

Klimabilanz von Reisen mit Reisemobilen und Caravans

Vergleich von typischen Campingreisen mit weiteren Verkehrsmittel- und
Übernachtungsmöglichkeiten

Fabian Bergk, Kirsten Biemann, Claudia Kämper, Jan Kräck, Wolfram Knörr

Heidelberg, August 2020



Erstellt im Auftrag des Caravan Industrie Verbands e.V. und
der Caravaning Informations GmbH

IMPRESSUM

Autoren: Fabian Bergk
Kirsten Biemann
Claudia Kämper
Jan Kräck
Wolfram Knörr

Herausgeber: ifeu – Institut für Energie- und Umweltfor-
schung Heidelberg gGmbH
Wilckensstraße 3, D-69120 Heidelberg

Erscheinungsjahr: 2020

Bildquelle Titelbild: © scharfsinn86/AdobeStock.com

56 Seiten

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	6
1 Ziele und Inhalt	8
2 Methodische Vorbemerkungen	9
2.1 Betrachtete Lebenswegabschnitte	9
2.2 Betrachtete Wirkungskategorien	9
2.3 Bilanzierung der energetischen Vorketten	10
3 Bilanzierung Reisemobile und Caravans	12
3.1 Definition der Fahrzeugtypen	12
3.2 Bilanzierung der Fahrzeugbereitstellung	12
3.2.1 Vorgehen	12
3.2.2 Ergebnisse	15
3.3 Bilanzierung des Fahrzeugbetriebs bei Ortsveränderungen	16
3.3.1 Vorgehen	16
3.3.2 Ergebnisse	19
3.4 Bilanzierung des Fahrzeugbetriebs bei Übernachten	21
3.4.1 Vorgehen	21
3.4.2 Ergebnisse	23
4 Bilanzierung weiterer Emissionsquellen	25
4.1 Bilanzierung sonstige Verkehrsmittel	25
4.2 Bilanzierung der Unterkünfte	27
4.2.1 Campingplätze	27
4.2.2 Hotels	29
4.3 Bilanzierung der Vor-Ort-Mobilität	30
5 Emissionen Reisemobile und Caravans	32
5.1 Emissionen für das Fahren	34
5.2 Emissionen für das Übernachten	35
6 Emissionen von Reisen im Vergleich	37
6.1 Rügen-Reise	38

Inhalt

6.2	Südfrankreich-Reise	40
6.3	Skandinavien-Reise	41
6.4	Vergleich der Reisen	44
7	Technische Potenziale der Reisemobile und Caravans 2030+	47
7.1.1	Elektrifizierung und Hybridisierung von Reisemobilen	47
7.1.2	Elektrifizierung Caravan	48
7.1.3	Leichtbau Reisemobile	49
8	Fazit und Ausblick Caravaning	50
	Literaturverzeichnis	52
	Tabellenanhang	54

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Aufbau des Modells zur Bilanzierung der Fahrzeugbereitstellung von Reisemobilen und Caravan	14
Abbildung 3-2: Treibhausgasemissionen von Reisemobil, Caravan und Diesel-Pkw der Herstellung und Entsorgung	15
Abbildung 3-3: Schematischer Ablauf der längsdynamischen Fahrzeugsimulation in VEHMOD (eigene Darstellung)	16
Abbildung 3-4: Vorgehen bei der Kalibrierung und Parameterjustierung der Reisemobile zur Verbrauchssimulation.	17
Abbildung 3-5: Vorgehen bei der Ermittlung der streckenspezifischen Verbräuche für Reisemobile für Innerorts-, Außerorts- und Autobahnstraßenabschnitte.	18
Abbildung 3-6: Beispiel der Anpassung eines Zeit-Geschwindigkeits-Profils zur Verbrauchssimulation auf die zulässige Höchst- bzw. maximale Reisegeschwindigkeit von Reisemobilen und Caravans	19
Abbildung 3-7: Treibstoffverbräuche [l/100 km] und THG-Emissionen [g CO ₂ -Äquivalente je Fahrzeugkilometer] der Reisemobile für Innerorts-, Außerorts und Autobahnverkehr bei der jeweiligen Reisehöchstgeschwindigkeit.	20
Abbildung 3-8: THG-Emissionen der Ortsveränderung für die Reise- und die Vor-Ort-Mobilität in Deutschland.	21
Abbildung 3-9: Soll-Innenraumtemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur	22
Abbildung 3-10: Nutzungszeiten der Reisemobile in Abhängigkeit der Tagesstunde	22
Abbildung 3-11: Mittlerer täglicher Energiebedarf zur Klimatisierung (Kühlen/Heizen) der Reisemobile an den Zielorten im jeweiligem Betrachtungszeitraum.	23
Abbildung 4-1: THG-Emissionen der Ortsveränderung der Vor-Ort-Mobilität.	27
Abbildung 4-2: THG-Emissionen je Übernachtung und Gast von Campingplätzen in Europa	28
Abbildung 4-3: THG-Emissionen von Hotelübernachtungen pro Nacht und Gast im Sommer in verschiedenen Ländern	30
Abbildung 5-1: Durchschnittliche THG-Emissionen je Fahrzeugkilometer mit verschiedenen Reisemobiltypen und Caravans in Deutschland.	34

Abbildung 5-2: Vergleich Fernverkehrsmittel Emissionen je Personenkilometer bei einem Besetzungsgrad von 2 Personen für Reisemobile/ Caravan/ Pkw; Öffentlicher Personenfernverkehr (ÖPFV) und Flugzeug mit durchschnittlicher Besetzung	35
Abbildung 5-3: Durchschnittliche THG-Emissionen eines Fahrzeugs je Übernachtung auf einem Stellplatz mit verschiedenen Reisemobiltypen und Caravans in Deutschland.	35
Abbildung 5-4: Durchschnittliche Emissionen je Übernachtung und Person im Vergleich zwischen Hotel (Sommerbetrieb), Campingplatz und Stellplatz für Deutschland	36
Abbildung 6-1: THG-Emissionen der Rügen-Reise für 2 Personen bei verschiedenen Verkehrsmitteln und Reiseformen	38
Abbildung 6-2: THG-Emissionen der Rügen-Reise bei Reisemobilen und Caravans	39
Abbildung 6-3: Vergleich der THG-Emissionen pro Person bei einer Reise mit 2 Personen und 4 Personen je Fahrzeug	39
Abbildung 6-4: THG-Emissionen der Südfrankreich-Reise bei verschiedenen Verkehrsmitteln und Reiseformen	40
Abbildung 6-5: THG-Emissionen der Rügen-Reise bei Reisemobilen und Caravans	41
Abbildung 6-6: Route der angenommenen Skandinavienrundtour	42
Abbildung 6-7: THG-Emissionen der Skandinavien-Reise für 2 Personen bei verschiedenen Verkehrsmitteln und Reiseformen	44
Abbildung 6-8: Emissionen der Reisen im Vergleich	45
Abbildung 6-9: Emissionen der Reisen im Vergleich je Reisetag	46
Abbildung 7-1: Kilometerspezifische Treibstoffersparnis bei 100 kg Gewichtsreduktion für Innerorts-, Außerorts- und Autobahnstraßenabschnitte. Eigene Berechnungen.	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Treibhausgasemissionen der Strombereitstellung (Niederspannung)	11
Tabelle 2-2:	Treibhausgasemissionen der Wärmebereitstellung Campingplätze/ Hotels	11
Tabelle 3-1:	Wichtige Fahrzeugeigenschaften zur Bilanzierung der Reisemobile und des Caravans	13
Tabelle 3-2:	Gewichtung der Straßenkategorien nach Mobilitätstyp	20
Tabelle 4-1:	Energieverbrauch und Emissionen von Pkw nach Nutzungsmuster	26
Tabelle 4-2:	Exkurs Hochseeschiffahrt	26
Tabelle 4-3:	Energieverbrauch und THG-Emissionen von Übernachtung auf Campingplätzen in Europa je Übernachtung [ÜN] bei zwei Personen	29
Tabelle 4-4:	Verteilung der Verkehrsleistung der Vor-Ort-Mobilität auf die verschiedenen Verkehrsmittel	31
Tabelle 5-1:	Durchschnittliche Nutzung von Reisemobilen und Caravans	32
Tabelle 5-2:	Emissionen im Jahr von Reisemobilen [kg CO _{2äq}]	33
Tabelle 5-3:	Emissionen von Caravans [kg CO _{2äq}]; C = Caravan, ZF = Zugfahrzeug	33
Tabelle 6-1:	Betrachtete Reiseziele und -typen im Vergleich	37
Tabelle 0-1:	Bestand von Reisemobilen und Caravans nach Erstzulassungsjahr	54
Tabelle 0-2:	Emissionen im Fahrzeugleben von Reisemobilen [kg CO _{2äq}]	54
Tabelle 0-3:	Energieverbrauch der durchschnittlichen Nutzung	55
Tabelle 0-4:	Emissionen von öffentlichen Verkehrsmitteln	55
Tabelle 0-5:	Energieverbrauch und THG-Emissionen von Campingplätzen in Europa je Übernachtung und Gast	55
Tabelle 0-6:	Kumulierter Energieverbrauch und THG-Emissionen von Hotels im Sommer je Gast und Übernachtung	56
Tabelle 0-7:	THG-Emissionen von Caravanreisen nach der Rügen bei Übernachtung auf dem Stellplatz für 2 Personen; in kg CO ₂ -Äquivalenten	56
Tabelle 0-8:	THG-Emissionen von Caravanreisen nach der Südfrankreich bei Übernachtung auf dem Stellplatz für 2 Personen; in kg CO ₂ -Äquivalenten	56

Tabelle 0-9: THG-Emissionen von Caravanreisen nach der Skandinavien
bei Übernachtung auf dem Stellplatz für 2 Personen; in kg
CO₂-Äquivalenten

56

1 Ziele und Inhalt

Die Mobilität der Deutschen wird zunehmend vom Tourismus geprägt, welcher damit eine wichtige gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung erhält. Damit verbunden sind jedoch relevante Mengen an klimawirksamen Emissionen. Der Caravaning Industrie Verband e. V. hat vor diesem Hintergrund und der zunehmenden Bedeutung von „Corporate Social Responsibility“ eine Studie zur Klimabilanz von Reisen mit Reisemobilen und Caravans erstellen lassen. In diesem Zusammenhang wurden bereits in den Jahren 2007 und 2013 Studien vom Öko-Institut e.V. durchgeführt.

Dieser Bericht zu dem hier dargestellten Vorhaben soll dazu dienen, die Methodik, Kennzahlen und Ergebnisse der Vorgängerstudien zu aktualisieren. Außerdem soll die Klimabilanz in Hinblick auf aktuelle Diskussionen um den Aspekt der Fahrzeugherstellung, -wartung und -entsorgung erweitert werden. Dazu werden sowohl verschiedene Reisemobiltypen und Caravans (Wohnwagen) betrachtet, als auch konkurrierende Verkehrsträger für den Zweck mehrtägiger Urlaubsreisen.

Als Ergebnis wurden die Emissionen und der Energieverbrauch von Reisemobilen und Caravans über deren Lebensdauer bzw. über ein durchschnittliches Jahr ermittelt. Zudem enthält die Studie analog zu den Vorgängerstudien für typische Reisemobil- bzw. Caravanreisen Vergleiche mit alternativen Reisetypen. Neben den Emissionen aus der An- und Abreise sind dabei auch die Emissionen der Vor-Ort-Mobilität und von Übernachtungen berücksichtigt. Zusammengefasst können damit verschiedene Reisemobil- und Caravantypen sowohl mit anderen Verkehrsmitteln als auch mit anderen Urlaubsformen verglichen werden. Zudem werden emissionsrelevante Entwicklungen bei den Reisemobilen und Caravans betrachtet, um einen Ausblick darauf zu geben, wie der angestellte Vergleich in den 2030er Jahren aussehen könnte. Zudem sind Empfehlungen eines Best-Practice für einen möglichst umweltschonenden Caravaningurlaub abgeleitet.

2 Methodische Vorbemerkungen

Zur Bestimmung der Klimabilanz wird die Methode der Lebenszyklusanalyse ausgewählt. Bei dieser wird eine systematische Untersuchung der Umweltwirkungen über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes durchgeführt. Damit ist sowohl der Abbau der benötigten Rohstoffe, die Verarbeitung zu einem Produkt, die Nutzung des Produktes sowie die Entsorgung am Lebensende und alle dabei anfallenden (direkten) Emissionen abgedeckt. Auch alle vor- und nachgelagerten Prozesse werden, soweit nicht anders angegeben, mitberücksichtigt.

Mit Hilfe dieser Methode werden alle für die Reisen relevanten Klimawirkungen abgedeckt und ein Vergleich der verschiedenen Reiseformen ermöglicht.

2.1 Betrachtete Lebenswegabschnitte

Ziel dieser Studie ist eine Betrachtung der Umweltwirkungen über den Lebensweg eines Reisemobils von der Herstellung über die Nutzung bis zur Entsorgung sowie der Vergleich von Reisen.

Dazu werden zunächst für Reisemobile (Caravan und Reisemobile) die Aufwendungen für die Herstellung, Wartung und Entsorgung bilanziert. Im nächsten Schritt wird die Nutzungsphase mit Fahrzeugbetrieb im Stand (Funktion Wohnen) und während der Fahrt (Funktion Fahren) abgebildet. Ebenfalls enthalten sind die dafür benötigten Energieträger und ihre Bereitstellung.

Für den Reisevergleich werden analog die Emissionen weiterer Verkehrsmittel, welche zur An-/ Abreise oder für die Vor-Ort Mobilität genutzt werden, bilanziert.

Als Alternative zum Reisemobil werden eine Hotel- und eine Campingplatzübernachtung aufgenommen. Bei der Hotelübernachtung werden sowohl die Hotelbereitstellung als auch der Hotelbetrieb und die damit verbundene Energieträgernutzung (z. B. für Kühlen oder Heizen) bilanziert. Ausgenommen von der Analyse sind lediglich die jeweils benötigte Straßeninfrastruktur sowie die Verpflegung (also die Lebensmittel), wobei Aufwendungen für Kochen und Kühlen mitberechnet sind.

2.2 Betrachtete Wirkungskategorien

Grundsätzlich werden in dieser Untersuchung für die quantitative Bewertung der Umweltwirkung folgende Wirkungskategorien betrachtet:

- (kumulierter) Energieverbrauch

- Treibhausgasemissionen¹ und Wirkung von Treibhausgaseffekten (erhöhte Klimawirkung des Luftverkehrs in Reise Flughöhe)

Neben der Ausweisung des Endenergieverbrauchs wird auch der kumulierte Energieaufwand (KEA) bilanziert. Dieser kumulierte Energieaufwand enthält neben der direkt genutzten Energie für die Herstellung eines Produktes oder die Erbringung einer Dienstleistung auch die im Produkt gespeicherte („graue“) Energie.

Bei verschiedenen Aktivitäten wie der Verbrennung von fossilen Rohstoffen werden Treibhausgase freigesetzt. Die wichtigsten Treibhausgase sind Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas. Bei Flugzeugen trägt auch der Ausstoß von Wasserdampf, Partikeln und Schwefel- sowie Stickoxidemissionen in großen Höhen zum Treibhauseffekt bei. Dieser so genannte emission weighting factor (EWf) hängt von der Flugdistanz ab und ist umso höher, je weiter die Entfernungen ist.

2.3 Bilanzierung der energetischen Vorketten

In diesem Kapitel wird kurz auf die Bilanzierung der unterschiedlichen Energievorketten für Kraftstoffe, Strom und Wärme/ Heizen eingegangen.

Die Emissionen für **Diesel** sind aus dem ifefu-eigenen Emissionsberechnungsmodell TREMOD entnommen². Dabei werden neben den Emissionen der Energiebereitstellung auch die klimawirksamen Nicht-CO₂-Emissionen berücksichtigt, die bei der Verwendung von Diesel im Straßenverkehr und bei seiner Bereitstellung entstehen. Mit diesen hat Diesel eine Treibhausgaswirkung von 87,36 g CO_{2äq} je MJ bzw. 3,09 kg CO_{2äq} je Liter.

Strom wird sowohl für die Campingplätze als auch für die Hotelübernachtungen benötigt. Je nachdem in welchem Land die Reise stattfindet, bringt dieser Strom dabei unterschiedliche hohe Umweltwirkungen mit sich. Während Frankreich vor allem auf Kernenergie setzt, haben die skandinavischen Länder sehr hohe Anteile an erneuerbaren Energien (vor allem Wasserkraft). Der deutsche Strommix weist mit 571 g CO_{2äq}/ kWh die höchsten Treibhausgasemissionen der betrachteten Länder auf.

Berechnet sind alle Strommische auf Basis der Ländermische nach Eurostat für das Jahr 2017. Dabei wird das ifefu Modell Strommaster genutzt, in dem kontinuierlich aktualisiert alle relevanten Stromerzeugungstechnologien mit ihren Umweltwirkungen abgebildet werden.

Folgende Treibhausgasemissionen der Strombereitstellung werden für die betrachteten Länder angenommen:

¹ Verwendet werden die Treibhausgasemissionen nach IPCC 2013 für eine 100 Jahres Perspektive und ohne Feedback (climate-carbon feedback), d. h. ohne Einflüsse auf den Kohlenstoffkreislauf zu berücksichtigen, welche zu einer Verstärkung des Effektes führen können

² https://www.ifefu.de/projekt/uba_tremod_2019/

Tabelle 2-1: Treibhausgasemissionen der Strombereitstellung (Niederspannung)

Land	Treibhausgasemissionen des Stroms (Niederspannungsebene)
Deutschland	571 g CO _{2äq} / kWh
Frankreich	96 g CO _{2äq} / kWh
Mix Skandinavien	102 g CO _{2äq} / kWh

Für die **Wärmebereitstellung** wird der Energieträgermix aus dem ifeu-eigenen Gebäudemodell GEMOD¹ für die Gebäudekategorie „Beherbergung, Gaststätten, Heime“ verwendet. Der in dem Energieträgermix verwendete Anteil an Strom wird mit den Emissionen des Strommixes des Landes, in dem sich der Verbraucher befindet, angepasst (siehe Tabelle 2-2).

Tabelle 2-2: Treibhausgasemissionen der Wärmebereitstellung Campingplätze/ Hotels

Land	Treibhausgasemissionen der Wärmebereitstellung
Deutschland	269 g CO _{2äq} / kWh
Frankreich	225 g CO _{2äq} / kWh
Mix Skandinavien	225 g CO _{2äq} / kWh

Zusätzlich wird in den Reisemobilen Propan als Energieträger zum Heizen, Kochen und zum Betrieb des Kühlschranks eingesetzt. Dabei werden – inklusive Vorkette - 3,77 kg CO_{2äq} je kg Propan bzw. 0,29 kg CO_{2äq} je kWh Endenergie emittiert.

¹ <https://www.ifeu.de/methoden/modelle/gebaeudemodell/>

3 Bilanzierung Reisemobile und Caravans

3.1 Definition der Fahrzeugtypen

Aufgrund der Bedeutung des Betriebes für die Umweltbetrachtung wird in der Analyse zwischen folgenden Reisemobiltypen unterschieden:

Caravan mit zulässigem Gesamtgewicht (zul. GG) von 1,8 t hinter durchschnittlichem Diesel Pkw

Kastenwagen mit zul. GG von 3,5 t

Teilintegrierter mit zul. GG 3,5 t

Vollintegrierter mit zul. GG 4,5 t

Durch die Betrachtung der verschiedenen Typen kann zum einen eine Bandbreite von Verbräuchen und Emissionen ermittelt werden, zum anderen kann eine Darstellung der Auswirkungen von verschiedenen Typen auf den Verbrauch gegeben werden.

Zusätzlich wird als Zugfahrzeug für den Caravan ein mittlerer Diesel Pkw mit einem Leergewicht von 1,7 t und einer Motorleistung von 110 kW bilanziert. Die Auswahl des mittleren Diesel-Pkw trägt der Tatsache Rechnung, dass Caravans meisten von etwas größeren und leistungstärkeren Fahrzeugen gezogen werden, welche in Deutschland aktuell oft einen Dieselantrieb aufweisen.

