert. Für die nachfolgenden Analysen verbleiben somit über 890.000 Wege mit den notwendigen Informationen.

Die Problematik, die sich aus der vorliegenden Datengrundlage und damit auf der Ebene des berichteten Weges ergibt, ist, dass Reisemobilität auf der Wegeebene allein nicht identifiziert werden kann. Die Wege-Daten müssen zusammengefasst und auf unterschiedlichen Ebenen abgebildet werden, damit eine zweifelsfreie Zuordnung möglich ist. Die Ebenen definieren sich wie folgt:

1. **Weg**: Jede Person eines Haushalts legt an ihrem Stichtag die berichtete Anzahl Wege zurück.
2. **Aktivität**: Für die Erzeugung von Aktivitäten werden Wege in eine Aktivitäten-Darstellung überführt. Jede Aktivität erhält dabei Informationen vom Zugangsweg (Weg zur Aktivität) und vom Abgangsweg (Weg zu einer nächsten Aktivität).
3. **Tour:** Eine Tour definiert eine Kette von Aktivitäten, welche zu Hause gestartet und beendet wird. Eine Tour setzt sich aus den Aktivitäten selbst und den dazwischen zurückgelegten Wegen (Zu-/Abgangswegen) zusammen. Der in Abbildung 27 vorgestellte Verflechtungsansatz auf Tourebene zeigt, dass Aktivitäten zu Touren zweifelsfrei zugeordnet werden können. Auch die zu den Aktivitäten zugeordneten Wege gehören mit zu der Tour, jedoch muss beachtet werden, dass der abgehende Weg des vorherigen Weges der hinführende Weg zur Folgeaktivität ist (in Abbildung 27 gepunktet hinterlegter Bereich).
4. **Tag:** An einem Tag können keine, eine oder auch mehrere Touren zurückgelegt werden. Die Aneinanderreihung von Aktivitäten und Wegen ergibt den Tagesaktivitätenplan, den die untersuchte Person am Berichtstag erzeugt.

Abbildung 27: Darstellung der Ebenen bei der Identifikation von Touren



Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

Für die Bildung von Aktivitäten und Touren werden die Wegedaten nach Startzeitpunkt sortiert und in eine Aktivitäten-Darstellung überführt. Da die erste Aktivität keinen Zweck hat (da es keinen einleitenden Weg gibt), wird angenommen, dass der Berichtstag zu Hause startet. Als erste Annahme für die Anwendung der Heuristik erfolgt daher die Erzeugung der Aktivität „zu Hause sein“. Damit startet jeweils der Stichtag einer Person. Dies ist notwendig, um komplette Touren zu erzeugen. Ob das „zu Hause sein“ am tatsächlichen Zuhause der Person stattfindet, ist nicht relevant. Es geht lediglich darum, einen Ausgangspunkt zu definieren. Es wird zudem auch eine letzte Aktivität für eine Person erstellt, welche den Zweck des letzten Weges erhält. In den meisten Fällen ist das wiederum das „zu Hause sein“. Eine Tour besteht aus allen Wegen und Aktivitäten, die zwischen dem Startpunkt „zu Hause“ und dem Endpunkt „zu Hause“ liegen. Berichtet eine Person zum Beispiel einen Weg zur Arbeit, anschließend einen zum Einkaufen und dann den Weg nach Hause, gehören alle diese Wege zu einer Tour. Die erstellte Tour erhält die Informationen zu allen Aktivitäten, die darin stattfinden (Arbeit, Einkaufen, nach Hause), die Gesamtdauer vom Verlassen des Zuhauses bis zur Rückkehr nach Hause sowie die zurückgelegten Kilometer innerhalb dieser Tour. Aufgrund von mengenmäßig vernachlässigbaren Berichtsfehlern kann es vorkommen, dass negative Wege- oder Aktivitätendauern vorliegen, wenn die Ankunftszeit vor der Startzeit des Weges liegt oder der Rückweg vor dem Hinweg beginnt. Da es sich in beiden Fällen um nur geringe Fallzahlen handelte, wurden solche Wege als Nichtreisemobilität kategorisiert und in der Heuristik nicht weiter berücksichtigt. Anzumerken ist weiterhin, dass

aufgrund der Stichtagserhebung einige Touren nicht vollständig sind, wenn ein Rückweg nach 24:00 Uhr nicht berichtet wurde. Wege solcher nicht vollständigen Touren werden ebenfalls als Nichtreisemobilität kategorisiert.

Mit den vorliegenden Informationen zu den Touren kann abschließend die Heuristik angewendet und für jede Tour geprüft werden, ob es sich um Reisemobilität handelt. Es erfolgt eine mehrstufige Prüfung der Wegezwecke, der Tourdauern sowie der Tourentfernungen. Nur, wenn alle Kriterien zutreffen, wird die Tour mit allen ihren einzelnen Wegen als Reisemobilität kategorisiert.

Eine Annahme in der Heuristik ist, dass an Tagen, an denen Personen ihrer Arbeit oder Ausbildung nachgehen, keine Reisemobilität stattfindet. Dies ist darin begründet, dass Arbeit oder Ausbildung als prägendes Ereignis den Stichtag einer Person dominieren. Folglich werden alle Wege von Personen, die am Stichtag arbeiten waren oder ihrer Ausbildung nachgegangen sind, als Nichtreisemobilität kategorisiert.

Um die gewohnte Umgebung von Personen annähernd abzubilden und daraus Mindestkriterien für die Tourentfernung festzulegen, werden die Raumtypen des Wohnortes im nächsten Schritt der Heuristik einbezogen. Je Raumtyp werden Mindestentfernungen definiert, die als Beschreibung der typischen Aktionsradien dienen. Personen im ländlichen Raum legen in der Regel weitere Strecken in ihrem Alltag zurück als Personen im städtischen Raum. Die Bestimmung der Entfernungen ist angelegt an typische Pendelweglängen, die wesentlich für die Beschreibung der gewohnten Umgebung sind. Für die Unterscheidung von Raumtypen liegen in der MiD für die Wohnorte der Haushalte Informationen zu den regionalstatistischen Raumtypen vor (RegioStaR17-Kategorien, BMVI 2018b). Dies werden in städtische, mittelstädtische und kleinstädtische beziehungsweise dörfliche Raumtypen eingeteilt (Tabelle 29).

Tabelle 29: Einteilung der regionalstatistischen Raumtypen (RegiostaR17) für die Identifikation der Reisemobilität

Raumtyp	RegiostaR17-Typ (BMVI 2018b)
städtischer Raum	111, 112, 121, 211, 221
mittelstädtischer Raum	113, 114, 123, 124, 213, 214, 223, 224
kleinstädtischer/dörflicher Raum	115, 125, 215, 225

Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

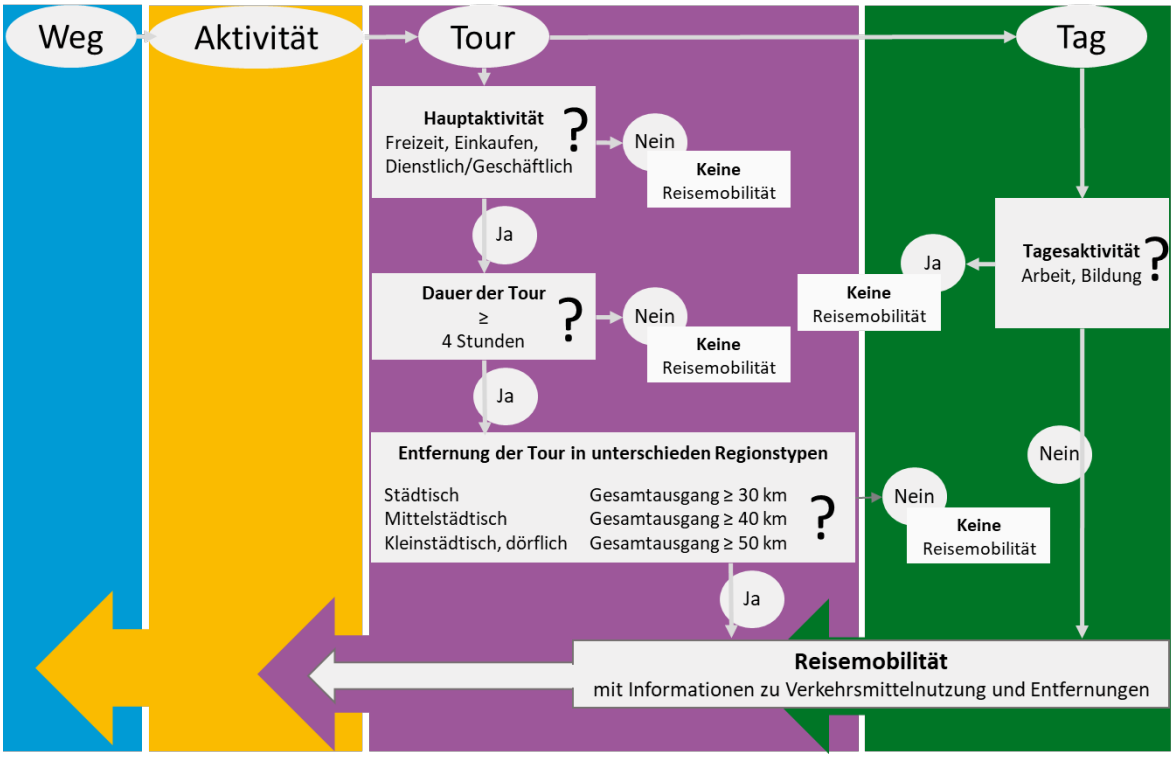
Die zusätzliche Prüfung einer Mindestdauer mithilfe eines 4-Stunden-Kriteriums dient dazu, nur solche Touren als Reisemobilität zu identifizieren, die den Tag prägen.

Zusammengefasst werden für alle Touren von Personen, die keine Arbeits- oder Ausbildungsaktivität am Stichtag berichteten, die folgenden Kriterien geprüft:

- Die Gesamtdauer der Tour beträgt mehr als 240 Minuten („4-Stunden-Kriterium“).
- Die innerhalb der Tour zurückgelegten Entfernungen entsprechen je nach Raumtyp mindestens folgenden Grenzwerten:
  - städtischer Raum: ≥ 30 Kilometer
  - mittelstädtischer Raum: ≥ 40 Kilometer
  - kleinstädtischer/dörflicher Raum ≥ 50 Kilometer

Eine schematische Übersicht über alle Kriterien, die im Zuge der Identifikation von Reisemobilität geprüft werden müssen, ist in Abbildung 28 dargestellt.

Abbildung 28: Ablauf der Heuristik zur Identifikation von Reisemobilität auf Tourenebene



Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

Ausgehend von den Touren, die als Reisemobilität anhand der oben genannten Kriterien identifiziert wurden, wird die Information wieder auf die Wegeebene zurückgespielt. Dies ist notwendig, da der Fusionsdatensatz Wege abbildet. Nach diesem letzten Schritt ist für jeden Weg des Fusionsdatensatzes eine Aussage möglich, ob es sich um Reisemobilität handelt oder nicht.

Die Aufteilung der (ungewichteten) Wege in Reisemobilität und Nichtreisemobilität ist in Tabelle 30 dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Wege immer als Bestandteil einer Tour untersucht wurden.

Tabelle 30: Aufteilung der Wege und Reisen aus dem Fusionsdatensatz in Reisemobilität und Nichtreisemobilität (ungewichtet)

Art des Weges	Reisemobilität [Wege]	Nichtreisemobilität [Wege]
berichtete Reisen aus dem Reisemodul	43.090	-
regelmäßige berufliche Wege (rbW)[1]	-	60.457
berichtete Wege im Stichtags-Wegetagebuch (anhand Heuristik klassifiziert)	81.833	809.595
Summe	124.923	870.052
alle Wege insgesamt	994.975	

[1] Zur Definition der rbW siehe Fußnote [8], S. 96).

Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

Durch die Anwendung der im Fusionsdatensatz enthaltenen Gewichtung, die eine Abbildung des Mobilitätsverhaltens der Inländer bezogen auf ein Jahr erlaubt, ergeben sich die in Tabelle 31 dargestellten Gesamtwerte für das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsleistung unterschieden in Reisemobilität und Nichtreisemobilität. **Unter Berücksichtigung der für die Emissionsberechnung bedeutenden Verkehrsleistung wird deutlich, dass mit 50,5% damit etwa die Hälfte der Gesamtverkehrsleistung im Zuge von Reisemobilität zurückgelegt wird**. Beim Verkehrsaufkommen spielt die Reisemobilität mit 7,7% eine wesentlich geringere Rolle.

Tabelle 31: Ausmaß der Reisemobilität bezüglich des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistung

Kennzahl	Reisemobilität (Anteil)	Nichtreisemobilität (Anteil)	Summe
Verkehrsaufkommen	7,3 Milliarden Wege (7,7%)	87,5 Milliarden Wege (92,3%)	94,7 Milliarden Wege
Verkehrsleistung	767,0 Milliarden Pkm (50,5%)	750,8 Milliarden Pkm (49,5%)	1.517,8 Milliarden Pkm

Quelle: Fusionsdatensatz auf Basis der MiD 2017

3.5 Struktur und Umfang der Reisemobilität in Deutschland: Ergebnisse und Interpretation

Ergebnisse der Modellierung im Fusionsmodell

Nachfolgend werden zentrale Ergebnisse des anhand von relevanten Inputdaten entsprechend kalibrierten Fusionsmodells dargestellt. TREMOD benötigt für die Berechnung der klimarelevanten Emissionen die in der nachfolgenden Tabelle 32 ausgewiesenen Verkehrsleistungen in Personenkilometern [Pkm] je Verkehrsträger, welche sich grundsätzlich weiter differenzieren lassen (zum Beispiel nach verwendeten Fahrzeugen, Antriebsart, Fahrzeugauslastung sowie die Betriebsweise).

Die ausgewiesenen Größen zur Verkehrsleistung differenzieren sich dabei in der Tabelle 32 wie folgt:

- Mobilität der Inländer (gebietsansässige Personen)
  - Anteil der Verkehrsleistung
    - davon entsprechend der Definition und der Heuristik der Reisemobilität zugehörig
      - davon im Inland
      - davon im Ausland
    - davon Nichtreisemobilität
- Zusätzlich zur Mobilität im Inland
  - Anteil der Verkehrsleistung durch nicht gebietsansässige Personen in Deutschland, im Sinne der Definition (außerhalb des gewohnten Umfeldes) der Reisemobilität zugehörig

Bei der Interpretation der Ergebnisse sind die folgenden Hinweise zu berücksichtigen:

1. Für die nicht motorisierten Verkehrsmittel, für die Schifffahrt sowie für die sonstigen Verkehrsmittel erfolgt aufgrund fehlender Datengrundlagen keine Ausweisung der Inlandsmobilität durch nicht gebietsansässige Personen (Erfassung der Verkehrsleistung und der Wege ausschließlich auf der Grundlage von Mobilitätserhebungen der Inländer).
2. Die Entfernungsangaben (und damit die ausgewiesenen Verkehrsleistungen) beruhen auf den Angaben der Befragten (= eigene Schätzungen, die gerade bei langen Fahrten unter Umständen nicht der Realität entsprechen).
3. Hinsichtlich der Aufteilung von Gesamtverkehrsleistungen in Inlands- und Auslandsanteile wird davon ausgegangen, dass entsprechend der Konvention in den Mobilitätserhebungen definitorisch Wege bis unter 1.000 Kilometer zum Inlandsverkehr zu zählen sind; umgekehrt bedeutet dies, dass Fahrten ab 1.000 Kilometer definitorisch Fahrten im Ausland sind. Durch die Festlegung der 1.000-Kilometer-Grenze (Grundlage hierfür bildet die maximal in Deutschland zurücklegbare Entfernung) wird unter Berücksichtigung der geographischen Ausdehnung Deutschlands der Binnenanteil gerade bei längeren Fahrten überschätzt. Umgekehrt wird damit der Binnenanteil von Fahrten, die diese Grenze überschreiten, ausgeblendet. Im Hinblick auf die Datenlage und die vorgenommenen definitorischen Abgrenzungen wird bei der Abgrenzung der Inlands- und Auslandsanteile die Grenze von 1.000 Kilometer unterstellt, die insgesamt plausible Werte liefert.
4. Für den Luftverkehr erfolgt in Tabelle 32 nur die Darstellung der Inländermobilität. Für eine weitere Differenzierung wird auf die nachfolgende Darstellung und Aufteilung des Flugverkehrs in Tabelle 33 verwiesen. Dabei erfolgt eine Ausweisung nicht in der Form von Verkehrsleistungen, sondern ausschließlich als Anzahl von Reisen (beziehungsweise Flugsegmenten) mit folgender Differenzierung:

   a) Binnenverkehr Deutschland,

   d) von und zu Zielen in Europa,

   e) von und zu Zielen im Interkontinentalverkehr.

