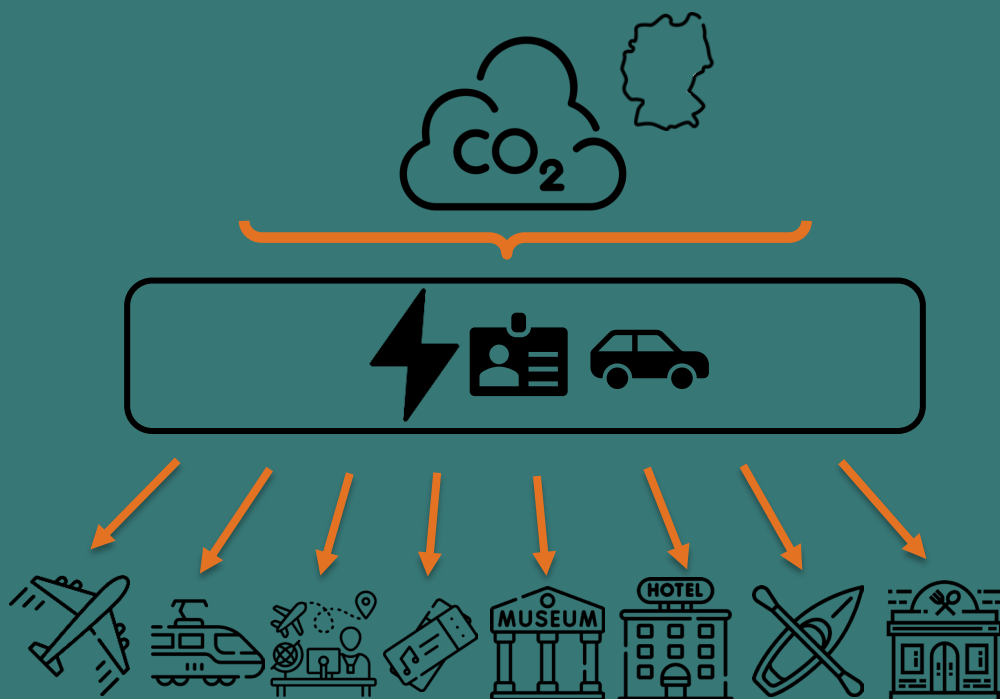


Methodenhandbuch zur Erstellung eines branchenweiten Treibhausgas-Inventars für die Tourismuswirtschaft



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Impressum

Herausgeber:

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) e. V.
Telegrafenberg A 31
14473 Potsdam

Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit
Referat G I 5
Bürgerbeteiligung, Gesellschaftliche Gruppen und Verbände, Verbändeförderung, Tourismus, Sport
Stresemannstraße 128 – 130
10117 Berlin

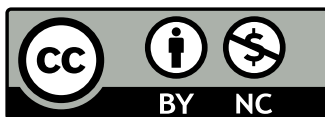
Autor:innen:

Fabio Ascione, PhD 
Benedikt Bruckner 
Theresa Pudzich 
Prof. Dr. Helga Weisz 

Erscheinungsjahr: 2026

Zitiervorschlag:

Ascione, F., Bruckner, B., Pudzich, T., Weisz, H., (2026). Methodenhandbuch zur Erstellung eines branchenweiten Treibhausgas-Inventars für die Tourismuswirtschaft. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung und Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit. DOI: 10.48485/pik.2026.24.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