Aus Gründen der Vergleichbarkeit wird auch für die Reisen ohne Reisemobil/ Caravan jeweils von demselben Pkw ausgegangen.

3.2 Bilanzierung der Fahrzeugbereitstellung

3.2.1 Vorgehen

Während bei den sonstigen Fahrzeugen und den leichten Nutzfahrzeugen bzw. den Personenkraftwagen auf Vorarbeiten des ifeu zurückgegriffen werden konnte, gab es bisher keine verfügbaren Daten zur Herstellung / Wartung/ Entsorgung von Caravans, Kastenwägen oder Reisemobilen. Daher wurde hierfür aufbauend auf Daten zu den Fahrzeugeigenschaften, der Materialbilanz und Angaben zu Energieverbräuchen in der Herstellung ein neuer Datensatz aufgebaut. Anspruch dieses Datensatzes war es nicht, ein oder mehrere ganz bestimmte Fahrzeuge exakt abzubilden, stattdessen wurde mit generischen Fahrzeugtypen gearbeitet.

Für die Ableitung der benötigten Daten wurde vom CVID e. V. der Kontakt zu einem namhaften deutschen Reisemobilhersteller aufgebaut. Mittels eines vom ifeu entwi-

ckelten ausführlichen Fragebogens wurden bei diesem Hersteller Angaben zu vier unterschiedlichen Fahrzeugtypen, dem Caravan, einem Kastenwagen und einem teil- sowie einem vollintegrierten Reisemobil, erhoben. Dabei wurde zwischen Baustufe 1 und Baustufe 2 unterschieden.

Während der Reisemobilhersteller die Basisfahrzeuge für die Baustufe 1 von einem Automobilhersteller bezieht (jeweils in der benötigten Form, also beim Kastenwagen das vollständige Fahrzeug, beim teilintegrierten und vollintegrierten nur den Fahrzeuggrumpf mit Antrieb und Chassis), erfolgt die Herstellung und Montage des Aufbaus in der Baustufe 2 beim Reisemobilhersteller.

Die wichtigsten technischen Daten der untersuchten Fahrzeugtypen zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 3-1: Wichtige Fahrzeugeigenschaften zur Bilanzierung der Reisemobile und des Caravans

	Caravan	Kastenwagen mit zul. GG von 3,5 t	Teilintegrierter mit zul. GG von 3,5 t	Vollintegrierter mit zul. GG von 3,5 t
Basisfahrzeug		Fiat Ducato mit 103 kW	Fiat Ducato mit 103 kW	Fiat Ducato mit 103 kW
Leergewicht		2.050 kg	1.655 kg	1.355 kg
Baustufe 1				
Leergewicht	1.459 kg	2.800 kg	2.953 kg	3.260 kg
Baustufe 2				

Neben diesen allgemeinen Angaben zu den Leergewichten und Motorleistungen hat der Hersteller auch Informationen zu den für den Aufbau verwendeten Materialien und ihren jeweiligen Materialstärken sowie Angaben zur Fläche des Aufbaus (Dach, Boden, Wände und Fenster) gemacht. Damit konnten für alle Fahrzeugtypen jeweils die wichtigsten Aufbaumaterialien und ihre jeweiligen Gewichte erhoben werden.

Dies sind vor allem glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) sowie Sperrholz für das Dach, die Aufbauhülle (inklusive Boden) aus Aluminium, expandiertes Polystyrol (EPS) und Sperrholz sowie die Fenster aus Polymethylmethacrylat (PMMA). Zusätzlich werden Verstrebungen aus Fichte eingesetzt.

Verwendung fand ebenfalls eine detaillierte Materialliste eines Caravanmodells aus dem Jahr 2015, auf deren Basis die Materialmengen für die Installationen¹, die Applikationen² und das Interieur³ abgeleitet wurden. Dabei wird davon ausgegangen, dass neuere Modelle eine ähnliche Materialzusammensetzung aufweisen und es wird eine

¹ Toilette, Kühlschrank, Elektronik, Gasversorgung, Spüle, Kochfeld, Heizungssystem, Klimaanlage, Frisch- und Abwasser

² Tiefziehteile, Leuchten, Rangiergriffe, Kantenleisten/Vorzelthalter, Fenster, Klappen, Türen, Lüftungsgitter

³ Oberschränke, Toilettenraum, Küche, Schlafplätze, Dinetten, Verstaumöglichkeiten, Polster

Skalierung anhand der Gewichte vorgenommen. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass ein vollintegriertes Reisemobil meistens auch eine hochwertigere Ausstattung als ein Caravan oder Kastenwagen aufweist.

Für die Modellierung des Basisfahrzeuges wurde auf einen bestehenden Datensatz für ein leichtes Nutzfahrzeug aus dem ifeu Modell eLCAR zurückgegriffen. Die Nutzung dieses parametrisierten Modells erlaubt es einzelne Fahrzeugkomponenten wie z. B. die Innenausstattung bei Bedarf herauszurechnen.

Gearbeitet wird mit Hintergrunddaten für die Materialherstellung aus der international anerkannten und oft genutzten Ökobilanzdatenbank ecoinvent in der Version 3.6. Über die Fahrzeuglebensdauer (bzw. die Lebensfahrleistung) erfolgt eine Umlage der Umweltwirkungen für die Fahrzeugbereitstellung auf den Fahrzeug- bzw. Personenkilometer.

Zusätzlich sind die Wartungsaufwendungen für die Fahrzeuge integriert (z. B. Ölwechsel, Reifentausch, Batterieersatz). Dabei kann nach Angabe des CVID e. V. von einer Wartung analog zu der des Basisfahrzeuges ausgegangen werden. Verwendet wurde daher ein bestehender Datensatz zur Wartung eines leichten Nutzfahrzeuges.

Ebenfalls enthalten ist die Entsorgung der Fahrzeuge am Lebensende. Dabei wurde davon ausgegangen, dass nach der Entfernung von reisemobilspezifischen Innenausbauten wie dem Kühlschrank eine Entsorgung analog zu einem leichten Nutzfahrzeug erfolgt. Anhand der Materialzusammensetzung konnten daher die Aufwendungen zur Entsorgung mitbilanziert werden.

Die folgende Abbildung zeigt den Aufbau des Modells zur Bilanzierung der Fahrzeugherstellung von Reisemobil und Caravan.

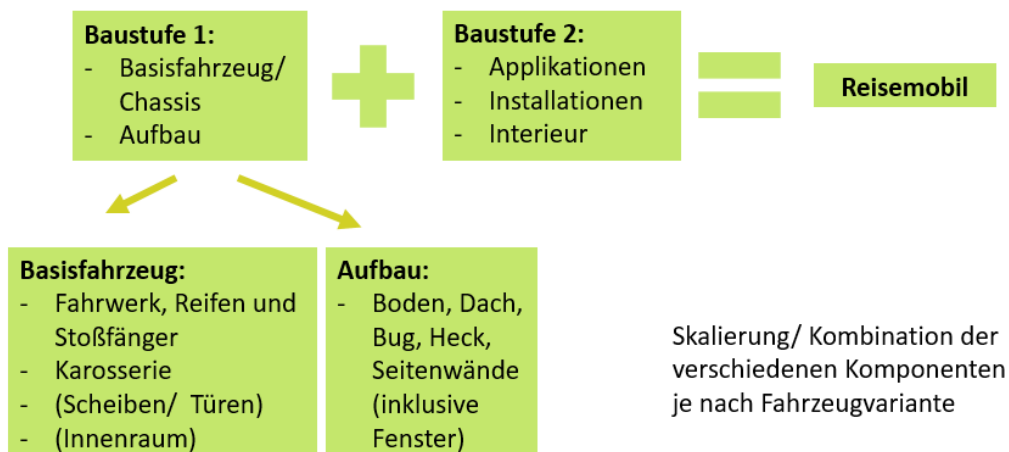


Abbildung 3-1: Aufbau des Modells zur Bilanzierung der Fahrzeugbereitstellung von Reisemobilen und Caravan

Zusätzlich zu den Materialaufwendungen benötigt auch die Reisemobilherstellung Strom bzw. Wärme. Dabei wird von einem Strombedarf von 491,5 kWh ausgegangen und einem Wärmebedarf von 739,5 kWh. Die Wärme stammt dabei meistens aus

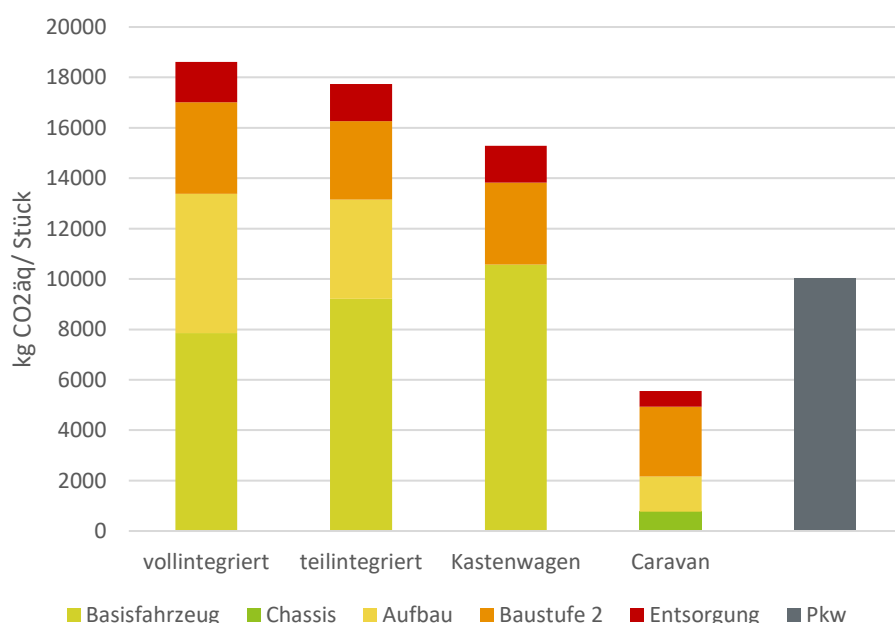
Holzreststoffhackschnitzeln aus der eigenen Produktion und bringt nur geringe Lasten mit.

Nach Angaben des CVID e. V. werden etwa 82 % der Reisemobile und Caravans in Deutschland gefertigt, die anderen werden in weiteren EU Ländern wie Frankreich/ Slowenien (6 %), Ungarn (3 %), Italien (2 %) und England (0,7 %) hergestellt und mit dem EU Mix bilanziert.

3.2.2 Ergebnisse

Ein mittlerer Diesel-Pkw in Deutschland weist Treibhausgasemissionen von 10,0 t CO_{2e} pro Stück für Herstellung und Entsorgung auf. Die Treibhausgasemissionen der Reisemobile liegen zwischen 15,2 und 18,6 t CO_{2äq} für Herstellung und Entsorgung, wobei die größeren und schwereren vollintegrierten Reisemobile die höchsten und der Kastenwagen die niedrigsten Emissionen aufweisen. Ein Caravan hat lediglich Treibhausgasemissionen von 5,6 t CO_{2äq}, er benötigt jedoch zusätzlich einen Pkw als Zugfahrzeug.

In Abbildung 3-2 ist eine Aufteilung der Treibhausgasemissionen auf die unterschiedlichen Baustufen sowie zum Vergleich die Herstellung und Entsorgung des mittleren Diesel-Pkw gezeigt.



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 3-2: Treibhausgasemissionen von Reisemobil, Caravan und Diesel-Pkw der Herstellung und Entsorgung

Hier zeigt sich, dass das Basisfahrzeug die größten Lasten mit sich bringt. Während beim Kastenwagen auch der Aufbau des Basisfahrzeuges verwendet wird und lediglich die Baustufe 2 dazu kommt, haben Reisemobile geringere Lasten für das Basisfahr-

zeug, aber benötigen zusätzlich einen eigenen Aufbau sowie ebenfalls die Baustufe 2. Die Entsorgung hat jeweils nur einen geringen Einfluss auf die Gesamtbilanz.

Diese Emissionen werden später auf die Funktionen Fahren und Wohnen umgelegt.

Für die Wartung werden pauschal für alle Reisemobile 8 g CO_{2äq} pro Fahrzeugkilometer angesetzt, für die Caravans werden deutlich verringerte Wartungsaufwendungen von 3 g CO_{2äq} pro Fahrzeugkilometer verwendet.

3.3 Bilanzierung des Fahrzeugbetriebs bei Ortsveränderungen

Als Teilprozess der Nutzungsphase werden in diesem Kapitel die bei der **Ortsveränderung** entstehenden direkten Auspuffemissionen und die Emissionen aus der Bereitstellung der Energieträger (Vorkettenemissionen) analysiert.

3.3.1 Vorgehen

Die Berechnung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen ist mit einem Matlab®-basierten Fahrzeugsimulator (VEHMOD) durchgeführt, der von ifeu im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte entwickelt wurde. Die schematische Funktionsweise des Modells ist in Abbildung 3-3 dargestellt. Energieverbrauch und Kohlendioxidemissionen der folgenden Antriebssysteme für Straßenfahrzeuge können mit verschiedenen Antriebsstrangkfigurationen simuliert werden

- Konventionelle Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor (ICE),
- Hybrid-Elektrofahrzeuge (PHEV/HEV) und
- Batterie-elektrische Fahrzeuge (BEV).

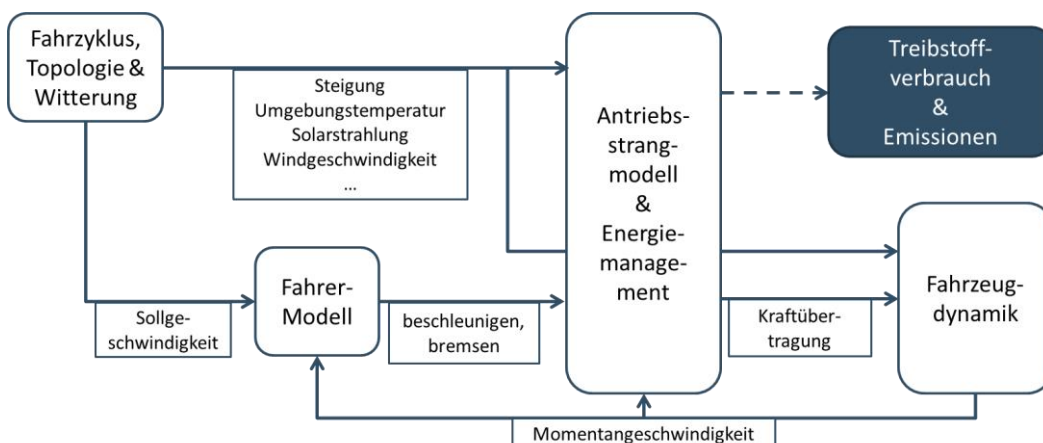


Abbildung 3-3: Schematischer Ablauf der längsdynamischen Fahrzeugsimulation in VEHMOD (eigene Darstellung)

Abbildung 3-4 zeigt das Simulationsverfahren und hebt die wichtigsten Schritte zur Berechnung des Kraftstoffverbrauchs und der Treibhausgasemissionen von Fahrzeugen hervor: Nach der Parametrisierung eines Referenzfahrzeugs mit den passenden

Eigenschaften werden generische Motorkennfelder oder Fahrzeugkomponentenparameter geladen. Durch den Vergleich der Simulationsergebnisse mit den angegebenen Verbrauchswerten aus realen Messungen während der Typgenehmigung bzw. bei Prüfzyklusläufen werden die Modellparameter angepasst. Sobald der Parametersatz Ergebnisse innerhalb des akzeptierten Unsicherheitsbereichs liefert (validierte Konfiguration), können die Fahrzeugparameter in weiteren Simulationen mit bestimmten Fahrzyklen variiert werden.

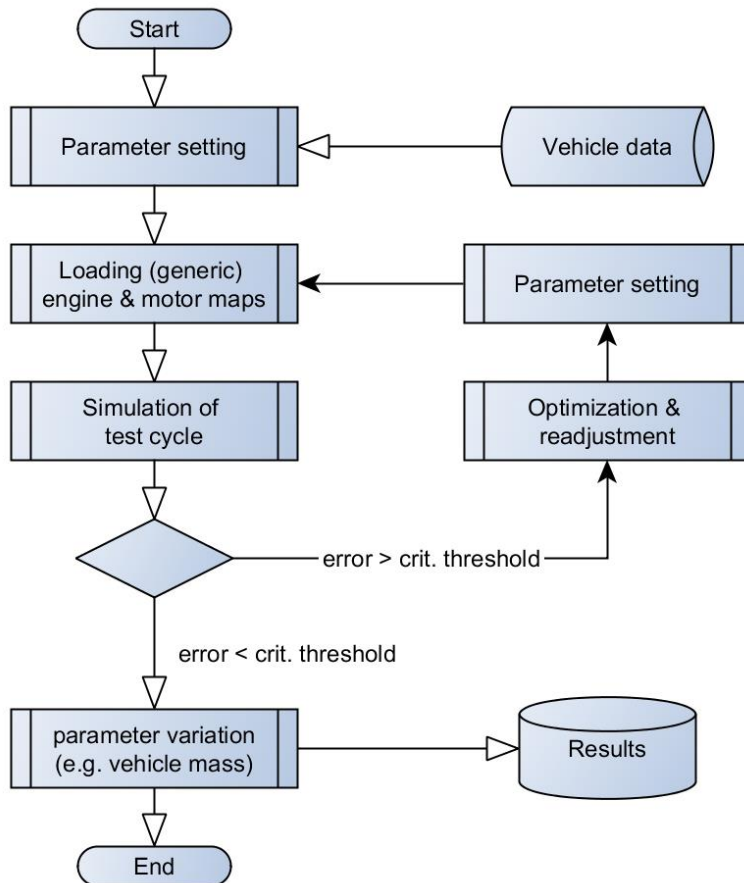


Abbildung 3-4: Vorgehen bei der Kalibrierung und Parameterjustierung der Reisemobile zur Verbrauchssimulation.

Mehrere Hauptparameter konnten aus den verfügbaren Herstellerspezifikationen und Typgenehmigungsdokumentationen übernommen werden, wie z. B.

- Ausrollwerte der Fahrzeuge, die für Typgenehmigungstests zur Bestimmung der Fahrwi-
derstandswerte ermittelt wurden,
- Fahrzeuggewicht,
- Reifendurchmesser,
- Getriebeübersetzungen und
- Hauptleistungsparameter des Motors wie Nennleistung, Nenndrehmoment und Um-
drehungen pro Minute.

Diese und weitere Werte, wie Verbräuche in anderen Testzyklen oder Realverbräuche können anhand weiterer Quellen (Fisch und Fischl GmbH 2020) und (ADAC 2017) ergänzt und zur Plausibilisierung herangezogen werden.

Unbekannte Parameter werden anhand typischer Werte für die Fahrzeuggrößenklasse geschätzt und während des Kalibrierungsprozesses innerhalb gültiger Bandbreiten variiert, um die offiziellen Verbrauchswerte für die Typgenehmigung oder ähnlicher Testprozeduren zu erreichen.

Nachdem die Fahrzeuge parametrisiert und kalibriert wurden, durchlaufen sie die Fahrzyklen der Verkehrssituationen auf verschiedenen Straßenkategorien. Die ermittelten Einzelverbräuche dieser Zyklen werden dann je Straßenkategorie (Innerorts, Außerorts und Autobahn) gewichtet, um den jeweiligen Durchschnittsverbrauch zu ermitteln. Das Gesamtverfahren ist in nachstehender Abbildung 3-5 zusammengefasst.