Insgesamt entsprechen die ausgewiesenen Kenngrößen in Tabelle 32 summarisch denjenigen aus der Statistik (BMVI 2018a). Dabei sind Eckwerte (summarische Verkehrsleistungen in Deutschland) direkt aus den der Modellierung zugrundeliegenden Mobilitätserhebungen gewonnen.

Als Ergebnis der Zusammenstellungen und Abgrenzungen der Reisemobilität lassen sich die folgend aufgeführten Kernaussagen festhalten:

- Der Eckwert der Inländerverkehrsleistung beträgt 1.517,8 Milliarden Personenkilometer (50,5 Personenkilometer je Person und Tag).
  - Bezogen auf die Gesamtverkehrsleistung macht die **Reisemobilität** einen Anteil von 767,0 Milliarden Personenkilometer (50,5% der Gesamtverkehrsleistung) aus. Hiervon finden
    - 29,9% der Personenverkehrsleistung des Reiseverkehrs im Inland und
    - 20,7% im Ausland statt, wobei hier der größte Anteil im Flugverkehr erfolgt (als Verkehrsleistung von Inländern im Ausland).
  - Entsprechend der gewählten Abgrenzungen entfallen 49,5% auf die Nichtreisemobilität.

- Verkehrsleistungen nicht gebietsansässiger Personen im Inland lassen sich für den Motorisierten Individualverkehr und den Öffentlichen Verkehr ausweisen. Diese sind der Reisemobilität zuzuordnen:
  - Der Anteil der von **Reisemobilität nicht gebietsansässiger Personen im Inland** beträgt 43,5 Milliarden Personenkilometer im motorisierten Individualverkehr und macht circa 4,6% der Gesamtverkehrsleistung des MIV aus. Eine Ausweisung von grenzüberschreitenden Pendelwegen ist mit den gegebenen Datenquellen nicht möglich.
  - Im Öffentlichen Verkehr beträgt der Anteil der **Reisemobilität nicht gebietsansässiger Personen im Inland** 8,7 Milliarden Personenkilometer (5,0% der Gesamtverkehrsleistung im ÖV).

Tabelle 32: Ergebnisse der Modellrechnungen – Aufteilung der Personenverkehrsleistung in Reisemobilität und Nichtreisemobilität nach Verkehrsmitteln

Verkehrsleistung der Inländer nach Anlass [Milliarden Personenkilometer (Mrd. Pkm)]	Zu Fuß [Mrd. Pkm bzw. %]	Fahrrad [Mrd. Pkm bzw. %]	MIV[2] [Mrd. Pkm bzw. %]	ÖV[2] [Mrd. Pkm bzw. %]	Flugzeug [Mrd. Pkm bzw. %]	Schiff [Mrd. Pkm bzw. %]	Sonstiges/ k. A. [Mrd. Pkm bzw. %]
Reisemobilität: 767,0	**3,2 8,8 %**	**6,5 15,2 %**	**369,8 39,6 %**	**74,0 42,5 %**	**289,7 99,7 %**	**14,2 98,2 %**	**9,6 36,8 %**
– im Inland: 453,5	3,2 8,8 %	5,5 12,9 %	343,5 36,8 %	66,4 38,1 %	21,7 7,5 %	4,0 27,4 %	9,2 35,4 %
– im Ausland: 313,5	– –	1,0 2,3 %	26,4 2,8 %	7,6 4,3 %	268,0 92,2 %	10,3 70,8 %	0,4 1,4 %
Nichtreisemobilität 750,8	32,7 91,2 %	36,3 84,8 %	563,8 60,4 %	100,2 57,5 %	1,0 0,3 %	0,3 1,8 %	16,5 63,2 %
Summe Mobilität: 1.517,8	**35,8 100 %**	**42,8 100 %**	**933,7 100 %**	**174,2 100 %**	**290,7 100 %**	**14,5 100 %**	**26,1 100 %**
Reisemobilität Nichtgebietsansässiger im Inland	**– –**	**– –**	**43,5 –**	**8,7 –**	**– –**	**– –**	**– –**
Summe Verkehrsleistung im Inland	**– [3] –**	**42,8 [4] –**	**950,4 –**	**175,3 –**	**– [3] –**	**– [3] –**	**– [3] –**

[1] Bezugsjahr 2017

[2] MIV = motorisierter Individualverkehr, ÖV = Öffentlicher Verkehr

[3] Eine Bestimmung der Gesamtverkehrsleistung von Inländern und Nichtgebietsansässigen im Inland ist aufgrund der beschriebenen Abgrenzungsprobleme sowie der fehlenden Datengrundlagen nicht möglich.

[4] Annahme: Kompensation der Inländerverkehrsleistung im Ausland und der Inlandsverkehrsleistung durch Nichtgebietsansässige.

Quelle: eigene Berechnung auf Basis des Fusionsmodells (ifeu/ DLR/ KIT)

Flugverkehr

Die 117,1 Millionen Einsteiger der Flugstatistik 2017 (Destatis 2019a) beziehungsweise ADV (2018) teilen sich auf, wie in der nachfolgenden Tabelle 33 dargestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Personen mit Umstieg oder mit Ziel im Inland mehrmals als Einsteiger erfasst werden

und dies bei der Umrechnung in Flugreisen entsprechend zu beachten ist. Die Darstellung ist hinsichtlich der Fluganzahlen kompatibel zu den Ergebnissen des Fusionsmodells, stellt aber das auf Deutschland bezogene Verkehrsaufkommen im Flugverkehr –ergänzt um die aus dem Ausland resultierenden Verkehre – dar. Auf dieser Grundlage können Abschätzungen der klimarelevanten Emissionen für unterschiedliche Nachfragegruppen, Reisezwecke und Reisearten vorgenommen werden.

Tabelle 33: Differenzierung des Flugverkehrs in Deutschland

Reisende	Relation	Zwecke/ Umstiege	Reisen [Millionen]	Einsteiger [Millionen]
Inländer	Inland – Inland (pro Reise zweimal erfasst)	Privatreisen	1,7	14,2
		Geschäftsreisen	5,4	
		zuzüglich weiterer Flugsegmente in Deutschland auf Verbindungen mit Umstiegen		+ 4,3
	Inland – Ausland (pro Reise einmal erfasst)	Privatreisen nach Europa	30,5	52,5
		Geschäftsreisen nach Europa	12,4	
		Privatreisen nach Übersee	6,5	
		Geschäftsreisen nach Übersee	3,1	
		zuzüglich weiterer Flugsegmente in Deutschland auf Verbindungen mit Umstieg		+ 2,8
	Inland + Ausland	**Alle Reisen**	**59,6**	**73,8**
Incoming-Passagiere	Ausland – Inland	Privatreisen aus Europa	11,8	21,9
		Geschäftsreisen aus Europa	3,4	
		Privatreisen aus Übersee	4,7	
		Geschäftsreisen aus Übersee	2,0	
		zuzüglich weiterer Flugsegmente in Deutschland auf Verbindungen mit Umstieg		+ 2,1
Transitreisen	Ausland – Ausland	mit Umstieg in Deutschland (ohne Differenzierung von Reiseanlässen)	9,7	19,4
Incoming + Transit	**Inland + Ausland**	**Alle Reisen**	**31,6**	**43,4**
Alle	**Inland + Ausland**	**Alle Reisen**	**91,2**	**117,1**

Quelle: Abschätzungen auf Grundlage von Destatis (2019a) sowie ADV (2018) (eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT))

Unterscheidung der Wegezwecke

Die im Fusionsmodell enthaltenen Wege und Reisen erlauben zudem eine Unterscheidung nach Zweck. Die Gesamtverkehrsleistung der Reisemobilität wird zu 80,9 % durch private Wege- beziehungsweise Reisezwecke und zu 19,1 % durch geschäftliche Zwecke bestimmt. Wird nur die Verkehrsleistung der Reisemobilität im Zuge von Flugreisen betrachtet, werden dagegen 28,1 %

für geschäftliche Aktivitäten zurückgelegt. Eine Differenzierung nach den zurückgelegten Verkehrsleistungen je Verkehrsmittel und Zweck ist in Tabelle 34 gegeben.

Tabelle 34: Aufteilung der Inländerverkehrsleistung des Reiseverkehrs nach Verkehrsmittel und Zweck

Verkehrsmittel im Reiseverkehr der Inländer	Gesamtverkehrs-leistung [Mrd. Pkm]	Verkehrsleistung privat [Mrd. Pkm] (%)	Verkehrsleistung geschäftlich [Mrd. Pkm] (%)
MIV[2]	369,8	320,8 (86,7%)	49,1 (13,3%)
ÖV[2]	74,0	61,4 (83,0%)	12,6 (17,0%)
Flugzeug	289,7	208,3 (71,9%)	81,4 (28,1%)
Schiff	14,2	14,0 (98,7%)	0,2 (1,3%)
Sonstige	19,3	15,8 (82,3%)	3,4 (17,7%)
Gesamt	**767,0**	**620,4 (80,9%)**	**146,6 (19,1%)**

[1] Bezugsjahr 2017

[2] MIV = motorisierter Individualverkehr, ÖV = Öffentlicher Verkehr

Quelle: eigene Berechnung auf Basis des Fusionsmodells (ifeu/ DLR/ KIT)

Mit dem Datensatz aus dem Fusionsmodell steht eine universelle Quelle zur Verfügung, anhand derer eine Auswertung der Mobilität der deutschen Wohnbevölkerung

- nach Reisemobilität und Nichtreisemobilität,
- nach Mobilität im Fernverkehrsbereich und im Alltagsverkehrsbereich,
- nach Personengruppen mit unterschiedlichen sozio-demographischen und sozio-ökonomischen Merkmalen,
- nach Verkehrsmitteln (auch in feinerer Differenzierung),
- nach Fahrtanlässen (Arten von Reisemobilitätsereignissen)

erfolgen kann.

Wie dargestellt, beruht das Modell zum einen auf den Ergebnissen der bundesweiten Mobilitätsbefragung „Mobilität in Deutschland“, zum anderen auf wesentlichen Eckwerten der Verkehrsstatistik (Destatis 2018a, 2019, 2019b; BMVI 2018a) sowie anderen zentralen Untersuchungen zur Mobilität in Deutschland, zum Beispiel der Fahrleistungserhebung (Bäumer et al. 2017a, 2017b). Dabei bilden diese Eckwerte den Rahmen, innerhalb dessen die in den Erhebungen berichtete Mobilität plausibel und konsistent auf die Mobilitätseckwerte hin angepasst und gewichtet wird.

Die – im Wesentlichen auf Grundlage einer geeigneten zweckangemessenen Heuristik – vorgenommene Differenzierung zwischen Reise- und Nichtreisemobilität erlaubt es – entsprechend der bekannten Merkmale der jeweiligen Touren und dabei insbesondere der dabei genutzten Verkehrsmittel – die jeweils relevanten klimawirksamen Emissionen zuzuordnen.

3.6 Exkurs: „Vor-Ort-Mobilität“

Wie in Kapitel 3 erläutert, werden die unterschiedlichen Formen der Reisemobilität in den verschiedenen Erhebungen zur Alltagsmobilität und zur touristischen Mobilität auf ganz unterschiedliche Weise und in unterschiedlichem Umfang erfasst. Allen Erhebungen gemeinsam ist die Beschränkung auf den Weg zwischen Wohnort und Zielort. Die im Rahmen einer Reise realisierte Mobilität am Zielort hingegen bleibt weitgehend unberücksichtigt. Lediglich in den Stichtagserhebungen zur Alltagsmobilität (zum Beispiel der „Mobilität in Deutschland (MiD)“ oder dem „Mobilitätspanel Deutschland (MOP)“) werden solche Wege ‚vor Ort‘ immerhin teilweise explizit erfasst, allerdings nur dann, wenn sie zufällig an den individuellen Berichtstagen durchgeführt werden. Bei Tagesreisen betrifft dies alle Wege, bei mehrtägigen Reisen mit Übernachtung jedoch nur jene Wege, die innerhalb der individuellen Berichtszeiträume durchgeführt werden.

Gleichwohl ist die Vor-Ort-Mobilität der Inländer bei der Ermittlung der Gesamtverkehrsleistung mit Hilfe des Fusionsmodells (vgl. Kapitel 3.4 und 3.5.) bereits zu einem größeren Teil berücksichtigt. Alle Wege vor Ort sind letztlich auch Stichtagswege und sind somit – da alle 365 Stichtage eines Jahres in die Modellrechnung mit eingehen – in der Summe miterfasst. Vor-Ort-Wege von Inländern im Ausland sind jedoch nur dann erfasst, wenn die Befragten am Stichtag nicht nur im Ausland, sondern auch in Deutschland unterwegs waren. Vor-Ort-Wege von Ausländern in Deutschland werden in der MiD hingegen nicht erfasst. Auch im Hinblick auf die Vor-Ort-Mobilität wird wiederum von der Annahme ausgegangen, dass sich Inländerverkehrsleistung im Ausland und Inlandsverkehrsleistung durch Nichtgebietsansässige mehr oder weniger kompensieren.

Im Rahmen der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität sollte dennoch der Versuch unternommen werden, für Übernachtungsreisen den Umfang der Vor-Ort-Mobilität gegenüber der Hauptan- und -abreise zu ermitteln.

Im Zuge der Detailabfrage zu einzelnen Reisen sollten – differenziert nach insgesamt 34 Verkehrsmittelkategorien – die im Rahmen der Reise vor Ort zurückgelegten Distanzen abgeschätzt werden. Diese Art der Abfrage birgt jedoch die Gefahr einer methodisch bedingten Ungenauigkeit der gewonnenen Werte: Entfernungsangaben stellen schon bei Einzelwegen am Stichtag und im Hinblick auf die Hauptstrecke eine Herausforderung für die Befragten dar. Da sie sich jedoch auch noch nachträglich verhältnismäßig einfach rekonstruieren und bei Bedarf verifizieren lassen, sind die auf diese Weise erfassten Entfernungen vergleichsweise zuverlässig. Deutlich schwieriger dürfte sich eine solche Abschätzung für die Summe aller Einzelwege vor Ort gestalten: Weder die Anzahl aller durchgeführten Einzelwege, noch die dabei zurückgelegten Distanzen lassen sich im Nachhinein zuverlässig, das heißt vollständig und exakt erfassen. Erschwerend kommt hinzu, dass aufgrund der vergleichsweise kleinen Gesamtstichprobe bei vielen Kombinationen von Haupt- und Vor-Ort-Verkehrsmitteln nur sehr geringe oder gar keine Nennungen vorliegen. Infolge dieser methodischen Defizite können die auf diese Weise gewonnenen Kennwerte nur einen ersten Anhaltspunkt zur Abschätzung von Struktur und Umfang der Vor-Ort-Mobilität bieten.

In der nachfolgenden Tabelle 35 werden die jeweiligen Streckenanteile sowohl der Hauptverkehrsmittel als auch der vor Ort genutzten Verkehrsmittel jeweils aggregiert betrachtet, und zwar bezogen auf das Hauptverkehrsmittel der Reise. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass die ermittelten Anteilswerte zum Teil auf sehr geringen Fallzahlen beruhen und damit nur begrenzte Aussagekraft haben.