Impressum.....	2
Vorwort	4
1. Einführung.....	6
1.1. Treibhausgas-Inventar Tourismus: Ziel und Zweck	7
1.2. Ziele und Inhalte dieses Handbuchs	7
2. Grundlagen und Hintergründe	8
2.1. Querschnittsbranche Tourismus	8
2.2. Allgemeine Grundsätze der Treibhausgas-Emissionsberechnung im Tourismus.....	10
2.3. Hintergrund zum Klimaschutzgesetz	14
2.4. Anwendung im THG-Inventar Tourismus	15
3. Angebotsseitige Perspektive: Bottom-up Ansatz.....	17
3.1. Methode für die THG-Berechnung einzelner Unternehmen.....	18
3.2. Methode zur Hochrechnung der THG-Emissionen	24
4. Angebotsseitige Perspektive: Top-down Ansatz.....	33
4.1. Methode	34
4.2. Daten	37
5. Nachfrageseitige Perspektive: THG-Fußabdruck des Tourismus in Deutschland	39
5.1. Methode	39
5.2. Daten	41
6. Ausblick	43
7. Referenzen.....	44
7. Anhang	49
1. Liste der Tourismusindustrien auf Ebene der Wirtschaftsklassen nach WZ Klassifikation 2008	49
2. Liste aller Umrechnungsfaktoren und Heizwerte	50
3. Liste der Emissionsfaktoren.....	51
4. Beispiel eines Destinationsberichts in Anlehnung an eine (anonymisierte) Pilot-Region.....	57

Vorwort

Das vorliegende Methodenhandbuch wurde im Rahmen des Projekts „Konzeption und Pilotierung eines THG-Inventars der deutschen Tourismuswirtschaft (DKT)“, gefördert durch die Nationale Klimaschutz Initiative (NKI), erstellt. Dieses Projekt, mit der Laufzeit Oktober 2022 bis April 2026, hatte ursprünglich wesentlich ambitioniertere Ziele.

Konzipiert wurde das Projekt im Jahr 2019 als Verbundprojekt zwischen dem Bundesverband der Deutschen Tourismuswirtschaft (BTW) und dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) unter dem Eindruck eines starken zivilgesellschaftlichen und politischen Rückhalts für Klimaschutz. 2019 waren *Fridays for Future*, unterstützt von *Scientists for Future*, auf dem Höhepunkt ihrer Bedeutung, der *European Green Deal* und das erste deutsche Bundes-Klimaschutzgesetz wurden verabschiedet.

Das ursprüngliche Ziel war es, einen Deutschen Klimafonds Tourismus zu gründen mit dem vor allem touristische Klein- und Mittelbetriebe (KMUs) und Destinationen unterstützt werden sollten, effektive Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen zu planen und umzusetzen. Da Treibhausgasinventare die zentrale Grundlage für jeden evidenzbasierten Klimaschutz sind, sollte zur Evaluierung der Effektivität der umgesetzten Maßnahmen ein modulares Treibhausgasinventar entwickelt werden, das die Treibhausgasemissionen der gesamten Tourismuswirtschaft, aber auch, beispielhaft, touristischer Destination und Unternehmen erfasst. Dazu war eine umfangreiche Methodenentwicklung notwendig, die im vorliegenden Handbuch und einem begleitenden Kompendium, in dem die R Codes und beispielhafte Berechnungen mit anonymisierten Daten hinterlegt sind (<https://doi.org/10.5281/zenodo.21390465>), veröffentlicht.

Als das Projekt 2022 beauftragt wurde, hatte sich die geopolitische und wirtschaftliche Lage vollkommen verändert und mit ihr die Prioritäten maßgeblicher wirtschaftlicher und politischer Akteure. Daran und an sehr spezifischen, rechtlichen Hürden scheiterte letztlich die Verwirklichung des Fonds. Die Erstellung eines Treibhausgasinventars der Tourismuswirtschaft in Deutschland blieb jedoch als Projektziel bestehen und wurde unter dem Projekttitel „Konzeption und Pilotierung eines THG-Inventars der deutschen Tourismuswirtschaft (DKT)“ fortgeführt und 2026 erfolgreich beendet. Wie immer Klimaschutzmaßnahmen im Tourismus in Zukunft finanziert und implementiert werden sollten, sie werden, wie alle gesellschaftlichen Akteure, die ernsthaft Klimaschutzmaßnahmen umsetzen wollen, ein wissenschaftlich fundiertes Treibhausgasinventar als Analyse- und Evaluierungsinstrument benötigen.