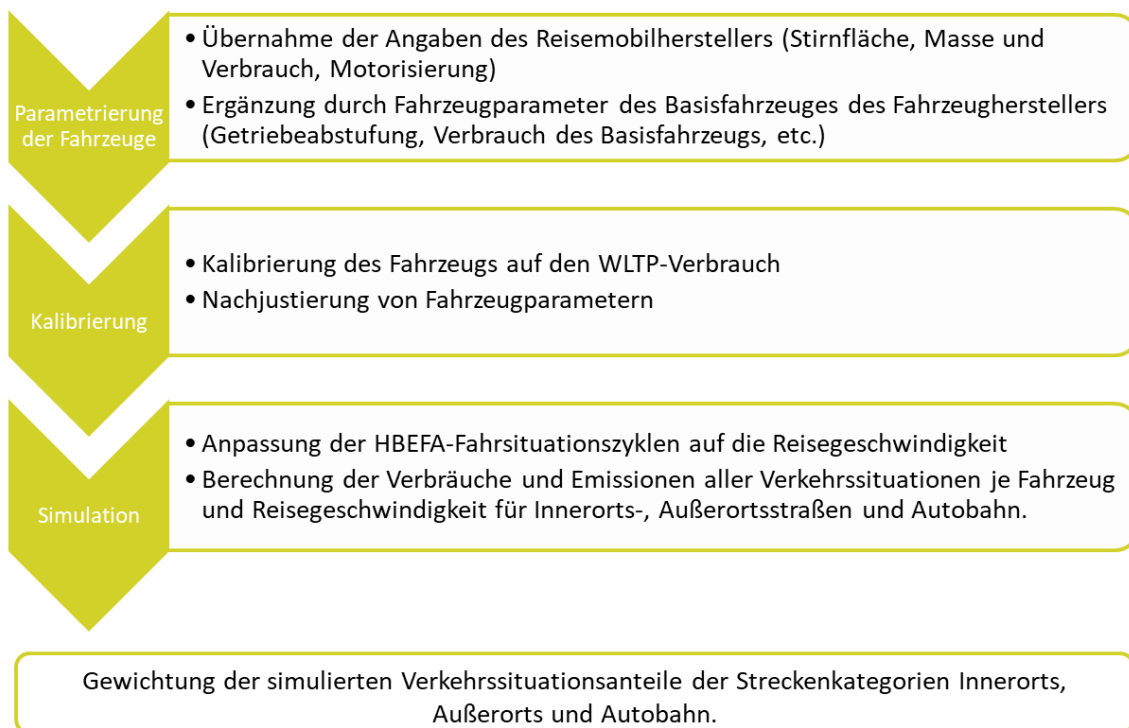


Abbildung 3-5: Vorgehen bei der Ermittlung der streckenspezifischen Verbräuche für Reisemobile für Innerorts-, Außerorts- und Autobahnstraßenabschnitte.

Um den unterschiedlichen maximalen Reisegeschwindigkeiten der Fahrzeuge in unterschiedlichen Ländern Rechnung zu tragen wurden die Fahrzyklen für die jeweiligen Reisemobile individuell angepasst. Eine exemplarische Anpassung ist in Abbildung 3-6 dargestellt. Hier wurde die maximale Reisegeschwindigkeit auf 130 km/h begrenzt. Die Zyklus- bzw. Fahrtdauer wird entsprechend der zurückzulegenden Strecke unter Berücksichtigung der abschnittsweise neuen Geschwindigkeit geändert, womit die zurückgelegte Strecke gleichbleibt.

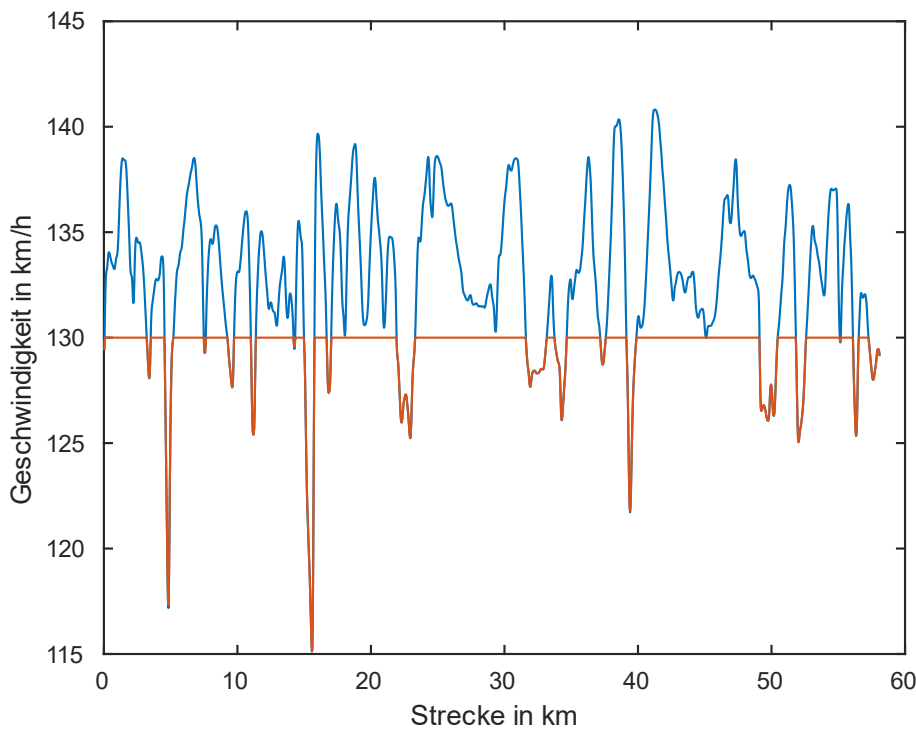


Abbildung 3-6: Beispiel der Anpassung eines Zeit-Geschwindigkeits-Profiles zur Verbrauchsimulation auf die zulässige Höchst- bzw. maximale Reisegeschwindigkeit von Reisemobilen und Caravans

3.3.2 Ergebnisse

Auf Basis des in Abschnitt 3.3.1 beschriebenen Vorgehens zur Ermittlung der Verbräuche und Emissionen im Straßenbetrieb ergeben sich für Caravan-Gespanne, Kastenwägen und Teil- sowie Vollintegrierte Reisemobile folgende Ergebnisse (siehe Abbildung 3-7):

- Kastenwägen haben bei einer maximalen Reisegeschwindigkeit von 120 km/h einen Autobahnverbrauch von 11,2 l/100 km. Der Innerortsverbrauch beläuft sich auf 12,3 l/100 km, wobei außerorts im Schnitt 9,3 l/100 km Diesel verbraucht wird.
- Teilintegrierte Reisemobile kommen auf einen Innerortsverbrauch von rund 13,5 l/100km, außerorts auf 10,2 l/100km und verbrauchen auf Autobahnen im Schnitt rund 12,0 l/100km.
- Die vollintegrierten Reisemobile liegen im Innerortsverbrauch aufgrund ihrer höheren Fahrzeuggewichts im Betrieb am höchsten bei 14,4 l/100 km und außerorts bei 10,1 l/100 km. Dieser Wert ist geringer als bei Caravan-Gespannen und teilintegrierten Reisemobilen, was auf die streckenabschnittsweise geringere Fahrtgeschwindigkeit von maximal 80 km/h zurückzuführen ist. Gleiches gilt für den Autobahnverbrauch, der aufgrund der reduzierten Reisegeschwindigkeit im Vergleich zu den anderen Fahrzeugtypen mit 9,7 l/100 km am geringsten ausfällt.
- Bei einer maximalen Reisegeschwindigkeit von 100 km/h ergeben sich im Falle der Caravan-Gespanne 14,0 l/100 km für Innerorts-, 10,9 l/100 km für Außerorts- und 11,2 l/100km bei Autobahnfahrten.

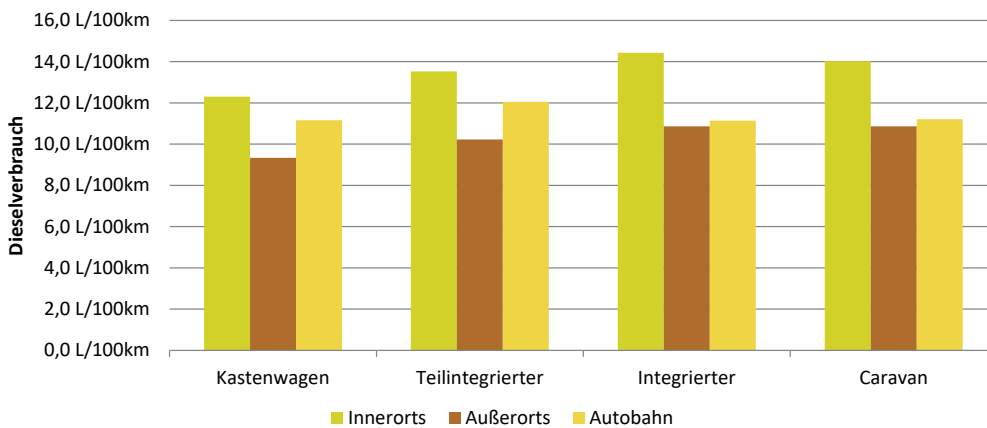


Abbildung 3-7: Treibstoffverbräuche [l/100 km] und THG-Emissionen [g CO₂-Äquivalente je Fahrzeugkilometer] der Reisemobile für Innerorts-, Außerorts und Autobahnverkehr bei der jeweiligen Reisehöchstgeschwindigkeit.

Da keine differenzierten Daten für Caravanreisen bezüglich der Nutzung der verschiedenen Straßenkategorien existieren, wird für die Zusammenfassung der Ergebnisse nach Straßenkategorien auf die Verteilung der Straßenkategorien für Pkw des Verkehrsmengengerüsts von TREMOD zurückgegriffen. In diesem sind die Verkehrsleistung von Pkw (inklusive Reisemobile und Gespanne) für Autobahnen, Außerorts- und Innerortsstraßen abgebildet. Aus diesem Verkehrsmengengerüst wird zum einen eine Aggregation der Straßenkategorien für die An- und Rückreise zum Zielort, zum anderen für die Vor-Ort-Mobilität abgeleitet. Da hier keine Daten vorliegen, wird eine Heuristik verwendet, um die Verkehrsmengen des TREMOD-Gerüsts anteilig auf die beiden Nutzungen zuzuordnen:

- An- und Abreise: Komplette Autobahnfahrleistung plus die Hälfte der Außerortsfahrleistung
- Vor-Ort-Mobilität: Komplette Innerortsfahrleistung plus die Hälfte der Außerortsfahrleistung

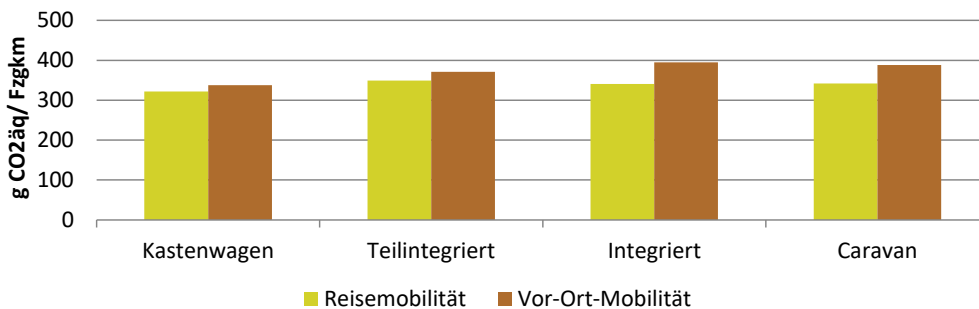
Daraus resultiert folgende Zuordnung der Straßenkategorien zu den Nutzungen:

Tabelle 3-2: Gewichtung der Straßenkategorien nach Mobilitätstyp

	Reisemobilität (An- und Abreise)	Vor-Ort-Mobilität
Autobahn	59 %	
Außerorts	41 %	46 %
Innerorts		54 %

Zudem wird abweichend von den in TREMOD verwendeten Pkw-Zyklen angenommen, dass Reisemobilisten nicht die maximale Geschwindigkeit ihres Fahrzeuges ausnutzen und eine geringere Reisegeschwindigkeit bevorzugen. Aus Erfahrungswerten des CIVD

e. V. wird diese mit 120 km/ h abgeschätzt. Für Zuggespanne wird die maximal zulässige Geschwindigkeit von 100 km/ h (Gespann mit Tempo 100 km/ h Genehmigung) angenommen. Damit ergeben sich die in Abbildung 3-8 dargestellten Emissionen im Mix für die Nutzungszwecke in Deutschland (ohne Bereitstellungsemissionen).



Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 3-8: THG-Emissionen der Ortsveränderung für die Reise- und die Vor-Ort-Mobilität in Deutschland.

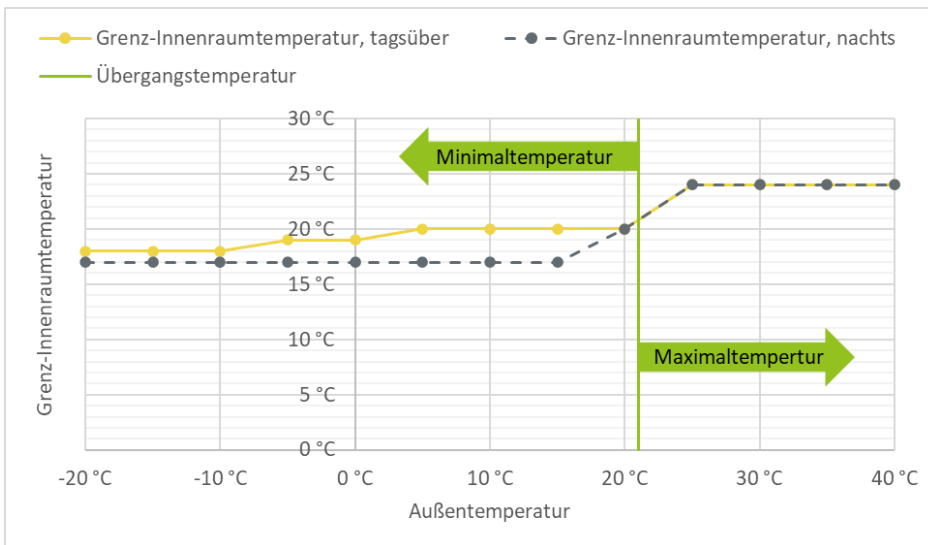
Für die Emissionen und den Energieverbrauch im Ausland wird die maximale Reisegeschwindigkeit entsprechend der national zulässigen Höchstgeschwindigkeit angepasst, wenn diese unter der für Deutschland angenommenen Reisegeschwindigkeit liegt.

3.4 Bilanzierung des Fahrzeugbetriebs bei Übernachten

Zur Bestimmung der Verbräuche und Emissionen der Nutzung der Reisemobile vor Ort wurden einerseits die Verbräuche zur Erhaltung der thermischen Behaglichkeit im Wohnbereich als auch die der Entertainment- und Haushaltsgeräte einbezogen.

3.4.1 Vorgehen

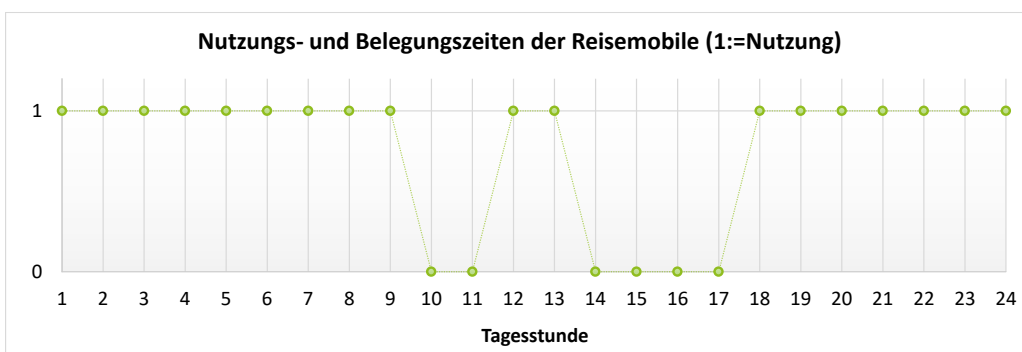
Um den Heiz- und Kühlenergiebedarf des Wohnbereichs zu ermitteln, wurde ein thermisches Raummodell erstellt, das die wärmetechnischen Eigenschaften der Fahrzeughülle berücksichtigt. Dabei werden sowohl die Temperaturunterschiede zwischen der Umgebung und des Innenraums als auch die solare Einstrahlung einbezogen.



Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 3-9: Soll-Innenraumtemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur

Ferner sind die internen Wärmelasten und -gewinne durch die Nutzer, die Entertainmentausstattung und die Haushaltsgeräte, wie beispielsweise die (Gas-)Kochstelle berücksichtigt. Die daraus resultierenden Wärmeenergiezufuhren und -abfuhren werden über den Heizer bzw. die Klimaanlage unter Einbezug ihrer jeweiligen Wirkungsgrade bewerkstelligt. Zudem wird dem Nutzungsverhalten bei der Bilanzierung Rechnung getragen, indem Abwesenheitszeiten definiert wurden und auch Maßnahmen zur Reduktion der thermischen Lasten, wie die Abdeckung der Front- und Seitenscheiben der Fahrerkabine, der Aufbau eines Vorzeltes und das Parken in teilverschatteter Umgebung angenommen werden. Dadurch ergibt sich eine festgelegte Reduzierung der direkten Solareinstrahlung auf die Außenbauteile des Reisemobils um 50 % und eine Vermeidung solarer Gewinne über die Front- und Führerhaus-Seitenscheiben.



Quelle: Eigene Annahmen.

Abbildung 3-10: Nutzungszeiten der Reisemobile in Abhängigkeit der Tagesstunde

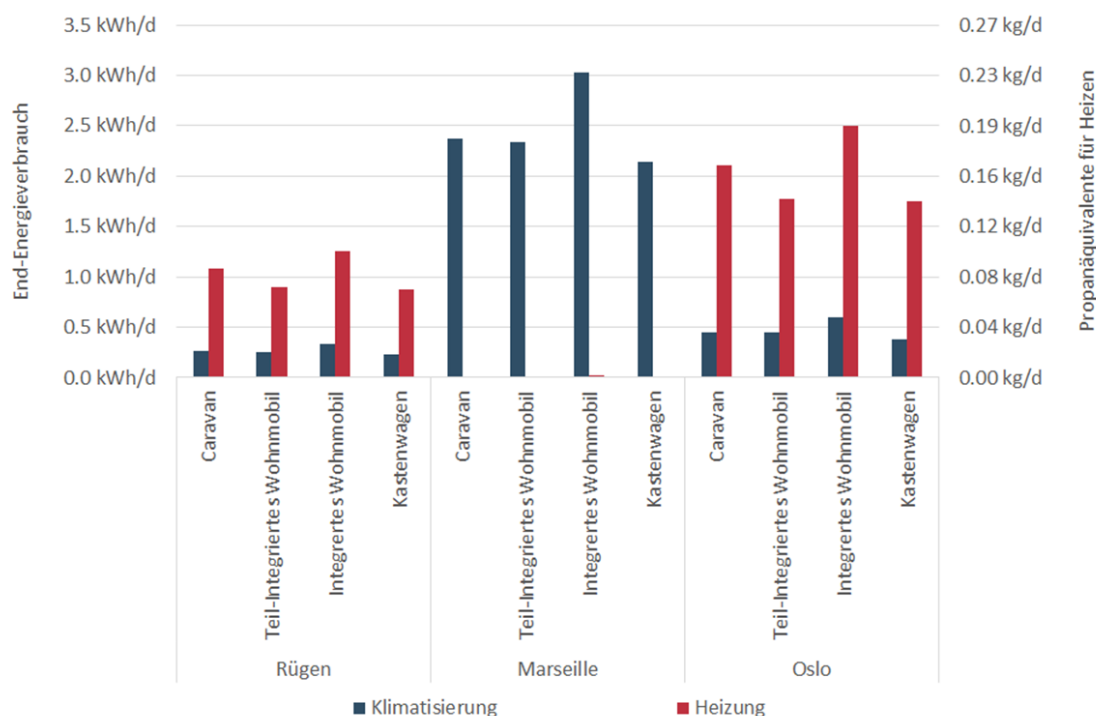
Die Witterungsbedingungen der verschiedenen Reiseziele der Beispielreisen (Marseille, Oslo und Rügen, siehe Kapitel 6) sind anhand typischer meteorologischer Jahre 2007 bis 2016 (E3P 2016) für diese drei Standorte abgebildet.