Tabelle 35: Anteil Vor-Ort-Mobilität nach Hauptverkehrsmittel der Reise und Vor-Ort-Verkehrsmittel (Bezugszeitraum: Dezember 2017 bis Dezember 2018)

	Hauptverkehrsmittel der Reise				
	MIV n=1.287	**Bus n=89**	**Bahn n=345**	**Flugzeug n=458**	**Schiff n=32**
∅ Reisedistanz (Hin- und Rückreise) [km]					
... alle Reisen	958	1.292	932	6.148	2.416
... Reisen innerhalb Deutschlands	716	866	794	1.144	666
... Reisen außerhalb Deutschlands	1.590	1.525	1.941	6.383	2.956
Streckenanteil des Hauptverkehrsmittels an Gesamtreise [%]					
... alle Reisen	80,9	81,6	86,7	92,2	71,0
... Reisen innerhalb Deutschlands	81,3	84,4	89,6	87,8	87,2
... Reisen außerhalb Deutschlands	80,8	80,8	79,2	92,2	70,1
	Streckenanteile der Vor-Ort-Verkehrsmittel an Gesamtreise [%]				
MIV	n=1.003	n=18	n=127	n=346	n=19
... alle Reisen	15,5	0,8*	3,2	4,2	9,8*
... Reisen innerhalb Deutschlands	14,8	0,8*	3,4	6,4*	9,1*
... Reisen außerhalb Deutschlands	16,3	0,8*	2,4*	4,2	9,9*
Öffentliche Verkehrsmittel (Straße)	n=188	n=73	n=180	n=242	n=14
... alle Reisen	0,4	16,2	1,3	1,1	2,3*
... Reisen innerhalb Deutschlands	0,6	10,6*	1,5	2,6*	0,2*
... Reisen außerhalb Deutschlands	0,3	17,9	0,8*	1,1	2,5*
Öffentliche Verkehrsmittel (Schiene)	n=98	n=9	n=59	n=43	n=2
... alle Reisen	0,6	0,2*	5,2	0,2	0,001*
... Reisen innerhalb Deutschlands	0,8	0,7*	3,6	* **	0,01*
... Reisen außerhalb Deutschlands	0,5	0,002*	9,5*	0,2	* **
Flugzeug	n=8	n=0	n=1	n=24	n=0
... alle Reisen	0,6*	/	* **	0,9*	/
... Reisen innerhalb Deutschlands	0,03*	/	/	2,6*	/
... Reisen außerhalb Deutschlands	1,2*	/	* **	0,9*	/
Schiff	n=73	n=7	n=14	n=39	n=18
... alle Reisen	0,2	0,6*	2,1*	1,1	16,3*
... Reisen innerhalb Deutschlands	0,3	2,2*	0,1*	0,01*	0,4*
... Reisen außerhalb Deutschlands	0,1*	0,2*	7,2*	1,2	17,2*

* weniger als 30 Nennungen; ** keine Entfernungsangaben; / keine Nennungen

Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT) auf Basis der projekteigenen Befragung zur Reisemobilität

Bezogen auf alle Reisen ungeachtet der Zielregion (Inland, Ausland) betragen die auf die Hauptverkehrsmittel entfallenden Streckenanteile zwischen rund 81 % (MIV, Bus) und über 92 % (Flugzeug), der Anteil bei Schiffsreisen liegt mit 71 % deutlich darunter. Inlandsreisen unterscheiden sich von Reisen ins Ausland insofern, als dass die entsprechenden Streckenanteile der Hauptverkehrsmittel in der Tendenz geringfügig höher ausfallen, und zwar je mehr, desto größer die prinzipiell mit diesem Verkehrsmittel zurücklegbaren Distanzen ausfallen. Lediglich bei Flugreisen verhält es sich genau umgekehrt, hier ist der Streckenanteil des Hauptverkehrsmittels bei Inlandsreisen geringer als bei Auslandsreisen.

Entsprechend der hohen Streckenanteile der Hauptverkehrsmittel im Zuge der An- und Abreise fallen die vor Ort zurückgelegten Distanzen vergleichsweise gering aus, zudem konzentrieren sie sich – je nach Hauptverkehrsmittel – auf bestimmte Verkehrsmittel. Dabei bleiben die Reisenden – insbesondere die Nutzer von MIV und öffentlichen Straßenverkehrsmitteln – ihrem Hauptreiseverkehrsmittel weitgehend treu: MIV-Nutzer sind auch vor Ort überwiegend mit dem MIV unterwegs, ebenso wie Nutzer des straßengebundenen ÖV, die diesen auch vor Ort weiter nutzen. Etwas flexibler sind zwangsläufig Bahnreisende, die vor Ort auch auf Straßenverkehrsmittel umsteigen. Bei Flugreisen werden Vor-Ort-Strecken hingegen vor allem mit dem MIV zurückgelegt.

Der bei Schiffsreisen zu verzeichnende hohe Vor-Ort-Anteil mit Schiffen (16,3 %) dürfte auf die Charakteristik von Schiffsreisen zurückzuführen sein, insbesondere bei Kreuzfahrten auf Flüssen und zur See. Hier wurden die entsprechenden Schiffstypen gleichermaßen sowohl als Hauptreiseverkehrsmittel als auch als Vor-Ort-Verkehrsmittel genannt, da wesentliche Zeit- und Streckenabschnitte einer Kreuzfahrt darin bestehen, mit eben diesen Schiffen auch in der Zielregion unterwegs zu sein. Ein größerer Streckenanteil vor Ort (6,7 %) entfällt zudem auf Reisebusse, die vermutlich für Ausflüge an Land genutzt werden.
Aus methodischer Sicht bleibt bei Schiffsreisen offen, inwieweit es den Befragten gelang, das Hauptverkehrsmittel im Sinne der Befragung zutreffend zu bestimmen. Gerade bei Kreuzfahrten dürfte das Schiff aus subjektiver Sicht oft als Hauptverkehrsmittel angesehen werden, selbst wenn die Anreise zum Ausgangshafen in Form einer längeren Flugreise erfolgte.

4 Berechnung der klimawirksamen Emissionen des Reiseverkehrs

Die Emissionen des Reiseverkehrs können, wie die Emissionen des Verkehrs insgesamt, berechnet werden mit dem Ansatz:

$$Emissionen = Verkehrsaktivität * Emissionsfaktor$$

Damit das ermittelte spezifische Emissionsverhalten sowie der Energieverbrauch der Fahrzeuge (siehe Kapitel 2) und das Mengengerüst der Reisemobilität (siehe Kapitel 3) miteinander verknüpft werden können, wird eine Durchschnittsbetrachtung durchgeführt. Das heißt, die Emissionsfaktoren werden abgeleitet, indem für die jeweilige Differenzierung die gesamten Emissionen durch die die gesamte Nutzung geteilt wird. Dabei ist für die THG-Emissionen die Abgrenzung inklusive der energetischen Vorkette (Well-to-Wheel (WtW)) und beim Energieverbrauch exklusive Vorkette (Tank-to-Wheel (TtW), Endenergieverbrauch) dargestellt.

Für die Verknüpfung sind dabei die Schritte

- Umrechnung der Verkehrs- in Fahrleistung (nur Individualverkehrsmittel) und
- Aggregierung der Emissionsfaktoren auf die Differenzierung des Verkehrsmengengerüstes (unter Berücksichtigung reisespezifischer Charakteristika der Verkehrsmittel)

notwendig.

4.1 Umrechnung der Verkehrsleistungen in Fahrleistungen

Aus dem Datensatz des Fusionsmodells sind die Verkehrsleistungen der Inländer, unterschieden nach Verkehrsmitteln, bekannt. Für die Schnittstellenbildung zu TREMOD und die Zuweisung von klimawirksamen Emissionen entsprechend der Abgrenzung zwischen Reiseverkehr und Nichtreiseverkehr hat beim MIV eine Umrechnung der Verkehrsleistungen in Fahrleistungen zu erfolgen.

Für die Umrechnung der MIV-Verkehrsleistungen in MIV-Fahrleistungen wird ein mittlerer Besetzungsgrad [Personen/Fahrzeug] angesetzt. Der mittlere Besetzungsgrad ergibt sich aus der Summe der Gesamtverkehrsleistung von Mitfahrern und Fahrern im Verhältnis zu der Verkehrsleistung von Fahrern. Im vorliegenden Fusionsdatensatz (siehe Kapitel 3.4) liegen allerdings keine Informationen vor, ob ein Weg als Fahrer oder Mitfahrer zurückgelegt wurde, sondern nur, ob es sich um eine Fahrt mit dem motorisierten Individualverkehr handelt. Lediglich der Wegedatensatz aus dem Stichtagsmodul der MiD erlaubt die Differenzierung in Mitfahrer und Fahrer. Zu den berichteten Reisen mit Übernachtung liegen keine detaillierten Informationen vor.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Ermittlung des Besetzungsgrads liegt in der Definition des Hauptverkehrsmittels eines Weges. Für Wege mit mehreren Verkehrsmitteln ergibt sich das Hauptverkehrsmittel aus einer festgelegten Hierarchie (MiD 2017). Jedem Weg wird auf diese Weise genau ein Hauptverkehrsmittel zugeordnet. Werden bei einer Fahrt sowohl die Verkehrsmittel „Pkw als Fahrer“ als auch „Pkw als Mitfahrer“ angegeben, wird das Hauptverkehrsmittel zu „Pkw als Fahrer“ bestimmt. Dies hat zur Folge, dass die Verkehrsleistung als Fahrer gegenüber der Verkehrsleistung als Mitfahrer überschätzt wird. Dies spielt vor allem bei längeren Fahrten eine Rolle, bei denen sich Fahrer oftmals abwechseln.

Tabelle 36 zeigt eine Übersicht über die Besetzungsgrade, die sich aus den unterschiedlichen Eckwerten und Datenquellen ergeben. Wird die Inländerfahrleistung aus dem Fusionsdatensatz (933,7 Milliarden Personenkilometer) auf die Inländerfahrleistung aus Verkehr in Zahlen [VIZ 2018] (BMVI 2018a) (642,4 Milliarden Kilometer) bezogen, ergibt sich ein Besetzungsgrad von 1,45. Die Ergebnisse der Befragung zur Reisemobilität deuten jedoch darauf hin, dass vor allem bei längeren Reisen der Besetzungsgrad höher ist (vgl. Tabelle 22). Auch eine Auswertung der Stichtagswege aus dem Fusionsdatensatz, unterschieden nach identifizierter Reisemobilität und Alltagsmobilität, unterstützt diesen Zusammenhang: Bei Wegen im Zuge von Reisemobilität liegt der mittlere Besetzungsgrad mit 1,77 wesentlich höher als der in Alltagswegen mit einem Besetzungsgrad von 1,33 (Tabelle 36).

Tabelle 36: Überblick über Besetzungsgrade in Erhebungen und Statistiken

Datenquelle	Abgrenzung	Berechnung	Besetzungsgrad
Fusionsdatensatz und ViZ 2018 (BMVI 2018a)	Gesamtverkehrs- und fahrleistungen	Inländerverkehrsleistung MIV-Gesamt/ Fahrleistung MIV Gesamt	1,45
MiD 2017	alle Wege im Stichtagsmodul (ohne rbW)[1]	Leistung Pkw-Gesamt/ Leistung Pkw-Fahrer	1,44
Fusionsdatensatz und MiD 2017	nur als Reisemobilität identifizierte Wege am Stichtag (ohne rbW)[1]	Leistung Pkw-Gesamt/ Leistung Pkw-Fahrer	1,77
Fusionsdatensatz und MiD 2017	nur als Alltagsmobilität identifizierte Wege am Stichtag (ohne rbW)[1]	Leistung Pkw-Gesamt/ Leistung Pkw-Fahrer	1,33

[1] Zur Definition der rbW siehe Fußnote [8], S. 96).

Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

Um den im Fusionsdatensatz enthalten Reisen auch einen Besetzungsgrad zuzuordnen, werden die MIV-Verkehrsleistungen im Alltagsverkehr (563,8 Milliarden Personenkilometer) mit einem Besetzungsgrad von 1,33 angesetzt. Weiterhin wird angenommen, dass insgesamt der Besetzungsgrad von 1,45, der sich aus dem Fusionsdatensatz und der ViZ-Fahrleistungen ergibt, eingehalten wird. Das bedeutet, dass folgende Gleichung erfüllt sein muss:

$$Fahrleistung_{MIV} = \frac{Verkehrsleistung_{MIV}}{Besetzungsgrad}$$

$$= \frac{Verkehrsleistung_{MIV_Alltag}}{Besetzungsgrad_{MIV_Alltag}} + \frac{Verkehrsleistung_{MIV_Reisemobilität}}{Besetzungsgrad_{MIV_Reisemobilität}}$$

$$642{,}4\ \text{Mrd. km} = \frac{563{,}8\ Mrd.\,Pkm}{1{,}33} + \frac{369{,}8\ Mrd.\,Pkm}{Besetzungsgrad_{MIV_Reisemobilität}}$$

Ergibt sich zu: $Besetzungsgrad_{MIV_Reisemobilität} = 1{,}69$

Mit dem berechneten mittleren Besetzungsgrad können alle als Reisemobilität identifizierten Wege (Reisen und Wege am Stichtag) von der Verkehrsleistung in eine Fahrleistung umgerechnet werden.

4.2 Ableitung aggregierter Emissionsfaktoren

Für die Verknüpfung sind unter Zuhilfenahme geeigneter Annahmen die in TREMOD beziehungsweise in Kapitel 2 differenziert vorliegenden Emissionsfaktoren sinnvoll zu aggregieren. Ziel ist, für jeden in Kapitel 3 dargestellten Wert für Verkehrsmengen einen Emissionsfaktor abzuleiten. Das heißt, es sind Emissionsfaktoren zu berechnen je emissionsrelevanten Verkehrsträger (MIV, ÖV, Flug, Schiff) in der Differenzierung:

- Mobilität der Inländer (gebietsansässige Personen)
  - davon im Inland
  - davon im Ausland
  - davon Nichtreisemobilität
- Zusätzlich für die Abgrenzung gegenüber der Mobilität im Inland die Verkehrsleistung der nicht in Deutschland ansässigen Personen

Neben der möglichst genauen Abbildung reisetypischer Emissionsmuster ist dabei die Bedingung, dass ein zum Nichtreiseverkehr konsistentes und abgrenzbares Emissions- beziehungsweise Energieverbrauchsgerüst entsteht. Dazu wurden folgende Annahmen gemacht:

1. In TREMOD werden die Emissionen und der Energieverbrauch im Inland (Ausnahme: Im Flugverkehr Inland plus abgehende Flüge bis zur ersten Zwischenlandung) berechnet. Für die Konsistenz der Ergebnisse und Abgrenzbarkeit von Reise- mit Nichtreisemobilität, wird angenommen, dass die Mobilität nicht in Deutschland ansässiger Personen komplett Reisemobilität ist. Damit gilt folgende Gleichung für die Ableitung der Emissionen beziehungsweise des Energieverbrauchs der Nichtreisemobilität:

$$\begin{aligned} &Emissionen\ (Nichtreisemobilität) \\ &\quad = Emissionen\ (Mobilität\ im\ Inland) \\ &\quad - Emissionen\ (Reisemobilität\ Inländer\ im\ Inland) \\ &\quad - Emissionen\ (Mobilität\ nicht\ gebietsansässiger\ im\ Inland) \end{aligned}$$

2. Die Gewichtung der Emissionsfaktoren und der Besetzungsgrade der differenzierten Reiseverkehrsmittel beim Aggregieren in die Verkehrsträger erfolgt nach der Verkehrsleistung der Inländer im Inland.