Wir publizieren dieses Handbuch und das begleitende Kompendium unter einer CC BY-NC Lizenz. Das bedeutet, der Inhalt dieses Methodenhandbuchs und des Kompendiums darf uneingeschränkt für nicht-kommerzielle Zwecke genutzt, geteilt, kopiert, verändert und weiterentwickelt werden, unter der Bedingung, dass die Quelle, inklusive DOI, zitiert und auf die Lizenz sowie auf eventuelle Änderungen hingewiesen wird. Da das DKT-Projekt von Anfang an auf die Unterstützung von Klein- und Mittelbetrieben ausgerichtet war, möchten wir die CC BY-NC Lizenz hier explizit für Klein- und Mittelbetriebe innerhalb und außerhalb der Tourismuswirtschaft erweitern, solange die Inhalte ausschließlich für betriebsinterne Zwecke und nicht als Teil eines Geschäftsmodells, also dem

Verkauf von Dienstleistungen, dienen, die gänzlich oder teilweise auf diesem Handbuch und/oder dem Kompendium basieren.

Dieses Projekt wurde von vielen Personen entwickelt, mitgetragen, begleitet und unterstützt, für deren Beiträge ich mich hier sehr herzlich bedanken will. Besonders würdigen möchte ich das Engagement von Michael Rabe (ehem. BTW) und Christine Garbe (NABU), die die gesamte Antragsphase kompetent geleitet haben. Mein Dank gilt auch Ines Carstensen (SRH Berlin University of Applied Sciences), die die ursprüngliche Idee eines deutschen Klimafonds hatte. Besonderer Dank geht an Sven Liebert (BTW) und Annegret Zimmermann (ehem. BTW), die die Verbundphase des Projekts geleitet haben, sowie an das gesamte DKT-Team beim BTW. Ebenso danken möchte ich Andrea Boldt und Serena Trotzer (ZUG), die als Verantwortliche der Zukunft Umwelt Gesellschaft (ZUG) unser Projekt mit großem Sachwissen, unverbrüchlicher Unterstützung und Umsicht betreut haben. Großer Dank gilt auch der Abteilung VII des ehemaligen Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) sowie folgenden Personen: Katharina Kollmann und Katja Gerling (BMWE), Peter Vach und Gabriele Kuczmierczyk (BMUKN), Tobias Bachmann und Martin Schmidt (UBA), Lucia Maier und Marcus Malzahn (Destatis), Swantje Lehnert (Futouris e.V.) und allen Teilnehmer:innen des Initiativenbündels THG-Emissionsberechnung in der Tourismuswirtschaft.

Mein größter Dank geht an die Destinationsmanager:innen unserer Schwerpunkt-Destinationen Borkum, Bremerhaven, Herzogtum Lauenburg, Kinzigtal und Nordeifel und die ca. 100 touristischen Unternehmen aus diesen Destinationen, die sich aktiv an unserem Projekt beteiligt haben. Ihnen ist dieses Methodenhandbuch gewidmet.

Potsdam, 10. August 2026

Helga Weisz

Projektleiterin des NKI-geförderten Projekts: „Konzeption und Pilotierung eines THG-Inventars der deutschen Tourismuswirtschaft (DKT)“

1. Einführung

Tourismus ist ein wichtiger Motor unserer wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Aktivitäten. Er generiert Einkommen, schafft Arbeitsplätze und fördert die regionale Entwicklung (OECD 2022). Der Tourismus trug im Jahr 2022 3,1 % zum deutschen Bruttoinlandsprodukt bei. Rund 1,9 Millionen Personen sind direkt im Tourismus beschäftigt. Hinzu kommen etwa 800 Tausend Personen, die Vorleistungen für die Erzeugung touristischer Waren und Dienstleistungen herstellen. Damit sind rund 5,8 % aller Beschäftigten in Deutschland direkt oder indirekt für den Tourismus tätig (Destatis 2026).

Touristische Aktivitäten haben jedoch viele Auswirkungen auf die Umwelt. Problematisch sind dabei insbesondere die Verbrennung fossiler Energieträger und die daraus resultierenden Emissionen von Treibhausgasen (THG). Studien zufolge belaufen sich die Emissionen entlang der gesamten Vorleistungskette der Tourismuswirtschaft auf bis zu 8 % der globalen Emissionen (Lenzen et al. 2018). Ein weiteres Wachstum der Tourismuswirtschaft, wie es von internationalen Organisationen prognostiziert wird (IMF 2023), würde daher bei Verwendung der gleichen Energiequellen mit einer noch größeren Umweltbelastung einhergehen.