Die Simulationsrechnungen erfolgten anhand stündlicher Vorgabewerte der Witterungs- und Nutzungsbedingungen. Für die Tätigkeiten und den Aufenthalt wurden folgende Werte der internen Wärmegewinne/-lasten festgesetzt:

- Zwei Personen mit je 120 W Wärmeleistung während der Aufenthaltszeit.
- Entertainmentgeräte und Beleuchtung mit einer Gesamtleistungsaufnahme von rund 380 W und einer Spitzenleistung von rund 180 W in den Nutzungszeiten.
- Die Abwärme des Kühlschranks wird unter der Annahme, dass diese vollständig nach außen abgeführt wird nicht als interne Wärmequelle betrachtet.
- Einer Kochstelle mit einer Maximalleistung zwischen ca. 3 kW und 5 kW, je nach Reise mobilausstattung sowie rund 500 W bis 2,5 kW Wärmeabgabeleistung in den Nutzungszeiten.

3.4.2 Ergebnisse

In Abbildung 3-11 ist für beispielhafte Reiseziele und Perioden der Heiz- und Kühlbedarf dargestellt:



Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 3-11: Mittlerer täglicher Energiebedarf zur Klimatisierung (Kühlen/Heizen) der Reisemobile an den Zielorten im jeweiligem Betrachtungszeitraum.

In Rügen muss im betrachteten Zeitraum von Mai bis September kaum Kühlleistung erbracht werden, wodurch sich bei Reisemobilen mit Klimaanlage auf Rügen unter Berücksichtigung der Nutzungsmuster ein durchschnittlicher täglicher elektrischer Kühlenergiebedarf von rund 0,3 kWh pro Tag ergibt. Aufgrund kühlerer Außentemperaturen, gerade in den Übergangsmonaten Mai und September liegt der Heizenergiebedarf im Schnitt zwischen rund 0,9 kWh beim Kastenwagen und 1,3 kWh pro Tag im Falle des Vollintegrierten Reisemobils.

In Marseille muss im betrachteten Zeitraum von Mai bis September nicht geheizt werden, um die gewünschte Innenraumtemperatur zu erreichen. Der elektrische Kühlenergiebedarf liegt unter den berücksichtigten Bedingungen zwischen 2,1 kWh/d (Kastenwagen) und 3,0 kWh/d (Vollintegriertes Reisemobil).

In Oslo sind nur die Monate von Juni bis einschließlich August berücksichtigt. Im Vergleich mit den anderen dargestellten Reisezielen sind hier die Heizenergiebedarfe am höchsten und belaufen sich auf 1,8 kWh/d (Kastenwagen) bis 2,5 kWh/d (Vollintegriertes Reisemobil). Der elektrische Kühlenergiebedarf liegt in etwa zwischen 0,4 kWh/d und 0,6 kWh/d.

4 Bilanzierung weiterer Emissionsquellen

4.1 Bilanzierung sonstige Verkehrsmittel

Für den Reisevergleich sind zunächst die Emissionen und der Energieverbrauch für die zu vergleichenden Verkehrsmittel zu ermitteln. Dabei wird analog zu den Reisemobilen und den Caravans die Fahrzeugbereitstellung und der Fahrzeugbetrieb betrachtet.

Als Vergleichsverkehrsmittel für die An- und Abreise werden betrachtet:

- Durchschnittlicher Pkw im Reiseverkehr (Autobahn und Außerortsstraßen)
- Bahn Fernverkehr
- Fernlinien-/Reisebus
- Flugzeug

Um die Vor-Ort-Mobilität abzubilden, werden zusätzlich noch in den Vergleich einbezogen:

- Durchschnittlicher Pkw in der durchschnittlichen Nutzung
- ÖPNV (Schienenpersonennahverkehr, Linienbusse, Straßen-, Stadt- und U-Bahnen)
- Pedelegs

Auch bei den alternativen Verkehrsmitteln werden die Fahrzeugbereitstellung und der Betrieb bilanziert. Das Vorgehen bei der Bilanzierung der Fahrzeugbereitstellung für die sonstigen Verkehrsmittel erfolgt analog zum oben beschriebenen Vorgehen bei den Reisemobilen und dem Caravan. Auch hier werden Herstellung, Entsorgung und Wartung der Fahrzeuge bilanziert und auf die Fahr- bzw. Verkehrsleistung umgelegt. Für alle Verkehrsmittel außer dem Pkw wurden direkt die Angaben aus dem kürzlich für das Umweltbundesamt erstellten Verkehrsartenvergleich verwendet.

Die Emissionen für den Fahrzeugbetrieb inklusive der energetischen Vorketten werden aus TREMOD in der aktuellsten Version 6.03 und das letzte mit statistischen Daten vorhandene Jahr 2018 entnommen. Für den Pkw werden hier zunächst die Emissionen je Fahrzeugkilometer dargestellt. Für eine Differenzierung nach Reisemobilität und Vor-Ort-Mobilität müssen die in TREMOD enthaltenen Emissionen je Straßenkategorie diesen Nutzungsmustern zugeordnet werden. Dazu wird der Reisemobilität die gesamte Autobahnfahrleistung und die halbe Außerortsfahrleistung und der Vor-Ort-Mobilität die gesamte Innerortsfahrleistung und die halbe Außerortsfahrleistung – jeweils mit den entsprechenden Emissionsfaktoren – zugeordnet (siehe Tabelle 4-1).

Tabelle 4-1: Energieverbrauch und Emissionen von Pkw nach Nutzungsmuster

Nutzungsmuster	Energieverbrauch [MJ / Fahrzeugkilometer]	Emissionen [g CO _{2äq} / Fahrzeugkilometer]
Reisemobilität	2,9	208,1
Vor-Ort-Mobilität	3,0	219,8

Für den öffentlichen Landverkehr, das Flugzeug und Kreuzfahrtschiffe wird für die Betrachtung der durchschnittliche Besetzungsgrad angenommen. Dabei wird für die Differenzierung in Reise- und Vor-Ort-Mobilität bei den Landverkehrsmitteln in ÖPNV (öffentlicher Personennahverkehr = Linienbus, Schienennahverkehr und Straßen-, Stadt- und U-Bahn) und ÖPFV (öffentlicher Personenfernverkehr = Fernlinienbus, Reisebus und Schienenfernverkehr) unterschieden. Im Flugverkehr wird zwischen nationalen und Zielen in Europa differenziert (Interkontinentalreisen werden gemäß dem typischen Nutzungsprofil von Caravaningreisen in der Betrachtung ausgeklammert), dabei werden die nicht CO₂-Effekte des Fliegens in großen Höhen mit einem Emission Weighting Factor von 2,7 auf die Emissionen in Reiseflughöhe gerechnet. Die Emissionen sind im Tabellenanhang in Tabelle 0-4 aufgeführt.

Tabelle 4-2: Exkurs Hochseeschiffahrt

Abgesehen von den jüngsten Auswirkungen der internationalen Corona-Krise ist der Kreuzfahrt-Tourismus auf Binnen- und internationalen Gewässern das am schnellsten wachsende Marktsegment in der Branche (Deutscher Reiseverband 2019). Umweltschutz und Nachhaltigkeit werden im Tourismus immer wichtiger. 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 International Maritime Organization (IMO) haben jeweils ein System erstellt, dass die THG-Emissionsdaten von Seeschiffen erfasst (EU: (European Commission 2016); IMO: (IMO 2016)).

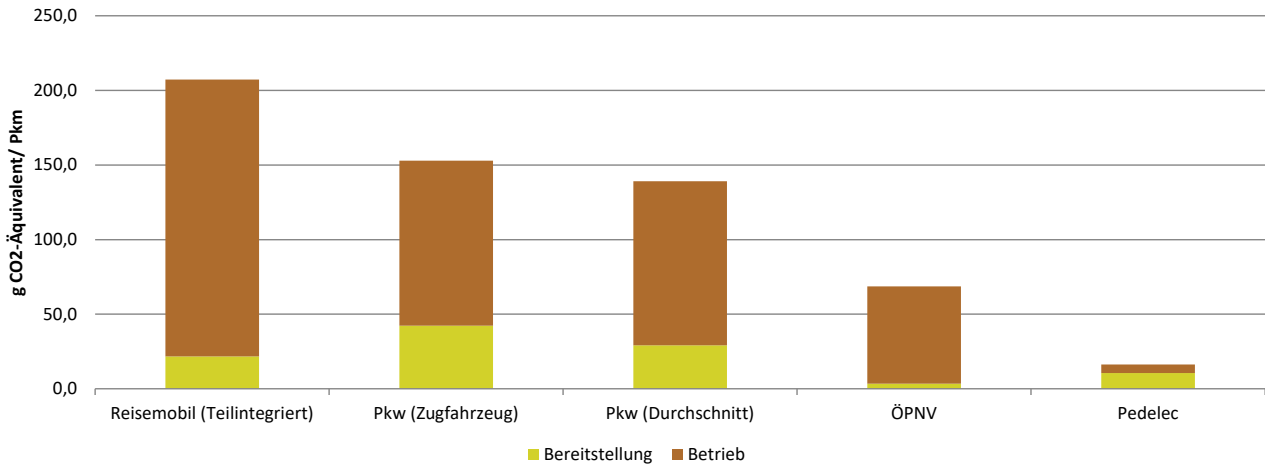
Die spezifischen Emissionen der Passagiere sind auf Kreuzfahrtschiffen deutlich höher als für andere Verkehrsmittel und haben je nach Schiffstyp eine große Bandbreite. Es sei an dieser Stelle jedoch darauf verwiesen, dass eine Reise mit einem Kreuzfahrtschiff nicht nur dem Zweck der Anreise dient, sondern dass auch Übernachtung und sonstige Dienstleistungen (Freizeiteinrichtungen) auf diesen „Verkehrsmitteln“ erbracht werden. Es ist deshalb mit der Nutzung eines Wohnwagens besser vergleichbar als mit dem Pkw oder dem Zug. Hinzukommen aber die umfassenden Freizeitbeschäftigungsmöglichkeiten an Bord, die auf Wohnwägen nicht verfügbar sind (Schwimbäder, Restaurants, Einkaufsläden).

In dem UBA Vorhaben „Klimawirksame Emissionen des deutschen Reiseverkehrs“ (Schulz et al. 2020) wurden anhand von internationalen Daten über einen top-down Ansatz ca. 0,39 kg CO₂-Äq. pro Passagierkilometer abgeleitet (direkte Emissionen ohne Vorkette). Neuere Daten der EU MRV Erhebung deuten auf niedrigere durchschnittliche Zahlen hin (0,26 kg CO₂-Äq. pro Passagierkilometer), die jedoch eine hohe Bandbreite je nach Schiffskategorie aufweisen (0,07-0,950 CO₂-Äq. pro Passagierkilometer).

Da die Abgrenzung der Emissionen einer Kreuzfahrt besondere Rahmenbedingungen aufweist ist die Betrachtung der gesamten Reisekette oder der gesamten Reise relevant. Häufig werden gerade für diese Urlaubsform große Distanzen mit dem Auto oder Flugzeug zu dem Ausgangs- oder Endpunkt der Kreuzfahrt unternommen. Hinzu kommen relativ hohe Reisedistanzen pro Tag, die das Ergebnis in absoluten Zahlen für die Gesamtreise beeinflussen. Eine durchschnittliche Reise eines/r Deutschen beträgt ca. 9 Tage und geht vorzugsweise nach Nordeuropa oder ins Mittelmeer (Cia Passenger Report, Deutschland). Auf so einer Reise können nach eigener Schätzung ca. 200 Seemeilen (370km) pro Tag zurückgelegt werden.

In der Vor-Ort-Mobilität spielt das Pedelec eine zunehmende Rolle. Die Emissionen der energetischen Vorkette des Betriebs sind 5,7 g CO_{2äq} und 0,04 MJ je Personenkilometer (Kämper 2015) bei einem Besetzungsgrad von eins.

Die Emissionsfaktoren der Vor-Ort-Mobilität sind in Abbildung 4-1 dargestellt, dabei wird für die Pkw und das Reisemobil ein Besetzungsgrad von 2 Personen je Fahrzeug verwendet.



Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 4-1: THG-Emissionen der Ortsveränderung der Vor-Ort-Mobilität.

4.2 Bilanzierung der Unterkünfte

Wesentliches Merkmal von Reisemobilen und Caravans ist, dass sie neben der Funktion der Ortsveränderung die Funktion Übernachten (bzw. allgemein Wohnen) mit erfüllen. Für eine umfassende Bilanzierung ist es daher notwendig, den Vergleich der Verkehrsträger um die Funktion Übernachten – im Sinn vom Bereitstellen einer wohnlichen, ausreichend wetterfesten Umgebung inklusive Schlafgelegenheit – zu erweitern. Dazu sind in Kapitel 0 für die Reisemobile und Caravans der Energieverbrauch und die Emissionen von Heizung bzw. Kühlung sowie Kleinverbräuchern pro Tag beim Übernachten auf einem Stellplatz dargestellt. Hier sind die **zusätzlichen Verbräuche** dargestellt, wenn die Übernachtung mit dem Reisemobil oder Caravan auf einem Campingplatz stattfindet. Neben den Werten für Deutschland sind die Emissionen für die Ziele der exemplarischen Caravaningreisen (Frankreich, Skandinavien) angegeben. Bei den alternativen Reiseformen werden zusätzlich die Emissionen und Verbräuche für Übernachtungen in Hotels benötigt.

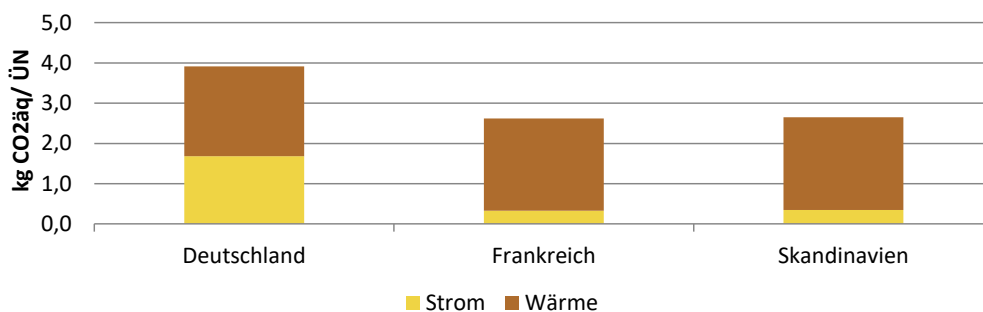
4.2.1 Campingplätze

Bei Übernachtungen auf Campingplätzen wird zusätzlich zu den Verbräuchen im Reisemobil bzw. Caravan die Infrastruktur des Campingplatzes wie Duschen etc. in Anspruch genommen. Neben der Anreise mit dem eigenen Reisemobil bzw. Caravan können darüber hinaus auf Campingplätzen auch vor Ort ähnlich komfortable Unterkünfte, z. B. in Mobilheimen gemietet werden. Hierfür wird angenommen, dass diese

vom Energieverbrauch und Emissionen weitestgehend dem simulierten Caravan entsprechen.

Der Energieverbrauch der Campingplätze ist aus der Vorgängerstudie übernommen. In dieser wird für Deutschland ein mittleren Stromverbrauch von 2,95 kWh und einem Wärmeverbrauch von 8,3 kWh je Übernachtung auf dem Campingplatz angenommen (Bleher 2013). Für Strom wird ein Emissionsfaktor von 571 g CO_{2äq}/ kWh angenommen, für Wärme 269 g CO_{2äq}/ kWh verwendet (siehe Kapitel 2.2). Damit ergeben sich für Deutschland zusätzliche THG-Emissionen des Campingplatzes je Übernachtung von 3,9 kg. Für Europa wird analog der Vorgängerstudie von 3,4 kWh Strom und 10,2 kWh Wärme je Übernachtung ausgegangen. Dabei werden die Emissionsfaktoren für Strom und Wärme entsprechend der Festlegung im Kapitel 2.2 verwendet.

In Abbildung 4-2 werden die Treibhausgasemissionen je Übernachtung und Gast welche durch den Betrieb der Campingplätze entstehen gezeigt. Dabei zeigt sich, dass diese bei in Frankreich und Skandinavien aufgrund des treibhausgasärmeren Strommixes deutlich durch die Wärmebereitstellung dominiert werden. Obwohl die deutschen Campingplätze etwas energieeffizienter sind als die europäischen, werden diese Vorteile durch den schlechteren Strommix überkompensiert und führen zu zusätzlichen Treibhausgasemissionen pro Übernachtung und Gast von 3,9 kg CO_{2äq}.



Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 4-2: THG-Emissionen je Übernachtung und Gast von Campingplätzen in Europa

Zu den Emissionen des Campingplatzes sind die Emissionen aus der Reisemobil und Caravannutzung (bzw. der Mobilheime) zu addieren (siehe Kapitel 3.4.2). Damit ergeben sich für die betrachteten Orte folgende in Tabelle 4-3 Emissionen und Energieverbräuche.

Tabelle 4-3: Energieverbrauch und THG-Emissionen von Übernachtung auf Campingplätzen in Europa je Übernachtung [ÜN] bei zwei Personen

		THG-Emissionen je ÜN bei 2 Personen [kg CO ₂ äq/Tag]	Energieverbrauch je ÜN bei 2 Personen [kWh/Tag]
Deutschland	Caravan/ Mobilheim	9,2	27,1
	Teil-Integriertes Reisemobil	9,6	28,5
	Integriertes Reisemobil	9,7	28,9
	Kastenwagen	8,1	23,4
Frankreich	Caravan/ Mobilheim	8,8	26,0
	Teil-Integriertes Reisemobil	9,3	27,7
	Integriertes Reisemobil	9,3	27,7
	Kastenwagen	7,8	22,5
Skandinavien	Caravan/ Mobilheim	9,5	28,1
	Teil-Integriertes Reisemobil	9,9	29,4
	Integriertes Reisemobil	10,1	30,1
	Kastenwagen	8,3	24,2

4.2.2 Hotels

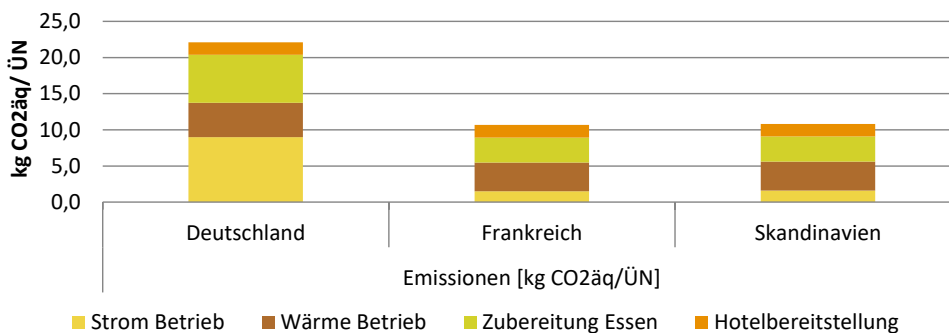
Als Alternative zum Reisemobil/ Caravan wird eine Übernachtung in Hotels angenommen. Diese Werte werden dabei für eine einheitliche Bezugsgröße in **Emissionen je Übernachtung und Person** abgeleitet.