Tabelle 37: Zuordnung der Reiseverkehrsmittel zu Verkehrsträgern

Verkehrsträger	Reiseverkehrsmittel
MIV	Pkw ohne Zusatzausstattung, Pkw mit Dachbox/ Gepäckträger, Pkw mit (Wohn-) Anhänger, Wohnmobil, Krad, Lkw
ÖV	Linienbus, Fernlinienbus, Reisebus, Bahn Regionalverkehr, Bahn Fernverkehr, Straßen-, Stadt- und U-Bahnen
Luftverkehr	Luftverkehr
Schiff	Fähre/Bäderschiff See (ohne/mit Pkw), Kreuzfahrtschiff Fluss/See, sonstige Freizeitschiffe

3. Aufgrund der längeren Wegedistanzen ist im Reiseverkehr des MIVs der Anteil der Innerortsstraßen deutlich geringer als im Inlandsverkehr. Zur Operationalisierung ist die Annahme getroffen worden, dass sich der Innerortsanteil gegenüber dem Inlandsmix halbiert. Damit ergeben sich folgende Anteile der Straßenkategorien im Reiseverkehr:

Tabelle 38: Anteil Straßenkategorien im Reiseverkehr nach Fahrzeugkategorie

Fahrzeugkategorie	Innerorts	Außerorts	Autobahn
Pkw/ Wohnmobil	14%	51%	35%
Kraftrad	16%	64%	21%

Quelle: eigene Darstellung (ifeu/ DLR/ KIT)

4. Analog dazu wird im ÖV angenommen, dass typische Reiseverkehrsmittel für die Nahmobilität gegenüber dem Inlandsmix halbiert werden. Dies betrifft im Straßen-ÖV den Linienbus, bei der Schiene die Straßen-, Stadt- und U-Bahnen und den Schienenpersonennahverkehr (SPNV).
5. Aufgrund der schwierigen Datenlage wird im MIV, im ÖV und in der Schifffahrt angenommen, dass die Emissionsfaktoren im Ausland identisch mit denen im Inland sind. Insbesondere beim MIV erscheint diese Annahme plausibel, da die gleichen Fahrzeuge wie im Inland zum Einsatz kommen. Für den ÖV gilt dies zwar nicht, jedoch sind die Verkehrsleistungen im Ausland im Vergleich zur gesamten Reisemobilität gering (circa 1 %).
6. Abweichend die Luftfahrt: Hier können aufgrund der stark differenzierten Datenlage in TREMOD Reisen innerhalb von Deutschland und ins Ausland gehende mit differenzierten Emissionsfaktoren gerechnet werden. Dabei wird dem Reiseverkehr der Inländer im Inland und dem Nichtreiseverkehr die Emissionsfaktoren des innerdeutschen Luftverkehrs (228 g CO_2-Äq./ Pkm; 2,7 MJ/ Pkm) zugeordnet. Reiseverkehre ins Ausland erhalten die Emissionsfaktoren des von Deutschland abgehenden, internationalen Luftverkehrs bis zur ersten Zwischenlandung (194 g CO_2-Äq./ Pkm; 1,2 MJ/ Pkm)[10].
7. Bei den Schiffen wird angenommen, dass Kreuzfahrtschiffe ausschließlich im Reiseverkehr eingesetzt werden. Damit ergibt sich für den Reiseverkehr (gewichtetes Mittel der gesamten Schiffverkehrsleistung inklusive Kreuzfahrtschiffe) ein Emissionsfaktor von 452 g CO_2-Äq./ Pkm (4,9 MJ/Pkm), für den Nichtreiseverkehr (gewichtetes Mittel der gesamten Schiffverkehrsleistung exklusive Kreuzfahrtschiffe) von 250 g CO_2-Äq./ Pkm (2,8 MJ/Pkm).
8. Der Betrachtungsgegenstand ist der Personenverkehr. Findet eine Reise mit dem Lkw statt (z.B. als beruflicher Weg eines Fernfahrers), werden die Emissionen des Lkws für den Personenverkehr auf Null gesetzt, das heißt, die Emissionen werden komplett dem Güterverkehr angerechnet. Die Emissionen des durch die Tourismusindustrie induzierten Güterverkehrs sind ebenso nicht in dem Betrachtungsraum der Studie enthalten.

4.3 Ergebnisse und Interpretation

Zentrale Ergebnisse für die THG-Emissionen und den Endenergieverbrauch aus der Verknüpfung zwischen TREMOD und dem Fusionsmodell sind in Tabelle 39 dargestellt:

[10] In den angegebenen Werten wird die erhöhte THG-Wirkung bei der Verbrennung in großer Höhe mitberücksichtigt. Für die Berechnung der Nicht-CO2-Effekte wird dabei ein Emission Weighting Factor von 2,4 ab einer Flughöhe von 9000 m angenommen.

Tabelle 39: THG-Emissionen der Reisemobilität

WtW-THG-Emissionen der Inländer nach Anlass [Millionen Tonnen CO_2-Äquivalente (Mio. t $CO_{2äq}$)]	MIV	ÖV	Flugzeug	Schiff
	[Millionen Tonnen CO_2-Äquivalente (Mio. t $CO_{2äq}$)]			
	[%]			
Reisemobilität:	**45,1**	**3,3**	**57,0**	**5,6**
111,0	**40,6 %**	**3,0 %**	**51,3 %**	**5,1 %**
– im Inland:	41,7	3,0	5,0	1,6
51,2	81,5 %	5,8 %	9,7 %	3,0 %
– im Ausland:	3,4	0,3	52,0	4,1
59,8	5,7 %	0,6 %	86,9 %	6,8 %
Nichtreisemobilität	93,8	5,8	0,2	0,1
100,0	93,9 %	5,8 %	0,2 %	0,1 %
Summe Mobilität:	**138,9**	**9,1**	**57,2**	**5,7**
210,9	**65,9 %**	**4,3 %**	**27,1 %**	**2,7 %**
Reisemobilität Nichtgebietsansässiger im Inland	**5,3**	**0,4**	–	–
	–	–	–	–
Summe Emissionen im Inland (TREMOD)	**140,8**	**9,2**	Inland + abgehende Flüge bis zur ersten Zwischenlandung	–
			45,9	

Bezugsjahr 2017

Quelle: eigene Berechnungen (ifeu/ DLR/ KIT)

Tabelle 40: Endenergieverbrauch (Tank-to-Wheel) der Reisemobilität

Endenergieverbrauch der Inländer nach Anlass [Petajoule (PJ)]	MIV	ÖV	Flugzeug	Schiff
	[Petajoule (PJ)]			
	[%]			
Reisemobilität:	**527,5**	**27,6**	**368,2**	**62,9**
986,2	**53,5 %**	**2,8 %**	**37,3 %**	**6,4 %**
– im Inland:	487,8	24,4	57,9	17,2
587,4	83,0 %	4,2 %	9,9 %	2,9 %
– im Ausland:	39,7	3,1	310,3	45,7
398,8	10,0 %	0,8 %	77,8 %	11,4 %
Nichtreisemobilität	1.052,1	67,1	2,7	0,7
1.122,7	93,7 %	6,0 %	0,2 %	0,1 %
Summe Mobilität:	**1.579,6**	**94,7**	**370,9**	**63,6**
2.108,9	**74,9 %**	**4,5 %**	**17,6 %**	**3,0 %**
Reisemobilität Nichtgebietsansässiger im Inland	**61,7**	**3,2**	–	–
	–	–	–	–
Summe Endenergieverbrauch im Inland (TREMOD)	**1.601,6**	**94,8**	Inland + abgehende Flüge bis zur ersten Zwischenlandung	–
			293,7	

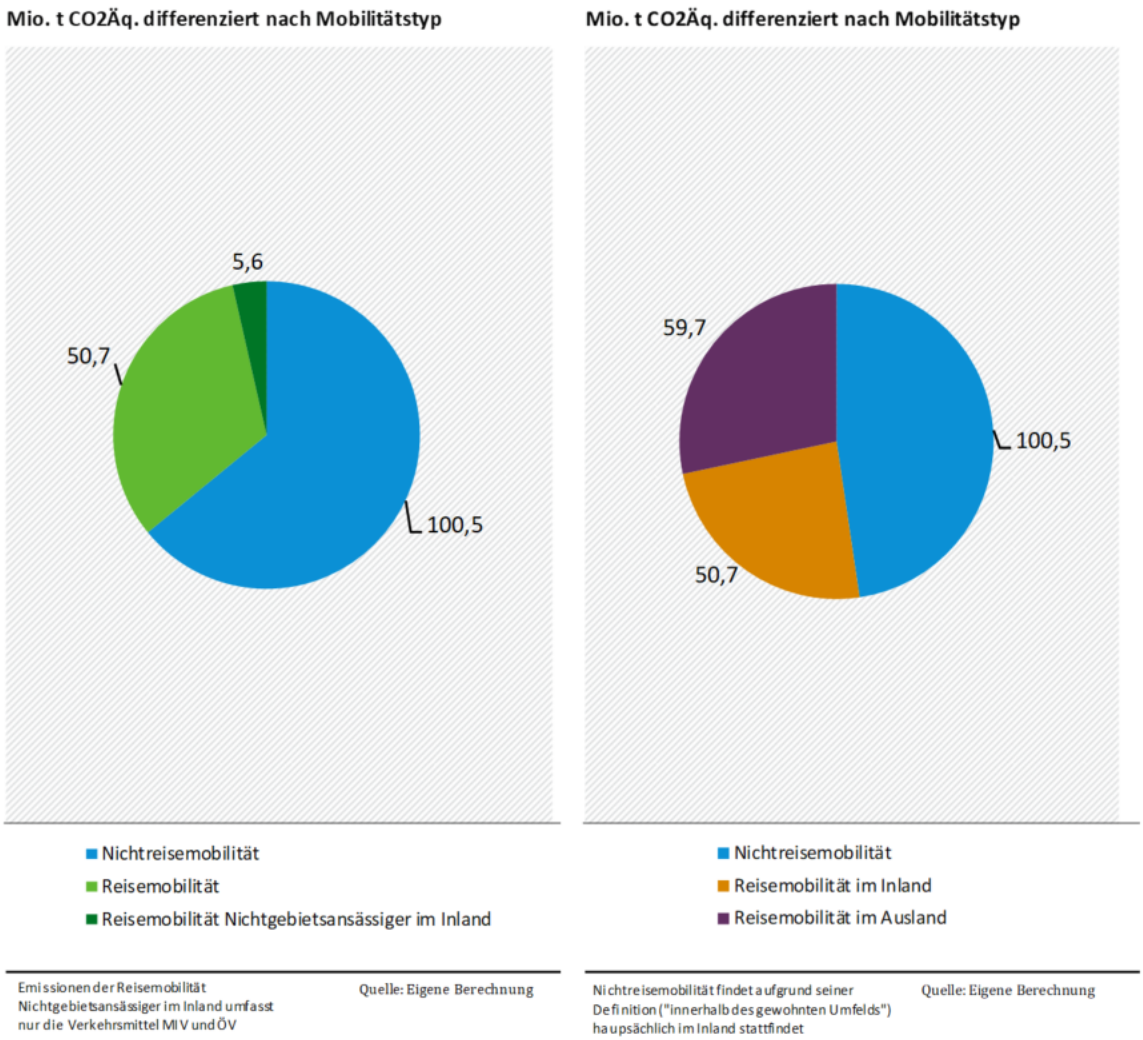
Bezugsjahr 2017

Quelle: eigene Berechnungen (ifeu/ DLR/ KIT)

Insgesamt kann mittels der Verknüpfung ein plausibles Emissionsmengengerüst differenziert nach Reise- und Nichtreise- sowie Inländer- und Inlandsmobilität gewonnen werden. Dabei sind folgende Ergebnisse besonders hervorzuheben:

- Die Emissionen der Reisemobilität der Inländer sind etwas über denen der Nichtreisemobilität, dabei werden 53,9 % der Emissionen des Reiseverkehrs im Ausland emittiert (siehe Abbildung 29, rechts) und tauchen folglich in der deutschen Inlandsbilanz nicht auf (siehe Abbildung 29 links) .

Abbildung 29: Emissionen im Inland (Abbildung links) und der Inländer (Abbildung rechts), differenziert nach Reise- und Nichtreisemobilität



Emissionen der Reisemobilität Nichtgebietsansässiger im Inland umfasst nur die Verkehrsmittel MIV und ÖV

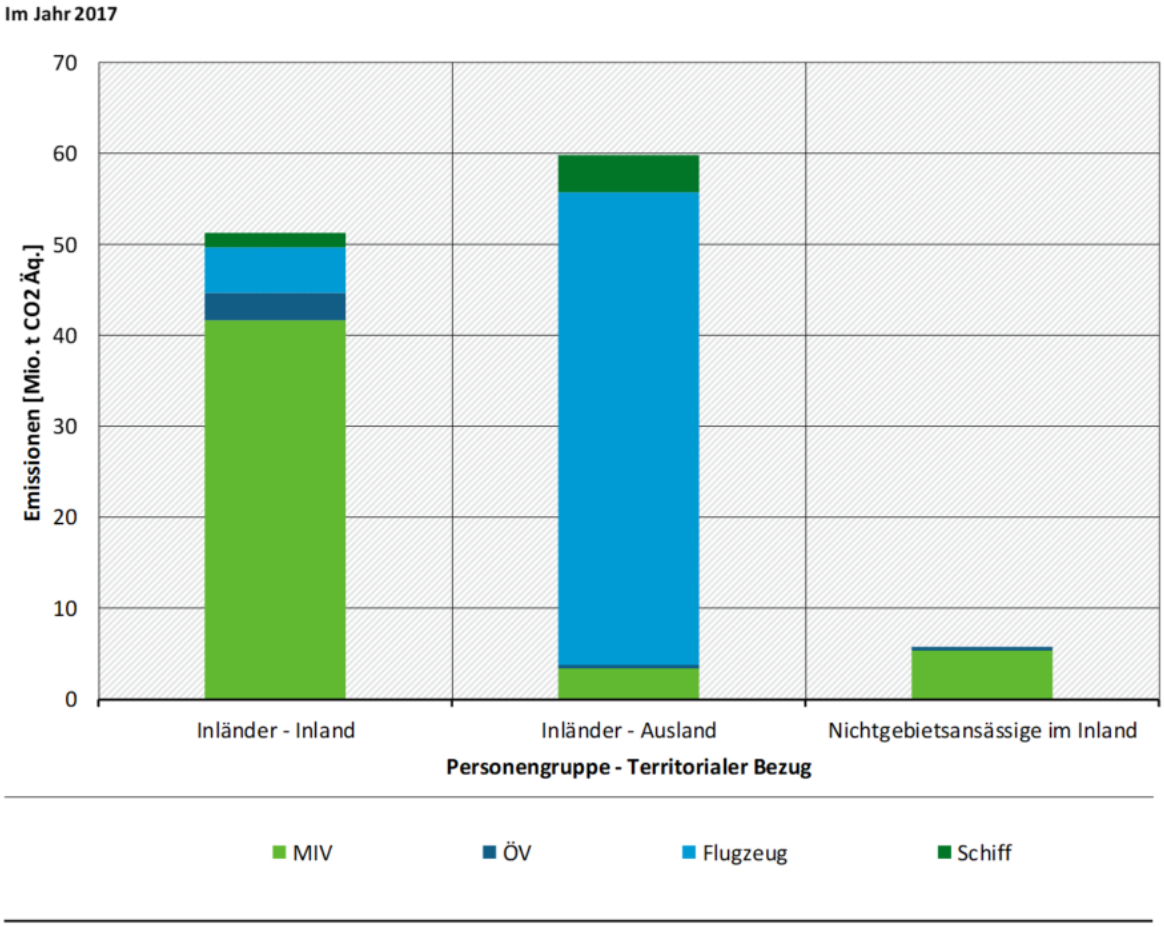
Quelle: Eigene Berechnung

Nichtreisemobilität findet aufgrund seiner Definition ("innerhalb des gewohnten Umfelds") hauptsächlich im Inland statt

Quelle: Eigene Berechnung

- Der MIV dominiert mit 81,5 % im Reiseverkehr und mit 93,9 % im Nichtreiseverkehr die Emissionen im Personenverkehr des Inlands (siehe Abbildung 30). Dabei sind die spezifischen MIV-Emissionen mit 121 g CO_2-Äq./Pkm im Reiseverkehr trotz der berechneten Mehrverbräuche durch Zusatzausstattungen niedriger als im Nichtreiseverkehr mit 148 g CO_2-Äq./Pkm. Dies resultiert zum einen aus dem geringen Anteil von Innerortsfahrten im Reiseverkehr, zum anderen aus dem um 17 % höheren Besetzungsgrad gegenüber dem Durchschnitt im Inland.

Abbildung 30: Emissionen der Reisemobilität, differenziert nach Personengruppen, territorialem Bezug und Verkehrsträger



Emissionen der Reisemobilität Nichtgebietsansässiger im Inland umfasst nur die Verkehrsmittel MIV und ÖV

Quelle: Eigene Berechnung

- Der Auslandsreiseverkehr der Deutschen wird durch den Luftverkehr bestimmt, der für 27 % der mobilitätsbedingten Inländeremissionen verantwortlich ist. Bezogen auf die Reisemobilität verursacht er sogar 51,6 % der Emissionen. Verglichen mit der in TREMOD enthaltenen Abgrenzung von Inlandsflügen plus abgehende Flüge bis zur ersten Zwischenlandung entspricht dies einem Plus von 11,3 Mio. t CO_2-Äq.[11].
- Die spezifischen THG-Emissionen von Reise- und Nichtreisemobilität ähneln sich stark, jedoch ist der spezifische Endenergieverbrauch im Reiseverkehr deutlich niedriger als im Nichtreiseverkehr. Dieser Effekt wird insbesondere durch den Luftverkehr verursacht, der im Auslandsreiseverkehr mit 87 % den größten Anteil an den Emissionen hat. Dieser ist zwar im internationalen Verkehr relativ energieeffizient, hat jedoch durch die Verbrennung in großer Höhe eine hohe THG-Wirksamkeit.
- Emissionen der Schifffahrt fallen beinahe ausschließlich im Reiseverkehr – insbesondere durch die Kreuzfahrtschiffe und da insbesondere im Ausland - an. Dort haben sie mit 6,8 %

[11] In den angegebenen Werten wird die erhöhte THG-Wirkung bei der Verbrennung in großer Höhe mitberücksichtigt (siehe Kapitel 4.2)

beziehungsweise 4,1 Mio. t CO_2-Äq. einen relevanten Anteil, auch wenn dieser relativ zum Luftverkehr gering ist.