Die hohe Emissionsintensität und unzureichende Dekarbonisierung im Tourismus hat technische, finanzielle aber auch politische Gründe (Gössling et al. 2023). So fehlen zum Beispiel wirtschaftlich tragfähige und skalierbare alternative Kraftstoffe im Verkehr, insbesondere im Flugverkehr oder bei Kreuzfahrten. Diese Aktivitäten sind abhängig von stark emittierenden Brennstoffen wie Kerosin und Schweröl, was eine deutliche Dekarbonisierung bei gleichbleibenden Wachstumsraten erschwert oder gar verhindert (Sun et al. 2022). Hinzu kommen Greenwashing-Bemühungen der Branche, wie der Emissionsskandal im Automobilsektor (Aurand et al. 2018) oder Fehlinformationen für Konsument:innen im Luftverkehr (Guix, Ollé, and Font 2022) zeigen.

Um wirksame Maßnahmen zur Emissionsreduzierung zu entwickeln, ist der erste Schritt die quantitative Erfassung der durch den Tourismus verursachten THG-Emissionen – etwa durch ein Treibhausgasinventar (THG-Inventar) (Sun, Lenzen, and Liu 2019; UNWTO 2023). Eine systematische Erfassung der Emissionen schafft Transparenz und hilft, die Diskussion über die Ursachen der Emissionen im Tourismus zu versachlichen und damit Greenwashing-Tendenzen entgegenzuwirken. Darüber hinaus gibt ein THG-Inventar einen fundierten Überblick über das Ausmaß der Klimabelastung der gesamten Branche sowie einzelner Teilsektoren und Unternehmen im Zeitverlauf. Dadurch können Minderungspotenziale identifiziert, Reduktionsmaßnahmen entwickelt und deren Wirkung bewertet werden. Eine transparente Erfassung der Emissionen ist daher dringend erforderlich, um fundierte Entscheidungen über deren Reduzierung treffen zu können.

1.1. Treibhausgas-Inventar Tourismus: Ziel und Zweck

Das THG-Inventar Tourismus, welches im Rahmen des ursprünglichen Projekts „Konzeption und Pilotierung des Deutschen Klimafonds Tourismus“ (kurz „DKT“) entwickelt wurde, hat zum Ziel, einen umfassenden Überblick über die Emissionen der deutschen Tourismuswirtschaft in Deutschland zu geben. Es stützt sich auf den neuesten Stand der wissenschaftlichen Forschung und steht im Einklang mit nationalen und internationalen Vorschriften, einschließlich des deutschen Klimaschutzgesetzes (KSG) und der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC). Ziel ist es, die bisher dort nicht systematisch erfassten Emissionen in der Tourismusbranche aufzuzeigen und durch regelmäßige Aktualisierungen die erreichten Reduktionen darzustellen. Unter Verwendung verschiedener Datenbanken und Berechnungsmethoden werden Auswertungen auf nationaler Ebene sowie für einzelne touristische Unternehmen und Destinationen durchgeführt. Das Inventar dient somit sowohl der gesamten deutschen Tourismuswirtschaft als auch einzelnen Unternehmen der Branche.

1.2. Ziele und Inhalte dieses Handbuchs

Im vorliegenden Handbuch werden die Methoden für die THG-Berechnungen des THG-Inventars Tourismus vorgestellt. Das Ziel dieses Handbuchs ist es, Standards zu setzen, sowie Konzepte und Methoden zu verdeutlichen, die für zukünftige Anwendungen in neuen Destinationen und Ländern von Bedeutung sind. Wir möchten gleich zu Beginn betonen, dass ein derartiges Handbuch immer aktuellen Entwicklungen unterliegt und demnach fortlaufend Anpassungen bedarf. Wir versuchen, die verschiedenen Arten von Daten, die verfügbar sind, systematisch zu kombinieren. Außerdem versuchen wir, unsere Methodik und Quellen sehr detailliert und explizit zu beschreiben, damit andere Nutzer:innen sie anwenden oder zu ihrer Verbesserung beitragen können. Angesichts des Umfangs und der Ambitionen des ursprünglichen DKT-Projekts soll das Handbuch als Quelle für verschiedene Nutzer:innen dienen, darunter statistische Ämter, Forschungs- oder Policy Institute, die sie anwenden oder zu ihrer Verbesserung beitragen möchten, sowie Akteure des privaten Sektors (Unternehmen, Destinations-manager usw.), die sie in ihrem Kontext verwenden möchten.