Analog zur Vorgängerstudie ist die zentrale Datenquelle für den Energieverbrauch für das Übernachten und Wohnen in Hotels die Energiekampagne des Deutschen Hotel- und Gastgewerbeverbands (*DEHOGA Umweltbroschüre* 2016). In der Energiekampagne liegen Verbräuche für 2014 vor, differenziert nach der Sterne-Klassifizierung. Aufgrund der Bandbreite der unterschiedlichen Ausbauten bei Reisemobilen und Caravans ist eine eindeutige Zuordnung zu einer Hotelklasse nicht möglich. Aufgrund der im Mittel modernen Ausstattung und dem – im Vergleich zu Hotels der Luxusklasse – geringerem Platzangebot erscheint der Vergleich mit einer 3-Sterne Unterkunft plausibel. Neben dem Energieverbrauch für die Übernachtung werden in der DEHOGA Energiebroschüre zudem 12,3 kWh je Gedeck für ein Restaurantessen angegeben. Es wird angenommen, dass Urlaubende im Schnitt 1,5 warme Mahlzeiten am Tag zu sich nehmen.

In der DEHOGA-Studie ist der Energieverbrauch nicht nach Strom und Wärme getrennt angegeben. Diese Differenzierung hat die Zeitschrift Hotelbau in 2015 durchgeführt, die daraus resultierende Aufteilung von 30 % des Energieverbrauchs für Strom und 70 % für Wärme wird hier verwendet (Huijbrechts 2015). Da die zu vergleichenden

Caravanreisen hauptsächlich im Sommerhalbjahr stattfinden, jedoch nur ein Jahresdurchschnittswert für den Wärmebedarf vorliegt, ist dieser entsprechend zu korrigieren. Dabei wird ausgehend vom in (Huijbrechts 2015) angegebenen Warmwasser-Normbedarf von 40 kWh/m² und Jahr angenommen, dass Raumwärme in Hotels 71 % des gesamten Wärmebedarfs ausmacht (Gesamtwärmebedarf nach (Huijbrechts 2015) 136 kWh/m² und Jahr). Von diesem Raumwärmebedarf werden nach VDI2067 innerhalb der betrachteten Sommermonate (Mai bis September) 11 % des gesamten Raumwärmebedarfs des Jahres benötigt. Der Bedarf für Warmwasser wird als konstant über das Jahr angenommen.

Als weiteren Input für die Emissionen von Hotels wird in Deutschland für Strom und Wärme die in Kapitel 2.2 beschriebenen Emissionsfaktoren verwendet. Zusätzlich zu den Emissionen im Betrieb wird ein Aufschlag von 1,75 kg CO_{2äq} je Übernachtung und Person für den Bau des Hotels angenommen¹. Damit ergeben sich insgesamt Emissionen von 22,1 kg CO_{2äq} je Übernachtung und Gast in Deutschland, in Frankreich und Skandinavien sind die Emissionen durch den besseren Strommix mit 10,7 bzw. 10,8 kg CO_{2äq} deutlich geringer (siehe Abbildung 4-3).



Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 4-3: THG-Emissionen von Hotelübernachtungen pro Nacht und Gast im Sommer in verschiedenen Ländern

4.3 Bilanzierung der Vor-Ort-Mobilität

Einen Anhaltspunkt zu den in der Vor-Ort-Mobilität zurückgelegten Strecken liefert die Studie „Klimawirksame Emissionen des deutschen Reiseverkehrs“ (Schulz et al. 2020): Hier hat bei Reisen mit dem Pkw die Vor-Ort-Mobilität einen Streckenanteil von 19 % an der während der gesamten Reise zurückgelegten Distanz. Bei Reisen mit der Bahn und dem Flugzeug beträgt dieser Wert 13 bzw. 8 %. Für den Reisevergleich wird angenommen, dass die Vor-Ort-Mobilität einen Anteil von 10 %, analog der Vorgängerstudie (Bleher 2013), hat. Die Datenlage zur Verkehrsmittelwahl der Vor-Ort-Mobilität

¹ Basierend auf Daten für ein 3-Sterne-Hotel der Ökobilanzdatenbank ecoinvent 3.6

von Caravanreisen ist dünn. Mangels belastbarer Informationen, sind folgende qualitative Experteneinschätzungen aufgestellt worden:

- Reisende bleiben in der Tendenz ihren Hauptverkehrsmittel treu, es ergibt daher Sinn, die Vor-Ort-Mobilität nach Hauptverkehrsmittel zu differenzieren.
- Reisende mit Reisemobilen und Caravans treffen in der Regel größere Vorkehrungen, um ihren Wohnkomfort am Zielort zu erhöhen. Sie werden sich Vor-Ort in der Regel daher zumindest mit dem Hauptverkehrsmittel weniger Fortbewegen. Dies schließt jedoch nicht die Nutzung von weiteren Vor-Ort-Verkehrsmitteln, wie beispielsweise der beim Caravan durch die als Zugfahrzeug vorhandene Pkw oder mitgeführte Pedelecs, aus.
- Pedelecs erweitern den Aktionsradius gegenüber herkömmlichen Fahrrädern und haben eine enorme Verbreitung sowohl bei Nutzenden von Reisemobilen und Caravans als auch bei Hotels in Ferienregionen. Insbesondere im Urlaub, wo die Toleranz gegenüber höheren Reisezeiten (z. B. verglichen mit Pendeln) größer ist, erscheinen diese als attraktives Verkehrsmittel.

Aufbauend auf diesen Thesen wird folgende in Tabelle 4-4 gezeigte Verteilung der Verkehrsleistung für die Vor-Ort-Mobilität mit motorisierten Verkehrsmitteln angenommen:

Tabelle 4-4: Verteilung der Verkehrsleistung der Vor-Ort-Mobilität auf die verschiedenen Verkehrsmittel

Verkehrsmittel Vor-Ort	Hauptverkehrsmittel			
	Reisemobil	Caravan	Pkw	ÖPFV/ Flugzeug
Reisemobil	50 %			
Zugfahrzeug-Pkw			75 %	
Durchschnitts-Pkw				75 % 25 %
ÖPNV	25 %		12,5 %	12,5 % 50 %
Pedelec	25 %		12,5 %	12,5 % 25 %

5 Emissionen Reisemobile und Caravans

Über die in den Kapiteln 3.2 bis 3.4 erfolgte Bilanzierung der Fahrzeugbereitstellung und des Betriebes lassen sich, zusammen mit einem durchschnittlichen Nutzungsmuster, die Gesamtemissionen und der Energieverbrauch eines durchschnittlichen Reise-mobillebens ermitteln. Das Nutzungsmuster wird bestimmt durch die Lebensdauer, die Fahrleistung und die Anzahl der Übernachtungen.

Daten über den deutschen Bestand nach Erstzulassungen aufgeschlüsselt sind vom Kraftfahrtbundesamt (KBA) verfügbar (siehe Tabellenanhang). Die Daten zeigen, dass nach 30 Jahren noch etwa 55 % der Reisemobile und 25 % der Caravans im Bestand sind¹. Auf dieser Datenbasis wird abgeschätzt, dass die durchschnittliche (aktive) Lebensdauer der Fahrzeuge 30 Jahre beträgt. Die Lebensdauer wird dabei trotz der unterschiedlichen Bestandszahlen für Caravans und Reisemobile als identisch angenommen, da es technisch keinen plausiblen Grund für eine kürzere Lebensdauer der Caravans gibt. Denkbar ist z.B., dass Caravans schneller exportiert werden als Reisemobile.

Die durchschnittliche Fahrleistung von Reisemobilen ist in der BAST-Fahrleistungserhebung mit 9.868 km im Jahr ermittelt worden (Bäumer et al. 2017). Für Caravans liegt eine Umfrage der Motor Presse Stuttgart GmbH & Co. KG vor, welche die durchschnittliche Fahrleistung mit 5.100 km im Jahr abschätzt. Ebenfalls aus Umfragen der Motor Presse Stuttgart GmbH & Co. KG werden im Schnitt mit den Reisemobilen im Jahr 82 Übernachtungen durchgeführt, mit den Caravans 54 Übernachtungen. Mit diesen Annahmen ergeben sich die in Tabelle 5-1 dargestellten Nutzungen über die Lebensdauer des Fahrzeugs.

Tabelle 5-1: Durchschnittliche Nutzung von Reisemobilen und Caravans

	Kastenwagen	Teilintegrierter	Vollintegrierter	Caravan
Lebensfahrleistung		296.040 km		153.000 km
Übernachtungen pro Fahrzeugleben		2.460 ÜN		1.620 ÜN
Lebensdauer		30 Jahre		

Mit den Nutzungsannahmen und den vorher ermittelten Emissionen je Lebenswegabschnitt sind die in Tabelle 5-2 gezeigten gesamten Emissionen über ein Jahr für die

¹ Diese Werte sind nicht direkt als Lebensdauern zu interpretieren, da zum einen die Bestandszahlen durch den Im- und Export von gebrauchten Fahrzeugen beeinflusst werden, zum anderen es nicht bekannt ist, inwiefern die Fahrzeuge noch aktiv genutzt werden.

Reisemobile zu bestimmen (die Tabellen für den Energieverbrauch befinden sich im Anhang):

Tabelle 5-2: Emissionen im Jahr von Reisemobilen [kg CO_{2äq}]

	Kastenwagen	Teilintegrierter	Vollintegrierter
Bereitstellung inkl. Wartung	586	668	697
Fahren	3.191	3.468	3.417
ÜN/ Wohnen	92	186	195
<i>Summe</i>	<i>3.870</i>	<i>4.322</i>	<i>4.309</i>

Bei den Caravans ist die Nutzungsintensität etwas niedriger als bei den Reisemobilen, zudem benötigen diese zusätzlich einen Pkw als Zugfahrzeug, der beim Fahren miteingerechnet wird. Die Emissionen der Caravans zeigt Tabelle 5-3. Bei der Bereitstellung inklusive Wartung ist in der Tabelle kein Pkw berücksichtigt, der Wert bezieht sich auf die reine Bereitstellung des Caravans.

Tabelle 5-3: Emissionen von Caravans [kg CO_{2äq}]; C = Caravan, ZF = Zugfahrzeug

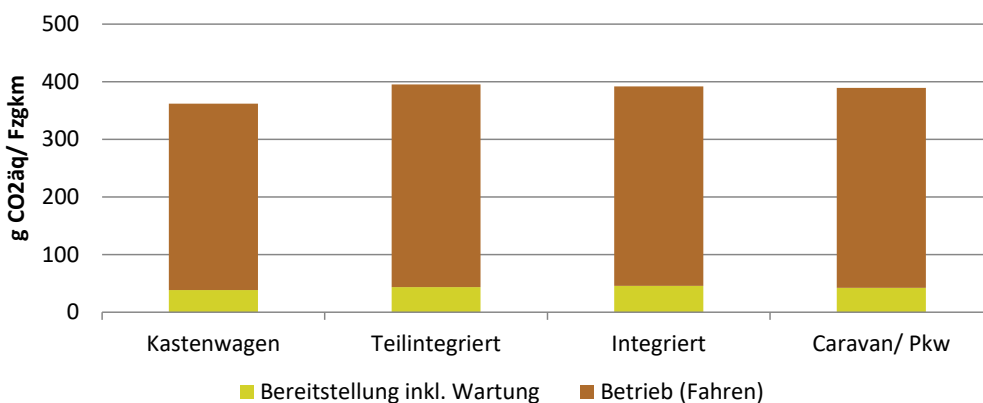
	Fahrzeugleben	Jahr
Bereitstellung inkl. Wartung	6.072 (C)	202 (C)
Fahren	53.056 (ZF)	1.769 (ZF)
ÜN/ Wohnen	2.970 (C)	99 (C)
<i>Summe</i>	<i>62.098</i>	<i>2.070</i>

Die Emissionen der Reisemobile bewegt sich zwischen 3,9 und 4,3 t CO_{2äq} im Jahr und damit in einer ähnlichen Größenordnung. Die geringeren Emissionen des Caravans mit 2,1 t werden durch die geringere Nutzungsintensität gegenüber den Reisemobilen teilweise relativiert. Die Emissionen des Fahrens sind dabei – unabhängig vom Typ – etwa um den Faktor 20 bis 50 höher als die durch das Übernachten verursachten Emissionen. Bei Kastenwägen entsprechen die Übernachtungs- und Wohnemissionen 2 %, bei Teil- und Vollintegrierten 5 % der Gesamtemissionen.

Die Emissionen der Bereitstellung und Wartung entsprechen bei den Reisemobilen 15 bis 16 % der Gesamtemissionen, der Caravan ist hier mit einem Anteil von 10 % trotz der geringeren Nutzungsintensität geringer. Falls sich durch die Caravannutzung eine zusätzliche Pkw-Nutzung ergibt, sind jedoch die Bereitstellungsemissionen des Zugfahrzeugs auch zusätzlich zu berücksichtigen.

5.1 Emissionen für das Fahren

Für die Berechnung der Emissionen und des Energieverbrauchs von konkreten Reiseereignissen ist eine Allokation der Herstellungs- und Entsorgungsemission auf die Funktionen Fahren und Übernachten/ Wohnen notwendig. Das Allokationsverhältnis wird dabei analog zum Verhältnis der Herstellungsemissionen von Caravans (Wohnen) zu Pkws (Fahren) auf die Reisemobile übertragen. Damit ergibt sich eine Aufteilung der Bereitstellungsemissionen zu 64 % auf Fahren und zu 36 % auf Übernachten/ Wohnen. Die daraus resultierenden durchschnittlichen Werte für die Bezugsgrößen Fahrzeugkilometer (Abbildung 5-1) sind dabei im Folgenden für eine Nutzung in Deutschland dargestellt.



Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 5-1: Durchschnittliche THG-Emissionen je Fahrzeugkilometer mit verschiedenen Reisemobiltypen und Caravans in Deutschland.

Die Emissionen der Reisemobile und Caravans inkl. der Herstellung bewegt sich zwischen 362 und 395 g CO₂eq je Fahrzeugkilometer. Den wesentlichen Einfluss auf die Unterschiede hat dabei der Betrieb, bei dem der Kastenwagen im Vergleich vorteilhaft ist. Für den Caravan werden für den Bezug auf das „Fahren“ die Herstellungsemissionen des Zugfahrzeugs anteilig dazu gerechnet. Dieses hat im Vergleich mit den Reisemobilen geringere Bereitstellungsemissionen, jedoch werden diese nur auf die Funktion „Fahren“ bezogen, während die Reisemobile für diese Funktion nur 64 % der Emissionen allokiert bekommen (s. o.). Im Ergebnis ergeben sich ähnliche Bereitstellungsemissionen je Fahrzeugkilometer.

Wird ein Besetzungsgrad mit zwei Personen angenommen, liegen die Reisemobile beim Vergleich mit weiteren Fernverkehrsmitteln mit 181 – 198 g CO₂eq je Personenkilometer ca. 10 % unter den Emissionen je Person und Kilometer bei einem durchschnittlichen europäischen Flug mit 213 g CO₂eq je Personenkilometer. Reisen mit den Pkw mit 125 g CO₂eq je Personenkilometer und dem Fernbus bzw. der Bahn (Öffentlicher Personenfernverkehr) sind im Durchschnitt mit 31 g CO₂eq je Personenkilometer deutlich umweltgünstiger (siehe Abbildung 5-2).

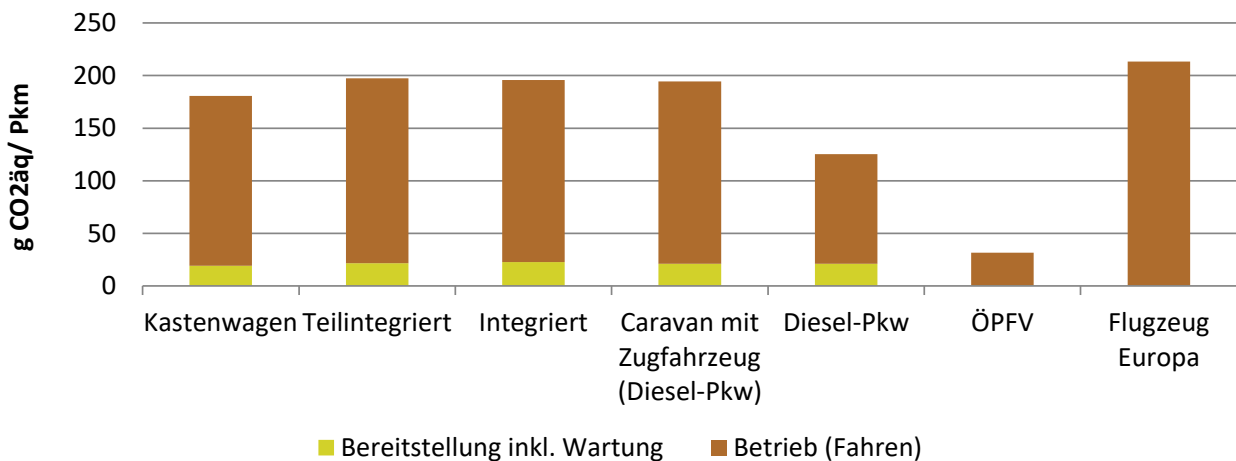
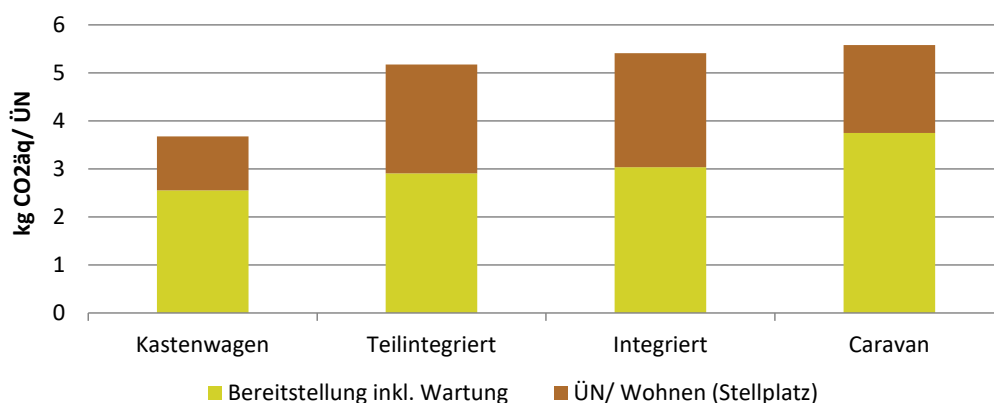


Abbildung 5-2: Vergleich Fernverkehrsmittel Emissionen je Personenkilometer bei einem Besetzungsgrad von 2 Personen für Reisemobile/ Caravan/ Pkw; Öffentlicher Personenfernverkehr (ÖPFV) und Flugzeug mit durchschnittlicher Besetzung

5.2 Emissionen für das Übernachten

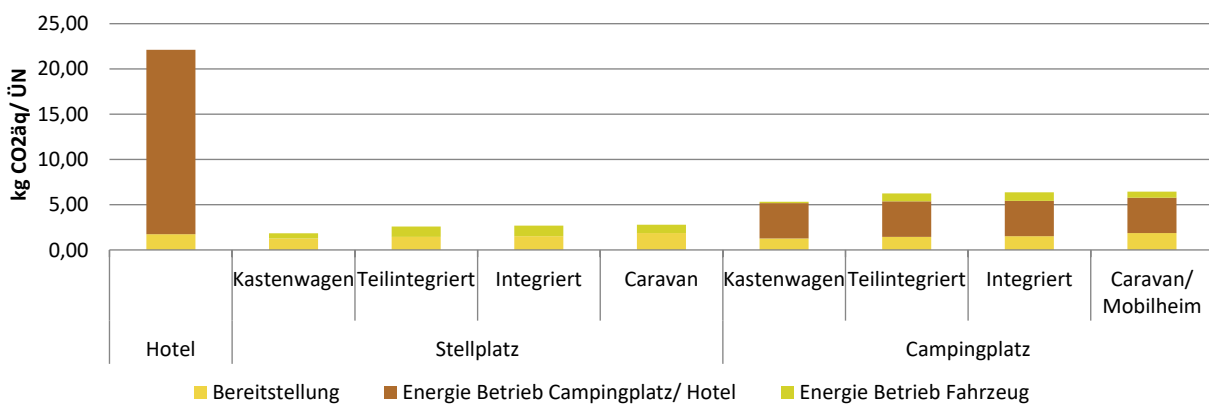
Die Bereitstellungsemissionen sind bei den Übernachtungen mit Reisemobilen und Caravans sehr relevant, wie in Abbildung 5-3 dargestellt. Hier sticht insbesondere der Caravan hervor, der aufgrund seiner geringeren Nutzung höhere Emissionen je Übernachtung verursacht. Zudem werden die Herstellungsemissionen des Caravans rein auf die Übernachtung allokiert, im Gegensatz zu den Reisemobilen, in denen eine Aufteilung der Emissionen nach den Nutzungen „Fahren“ und „Übernachten“ erfolgt (siehe 5.1).



Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 5-3: Durchschnittliche THG-Emissionen eines Fahrzeugs je Übernachtung auf einem Stellplatz mit verschiedenen Reisemobiltypen und Caravans in Deutschland.

Erfolgt die Übernachtung nicht auf einem Stellplatz – also quasi auf einem Parkplatz – sondern auf einem Campingplatz wird noch zusätzliche Infrastruktur genutzt und zusätzliche Emissionen fallen an. Zudem wird der Strom für den Betrieb der Nebenverbraucher nicht über die Lichtmaschine und Bordbatterie, sondern über eine externe Stromversorgung bereitgestellt (siehe Kapitel 4.2.1). Auch für Hotels wird Energie in Form von Wärme und Strom benötigt, deren Bereitstellung mit Emissionen verbunden ist. Hotels sind dabei deutlich weniger auf eine effiziente Energienutzung ausgelegt als Reisemobile und haben folglich deutlich höhere Emissionen mit 22,1 kg CO_{2äq} je Übernachtung und Person gegenüber Werten zwischen 1,8 (Kastenwagen auf Stellplatz) und 6,5 (Caravan auf Campingplatz) CO_{2äq} je Übernachtung und Person. Alle Werte beziehen sich dabei auf eine Nutzung im Sommer in Deutschland.



Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 5-4: Durchschnittliche Emissionen je Übernachtung und Person im Vergleich zwischen Hotel (Sommerbetrieb), Campingplatz und Stellplatz für Deutschland

6 Emissionen von Reisen im Vergleich

In diesem Kapitel werden analog zu den Vorgängerstudien für typische Reisemobil- bzw. Caravanreisen Vergleiche mit konkurrierenden Reisetypen erstellt. Neben den Emissionen aus der An- und Abreise werden dabei auch die Emissionen von Übernachtungen (Kapitel 4.2) und der Vor-Ort-Mobilität (Kapitel 4.3) berücksichtigt.

Die Auswahl der Beispielreisen erfolgt in enger Absprache mit dem CIVD entlang der Leitfrage: Wie sehen typische Caravanreisen aus? Zwei Reisebeispiele aus der Vorgängerstudie werden dabei wieder aufgegriffen, nämlich die Rügenreise und die Südfrankreichreise.

Eine aktuelle Auswertung von rund 83.700 Campingrouten, über die sich ADAC Mitglieder im Zeitraum Januar bis Juli 2019 informiert haben, zeigt das die durchschnittliche Reiseentfernung bei den Reisemobilen pro Reise 1.823 km (Caravans 1.100 km) beträgt. Die Top-3-Reiseziele sind nach Beliebtheit sortiert Deutschland, Frankreich und Italien (ADAC 2020). Beliebtestes Inlandsreiseziel in Deutschland ist Rügen (Reinhardt 2020). Die Reisen finden dabei vorwiegend im Sommer statt, Wintercamping ist laut Aussagen des CIVDs derzeit ein Randthema.

Für die Beispielreisen wird daher folgende in Tabelle 6-1 gezeigte Auswahl getroffen, Start- und Zielpunkt der Reisen ist Frankfurt am Main.

Tabelle 6-1: Betrachtete Reiseziele und -typen im Vergleich

Reiseziel und -typ	Dauer	Entfernung Straße	Jahreszeit
Rügen (Ostsee)	14 Tage	1.568 km	Mai bis September
Marseille (Südfrankreich)	21 Tage	2.003 km	Mai bis September
Skandinavien-Rundreise	21 Tage	3.355 km inkl. Fähre	Juni bis August

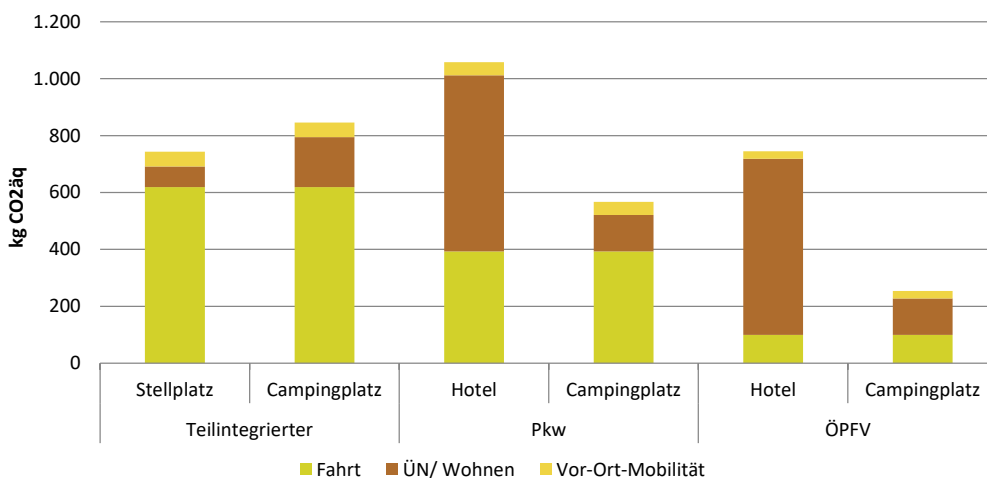
Zu den in der Vorgängerstudie enthaltenen Zielen ist mit der Skandinavien-Rundreise eine Reise mit anderem Typus, charakterisiert durch hohe Reisedistanz dafür aber aufgrund der Rundreisecharakteristik ohne expliziter Vor-Ort-Mobilität, und einer anderen Klimazone mit in die Auswahl aufgenommen. Damit ist die Vielfältigkeit von Caravanreisen besser abgebildet.

Für die Bilanzierung der Klimawirkungen der verschiedenen Reisen wurden dabei alle relevanten Lebenswegabschnitte betrachtet: die An- und Abreise, die Vor-Ort Mobilität sowie die Unterkünfte. Dabei sind jeweils sowohl typische Reisen mit Caravan oder Reisemobil (mit Übernachtung auf einem Campingplatz oder einem Stellplatz) als auch Alternativen dargestellt. Bei den Alternativen sind für das Übernachten als Unterkünf-

ten neben dem Hotel auch – für ein mit Reisemobilen und Caravans vergleichbares Komfortniveau - Mobilheime auf dem Campingplatz betrachtet.

6.1 Rügen-Reise

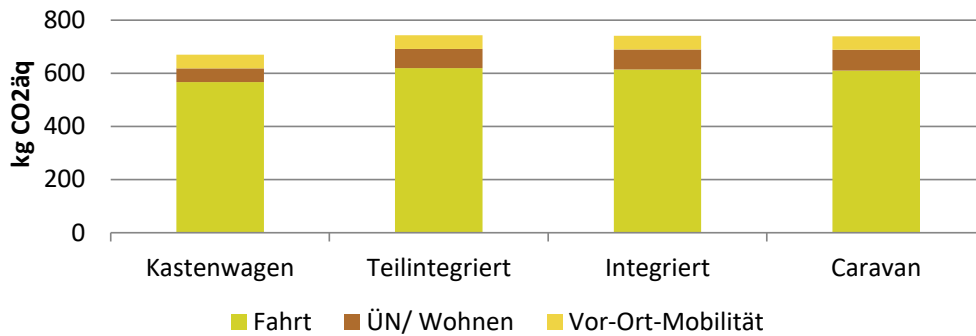
Für die Rügen-Reise wird angenommen, dass sie 14 Tage dauert und in der Saison von Mai bis September stattfindet. Ab Frankfurt am Main werden dabei Hin- und Zurück 1.568 km zurückgelegt. Für die Abbildung 6-4 sind die Emissionen für 2 Personen dargestellt. Für die Caravanreisen ist dabei exemplarisch der Teilintegrierte ausgewählt. Dabei zeigt sich, dass der Teilintegrierte die höchsten Emissionen der Fahrt im Vergleich der Alternativen hat, diese durch geringere Übernachtungsemissionen gegenüber dem Hotel jedoch teilweise kompensiert werden. So ist der Pkw mit Hotelübernachtung die emissionsintensivste Reiseform mit 1.048 kg CO₂äq. Die Reise mit Anreise mit dem öffentlichen Verkehr und Hotelübernachtung liegt mit 742 kg in einem ähnlichen Bereich wie der Teilintegrierte bei Stellplatznutzung (731 kg). Wird der Teilintegrierte mit anderen Übernachtungen auf dem Campingplatz verglichen, kann er die Mehremissionen der Fahrt nicht mehr ausgleichen: So ist die Reise mit Anfahrt in öffentlichen Verkehrsmitteln und Übernachtung auf dem Campingplatz die umweltfreundlichste Alternative und hat mit 251 kg etwa 70 % geringere Emissionen als die Nutzung des Teilintegrierten mit Übernachtung auf dem Campingplatz.



Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 6-1: THG-Emissionen der Rügen-Reise für 2 Personen bei verschiedenen Verkehrsmitteln und Reiseformen

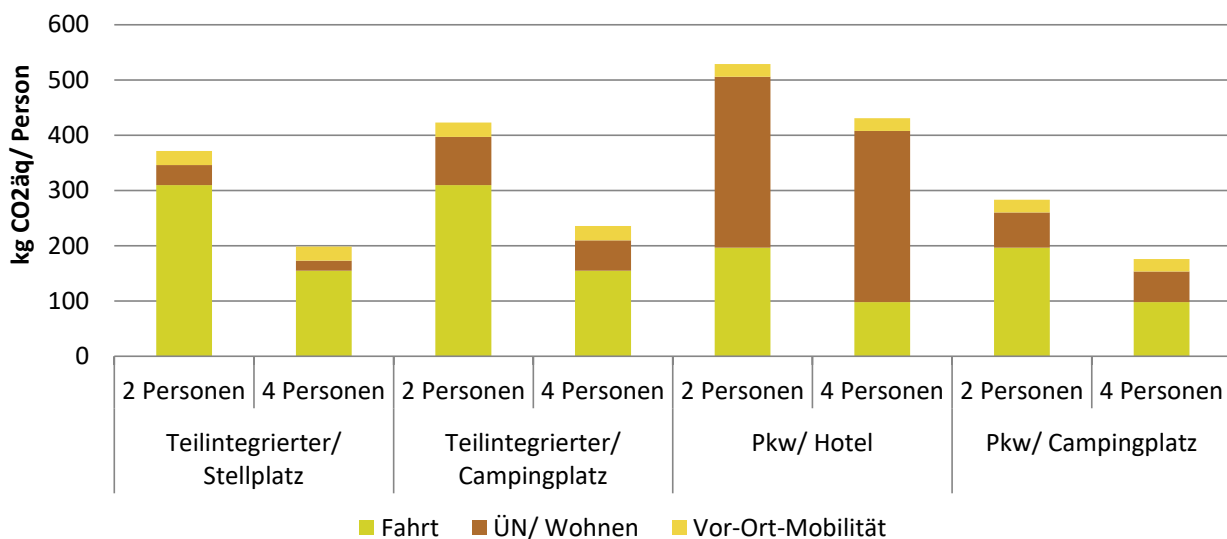
Im Vergleich der unterschiedlichen Typen von Reisemobilen und Caravans ist der Kastenwagen die Alternative mit den geringsten THG-Emissionen. Bei dem Integrierten und den Caravans werden höhere Gewichte durch geringere Reisegeschwindigkeiten kompensiert, so dass Teilintegrierte, Integrierte und Caravans bei den Emissionen mit 727 - 731 kg CO₂-Äquivalenten in einem ähnlichen Bereich liegen. Kastenwägen haben mit 658 kg etwa 10 % niedrigere Emissionen über die gesamte Reise (siehe Abbildung 6-2).



Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 6-2: THG-Emissionen der Rügen-Reise bei Reisemobilen und Caravans

Werden das Reisemobil und der Pkw mit vier statt zwei Personen ausgelastet, sinken die Emissionen der Reise pro Person bezogen auf die Fahrt um näherungsweise die Hälfte. Für die Gesamtreise bedeutet das bei den Reisemobilen mit Stellplatzübernachtung eine Minderung um 47 %, bei den Pkw mit Hotelübernachtung um 21 %. Ein hoher Auslastungsgrad ist demnach ein sehr effektiver Weg, die THG-Emissionen je Person zu mindern (siehe Abbildung 6-3).



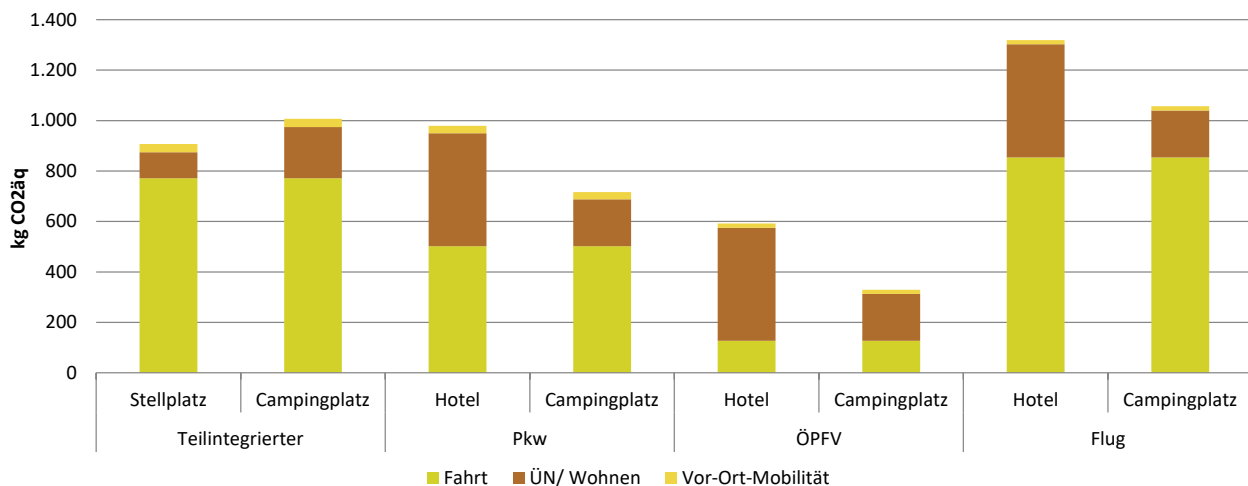
Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 6-3: Vergleich der THG-Emissionen pro Person bei einer Reise mit 2 Personen und 4 Personen je Fahrzeug

6.2 Südfrankreich-Reise

Die Südfrankreich-Reise wird mit 21 Tage für zwei Personen angenommen. Ab Frankfurt am Main werden dabei nach Marseille Hin- und Zurück 2.003 km in Frankreich und Deutschland zurückgelegt. Zusätzlich zur Rügen-Reise ist die Anreise mit dem Flugzeug berücksichtigt.

Bei der Frankreich-Reise spielen zwei Effekte eine wesentliche Rolle: Zum einen sind bei der größeren Reisedistanz die Emissionen der Fahrt im Verhältnis relevanter, zum anderen sind die Emissionen der stationären Verbraucher durch die geringeren Emissionen des Stroms in Frankreich niedriger. Insbesondere der öffentliche Verkehr gewinnt durch ersteres deutlich und ist damit unabhängig von der Übernachtungsform die klimafreundlichste Variante mit 590 kg CO₂-Äquivalenten bei Hotelübernachtung und 328 kg bei der Übernachtung auf dem Campingplatz (siehe Abbildung 6-4).



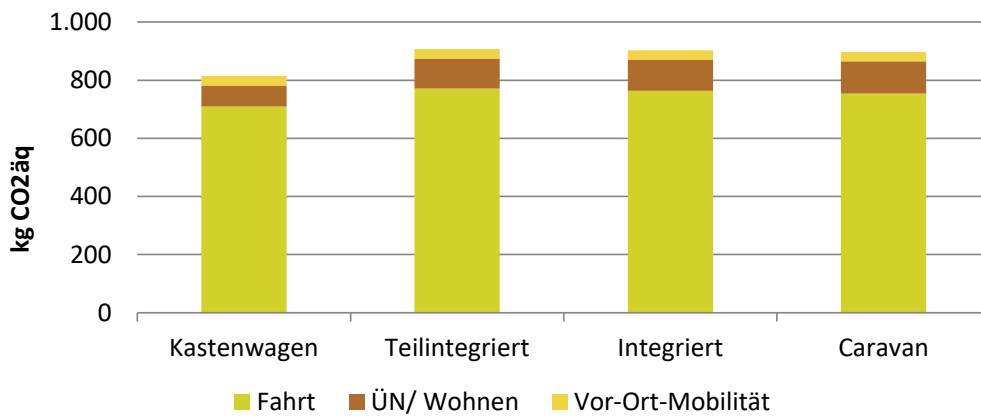
Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 6-4: THG-Emissionen der Südfrankreich-Reise bei verschiedenen Verkehrsmitteln und Reiseformen

Auch verschiebt sich die Reihenfolge von Caravanreisen und Pkw: Caravanreisen sind gegenüber dem Pkw mit Hotel nur noch dann vorteilhafter, wenn die Übernachtung auf dem Stellplatz erfolgt (900 kg gegenüber 973 kg CO₂-Äquivalenten). Unabhängig von der Übernachtungsform hat das Flugzeug die schlechteste Klimabilanz und mit Mehremissionen von 32 % (Hotelübernachtung) bzw. 6 % (Mobilheim) gegenüber der Anreise mit dem Teilintegrierten bei Übernachtung auf dem Campingplatz.

Die Emissionen der verschiedenen Reisemobilitypen und Caravans verhalten sich im Verhältnis zueinander analog der Rügen-Reise (Quelle: Eigene Berechnung).

Abbildung 6-5).



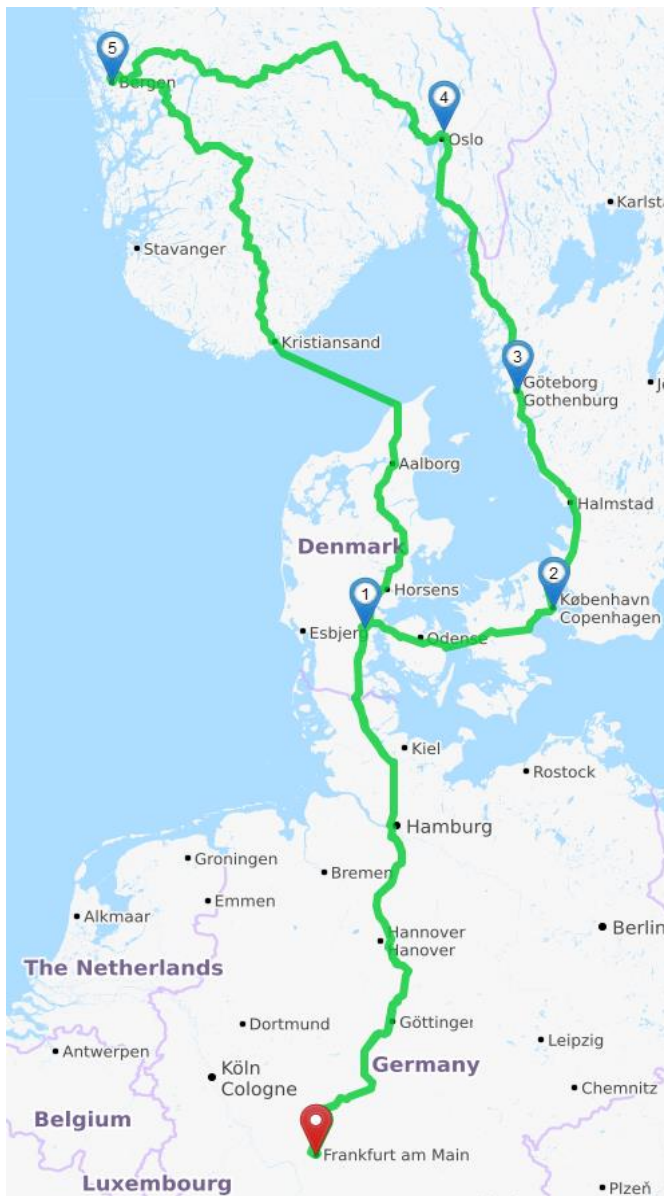
Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 6-5: THG-Emissionen der Südfrankreich-Reise bei Reisemobilen und Caravans

6.3 Skandinavien-Reise

Die Skandinavien-Reise wird mit 21 Tage für zwei Personen angenommen. Sie ist als Rundtour mit Zielen in Dänemark, Schweden und Norwegen geplant (siehe Karte).