4.4 Exkurs: Emissionen ausgewählter Reiseereignisse

Zur besseren Einordnung der spezifischen Ergebnisse lohnt es sich, eine Abschätzung der absoluten Emissionen über exemplarische Reisen zu betrachten. Manche spezifischen Emissionen von Reiseverkehrsmitteln sind im Vergleich deutlich höher als mögliche Alternativen, diese höheren spezifischen Emissionen werden aber durch geringere Reisedistanzen relativiert. Dies soll folgend für zwei exemplarische Reisetypen (Schiffsreise, Badereise) dargestellt werden.

Schiffsreise

Für die Schiffsreise werden exemplarisch drei mögliche Optionen betrachtet:

- Kanaren-Rundfahrt
- Rhein-Donau-Flusskreuzfahrt
- Große Müritztour mit dem Hausboot

Tabelle 41 zeigt die absoluten THG-Emissionen der Schiffe einer beispielhaften 7-Tage-Reise für die dargestellten Reiseereignisse. Hier wird die hohe Kilometerleistung der Hochseekreuzfahrtschiffe sehr deutlich, was gegenüber den Flusskreuzfahrtschiffen zu Mehremissionen von 601 kg CO_2-Äquivalenten und gegenüber den Hausbooten sogar zu Mehremissionen von 842 kg CO_2-Äquivalenten führt, trotz höherer spezifischer Emissionen der Hausboote.

Tabelle 41: Schiffsemissionen einer 7-Tage-Reise mit unterschiedlichen Schiffs- und Bootsklassen

Beispielreise	Schiffstyp	Reisedistanz [km]	Spezifische Emissionen [kg/Pkm]	THG-Emissionen pro Person [kg CO_2-Äq.]
Kanaren-Rundfahrt	Hochseekreuzfahrtschiff	2.213	0,43	952
Rhein-Donau	Flusskreuzfahrt	780	0,45	350
Große Müritztour	Hausboot	254	0,64	162

THG-Emissionen setzten sich aus den direkten Emissionen und den Emissionen der Vorkette zu Energiebereitstellung zusammen (Well-to-Wheel).
Quelle: eigene Berechnung (ifeu/ DLR/ KIT)

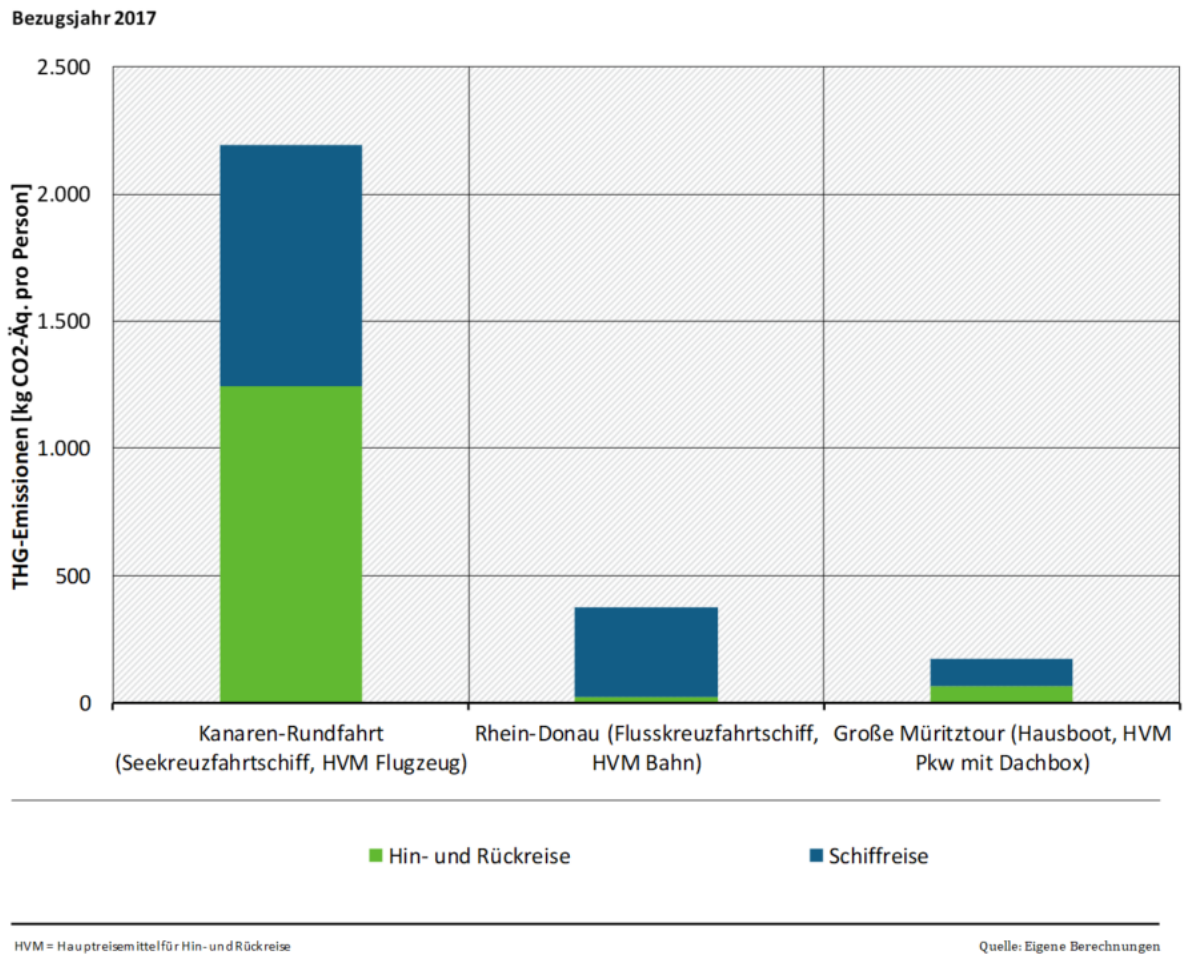
Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der An- und Abreise, bei der die Zielwahl und damit die Reiseentfernung einen deutlich größeren Einfluss auf die Emissionen als die Verkehrsmittelwahl hat. Werden typische Anreisen hinzugerechnet, verschärft sich somit die schlechte THG-Bilanz der Kanaren-Kreuzfahrt, selbst wenn für die Müritztour eine Anreise mit dem Pkw gewählt wird (siehe Tabelle 42).

Tabelle 42: Emissionen An- und Rückreise 7-Tage-Reise mit unterschiedlichen Schiffs- und Bootsklassen

Beispielreise	Hauptverkehrsmittel (Hin- und Rückreise)	Reisedistanz [km]	Spezifische Emissionen [kg/Pkm]	THG-Emissionen pro Person [kg CO_2-Äq.]
Kanaren-Rundfahrt	Flugzeug	6.400	0,194	1.242
Rhein-Donau	Bahn	500	0,045	23
Große Müritztour	Pkw mit Dachbox (2 Personen)	500	0,110	55

THG-Emissionen setzten sich aus den direkten Emissionen und den Emissionen der Vorkette zu Energiebereitstellung zusammen (Well-to-Wheel).
Quelle: eigene Berechnung (ifeu/ DLR/ KIT)

Abbildung 31: THG-Emissionen von Reisen mit unterschiedlichen Schiffs- und Bootklassen



Die Emissionen der Kreuzfahrt sind um eine Größenordnung höher als die dargestellten Alternativen. Insbesondere die durch das Flugzeug möglichen Entfernungen auch bei kürzeren Reisedauern beeinflussen die Reiseemissionen massiv, aber auch die emissionsintensiven Hochseekreuzfahrtschiffe haben einen deutlichen Einfluss. Die regionalen Alternativen sind folglich deutlich emissionsärmer. Dabei sind die Emissionen der Flusskreuzfahrt durch die längeren üblichen Tagesfahrweiten der Schiffe etwa höher. Die Gesamtemissionen der Flusskreuzfahrt bleiben da-

bei höher als die Hausboottour, selbst wenn für letztere der Pkw als emissionsintensiveres Anreisemittel gewählt wird. Beim Vergleich mit anderen Reisearten ist zu beachten, dass ein Teil der Emissionen auf die zusätzliche Wohnfunktion der Schiffe zurück zu führen sind.

Badereise

Für den 7-tägigen Strandurlaub werden drei unterschiedliche Reiseziele in Kombination mit typischen Hauptverkehrsmitteln betrachtet:

- Polnische Ostsee mit Wohnmobil
- Italienische Adria mit Zug beziehungsweise als Alternative mit dem Flugzeug
- Türkische Riviera mit Flugzeug

Lediglich bei der Wohnmobilreise findet Vor-Ort-Mobilität in nennenswertem Umfang statt. Es ist angenommen, dass bei der Reise im Schnitt Tagesetappen von 88 km[12] zurückgelegt werden. Für die Reisen mit Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist angenommen, dass Vor-Ort-Mobilität im Umfang von 100 km mit dem Bus stattfindet.

Tabelle 43: Beispielrechnung der mobilitätsbedingten THG-Emissionen für unterschiedliche Badereisen

Beispielreise	Hauptverkehrsmittel (Hin- und Rückreise)	Reisedistanz (Hin- und Rückreise) [km]	Spezifische Emissionen [kg/Pkm]	Emissionen pro Person Hauptverkehrsmittel [kg CO_2-Äq.]	Emissionen pro Person Vor-Ort-Mobilität [kg CO_2-Äq.]	Emissionen pro Person Gesamtreise [kg CO_2-Äq.]
Polnische Ostsee	Wohnmobil mit zwei Personen	1.000	0,165	165	73	238
Italienische Adria (Frankfurt – Venedig)	Bahn	1.800	0,045	81	4	85
	Flugzeug	1.200	0,194	233	4	237
Türkische Riviera (Frankfurt – Antalya)	Flugzeug	4.600	0,194	892	4	897

THG-Emissionen setzten sich aus den direkten Emissionen und den Emissionen der Vorkette zu Energiebereitstellung zusammen (Well-to-Wheel).

Quelle: eigene Berechnung (ifeu/ DLR/ KIT)

Bei dem in Tabelle 43 dargestellten Vergleich ist die Verkehrsmittelwahl für die An- und Abreise entscheidend:

- Wird mit dem Zug nach Italien gefahren, ist dies die günstigste Reise. Wird das Flugzeug gewählt verschlechtert sich die Bilanz deutlich und die Reise ist gleichauf mit dem Wohnmobilurlaub in Polen.

[12] Dies entspricht dem Mittelwert der im Rahmen des Projektes durchgeführten Befragung, jedoch bei einer sehr geringen Antworthäufigkeit und entsprechend unsicheren Datenlage (n=6).

- Der spezifische Vorteil der Bahn bleibt trotz Umweg (die Bahn ist in dem Beispiel durch die begrenzten Möglichkeiten, die Alpen zu durchfahren zu einem deutlichen Umweg gezwungen) gegenüber der Flugreise und dem Wohnmobil bestehen.
- Für die Reise in die Türkei ist durch die hohe Entfernung die kurze Reisezeit das Flugzeug die einzig realistische Option. Dies ist mit Abstand die emissionsintensivste Variante für einen sieben tägigen Badeurlaub.

5 Handlungsempfehlungen

Die Qualität der Daten, auf deren Grundlage Umfang und Struktur der Reisemobilität ermittelt werden können, ließe sich auf verschiedenen Ebenen verbessern, zum einen in erhebungsmethodischer Hinsicht, zum anderen hinsichtlich inhaltlich näher zu untersuchender Teilaspekte, wobei es zwischen beiden Bereichen Überlappungen gibt. Tabelle 44 zeigt eine Übersicht aller Empfehlungen zur Verbesserung der Datenlage, die in den folgenden Abschnitten erläutert und begründet werden.

Tabelle 44: Übersicht der Empfehlungen zur Verbesserung der Datenlage

Empfehlung
Implementierung und Durchführung einer dezidierten Erhebung zur (Fern-)Reisemobilität
Modifikation der Erhebung „Mobilität in Deutschland (MiD)“
Durchführung fokussierter Spezialerhebungen zur Bestimmung emissionsrelevanter reisespezifischer Kenngrößen
Forschungsthema „Konzeptionelle Abgrenzung von Alltags- und Reisemobilität“
Forschungsthema „(Reise-)Mobilität nicht gebietsansässiger Personen innerhalb Deutschlands“
Forschungsthema „Bilanzierungssystemgrenze von Reiseverkehr und Reisen“
Forschungsthema „Bestimmung von Verbrauchs- und Emissionsdaten von Schiffen“

5.1 Verbesserung der Datenlage aus erhebungsmethodischer Sicht

Wesentliche Datengrundlagen, auf denen auch die Berechnungen im Rahmen des Projektes beruhen, sind die die umfangreichen deutschlandweiten Mobilitätserhebungen wie die „Mobilität in Deutschland (MiD)“, die „Fahrleistungserhebung (FLE)“ sowie die amtlichen Statistiken für den öffentlichen Straßen- und Schienenverkehr sowie den Flugverkehr.

Diese regelmäßig – wenn auch beispielsweise im Fall von MiD und FLE nur in größeren Abständen – erhobenen Primärdaten bieten aufgrund ihres Detaillierungsgrades, aber auch durch ihre großen repräsentativen Stichproben eine hervorragende Basis für vielfältige Auswertungen und die Beantwortung spezifischer Fragestellungen. Insbesondere die Kombination der genannten Datensätze ermöglicht eine hinreichend genaue Bestimmung des Gesamtmengengerüstes der Alltags- und Reisemobilität sowie dessen Fortschreibung. Voraussetzung für die Bestimmung des Gesamtmengengerüstes analog zur beschriebenen Vorgehensweise ist jedoch eine aufwändige, zum Teil modellgestützte Aufbereitung und Kalibrierung der Daten im Modellierungsprozess (vgl. Kapitel 3.4 zum Fusionsmodell). Eine Fortschreibung der auf diese Weise erzielten Kennziffern ist jedoch an die zukünftige Verfügbarkeit der genannten Erhebungen – insbesondere der MiD und der Fahrleistungserhebung – gebunden.

Erhebungsinstrumente

Eine große Herausforderung stellt die Erfassung länger zurückliegender und in der Regel für die Reisenden ungewöhnlicher, nicht regelmäßig wiederkehrender Reiseereignisse dar. Hier ist das Erinnerungsvermögen der Befragten in jeder Hinsicht enorm gefordert, nicht nur im Hinblick auf die Reisen als solche, sondern vor allem hinsichtlich relevanter Reisedetails wie den genutzten Verkehrsmitteln und den damit zurückgelegten Distanzen. Deren Erfassung im Rahmen standardisierter Befragungen, insbesondere mit den klassischen Erhebungsinstrumenten wie

dem analogen schriftlichen Fragebogen oder seinem digitalen Pendant, dem Online-Fragebogen, ist aus vielerlei Sicht nur bedingt geeignet:

a) Reisen sind in ihrer Charakteristik sehr heterogen und weisen sehr große Freiheitsgrade hinsichtlich Dauer und Entfernung, Zielregion, Verkehrsmittelwahl oder der Anzahl mitreisender Personen (Fahrzeugbesetzungsgrade) auf, die in ihrer Breite mit standardisierten, zwangsläufig im Umfang und Differenzierungsgrad begrenzten Fragenkatalogen nur unzureichend erfasst werden können. Selbst mit ausgefeilten Filterführungen und entsprechend formulierten Fragealternativen wird man nicht alle potenziellen Reiseereignisse und ihre Details hinreichend antizipieren können.

b) Die Erfassung des gesamten Spektrums der Reisemobilität erfordert einen langen retrospektiven Berichtszeitraum, um der Saisonalität des Reiseverhaltens gerecht zu werden. Während einzelne, im Hinblick auf Ziel, Dauer oder gewählte Verkehrsmittel außergewöhnliche Reisen in der Regel gut auch in längerem zeitlichen Abstand erinnert werden können, dürfte sich dies bei häufiger vorkommenden, aus Sicht der Befragten nicht besonders spektakulären Reisen deutlich schwieriger gestalten, da diese in der Erinnerung mit zunehmendem zeitlichen Abstand von kürzer zurückliegenden Reisen überlagert werden.

c) Die Operationalisierung verkehrswissenschaftlich eindeutiger Sachverhalte in Form komplexer Fragen und Antwortkategorien im Fragebogen ist für Laien oft schwer zu durchschauen und bei der Antwort im Sinne der wissenschaftlichen Fragestellung zu berücksichtigen. Hierzu gehören etwa die Unterscheidung zwischen einfacher Entfernung (nur Hin- oder Rückreise) und Gesamtdistanz (sowohl Hin- als auch Rückreise), die Festlegung des Hauptverkehrsmittels in Abgrenzung zu eventuellen Zubringerverkehrsmitteln (Einordnung nach Dauer der Nutzung oder nach zurückgelegter Wegstrecke) oder Schwierigkeiten bei der Unterscheidung zwischen An-/Abreise einerseits und der Mobilität vor Ort (Überlappungen insbesondere bei Kreuzfahrten). Die Erläuterung der entsprechenden Begriffe und Konzepte in einem von den Befragten ohne die Unterstützung von Interviewern selbst auszufüllenden Fragebogen ist grundsätzlich möglich, setzt allerdings die Bereitschaft der Befragten voraus, sämtliche Erläuterungen auch gründlich zu lesen und sich damit auseinanderzusetzen. Mit Hilfe von Echtzeitplausibilitätsprüfungen im Rahmen digitaler Fragebögen lassen sich offenkundig unplausible Angaben unmittelbar erkennen. Solche Plausibilitätsprüfungen stoßen jedoch schnell an Grenzen, wenn prinzipiell gültige Werte genannt werden, oder wenn die Widersprüche erst bei der Gesamtschau aller Angaben sichtbar werden.

d) Eine Anwendung der Tourismus-Definition der UNWTO (United Nations, 2016) bezüglich der Identifikation von Reisemobilität („außerhalb der gewohnten Umgebung“) ist zwar grundsätzlich umsetzbar, basiert jedoch auf bestimmten verallgemeinernden Annahmen, die auch im Projekt getroffen werden mussten. Die Definition ist aus Sicht der Tourismusforschung sinnvoll, aber quantitativ – in Bezug auf Distanzen und Räume – mit üblichen verkehrswissenschaftlichen Ansätzen und auf Grundlage der verfügbaren Daten nicht umsetzbar.

Die genannten methodischen Einschränkungen relativieren den Vorteil, mittels standardisierter Fragebögen auf effiziente Art und Weise möglichst große Nettostichproben zu erzielen, deutlich. Mit Hilfe teilstandardisierter oder überwiegend qualitativ ausgerichteter Erhebungsinstrumente lassen sich Einzelaspekte wesentlich differenzierter erfassen. Die auf diese Weise erzielten Ergebnisse und Kennzahlen können dann zur Differenzierung und Kalibrierung der auf umfangreichen, standardisierten Befragungen beruhenden Gesamtmengengerüste herangezogen werden.

Abgrenzung und Operationalisierung des Erhebungsgegenstands ‚Reisemobilität'

Verbesserungsbedarf besteht zudem hinsichtlich der Abgrenzung von Inlands- und Auslandsanteilen von Einzelwegen und -reisen. In der Standarderhebung „Mobilität in Deutschland (MiD)", die erklärtermaßen auf die Inlandsmobilität der in Deutschland lebenden Wohnbevölkerung fokussiert, ist eine solche Abgrenzung sekundär und wird nur teilweise durch entsprechende Variablen (neben der geschätzten Entfernung auch Angaben zur Zielregion) unterstützt. Mit Hilfe begründeter Annahmen (vgl. Kapitel 3.4.1 und 3.5) ist diese fehlende Abgrenzung näherungsweise prinzipiell zu ersetzen. Zielführender wäre es, die großen Erhebungen wie die MiD entsprechend zu modifizieren.

Auch bei der Bestimmung des Hauptverkehrsmittels auf Grundlage aller im Kontext einer Reise genutzten Verkehrsmittel besteht Verbesserungsbedarf.

Eine Erweiterung der entsprechenden Fragen und Antwortkategorien über die etwa in der MiD schon jetzt abgefragten Verkehrsmittel hinaus, beispielsweise um explizit reisespezifische Verkehrsmittel wie verschiedene Bootstypen oder touristische Bahnen, ist aufgrund ihrer vergleichsweise seltenen Nutzung jedoch nicht erforderlich. Eine entsprechende Differenzierung zur Erfassung der entsprechenden Nutzungsanteile kann besser im Rahmen gezielter Befragungen erfolgen (vgl. Kapitel 5.2).

Im Hinblick auf eine korrekte Bestimmung resultierender Emissionen ist hingegen die Erfassung der jeweiligen Streckenanteile verschiedener Verkehrsmittel im Rahmen einer Reise erforderlich. Hierfür wäre die Erfassung von Reiseetappen[13] empfehlenswert. Auf der Basis von Etappen ließen sich nicht nur die verkehrsmittelspezifischen Streckenanteile sowie die jeweiligen Pkw-Besetzungsgrade bestimmen, bei entsprechender Frageformulierung wäre gegebenenfalls auch die bislang kaum mögliche explizite Abgrenzung von Inlands- und Auslandsanteilen realisierbar.

Speziell bei der jüngsten „MiD 2017" gibt es zwei Aspekte bei der Erfassung und Codierung von Wegezwecken einerseits und (Reise-)Verkehrsmitteln andererseits, die idealerweise bei einer Neuauflage geändert würden. Im Wegedatensatz (Stichtagsmodul), aus dem die Tagesreisen extrahiert werden müssen, lässt der Detailwegezweck für Freizeitwege zwar die Identifizierung von Übernachtungsreisen mit 4 oder mehr Übernachtungen zu, eine Differenzierung zwischen Tagesausflügen und Kurzreisen bis zu 3 Übernachtungen ist hingegen nicht möglich, da diese zusammengefasst ausgewiesen werden (Variablen W_ZWDF und W_ZWD, Code 708). Folglich ist es nicht möglich, am Stichtag stattfindende Hin- oder Rückreisen von Übernachtungsreisen zu identifizieren. Auch im Reisedatensatz (Reisemodul) werden die Reisetypen über den Reisezweck nur sehr grob erfasst, so sind Ausflüge, Urlaube und Kurzreisen zu touristischen Zielen in einer Kategorie zusammengefasst ausgewiesen (Variable R_ZWECK). Allerdings lassen sich über die Anzahl der Übernachtungen Tagesreisen von Übernachtungsreisen unterschiedlicher Dauer abgrenzen (Variable R_ANZUB). Andererseits lassen sich im Reisedatensatz die Verkehrsmittel Auto und Wohnmobil nicht unterscheiden (Variablen R_VM_A und hvm_r, Code 1), was im Hinblick auf die unterschiedlichen Besetzungsgrade und Emissionen jedoch wünschenswert wäre.

Erfassung der Reisen von Kindern

Im bisherigen Reisemodul der MiD werden lediglich Personen ab 14 Jahren befragt, sodass Reisen von Kindern bestenfalls indirekt erfasst werden. Die Anzahl der Mitreisenden ist zwar bekannt, nicht jedoch deren Alter. Im Zuge der Aufbereitung der MiD-Daten im Rahmen des Fusionsmodells mussten die Reisen von Kindern unter 14 Jahren aufwändig imputiert werden. Eine direkte Erfassung im Rahmen der Standarderhebungen würde diesen Schritt erübrigen.

[13] Das Pendant zur MiD in der Schweiz – der Mikrozensus Mobilität und Verkehr – wird alle 5 Jahre nach dem Etappenkonzept durchgeführt (BFS/ARE 2017).

Inlandsmobilität nicht gebietsansässiger Personen

Für die Nachfrage und die daraus resultierenden Emissionen im Bereich der Reisemobilität spielen nicht nur die Verkehrsleistungen der gebietsansässigen Wohnbevölkerung Deutschlands sondern auch die Verkehrsleistungen nicht gebietsansässiger Touristen aus dem Ausland eine Rolle. Vor dem Hintergrund, dass gerade im Bereich des Flugverkehrs der Incoming-Verkehr gegenüber dem Outgoing-Verkehr doppelt so hohe Wachstumsraten aufweist, kommt diesem Segment der Nachfrage wachsende Bedeutung zu.

Im Bereich des Pkw-Verkehrs kann auf Grundlage der Ergebnisse der Fahrleistungserhebungen von einer weitestgehenden Kompensation von Fahrleistungen deutscher Pkw im Ausland durch Fahrleistungen nicht in Deutschland zugelassener Pkw im Inland ausgegangen werden. Dies dürfte grundsätzlich auch auf den bodengebundenen ÖV übertragbar sein.

Eine weitere Informationsquelle ist die Statistik zu den Ankunfts- und Übernachtungszahlen in Beherbergungsbetrieben (Destatis 2018b). Dabei erfolgt die Erfassung der Zahlen von Gebietsfremden differenziert nach Herkunft (Nationalität), allerdings ist die Statistik unvollständig, da nur Übernachtungen und Ankünfte in Beherbergungsbetrieben ab einer bestimmten Betriebsgröße erfasst werden. Darüber hinaus ist eine Zuordnung von Übernachtungen zu einzelnen Reisen und Personen nicht möglich: Wechselt ein Reisender im Laufe seiner Reise den Beherbergungsbetrieb, wird eine neue Ankunft und damit auch Person gezählt. Damit ist eine Abschätzung der Aufenthaltsdauern und potenziellen Verkehrsleistungen nur für solche Länder möglich, aus denen die Touristen fast ausschließlich mit dem Flugzeug anreisen (vor allem im Rahmen von Interkontinentalreisen). Eine Abschätzung der Volumina der Reisemobilität von Gebietsfremden in Deutschland erfordert neue Daten, die nur im Rahmen gesonderter neuer Erhebungen erfasst werden können. Eine sich speziell an einreisende Touristen richtende Erhebung dürfte sich allerdings – aufgrund der Vielfalt von Reiseformaten und der schwierigen Rekrutierung von Befragten – als methodisch herausfordernd und extrem aufwendig darstellen. Ein entsprechend ausgerichtetes, über die reine Durchführung einer Befragung hinausgehendes Forschungsprojekt sollte – dem Forschungsgegenstand ‚grenzüberschreitende Reisen' entsprechend – in jedem Fall international aufgestellt sein. Vor dem Hintergrund der zumindest teilweisen Kompensation von Fahrleistungen nicht gebietsansässiger Personen innerhalb Deutschlands durch Inländerverkehrsleistungen kann der folgenden Empfehlung gegebenenfalls geringere Priorität eingeräumt werden.

EMPFEHLUNG

Forschungsthema „(Reise-)Mobilität nicht gebietsansässiger Personen innerhalb Deutschlands"

- Entwicklung eines Erhebungskonzepts (insbesondere im Hinblick auf die Gewinnung einer geeigneten Stichprobe)

Differenzierung der ÖV-Statistik

Die statistische Erfassung von Fahrleistungen im öffentlichen Verkehr ist derzeit durch intransparente Abgrenzungen sowie Mehrfacherfassungen von Passagieren beim Umstieg zwischen Verkehrsmitteln verschiedener Beförderungsunternehmen gekennzeichnet. Eine nachträgliche Identifikation und Quantifizierung solcher mehrfach erfassten Passagiere ist nicht möglich.

Zudem führt die Gliederung in voneinander unabhängige Unternehmensbereiche innerhalb eines Konzerns (Beispiel: Deutsche Bahn AG) zu ebenso gegliederten, unternehmensorientierten Statistiken, etwa für die Unternehmensbereiche Personennahverkehr oder Fernverkehr. Die Nutzung der jeweiligen Verkehrsmittel erfolgt jedoch ungeachtet der betriebswirtschaftlichen

Abgrenzung, so werden etwa Nahverkehrszüge auch für über den Nahbereich hinausgehende, längere Streckenabschnitte genutzt, ebenso wie Fernverkehrszüge für alltägliche kürzere Fahrten. Abgesehen von der bereits genannten Mehrfacherfassung umsteigender Passagiere sind weder die statistische Erfassung von Fahrtenanzahlen nach Distanzklassen, noch eine wie auch immer zu definierende Abgrenzung zwischen Reise- und Alltagsverkehr möglich, und zwar unabhängig von den verschiedenen Abgrenzungsansätzen. Hier sind eine entsprechende Modifizierung und Aufbereitung der Statistiken erforderlich.

Angesichts der genannten Einschränkungen und Schwachpunkte bei bereits vorliegenden Erhebungen und Datenquellen für die Beantwortung reisemobilitätsspezifischer Fragestellungen scheint eine gezielte reise- und fernverkehrsspezifische Erhebung geboten, die die Komplexität des Forschungsgegenstandes adäquat berücksichtigen kann. Die im Rahmen des Projektes durchgeführte Befragung kann dabei als Orientierungsrahmen dienen. Das Reisemodul der MiD würde damit nicht verzichtbar, da darüber eine konsistente Verknüpfung zwischen Alltags- und Reisemobilität innerhalb einer Erhebung hergestellt werden kann.

EMPFEHLUNG

Implementierung und Durchführung einer dezidierten Erhebung zur (Fern-)Reisemobilität

- Ermittlung des Gesamtmengengerüstes der (Fern-)Reisemobilität
- mehrstufiges Befragungsdesign:
  a) Screening-Modul zur Ermittlung der Reisevolumina
  b) weitere detaillierte Frage-Module zur Ermittlung spezifischer Reisemerkmale sowie mobilitätsrelevanter, das Reiseverhalten determinierender soziodemographischer Haushalts- und Personeneigenschaften
- Ausdehnung des Berichtszeitraums für Reisen auf 12 Monate zur vollständigen Erfassung der Anzahl saisonal auftretender Reiseereignisse (dabei Beschränkung auf wenige Reisedetails, unter anderem Anzahl der Übernachtungen, zurückgelegte Entfernung, Zielregion, Hauptverkehrsmittel)
- ergänzende Detailerfassung einer begrenzten Anzahl ausgewählter Reisen bei zeitlicher Staffelung der jeweiligen Berichtszeiträume in Abhängigkeit von der Reisedauer, zum Beispiel 1 Monat für Tagesreisen, 3 Monate für Kurzreisen mit bis zu 3 Übernachtungen, 12 Monate für Reisen mit 4 oder mehr Übernachtungen, dabei mindestens zu erfassende Reisedetails: Zweck, Ziel, Anzahl der Übernachtungen, genutzte Verkehrsmittel, Anzahl der Mitreisenden (Haushaltsmitglieder, haushaltsfremde Personen, Häufigkeit/Regelmäßigkeit der Reise, spezifische Besetzungsgrade insbesondere im Pkw-Verkehr)
- keine Begrenzung auf Inlandsreisen (auch nicht im Bereich der Tagesreisen ohne Übernachtung), vielmehr Einführung eines Etappenkonzepts insbesondere bei der Detailerfassung von Reisen (zu berücksichtigende Aspekte: Bestimmung von Haupt- und Zubringerverkehrsmitteln einschließlich der jeweils zurückgelegten Streckenabschnitte/Distanzen, Umfang der Vor-Ort-Mobilität, eventuelle Grenzübertritte)
- Erfassung der Reisen aller Altersgruppen (im Fall von Kindern unter 14 Jahren gegebenenfalls über Stellvertreterinterviews der Eltern)
- Durchführung der Befragung im direkten Kontakt zwischen Befragten und Interviewern (telefonisch, persönlich) zum Beispiel mittels Leitfadeninterviews (effiziente Führung der Befragten durch einen komplexen Fragenkatalog durch die Interviewer; gezielte Nachfrage- und Erläuterungsmöglichkeiten bei mutmaßlichen Verständnisschwierigkeiten auf Seiten der Befragten;

gemeinsame Plausibilitätsprüfungen während des Interviews zur Sicherstellung konsistenter Angaben, insbesondere der zurückgelegten Distanzen)

- regelmäßige Wiederholung (gegebenenfalls in Form einer Panel-/Längsschnitterhebung) zwecks Aufbau einer Zeitreihe zum Monitoring der Reisemobilitätsentwicklung

Punktuelle Modifikationen der bestehenden Erhebungen sollten jedoch ebenfalls erwogen werden, um die gegenseitige Plausibilisierung der jeweiligen Einzelergebnisse auch weiterhin zu ermöglichen. Die folgenden Empfehlungen zielen speziell auf die MiD, die eine zentrale Datenquelle darstellt.