Die Distanz der Tour beträgt 3.355 km, davon 136 km mit der Fähre. Aufgrund des Charakters als Rundreise wird angenommen, dass Sehenswürdigkeiten auf dem Weg, also ohne extra Vor-Ort-Mobilität angesteuert werden. Eine Reise mit dem öffentlichen Verkehr ist aufgrund der damit vorwiegend realisierbaren Punkt-zu-Punkt-Verbindungen nicht berücksichtigt.



Quelle: <https://graphhopper.com/maps/>; © open street maps contributors, Thunderforest Transport theme

Abbildung 6-6: Route der angenommenen Skandinavienrundtour

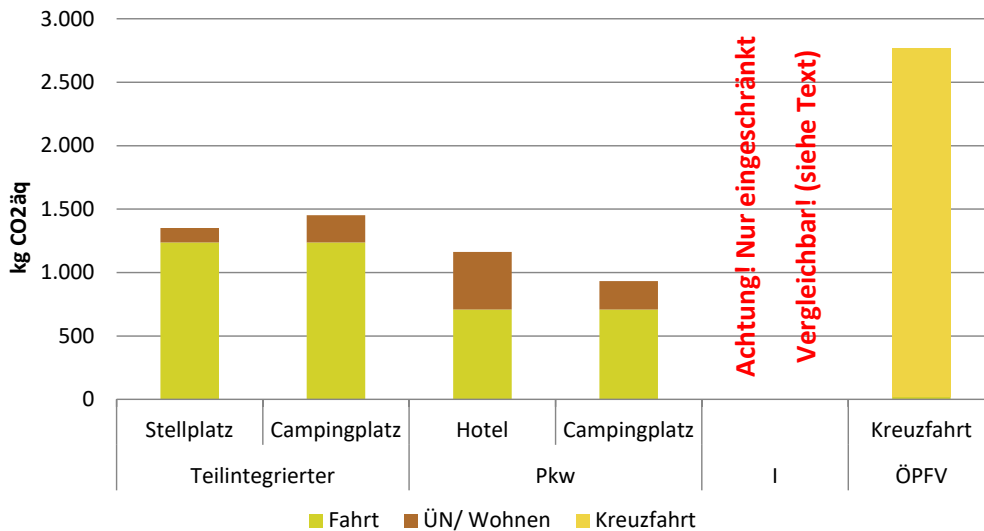
Als zusätzliche Vergleichsvariante ist eine Kreuzfahrt mit aufgenommen (siehe Exkurs Tabelle 4-2). Dabei ist im Angebot von „Aida“ eine möglichst vergleichbare Reise ausgewählt. Diese besucht dabei in 14 Reisetagen verschiedene Städte in der Ostsee und in Norwegen:

- Kiel (Starthafen)
- Tallinn
- St. Petersburg
- Helsinki

- Stavanger
- Nordfjordeid
- Molde
- Bergen
- Kiel (Zielhafen)

Die Reisedistanz ist mit ca. 5.300 km deutlich weiter als in der für Caravan- bzw. die Pkw-Reise angenommene Rundtour. Dies resultiert aus hohen Distanzen pro Reisetag von etwa 380 km (Caravanreise 160 km). Dieser Wert ist ähnlich für verschiedene Kreuzfahrten, so dass eine von der Distanz vergleichbare Kreuzfahrt eine deutliche Reduktion in der Reisedauer zur Folge hätte. Eine weitere Reduktion der Dauer auf z. B. eine Woche würde jedoch die Reisen nicht vergleichbarer machen. Es wird angenommen, dass die Anreise aus Frankfurt a. M. zum Startort der Kreuzfahrt Kiel mit dem öffentlichen Verkehr erfolgt.

Die Emissionen der Kreuzfahrt sind dabei eine untere Abschätzung, hier sind nicht die Emissionen der Bereitstellung der Schiffe und der Verbrauch im Hafen und von Landgängen mitberücksichtigt, durch die sich die Emissionen der Kreuzfahrt (etwas) weiter erhöhen. Trotz dieser tendenziellen Unterschätzung der Emissionen ist die Kreuzfahrt die mit Abstand die emissionsintensivste Reiseform, auch wenn eine Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln angenommen wird: Die Emissionen liegen mit 2.769 kg CO₂-Äquivalenten um 105 % über den Emissionen der Rundreise mit dem Integrierten und der Übernachtung auf Stellplätzen, trotz der geringeren Reisedauer von zwei gegenüber drei Wochen.



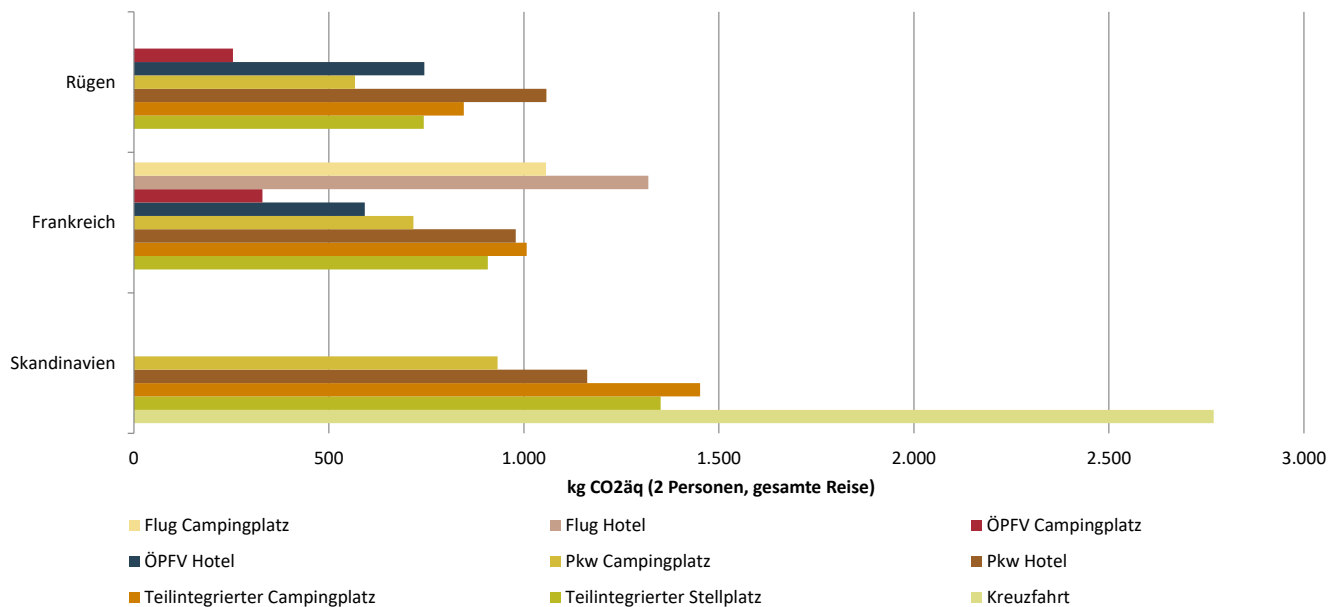
Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 6-7: THG-Emissionen der Skandinavien-Reise für 2 Personen bei verschiedenen Verkehrsmitteln und Reiseformen

Für die Skandinavientour gilt im Vergleich mit der Rügen-Reise ähnliches wie für die Südfrankreich-Tour: Auch hier sind die Hotelemissionen durch den günstigen Strommix deutlich niedriger als bei einer Reise in Deutschland, zudem ist die Reisedistanz höher, so dass die höheren Fahrtemissionen der Reisemobile stärker in Gewicht fallen. Die Mehremissionen einer Rundreise mit Teilintegrierten und Übernachtung auf Stellplätzen beträgt dabei im Vergleich mit dem Pkw und Übernachtung im Hotel 16 %. Die umweltfreundlichste Variante ist dabei die Nutzung des Pkws in Kombination mit Mobilheimen mit 932 kg CO₂-Äquivalenten für die gesamte Reise und zwei Personen.

6.4 Vergleich der Reisen

In Abbildung 6-8 sind die Reisen aufsteigend nach Höhe der Emissionen dargestellt. Bei der Südfrankreich- und der Rügen-Reise zeigt sich, dass die Verkehrsmittelkombinationen ÖPFV mit Campingplatz vorteilhaft gegenüber den verglichenen Reiseformen ist. Die knapp 500 km höhere Reisedistanz für die Südfrankreich-Reise werden dabei – zu mindestens bei Nutzung des öffentlichen Verkehrs – größtenteils von den niedrigeren Emissionen der Übernachtung durch den besseren Vor-Ort-Strommix kompensiert. Im mittleren Bereich - zwischen 500 und knapp über 1.000 kg CO₂-Äquivalenten – ordnen sich die Reisemobile für die beiden Reisen ein, wobei hier die Reisedistanz einen deutlich höheren Einfluss auf die Emissionen hat. Die Skandinavienreise ist durch die deutlich höhere Reisedistanz (3.350 km gegenüber 2.000 km der Südfrankreich-, 1.570 km der Rügen-Reise) mit deutlich höheren Emissionen verbunden.

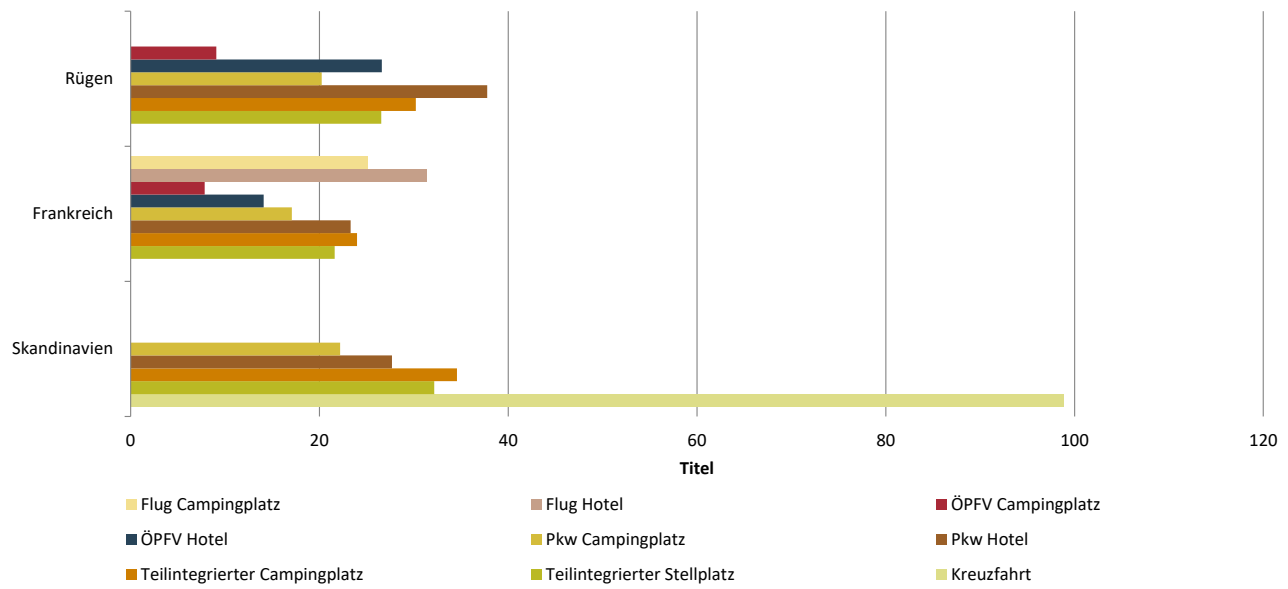


Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 6-8: Emissionen der Reisen im Vergleich

Unterschiedliche Reisen sind aufgrund ihres unterschiedlichen Charakters, der z.B. vom Zielland geprägt wird, teilweise nicht direkt miteinander zu vergleichen. Häufig sind jedoch die Art und Anzahl der Urlaube durch äußere Randbedingungen geprägt, wie etwa vorhandenes Urlaubsbudget oder Anzahl der Urlaubstage. Um dies zu berücksichtigen, sind folgend die Emissionen je Reisetag und Person dargestellt.

Auch beim Vergleich mit dem Bezug Emissionen je Reisetag und Person sind die gesamte Reisedauer und das Reiseziel weniger entscheidend als die Wahl des Verkehrsmittels und der Unterkunft. So ist auch hier die Kombination mit öffentlichen Verkehr und Campingplatz mit 7,8 bzw. 9,1 kg CO₂-Äquivalenten je Reisetag mit Abstand die günstigste Variante. Die Emissionen von Reisemobilen liegen im Schnitt über alle dargestellten Reisearten bei 26,8 kg auf dem Stellplatz und bei 29,6 kg auf dem Campingplatz. Die Variante von Pkw mit Hotel entspricht den Reisemobil auf Campingplatzemissionen mit 29,6 kg, Pkw mit Übernachtung auf dem Campingplatz emittieren im Mittel 20,0 kg je Reisetag und Person. Mit mehr als zehnfach so vielen Emissionen wie das ökologische Optimum ist die Kreuzfahrt mit 98,9 kg CO₂-Äquivalenten je Reisetag negativer Spitzenreiter bei der Klimawirkung (siehe Abbildung 6-8).



Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 6-9: Emissionen der Reisen im Vergleich je Reisetag

7 Technische Potenziale der Reisemobile und Caravans 2030+

In diesem Kapitel wird ein Überblick über emissionsrelevante technische Potenziale bei Reisemobilen und Caravans gegeben. Dazu erfolgt eine qualitative und semi-quantitative Diskussion aktueller technischer Entwicklungen und alternativer Antriebskonzepte für Reisemobile und Caravans, wie Hybridisierung, Elektrifizierung und Leichtbau.

7.1.1 Elektrifizierung und Hybridisierung von Reisemobilen

Im Bereich der leichten Nutzfahrzeuge, die als Basisfahrzeuge zur Fertigung von Reisemobilen dienen, ist ein Trend hin zur Elektrifizierung des Antriebsstranges erkennbar. Neben vollelektrischen Fahrzeugen (BEV) sind auch Hybride (HEV) und erste Plug-In-Hybrid (PHEV) in dieser Fahrzeugklasse verfügbar (Becker 2020).

Aufgrund ihrer geringeren Reichweite von rund 100 km bis maximal 400 km und tendenziell abnehmender Nutzlast mit steigender Reichweite aufgrund des zunehmenden Akku-Gewichts werden reine Elektrofahrzeuge hier nicht weiter betrachtet. Zumal sich die Reichweiten durch das zusätzliche Gewicht nach dem Ausbau im reisebereiten Zustand weiter verringert.

Im Falle der Plug-In-Hybride stellt sich hinsichtlich der nutzbaren Last ein ähnliches Bild dar. Das Zusatzgewicht der Batterie begrenzt tendenziell durch ein höheres Basisfahrzeuggewicht die nutzbare Last für den Aus- und Aufbau. Eine nennenswerte Emissionseinsparung ist nur bei einem hohen elektrischen Fahranteil zu erreichen. Dies ist jedoch für typische Reisedrecken von Reisemobilen bei elektrischen Reichweiten von bis zu 50 km und Ladezeiten zwischen drei und fünfeinhalb Stunden (Ford Media Center 2019) derzeit nicht zu erwarten.

Die Verbrauchsvorteile von hybriden leichten Nutzfahrzeugen (HEV und PHEV) gegenüber konventionellen Fahrzeugen sind sowohl vom Hybridisierungsgrad¹, vom Streckenprofil und in geringerem Maße von der Fahrzeugmasse bzw. Beladung abhängig. So können bei Nutzungsprofilen mit hohem Lastwechselanteil Treibstoffeinsparungen zwischen 2 % und 13 % erzielt werden (Treusch 2013), bei rein städtischen Profilen mit Vollhybriden sind auch bis zu 46 % möglich (Moawad / Rousseau 2012). Demgegenüber sind bei schwach lastigen Streckenprofilen und konstanten Leistungsanforderun-

¹ Leistungsniveau der elektrischen Antriebsrangkomponente im Vergleich zur Leistung der konventionellen Antriebskomponente

gen an den Antriebsstrang keine Einsparungen bis hin zu einem Mehrverbrauch von rund 2 % beobachtbar.

Gerade bei längeren Reisen mit hohen Autobahnstreckenanteilen bei konstanter Fahrgeschwindigkeit kann ein hybridisiertes Reisemobil daher tendenziell kaum Treibstoffverbrauchs- und Treibhausgasemissionsminderungen erzielen. Bei Fahrten in urbanen Regionen sowie Reisen und Ausflügen durch hügeliges Terrain sind signifikante Einsparungen erzielbar. Aufgrund der weiteren Abhängigkeit der Minderungspotenziale vom Hybridisierungsgrad sowie der Auslegung der Antriebskomponenten, ist es notwendig diese hinsichtlich der Nutzung im Reisemobil optimal zu dimensionieren.

Teilelektrifizierte Fahrzeuge bedeuten somit nicht zwingend eine umweltfreundlichere Reisemobilität, zumal zunächst der aufwändigere Produktionsprozess von Hybridfahrzeugen durch den potenziellen Minderverbrauch egalisiert werden muss. Weitere Randbedingungen, wie z. B. Umweltzonen (Zero Emission Zones) in Reisezielen könnten eine Elektrifizierung von Reisemobilen mit größerer elektrischer Reichweite jedoch wieder attraktiv machen.

7.1.2 Elektrifizierung Caravan

Aktuell finden sich Prototypen für elektrifizierte Caravans in der Entwicklung und werden in der Fachpresse erwähnt. Das Antriebskonzept sieht aufgrund der Verfügbarkeit bestehender Komponenten und der Einfachheit der Integration einen Zentralantrieb vor. Der in (Freimann et al. 2019) beschriebene integrierte Asynchronmotor erbringt eine Maximallistung von 90 kW sowie 30 kW Dauerleistung mit einem maximalen Raddrehmoment von je 1.400 Nm, so dass ein eigenständiges Rangieren des Caravans auch über Hindernisse wie Bordsteinkanten möglich ist.

Simulationsrechnungen ergeben einen kombinierten Energieverbrauch für das Gespann von 146 kWh auf der Strecke von Isny, Deutschland nach Arco am Gardersee in Italien mit rund 380 km. Als Bezugsstrecke zur Ermittlung des kilometerspezifischen Verbrauchs werden die angegebenen 371 km herangezogen. Daraus ergeben sich 39,4 kWh je 100 km elektrischer Energieverbrauch, wobei keine Angaben über zusätzliche Ladeverluste vorhanden sind. Inklusive angenommener 13 % Ladeverluste ergibt sich ein Verbrauch von 45,3 kWh/100km. (Freimann et al. 2019)

Bei spezifischen Treibhausgasemissionen 571 g CO₂äq/ kWh Strom auf der Niederspannungsebene für Deutschland ergeben sich rund 258 g/km an Treibhausgasäquivalenten, im Vergleich mit Emissionen heutiger Caravan-Gespanne von 342 g/km. Durch die Verbesserungen im Strommix werden sich die Emissionen des elektrisch angetriebenen Gespanns dabei absehbar deutlich verbessern. Zusätzlich ist jedoch die Bereitstellung insbesondere des Akkus zu berücksichtigen: Da über die eingesetzte Antriebs-Akkukapazität keine Angaben gemacht werden, kann hier nur eine sehr grobe Abschätzung erfolgen. Im Falle von norwegischen Strombereitstellungsemissionen lägen diese in der Größenordnung von rund 5 g/km.