EMPFEHLUNG

Modifikation der Erhebung „Mobilität in Deutschland (MiD)“

- Stichtagsmodul: Verzicht auf derzeit praktizierte Kappung der Stichtagswegelängen bei 1.000 km (bei Bedarf könnte für Fragestellungen, die ausschließlich auf Inlandsverkehre zielen, jederzeit entsprechend gefiltert werden)
- Stichtagsmodul: separate Erfassung der Wegezwecke ‚Tagesausflug‘ und ‚Kurzreise‘
- Reisemodul: separate Erfassung der Reisezwecke ‚Ausflug‘, Urlaub‘ und ‚Kurzreise‘ (jeweils zu touristischen Zielen)
- Reisemodul: Erfassung der Reisen von Kindern analog zu Reisen von Erwachsenen (im Fall von Kindern unter 14 Jahren gegebenenfalls über Stellvertreterinterviews der Eltern)

Operationalisierung des Konzepts der ‚üblichen Umgebung‘ zur Abgrenzung von Alltags-und Reisemobilität

Soll eine Kompatibilität der Ergebnisse zur UN-Definition für Tourismus (United Nations/ Statistical Division 2016) Tourismus hergestellt werden, muss das Abgrenzungskriterium der ‚üblichen Umgebung‘ entsprechend operationalisiert werden. Die im Rahmen des Projektes entwickelte Heuristik zur Bestimmung von Reisemobilität gemäß der UN-Definition stellt lediglich einen ersten, pragmatischen Schritt dar, um Daten, die nicht vor dem Hintergrund dieser Definition erhoben wurden, dennoch nutzbar zu machen. Im Rahmen eines speziell auf diese Fragestellung ausgerichteten Forschungsprojektes sollten aus methodischer Sicht verschiedene mögliche Ansätze zur Definition dieser ‚üblichen Umgebung‘ sowie zur geeigneten Operationalisierung im Kontext quantitativer Erhebungen zur Reisemobilität entwickelt und geprüft werden.

EMPFEHLUNG

Forschungsthema „Konzeptionelle Abgrenzung von Alltags- und Reisemobilität“

- Überprüfung bestehender Abgrenzungsansätze, gegebenenfalls Weiter- und Neuentwicklung für spezifische Fragestellungen
- Operationalisierung des Begriffs ‚übliche Umgebung‘ im Hinblick auf Berücksichtigung dieses Abgrenzungskriteriums im Rahmen empirischer Erhebungen

5.2 Verbesserung der Datenlage aus inhaltlicher Sicht

Emissionsrelevante Eigenschaften von Reisen

Die projekteigene Befragung erwies sich aufgrund ihrer vergleichsweise geringen Stichprobe als nur bedingt geeignet, verschiedene emissionsrelevante Eigenschaften von Reisen zu erfassen. Dies gilt zum einen für sehr reisespezifische Verkehrsmittel wie Wohnmobile, Kreuzfahrtschiffe, Fähren, Haus-, Motor- oder Segelboote sowie vorwiegend touristisch genutzte Bahnen, zum anderen für die verschiedenen Kfz-Zusatzausstattungen wie Dachboxen oder Gepäckträger. Infolge ihrer insgesamt eher seltenen Nutzung sind deutlich größere Stichproben erforderlich, um hinreichend große Fallzahlen zu erzielen. Das gleiche gilt für die Mitführung größerer Gepäckstücke, deren Erfassung in geeigneter Weise zu operationalisieren ist. Diese unzureichende Repräsentation innerhalb der Stichprobe wirkt sich zudem auf die abgeleitete Ermittlung weiterer, für die Emissionsberechnung sehr wichtiger Kennziffern aus, etwa spezifischer Fahrzeugbesetzungsgrade, die sich von denen des Alltagsverkehrs unterscheiden dürften. Gerade die Bestimmung fahrzeug- sowie wege-/reisespezifischer Besetzungsgrade vor allem im motorisierten Individualverkehr stellt hohe (methodische) Anforderungen an die jeweiligen Erhebungen, da hierfür gleichzeitig Informationen aus einer ganzen Reihe von Variablen erforderlich sind. Aus diesem Grund lassen sich Besetzungsgrade bislang auch anhand der anderen Mobilitätserhebungen nur unzureichend abbilden. Mittels entsprechend konzipierter Screenings im Rahmen der Stichprobenziehung ließen sich geeignete Stichproben zusammenstellen, in denen die jeweils interessierenden Merkmale sowohl hinsichtlich ihres Umfangs als auch ihrer Varianz hinreichend vertreten wären. Neben der Stichprobenzusammensetzung sind jedoch auch die jeweils erforderlichen Fragen vorzusehen (zum Beispiel Art des genutzten Fahrzeugs, etappengenaue Anzahl von Mitreisenden).

Zudem sollte das Thema der Bilanzierungssystemgrenze von Reiseverkehr und Reisen weiter diskutiert werden. Es gibt eine Reihe von Reiseverkehrsmitteln, die weitere, über die Beförderung hinausgehende Funktionen erfüllen. Besonders eindrücklich ist dies im Fall der Kreuzfahrtschiffe, wo neben der Hotelinfrastruktur auch weitere Freizeiteinrichtungen an Bord versammelt sind. Demnach führt der Vergleich der gesamten Reisekette oder eine Ökobilanz für verschiedene Reisetypen zu einer besseren Erkenntnis und Einordnung der Gesamtrelevanz.

EMPFEHLUNG
Durchführung fokussierter Spezialerhebungen zur Bestimmung emissionsrelevanter reisespezifischer Kenngrößen

- Erfassung der Nutzung reisespezifischer Verkehrsmittel (einschließlich Kfz-Zusatzausrüstungen)
- differenzierte Erfassung von Haupt- und Zubringerverkehrsmitteln sowie vor Ort genutzter Verkehrsmittel
- Ermittlung reisespezifischer Besetzungsgrade insbesondere von motorisierten Individualverkehrsmitteln
- Erfassung der reisespezifischen Mitführung emissionsrelevanten Gepäcks

EMPFEHLUNG

Forschungsthema „Bilanzierungssystemgrenze von Reiseverkehr und Reisen“

- Entwicklung beziehungsweise Ableitung von Allokationsmethoden und Standardfaktoren zur Aufteilung der Emissionen von Kreuzfahrtschiffen bzw. Wohnmobilen auf die Transport- und Wohn- beziehungsweise Freizeitfunktion
- Typisierung von Reisen und Ableitung typenspezifischer Reiseprofile. Vergleich der Umweltwirkungen innerhalb der definierten Gruppen (zum Beispiel 2-wöchige Urlaubsreise).

Emissionsverhalten von Schiffen

Bezüglich der Datenerfassung zu Emissionen und Verbräuchen in der Hochseeschifffahrt sind in den letzten Jahren europäische und internationale Anstrengungen unternommen worden, da auch dieses Segment nicht mehr von der Klimaschutzdebatte ausgeklammert werden kann. In der Schlussphase des Projektverlaufes sind Daten der EU zur „Überwachung, Meldung und Prüfung von CO_2-Emissionen großer Schiffe, die EU-Häfen anlaufen“ (Europäisches Parlament und Rat 2015) veröffentlich worden und im kommenden Jahr nach Abschluss des Projektes stehen voraussichtlich weitere Daten von der IMO zur Verfügung (IMO 2019). Diese neuen Datensätze beinhalten noch einige Inkonsistenzen und müssten für die Auswertung weiter aufbereitet werden, was im Rahmen dieses Projektes nicht mehr möglich war. Zukünftige Projekte sollten jedoch diese neue Datenbasis weiter analysieren und die Verbrauchs- und Emissionsergebnisse weiter verbessern. Ein wichtiger Aspekt ist hier die Angabe von Auslastungsgraden, die nur selten erfasst und kommuniziert werden, sich aber massiv auf das Endergebnis auswirken (Beispiel: RoPax-Schiffe).

Weiterhin konnte nur ermittelt werden, ob bereits entwickelte Modelle zu Schiffsverbräuchen öffentlich verfügbar sind. Leider waren meist nur aggregierte Ergebnisse in Berichten verfügbar und kaum bis keine Information zur Modellierung und zu Annahmen im Modell (Abbasov 2019; IMO 2014). Hier lohnt sich eine Kontaktaufnahme und Kooperationsanfrage mit entsprechenden Akteuren.

EMPFEHLUNG

Forschungsthema „Bestimmung von Verbrauchs- und Emissionsdaten von Schiffen“

- Systematische Auswertung der aktuell verfügbaren Datensätze zu Kreuzfahrtschiffsverbräuchen und -emissionen auf EU-Ebene (EU Monitoring) und internationaler Ebene (IMO MEPC.278(70)).
- Überprüfung der Nutzbarkeit von öffentlich zugänglichen Automatic Identification System (AIS)-Daten zur genaueren Erfassung von Verkehrsmengen und Einsatzprofilen (zum Beispiel Zeit-Geschwindigkeitsprofile)
- Verbesserung der Datenbasis (zum Beispiel Altersstruktur, Betriebsstunden, Lastprofile) und Weiterentwicklung von TREMOD zur Verbrauchsmodellierung von Schiffen

5.3 Verbesserung der Informationsgrundlagen zur Quantifizierung der Reisemobilität und deren Fortschreibung (Aufbereitung, Fusion, Interpretation)

Die Datenlage zur Beschreibung des Reiseverkehrs in Deutschland und der Deutschen ist durch eine starke Heterogenität geprägt. Einerseits finden sich viele Studien und Erhebungen, die sich

mit Aspekten des Reiseverkehrs befassen, andererseits sind diese jeweils nur auf einen Aspekt fokussiert und verwenden verschiedene Abgrenzungen. Eine Kompatibilität der Daten ist nur schwer herzustellen. Offizielle Statistiken erfassen Zahlen im Sinne des Inlandsprinzips, Befragungen von Personen hingegen beziehen sich auf das Inländerprinzip. Weiterhin befassen sich Studien zur Langstreckenmobilität beziehungsweise zum Fernverkehr mit der Abgrenzung anhand eines Entfernungskriteriums, die nicht übertragbar ist auf die Definition von Reisen gemäß der UNWTO (United Nations 2016). Solche Abgrenzungsprobleme erfordern eine ausführliche und detaillierte Untersuchung von Zahlen sowie die Ableitung von Ergebnissen unter Zuhilfenahme von Annahmen und Annäherungen.

Hinsichtlich der Fortschreibung der Situationsbeschreibung, die hier auf Grundlage der Statistikzahlen und der Mobilitätsbeschreibungen/Verhaltenskennziffern des Jahres 2017 vorgenommen wurden, sind die nachfolgend aufgeführten Sachverhalte zu berücksichtigen:

- Die Mobilität im Alltag ist in den zurückliegenden Jahren weitestgehend stabil (Kompensation der Wirkungen einer zunehmenden Urbanisierung versus einer Mobilisierung älterer Personenkreise vor allem durch die Pkw-Sozialisierung und einer Zunahme von Pendelweiten durch eine zunehmende Spezialisierung/differenzierte Ausbildungsprofile)
- Der Umfang der berufsbedingten Fernmobilität (zum Beispiel durch mehrere Wohnsitze, damit nicht der Reisemobilität zuzurechnen) ist wachsend: Hierzu liegen zwar Einzelbefunde zu, allerdings fällt auf der Grundlage der vorliegenden Daten eine Abgrenzung und insbesondere Quantifizierung der Umfänge schwer.
- Das Wachstum in der Verkehrsleistung findet – unter Berücksichtigung der Stabilität im Bereich des Alltags (siehe hierzu die Zeitreihen des Mobilitätspanels unter www.mobilitaetspanel.de sowie die Vergleiche der Mobilitätskenngrößen bei der MiD 2002, 2008 und 2017) – im Bereich der Reisemobilität statt.

Eine Fortschreibung des Ergebnisses der vorliegenden Studie kann damit auf der Grundlage der amtlichen Statistiken sowie auch der die Mobilitätserhebungen zusammenfassenden regelmäßigen Studie „Verkehr in Zahlen“ (BMVI 2018a) erfolgen. Eine weitere Quelle von Relevanz – gerade wegen des großen Anteils der nicht aus dem Inländerverkehr resultierenden Volumina – bieten die Veröffentlichungen der ADV (Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen). Daraus lassen sich die Veränderungen in der Nachfrage ableiten, sowohl hinsichtlich der Reisenden (nach Herkunftsländern, das heißt durch gebietsansässige und nicht gebietsansässige Personen) als auch hinsichtlich der Reisebeziehungen (zum Beispiel Inländerverkehre, Binnenverkehre, Incoming-Verkehre, Transitverkehre usw.).

Vor dem Hintergrund der Darstellungen lässt sich ableiten, dass die Veränderungen in der Struktur der Mobilität aktuell weitestgehend aus der Reisemobilität resultieren.

Auf Grundlage der Literatur zum Reise- und auch Fernverkehr können die Determinanten der Nachfrage bestimmt werden, die bei einer Fortschreibung der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen. Zu den Determinanten zählen Alter, Status der Erwerbstätigkeit, Sozialisierung, Einkommen, Bildung, Wohnortgröße sowie Haushaltskontext (unter anderem Zumkeller (2005), Manz (2005), Dargay & Clark (2012), dwif (2014) und andere). Zu den sich verändernden Prozessen zählen insbesondere wachsende Einkommen, Kohorteneffekte und Sozialisierungen, zunehmende Bildungsniveaus, Urbanisierung, die Entwicklung weiträumigerer sozialer Netzwerke

(Familien, Freunde, Bekannte) sowie Treiber auf der Angebotsseite des Verkehrssystems (zum Beispiel neue Verkehrsangebote, Digitalisierung, Erhöhung der Reisegeschwindigkeiten).[14]

Diese nachfrage- und angebotsseitigen Prozesse dürften auch in Zukunft ceteris paribus die Reisemobilität prägen und sind demzufolge in geeigneter Form zu berücksichtigen.

Eine Quantifizierung des jeweiligen Erklärungsbeitrags dieser Einflussprozesse oder -komponenten ist jedoch vor dem Hintergrund der verfügbaren Daten zum Mobilitätsverhalten im Reiseverkehr nicht möglich. Vor diesem Hintergrund wäre aus verkehrsstatistischen Gründen zur Bestimmung der aktuell wirksamen Determinanten der Fern- und Reisemobilität sowie auch zur Ermittlung von Vermeidungspotenzialen im Zusammenhang mit der Reisemobilität die Durchführung einer breit und umfassend angelegten Mobilitätserhebung im Fern- und Reiseverkehr angeraten.

[14] Im parallel laufenden Projekt „Handlungsoptionen für eine ökologische Gestaltung der Langstreckenmobilität im Personenverkehr und der Transportmittelwahl im Güterfernverkehr“, Forschungskennzahl 3717 58 102 0, Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) werden solche Einflussfaktoren näher untersucht, insbesondere Motive, Einstellungen und Präferenzen, die Entscheidungen im Reisekontext (zum Beispiel Ziel- und Verkehrsmittelwahl) beeinflussen.

6 Quellenverzeichnis

§ 3 StVO 2013 - Einzelnorm (2013): https://www.gesetze-im-internet.de/stvo_2013/__3.html. (15.03.2019).

§ 18 StVO 2013 - Einzelnorm (2013): https://www.gesetze-im-internet.de/stvo_2013/__18.html. (15.03.2019).

Abbasov, F. (2019): One Corporation to Pollute Them All: Luxury cruise air emissions in Europe. Transport & Environment, Brüssel. https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/One%20Corporation%20to%20Pollute%20Them%20All_English.pdf (02.12.2019).

ADAC (2014a): Mehrverbrauch durch Dachboxen. In: Dachboxen im Test 2013. https://web.archive.org/web/20140301172259/http://www.adac.de:80/infotestrat/tests/autozubehoer-technik/dachboxen/2013_dachboxentest_mehr.aspx. (19.01.2019).

ADAC (2014b): Deutlicher Mehrverbrauch durch Fahrradträger. In: Sparen beim Fahren. https://web.archive.org/web/20140817090015/http://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/spritsparen/antwort_16.aspx?ComponentId=127378&SourcePageId=47804. (19.01.2019).

ADAC (2017): ADAC Test - Zugwagen 2017. In: ADAC Zugwagentest 2017. https://www.adac.de/infotestrat/tests/camping-test/zugwagentest/zugwagentest_2017/default.aspx. (13.03.2019).

ADAC (2018): Fahrrad richtig transportieren. https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/fahrrad/fahrrad-transport/. (15.03.2019).

ADAC (2019): Wohnmobile im Einzeltest. In: Camping. https://www.adac.de/infotestrat/tests/camping-test/default.aspx?ComponentId=29716&SourcePageId=8749&quer=wohnmobil. (14.03.2019).

ADAC Fahrzeugtechnik (2019): ADAC EcoTest - Fünf Sterne für die Umwelt. In: ADAC EcoTest - Fünf Sterne für die Umwelt. https://www.adac.de/infotestrat/tests/eco-test/default.aspx?ComponentId=29755&SourcePageId=8749&quer=ecotest. (13.03.2019).

ADV (2015): Airport Travel Survey 2015 – Zahlen, Fakten, Trends. Flughafenverband ADV (Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen), Berlin.

ADV (2018): Airport Travel Survey 2018 – Zahlen, Fakten, Trends. Flughafenverband ADV (Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen), Berlin.

A-ROSA Flussschiff GmbH (2019): A-ROSA AQUA - Rhein Kreuzfahrtschiff. In: A-ROSA. https://www.a-rosa.de/flusskreuzfahrten/a-rosa-flotte/a-rosa-aqua.html. (14.03.2019).

atmosfair (2010): CO2 Emissionsrechner für Hochseekreuzfahrten. https://www.atmosfair.de/wp-content/uploads/doku-kreuzfahrtrechner.pdf (26.07.2018).

Bäumer, M.; Hautzinger, H.; Pfeiffer, M.; Stock; W.; Lenz, B.; Kuhnimhof, T.; Köhler, K. (2017a): Fahrleistungserhebung 2014 "Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko“. Heft V291. Bericht zum Forschungsprojekt FE 82.0584/2013: Fahrleistungserhebung 2014: Begleitung und Auswertung.

Bäumer, M.; Hautzinger, H.; Pfeiffer, M.; Stock; W.; Lenz, B.; Kuhnimhof, T.; Köhler, K. (2017b): Fahrleistungserhebung 2014 –„ Inländerfahrleistung“. Heft V290. Bericht zum Forschungsprojekt FE 82.0584/2013: Fahrleistungserhebung 2014: Begleitung und Auswertung.

BFS / ARE 2017: Verkehrsverhalten der Bevölkerung. Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015, Bundesamt für Statistik / Bundesamt für Raumentwicklung, Neuenburg/Bern.

BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) [Hrsg.] (2018a): Verkehr in Zahlen 2018/2019. 47. Jahrgang. Bearbeitung: Sabine Radtke, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)/ Institut für Verkehrsforschung und dem Kraftfahrt-Bundesamt (KBA). https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-in-zahlen_2018-pdf (13.08.2019)

BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) (2018b): Regionalstatistische Raumtypologie (RegioStaR) des BMVI für die Mobilitäts- und Verkehrsforschung. Referat G 13 Prognosen, Statistik und Sondererhebungen. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Arbeitspapier. Version V1.1. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/regiostar-arbeitspapier.pdf?__blob=publicationFile (13.08.2019)

Boat Fuel Economy (2019): Boat Fuel Economy | Outboard motors and Boat motors | MerCruiser | Mercury | Evinrude | Yamaha | Suzuki | Honda | Volvo Penta Diesel Marine engines. http://www.boat-fuel-economy.com/. (14.03.2019).

Bundesregierung (2016): Klimaschutzplan 2050.

CLIA (2018): Hochsee-Kreuzfahrtmarkt Deutschland 2017. Vorstellung der Studie. Cruise Lines International Association (CLIA) Germany. 08. März 2018, Berlin.

CruiseMapper (2019): Cruise Ships Schedules. https://www.cruisemapper.com/ships. (14.03.2019).

Dargay, J.; Clark, S. (2012): The determinants of long distance travel in Great Britain. In: Transportation Research Part A: Policy and Practice, Jahrgang 46, Heft 3, März 2012, Elsevier, Amsterdam, S. 576 – 587. https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.11.016 (01.07.2019)

Destatis (2018a): Verkehr – Luftverkehr auf Hauptverkehrsflughäfen. Statistisches Bundesamt (Destatis). Fachserie 8 Reihe 6.1.

Destatis (2018b): Tourismus in Zahlen - 2017. Statistisches Bundesamt (Destatis). Artikelnummer 1021500177005

Destatis (2019a): Verkehr – Luftverkehr. Statistisches Bundesamt (Destatis). Fachserie 8 Reihe 6.

Destatis (2019b): Personenverkehr mit Bussen und Bahnen 2017. Statistisches Bundesamt (Destatis). Fachserie 8 Reihe 3.1

dwif (2014): Tagesreisen der Deutschen – Grundlagenuntersuchung. Deutsches Wirtschaftswissenschaftliches Institut für Fremdenverkehre e.V. (dwif e.V.), [Hrsg.]: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin

Ecke, L.; Chlond, B.; Magdolen, M.; Eisenmann, C.; Hilgert, T.; Vortisch, P. (2019): Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen. Bericht 2017/2018: Alltagsmobilität und Fahrleistung. Karlsruhe. http://mobilitaetspanel.ifv.kit.edu/downloads/Bericht_MOP_17_18.pdf (06.08.2019)

Eisenmann, C. (2018): Mikroskopische Abbildung von Pkw-Nutzungsprofilen im Längsschnitt. Dissertation am Institut für Verkehrswesen des Karlsruhe Institut für Technologie. Karlsruhe.

Europäisches Parlament und Rat (2015): Verordnung (EU) 2015/ 757. S. 22.

European Commission (2016): Reducing emissions from the shipping sector. https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping_en. (07.03.2019).

European Union (2016): Flash Eurobarometer 432 – Preferences of Europeans towards tourism. Survey requested by the European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs and co-ordinated by the Directorate-General for Communication

Eurostat (2019): Sold production, exports and imports by PRODCOM list (NACE Rev. 2) - annual data [DS-066341] Last update: 31-07-2019.

Eurostat (2013). Methodological manual for tourism statistics, 2013.

Fisch, D.; Fischl, T. (2019): Spritverbrauch berechnen und Autokosten verwalten - Spritmonitor.de. https://www.spritmonitor.de/. (14.03.2019).

Frick, R.; Belart, B.; Schmied, M.; Grimm, B.; Schmücker, D. (2014): Langstreckenmobilität – Aktuelle Trends und Perspektiven. Grundlagenstudie im Auftrag des ifmo Institut für Mobilitätsforschung. Bern, Kiel, 89 S. https://www.ifmo.de/files/publications_content/2014/7248a_ifmo_Schlussbericht_140228.pdf (01.07.2019)

F.U.R. (2019): ReiseAnalyse 2019 – Erste Ergebnisse der 49. Reiseanalyse zur ITB 2019. Forschungsgemeinschaft Urlaub und Reisen e.V. (F.U.R), Kiel. https://reiseanalyse.de/wp-content/uploads/2019/03/RA2019_Erste-Ergebnisse_DE.pdf (06.08.2019)

Hafen Hamburg (2019): Port of Hamburg: Schiffe. In: Die offizielle Internetseite des Hamburger Hafens. https://www.hafen-hamburg.de/schiffe. (14.03.2019).

Helms, H.; Kräck, J. (2016): Energy savings by light-weighting - 2016 Update. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg. S. 70.

ifeu (2009): Aktualisierung des Modells TREMOD – Mobile Machinery (TREMOD-MM). Institut für Energie und Umweltforschung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, Heidelberg.

IMO (2014): Third IMO Greenhouse Gas Study 2014. International Maritime Organization (IMO), London. http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf (14.03.2019).

IMO (2016): New requirements for international shipping as UN body continues to address greenhouse gas emissions. http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/28-MEPC-data-collection--.aspx. (13.03.2019).

IMO (2018): Next steps to deliver IMO GHG strategy. http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/18-MEPCGHGprogramme.aspx. (11.03.2019).

IMO (2019): Data collection system for fuel oil consumption of ships. http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Data-Collection-System.aspx. (02.12.2019).

Keller, M.; Hausberger, S.; Matzer, C.; Wüthrich, P.; Notter, B. (2017): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.3. S. 34.

Knörr, W.; Heidt, C.; Gores, S.; Bergk, F. (2016): Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030“ (TREMOD) für die Emissionsberichterstattung 2016 (Berichtsperiode 1990-2014). ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. In Zusammenarbeit mit dem Öko-Institut, Heidelberg. S. 1–97.

Knörr, W.; Heidt, C.; Gores, S.; Bergk, F. (2019): Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030“ (TREMOD) für die Emissionsberichterstattung 2019 (Berichtsperiode 1990-2017). ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung. Im Auftag des Umweltbundesamtes. In Zusammenarbeit mit dem Öko-Institut, Heidelberg. S. 1–97. (in Bearbeitung).

Kräck, J.; Jöhrens, J.; Helms, H. (2015): Ermittlung des realitätsnahen und nutzerspezifischen Energieverbrauchs aktueller Elektrofahrzeuge auf Basis individueller Fahrprofile und standardisierter Messdaten. In: Elektrik/Elektronik in Hybrid- und Elektrofahrzeugen und elektrisches Energiemanagement VI. Expert Verlag, Bad Boll. S. 16.

MAN (2019): Übersicht | MAN-Motoren für Berufsschifffahrt | MAN Engines. https://www.engines.man.eu/global/de/marine/motoren-fuer-die-berufsschifffahrt/uebersicht/Uebersicht.html. (14.03.2019).

Manz, W. (2005): Mikroskopische längsschnittorientierte Abbildung des Personenfernverkehrs. Schriftenreihe Institut für Verkehrswesen Universität Karlsruhe, Heft 62/05. Karlsruhe.

Marty, P.; Corrignan, P.; Gondet, A.; Chenouard, R.; Hétet, J.-F. (2012): Modelling of energy flows and fuel consumption on board ships: application to a large modern cruise vessel and comparison with sea monitoring data. Ecole Centrale de Nantes.

Matzer, C.; Weller, K.; Dippold, M.; Lipp, S.; Röck, M.; Rexeis, M.; Hausberger, S. (2019): Update of emission factors for HBEFA Version 4.1. Graz. S. 138.

Mayer, T. (2018): Geschwindigkeit beim Fahren mit einer Dachbox. In: ExpertenTesten.

Mell, W.-D. (2016): Strukturen im Bootsmarkt update 2016. FVSF-Forschungsbericht Forschungsvereinigung für die Sport- und Freizeitschifffahrt e.V. (FVSF), Köln.

MiD (2017): Mobilität in Deutschland – MiD, Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Bonn. http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf (13.08.2019)

MiD (2017a): Mobilität in Deutschland – MiD, faktisch anonymisiertes Datensatzpaket B1. Studie von infas, DLR, IVT und infas360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Bonn. http://daten.clearingstelle-verkehr.de/279/ (13.08.2019)

MiD (2019): Mobilität in Deutschland – MiD, Kurzreport (Version 2.1, aktualisierte Fassung. Studie von infas, DLR, IVT und infas360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Bonn. http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/infas_Mobilitaet_in_Deutschland_2017_Kurzreport_DS.pdf (13.08.2019)

MZMV (2015): Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV). Bundesamt für Statistik. Eidgenössisches Department des Innern (EDI). Schweizerische Eidgenossenschaft.

NABU (2018): Kreuzfahrt-Ranking 2018. NABU – Naturschutzbund Deutschland e.V., Berlin. https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/verkehr/180821-nabu-kreuzfahrtranking_2018.pdf (14.03.2019).

Nautal (2019): Hausboot mieten in Deutschland. In: Nautal. https://www.nautal.de/. (14.03.2019).

Neptun Werft (2019): Flusskreuzfahrtschiffe. https://www.neptunwerft.de/de/neptunwerft_de/schiffe/flusskreuzfahrtschiffe/flusskreuzfahrtschiffe_2.jsp. (14.03.2019).

Nobis, C.; Köhler, K. (2019): Mobilität in Deutschland – MiD 2017: Nutzerhandbuch. Anhang 4, Variablenaufbereitung Wegedatensatz. Ausgabe Januar 2019. http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/4_MiD2017_Variablenaufbereitung.zip (13.08.2019)

Nobis, C.; Schulz, A. (2017): Long-distance travel in Germany. Modular analysis and methodological comparison of available data. 11th International Conference on Transport Survey Methods (ISCTSC 2017), 24.-29.09.2017, Estérel (Québec, Canada).

Paris Agreement (2015): UNFCCC Decision 1/CP.21.

Spiegel (2019): “Eigenbeitrag der Branche stimmt nicht”: Atmosfair streicht CO_2-Kompensation für Kreuzfahrten (2019-10-09). In: Spiegel Online.

Statistisches Bundesamt (2016): Verkehr: Seeschifffahrt. Fachserie 8 5, https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Schifffahrt/SeeschifffahrtJ2080500167004.pdf?__blob=publicationFile (19.07.2018).

StVOAusnV 9 - Neunte Verordnung über Ausnahmen von den Vorschriften der Straßenverkehrs-Ordnung (1998): https://www.gesetze-im-internet.de/stvoausnv_9/BJNR317100998.html. (15.03.2019).

StVOAusnV 12 - Zwölfte Verordnung über Ausnahmen von den Vorschriften der Straßenverkehrs-Ordnung (2005): https://www.gesetze-im-internet.de/stvoausnv_12/BJNR086600005.html. (15.03.2019).

UBA (2018): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2018. Umweltbundesamt, Dessau.

United Nations (2010): International Recommendations for Tourism Statistics 2008 (IRTS 2008). United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division: Studies in Methods. Series M No. 83/Rev.1 (ST/ESA/STAT/SER.M/83/Rev.1), United Nations, New York, 134 S. https://unstats.un.org/unsd/publication/Seriesm/SeriesM_83rev1e.pdf (01.07.2019)

United Nations (2016): International Recommendations for Tourism Statistics 2008 Compilation Guide (IRTS 2008 Compilation Guide). United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division: Studies in Methods. Series M No. 94 (ST/ESA/STAT/SER.M/94), United Nations, New York. 277 S. https://unstats.un.org/unsd/tradeserv/tourism/E-IRTS-Comp-Guide%202008%20For%20Web.pdf (01.07.2019)

United Nations; Statistical Division (2016): International recommendations for tourism statistics 2008 compilation guide.

VDR (2017): VDR-Geschäftsreiseanalyse 2018. Verband Deutsches Reisemanagement e.V. (VDR). 15. Ausgabe, VDR, Frankfurt am Main. https://www.vdr-service.de/fileadmin/services-leistungen/fachmedien/geschaeftsreiseanalyse/VDR-Geschaeftsreiseanalyse-2017_GRA.pdf (13.08.2019)

VDR (2018): VDR-Geschäftsreiseanalyse 2018. Verband Deutsches Reisemanagement e.V. (VDR). 16. Ausgabe, VDR, Frankfurt am Main. https://www.vdr-service.de/fileadmin/services-leistungen/fachmedien/geschaeftsreiseanalyse/VDR-Geschaeftsreiseanalyse-2018_GRA.pdf (12.08.2019)

VDV (2011): VDV Statistik 2010.

VDV (2018): VDV Statistik 2017.

Viking River Cruises (2019): Viking River Cruises | Our Fleet Overview. https://www.vikingrivercruises.co.uk/ships/index.html. (14.03.2019).

VTT Technical Research Centre of Finland (2017): LIPASTO - Unit emissions. http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/indexe.htm. (31.01.2019).

Wischer, H. (2007): Wie viel PS braucht mein Boot? Die Welt. Veröffentlicht am 08.12.2007. https://www.welt.de/welt_print/article1441300/Wie-viel-PS-braucht-mein-Boot.html (14.03.2019).

WSV (2017): Bestand an Binnenschiffen in Deutschland. Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV). Zentrale Binnenschiffsbestandsdatei (ZBBD), Bonn. https://www.elwis.de/DE/Untersuchung-Eichung/ZBBD/ZBBD-node.html (13.03.2019).

Zumkeller, D.; Manz, W.; Last, J.; Chlond, B. (2005): Die intermodale Vernetzung von Personenverkehrsmitteln unter Berücksichtigung der Nutzerbedürfnisse (INVERMO) – Schlussbericht. Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Programm „Mobilität und Verkehr besser verstehen“. 19 M 9832 A0. Karlsruhe, März 2005. http://verkehrspanel.ifv.kit.edu/download/INVERMO_Abschluss_Praesentationen/INVERMO_Schlussbericht.pdf (12.08.2019)