7.1.3 Leichtbau Reisemobile

Um die Effekte von Leichtbaumaßnahmen bei Reisemobilen zu quantifizieren, wurden Simulationsrechnungen mit den in Abschnitt 3.1 definierten Fahrzeugen bei reduziertem Gesamtgewicht durchgeführt. In Abbildung 7-1 werden die Verbrauchsminderungen bei 100 kg Gewichtsreduktion für das integrierte und teilintegrierte Reisemobil dargestellt. Die Einsparungseffekte sind mit 0,24 und 0,23 l/100km am stärksten innerorts ausgeprägt. Bei Außerortsfahrten liegen diese bei rund 0,1 l/100 km und fallen bis auf 0,06 l/100 km bei Autobahnstrecken ab.

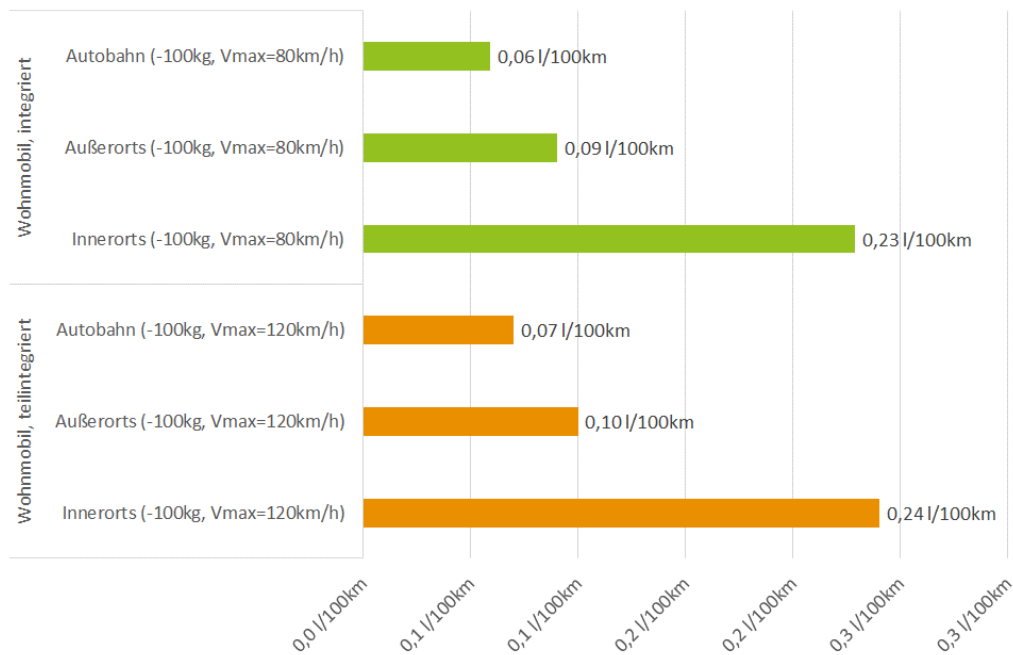


Abbildung 7-1: Kilometerspezifische Treibstoffersparnis bei 100 kg Gewichtsreduktion für Innerorts-, Außerorts- und Autobahnstraßenabschnitte. Eigene Berechnungen.

Geht man davon aus, dass diese Verbrauchsminderung nicht durch zusätzliche Beladung des Fahrzeugs kannibalisiert wird, so lassen sich Treibstoffeinsparungen zwischen 2 % Innerorts und 0,6 % auf Autobahnen je 100 kg Gewichtsreduktion erzielen.

8 Fazit und Ausblick Caravaning

In dem Bericht sind die Emissionen und der Energieverbrauch von Reisemobilen und Caravans über deren Lebensdauer bzw. über ein durchschnittliches Jahr ermittelt. Zudem können mit den dargestellten Vergleichen für das Fahren und für das Übernachten verschiedene Reisemobil- und Caravantypen sowohl mit anderen Verkehrsmitteln als auch mit anderen Urlaubsformen verglichen werden. Über die konkrete Klimabilanz der drei Reisen (Rügen, Südfrankreich, Skandinavien) sind die wesentlichen Emissionsquellen dieser Reisetypen nochmal im Detail analysiert. Folgende Schlussfolgerungen können aus den allgemeinen Analysen und der Betrachtung der Beispielreisen gezogen werden:

- Caravanurlaubsreisen sind in der Regel bei Reisen innerhalb Deutschlands mit geringeren Emissionen verbunden als die Kombination von Pkw und Hotelübernachtungen. Dabei können die höheren Emissionen des Fahrens durch geringere Übernachtungsemissionen kompensiert werden. Dementsprechend fällt die Einsparung höher aus, je länger die Reise (mehr Übernachtungen) ist bzw. je kürzer die Reisedistanz.
- Bei hohen Reisedistanzen (z. B. Auslandsreisen) und/ oder kurzen Reisen (weniger als 14 Tage) kann die Kombination von Hotel und Anreise mit dem Pkw vorteilhaft gegenüber Carvanreisen sein. Dies gilt insbesondere, wenn die Reise in Länder mit geringen Emissionen für die Strombereitstellung und damit geringeren Hotelemissionen führt (Frankreich, Skandinavien). Wird in Mobilheimen anstatt im Hotel übernachtet, ist die Anreise mit dem Pkw gegenüber dem Reisemobil bzw. Caravan vorteilhaft.
- Die Anreise mit der Bahn oder dem Fernbus ist in den Betrachtungsfällen die Variante mit den geringsten THG-Emissionen, unabhängig von der Übernachtungsform. Bei hohen Reisedistanzen verstärkt sich der Effekt.
- Reisen mit dem Flugzeug oder dem Kreuzfahrtschiff haben in allen Betrachtungsfällen deutlich höhere Emissionen als alle anderen betrachteten Reiseformen.
- Kastenwägen sind die effizienteste Caravanreiseform, mit einem Unterschied von etwa 10 % zu den sonstigen betrachteten Reisemobilen und Caravans. Dabei wird der Gewichtsvorteil des betrachteten Teilintegrierten (zul. GG 3,5 t) durch die höheren Reisegeschwindigkeiten kompensiert, so dass dieser gleichauf mit dem Integrierten (zul. GG 4,5 t) und dem Caravan liegt.
- Vor-Ort-Mobilität hat einen Anteil an den Gesamtemissionen der Caravaningreisen von bis zu 7 %. Dieser Anteil kann durch die Nutzung von Pedelecs mit ihren zu vernachlässigbaren THG-Emissionen je Kilometer (16 g gegenüber 207 g CO₂-Äquivalente Teilintegrierter inklusive Bereitstellung) deutlich reduziert werden.

Caravanreisen sind dann vorteilhaft gegenüber anderen Reiseformen, wenn sie als langsames Reisen verstanden werden, d. h. wenige lange Reisen mit möglichst kurzen Reisedistanzen. Insbesondere weisen Caravanreisen dann eine gute Umweltbilanz auf, wenn sie mit Reiseformen verglichen werden, die vor der COVID-19-Pandemie geboomt haben: Mit Kreuzfahrten und mit (Flug-)Fernreisen. Nachteile der Caravanrei-

sen gegenüber dem öffentlichen Verkehr können minimiert werden, indem z. B. die Auslastung erhöht wird oder das Reisemobil erst am Zielort gemietet wird, während die Anreise dorthin mit dem öffentlichen Verkehr erfolgt. Eine weitere Möglichkeit ist die Reduzierung der Reisegeschwindigkeit: So ergeben die Simulationen für den Teilintegrierten, dass durch die Minderung der Reisegeschwindigkeit von 120 km/h auf 100 km/h der Autobahnverbrauch von 12,0 auf 10,5 l/100 km gesenkt wird, bezogen auf die gesamte Reise bedeutet dies am Beispiel Rügen eine Emissionsminderung von 6 %.

Mit geringeren Emissionen im Strommix, von denen sowohl die Hotels als auch die elektrisch angetriebenen Verkehrsmittel profitieren, sowie elektrisch angetriebenen Pkw werden die Alternativen von Caravanreisen ihre Emissionen in Zukunft deutlich senken können. Neben veränderten Nutzungen sind dabei auch bei Reisemobilen und Caravans technische Potenziale für die Reduktionen der Emissionen vorhanden z. B. über:

- Die Elektrifizierung von Caravans, welche insbesondere auch die Nutzung von Elektroautos als Zugfahrzeuge ohne größere Reichweiteinbußen erlaubt. Erste Abschätzung der Emissionen dieser Kombination zeigen Emissionseinsparungen gegenüber dem konventionell angetriebenen Gespann von etwa 25 % im Betrieb (bei heutigem Strommix). Dabei wird eine Mehrfachnutzung der Antriebskomponenten (Elektromotor, Batterie) angestrebt, z.B. als Rangierhilfe/ Mover oder Bordbatterie, um die Mehremissionen der Herstellung durch den Wegfall anderer Komponenten zu reduzieren.
- Die Nutzung von Leichtbau bei Reisemobilen und Caravans, z.B. über fortschrittliche Holz-Verbundstoffe. Dadurch kann neben der Kraftstoffeinsparung im Betrieb auch das Risiko reduziert werden, dass die Reisemobile mit zulässigen Gesamtgewicht kleiner 3,5 t für längere Urlaubsfahrten überladen werden. Die erwartbaren Einsparungen bewegen sich dabei im Bereich zwischen 0,6 und 2 % je 100 kg reduziertem Gewicht.

Entgegen der Alternativen werden die dargestellten Einsparungen jedoch nicht primär durch Verbesserungen in anderen Sektoren angestoßen, sondern müssen durch aktives Handeln der Branche selbst vorangetrieben werden. Um den Anforderungen des Paris-Agreements gerecht zu werden, müssen dabei neben den diskutierten technischen Verbesserungen auch veränderte Reisemuster betrachtet werden. Welche disruptiven Änderungen dabei möglich sind, zeigt die gerade stattfindende COVID-19-Pandemie. Diese zeigt dabei auch, dass Freiheit und Verantwortung immer zusammen gedacht werden müssen – eine besondere Herausforderung für eine Branche, die eines der zentralen modernen Freiheitsprodukte verkauft.

Literaturverzeichnis

- ADAC (2017): ADAC Test - Zugwagen 2017.
https://www.adac.de/infotestrat/tests/camping-test/zugwagentest/zugwagentest_2017/default.aspx. (04.08.2020).
- ADAC (2020): Die beliebtesten Reiseziele der Camper. <https://www.adac.de/der-adac/aktuelles/camping-reise/>. (18.05.2020).
- Bäumer, M.; Hautzinger, H.; Pfeiffer, M.; Stock, W.; Lenz, B.; Kuhnimhof, T.; Köhler, K. (2017): Fahrleistungserhebung 2014 - Inländerfahrleistung von Marcus Bäumer, Heinz Hautzinger, Manfred Pfeiffer, Wilfried Stock (IVT Research GmbH, Mannheim), Barbara Lenz, Tobias Kuhnimhof, Katja Köhler (Institut für Verkehrsforschung, DLR, Berlin). Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen Verkehrstechnik | Heft V 290 Fachverlag NW, Bremen.
- Becker, C. (2020): Fahrbericht Ford Transit Custom Kombi PHEV (2020): Wie schlägt sich der Custom als Hybrid? In: *Promobil.de*.
<https://www.promobil.de/neuheiten/fahrbericht-hybrid-ford-transit-custom-kombi-phev-hybrid/>. (06.08.2020).
- Bleher, D. (2013): Vergleichende Klimabilanz von Motorcaravanreisen. Öko-Institut.
<https://www.oeko.de/oekodoc/1572/2013-428-de.pdf> (20.07.2020).
- DEHOGA Umweltbroschüre (2016): DEHOGA. https://www.dehoga-bundesverband.de/fileadmin/Startseite/05_Themen/Energie/DEHOGA_Umweltbroschuere_Oktober_2016.pdf (30.06.2020).
- Deutscher Reiseverband (2019): Bilanz zum Kreuzfahrtmarkt 2018: Die finalen Zahlen. In: *DRV*. <https://www.driv.de/anzeigen/txnews/bilanz-zum-kreuzfahrtmarkt-2018-die-finalen-zahlen.html>. (29.07.2020).
- E3P, T. (2016): Typical Meteorological Year (TMY). *Text*,
<https://e3p.jrc.ec.europa.eu/articles/typical-meteorological-year-tmy>. (04.08.2020).
- European Commission (2016): Reducing emissions from the shipping sector.
https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping_en. (07.03.2019).
- Fisch und Fischl GmbH (2020): Spritmonitor.de. <https://www.spritmonitor.de/>.
- Ford Media Center (2019): Tourneo Custom mit Plug-In-Hybrid-Antrieb.
<https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/de/de/news/2019/04/02/ford-praesentiert-tourneo-custom-mit-plug-in-hybrid-antrieb.html>. (06.08.2020).
- Freimann, Dr.-Ing. R.; Gillich, U.; Gumpoltsberger, Dr.-Ing. G.; Kaiser, R. (2019): Zentraler Elektroantrieb für leichte Wohnwagen. In: *springerprofessional.de*.
<https://www.springerprofessional.de/zentraler-elektroantrieb-fuer-leichte-wohnwagen/17479878?fulltextView=true>. (07.08.2020).
- Huijbrechts, I. (2015): Hotel+Energie. In: *Hotelbau*. S. 36.
- 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).

- Kämper, C. (2015): 150916_Abschlussbericht_Pedelection_final.pdf.
https://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/2016-09/150916_Abschlussbericht_Pedelection_final.pdf. (23.07.2020).
- Moawad, A.; Rousseau, A. (2012): Impact of Electric Drive Vehicle Technologies on Fuel Efficiency – Final Report. Argonne National Laboratory.
https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/effect_of_electric_drive_vehicle_technologies-811668.pdf (06.08.2020).
- Reinhardt, U. (2020): 2020 TOURISMUS ANALYSE. S. 44.
- Schulz, A.; Chlond, B.; Magdolen, M.; Kuhnimhof, T. (2020): Klimawirksame Emissionen des deutschen Reiseverkehrs. UBA Texte Dessau-Roßlau. S. 144.
- Treusch, S. C. (2013): Hybrid at Daimler Trucks – Technology for the world.
https://www.fast.kit.edu/download/DownloadsMobima/Veroeffentlichung_Hybridtagung_Daimler_Treusch_22022013.pdf. (06.08.2020).

Tabellenanhang

Tabelle 0-1: Bestand von Reisemobilen und Caravans nach Erstzulassungsjahr

Jahr der Erstzulassung	Reisemobile			Caravans	
	Neuzulassungen im Jahr der Erstzulassung	Davon im Bestand 2019	Anzahl der Neuzulassungen	Davon im Bestand 2011	
1980	6.907	1.940	37.171		9.238
1985	6.327	3.843	26.174		11.208
1990	16.941	9.286	29.011		18.781
1995	13.238	8.500	29.135		19.687

Tabelle 0-2: Emissionen im Fahrzeugleben von Reisemobilen [kg CO_{2äq}]

	Kastenwagen	Teilintegrierter	Vollintegrierter
Bereitstellung inkl. Wartung	17.585	20.032	20.914
Fahren	78.613	85.435	84.177
ÜN/ Wohnen	2.386	5.355	5.617
Summe	98.584	110.822	110.708

Tabelle 0-3: Energieverbrauch der durchschnittlichen Nutzung

Energieverbrauch im Fahrzeugleben [MJ]				
	Kastenwagen	Teilintegrierter	Vollintegrierter	Caravan
Bereitstellung inkl. Wartung	284.420	322.010	339.385	133.490 (Caravan)
Fahren	1.095.967	1.191.068	1.173.532	607.348 (Zugfahrzeug)
ÜN/ Wohnen	32.221	67.511	70.732	35.834 (Caravan)
Summe	1.412.607	1.580.589	1.583.648	776.672
Energieverbrauch im Jahr [MJ]				
	Kastenwagen	Teilintegrierter	Vollintegrierter	Caravan
Bereitstellung inkl. Wartung	9.481	10.734	11.313	4.450 (Caravan)
Fahren	36.532	39.702	39.118	20.245 (Zugfahrzeug)
ÜN/ Wohnen	1.074	2.250	2.358	1.194 (Caravan)
Summe	47.087	52.686	52.788	25.889

Tabelle 0-4: Emissionen von öffentlichen Verkehrsmitteln

	Energieverbrauch [MJ / Personenkilometer]	Emissionen [g CO _{2äq} / Personenkilometer]
Landverkehr		
ÖPNV		1,0
ÖPFV		0,5
Luftverkehr		
Inland		247,5
Europa		212,9
Seeverkehr		
Kreuzfahrt		2,8

Tabelle 0-5: Energieverbrauch und THG-Emissionen von Campingplätzen in Europa je Übernachtung und Gast

	Energieverbrauch [kWh/ ÜN]		Emissionen [kg CO _{2äq} / ÜN]		
	Deutschland	Europa	Deutschland	Frankreich	Skandinavien
Strom	3,0		3,4	1,7	0,3
Wärme	8,3		10,2	2,2	2,3
Gesamt	11,3		13,6	3,9	2,6

Tabelle 0-6: Kumulierter Energieverbrauch und THG-Emissionen von Hotels im Sommer je Gast und Übernachtung

	Energieverbrauch [kWh/ ÜN]	THG-Emissionen [kg CO _{2äq} / ÜN]		
		Deutschland	Frankreich	Skandinavien
Strom Betrieb	15,8	9,0	1,5	1,6
Wärme Betrieb	17,7	4,7	4,0	4,0
Zubereitung Essen	18,5	6,6	3,4	3,5
Hotelbereitstellung	8,9	1,8	1,8	1,8
Gesamt	43,1	17,4	6,7	6,8

Tabelle 0-7: THG-Emissionen von Caravanreisen nach der Rügen bei Übernachtung auf dem Stellplatz für 2 Personen; in kg CO₂-Äquivalenten

	Kastenwagen	Teilintegriert	Integriert	Caravan
Fahrt	567,0	619,3	614,2	610,1
Übernachtung/ Wohnen	51,5	72,5	75,8	78,1
Vor-Ort-Mobilität	39,2	39,2	39,2	39,2
<i>Summe</i>	<i>657,6</i>	<i>730,9</i>	<i>729,1</i>	<i>727,4</i>

Tabelle 0-8: THG-Emissionen von Caravanreisen nach der Südfrankreich bei Übernachtung auf dem Stellplatz für 2 Personen; in kg CO₂-Äquivalenten

	Kastenwagen	Teilintegriert	Integriert	Caravan
Fahrt	709,7	771,3	764,0	753,9
Übernachtung/ Wohnen	71,9	103,2	106,0	110,6
Vor-Ort-Mobilität	25,0	25,0	25,0	25,0
<i>Summe</i>	<i>806,7</i>	<i>899,5</i>	<i>776,0</i>	<i>889,5</i>

Tabelle 0-9: THG-Emissionen von Caravanreisen nach der Skandinavien bei Übernachtung auf dem Stellplatz für 2 Personen; in kg CO₂-Äquivalenten

	Kastenwagen	Teilintegriert	Integriert	Caravan
Fahrt	1106,7	1198,7	1213,6	1191,7
Übernachtung/ Wohnen	82,6	114,1	121,3	123,5
<i>Summe</i>	<i>1189,3</i>	<i>1312,8</i>	<i>1334,8</i>	<i>1315,2</i>