Das Handbuch ist folgendermaßen gegliedert: Kapitel 2 fasst die wichtigsten Grundlagen der Berechnungen zusammen, darunter zentrale Entscheidungen zu Systemgrenzen, statistische Standards und Datengrundlagen, sowie Berechnungsansätze – und adressiert dabei offene Fragen und Kritikpunkte an der aktuellen Forschungsliteratur. Kapitel 3 behandelt die detaillierte Ermittlung der THG-Emissionen nach dem Bottom-up-Ansatz für Unternehmen und Destinationen. Dabei wird zwischen einer Darstellung, die sich direkt an touristische Unternehmen richtet und zur Erhebung der THG-Emissionen einzelner Unternehmen dient, und einer allgemeineren Vorgehensweise, die automatisiert mehrere Unternehmen erfassen kann, unterschieden. Kapitel 4 befasst sich mit den Top-down THG-Emissionsberechnungen auf der nationalen Ebene, die mit der nationalen Klimagesetzgebung kompatibel ist. Kapitel 5 erläutert die Erstellung von THG-Emissions-Fußabdrücken für die Tourismuswirtschaft in Deutschland.

2. Grundlagen und Hintergründe

2.1. Querschnittsbranche Tourismus

Obwohl in den letzten Jahren einige Studien veröffentlicht wurden, die THG-Emissionen im Tourismus berechnet haben (u.a. Cadarso et al. 2015, 2022; Lenzen et al. 2018; Sun et al. 2019, 2024; Gössling et al. 2024, 2025), sind die Systemgrenzen der Tourismusbranche für solche Berechnungen nach wie vor nicht eindeutig bestimmt (Sun, Lenzen, and Liu 2019). In der international abgestimmten statistischen Systematik der Wirtschaftszweige (u. a. NACE) wird der Tourismus nicht als eigenständiger Wirtschaftszweig ausgewiesen. Vielmehr hat die Querschnittsbranche Tourismus unterschiedliche Anteile an mehreren Wirtschaftszweigen, z.B. an Verkehr, Beherbergung oder Gastronomie. Tourismus beinhaltet daher verschieden große Teilbereiche aus mehreren Wirtschaftszweigen. Die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) (United Nations et al. 2009) und die anderen amtlichen Statistiken verwenden diese Klassifikationen, in Deutschland ist dies die Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ). Dies erschwert die Abgrenzung dessen, was aus Wirtschafts- und Umweltsicht als tourismusrelevant gilt und was nicht.

Die heute am weitesten verbreitete Definition von Tourismus wurde von den Vereinten Nationen in Zusammenarbeit mit der Welttourismusorganisation (UNWTO, heute UN Tourism) in den “Internationalen Empfehlungen für die Tourismusstatistik: 2008” (IRTS) (United Nations and UNWTO 2010) veröffentlicht. Das Dokument beschreibt Tourismus als “ein soziales, kulturelles und wirtschaftliches Phänomen, das mit der Bewegung von Menschen an Orte außerhalb ihres gewöhnlichen Wohnsitzes verbunden ist” [Übers. d. Verf.] (United Nations and UNWTO 2010, Absatz 1.1). In dem Dokument wird die Notwendigkeit einer kohärenten und umfassenden Tourismusdefinition hervorgehoben. Die UNWTO definiert den Tourismus über das Konzept des Besuchers, der eine Untergruppe des Reisenden darstellt (“jemand, der sich zu einem beliebigen Zweck und für eine beliebige Dauer zwischen verschiedenen geografischen Orten bewegt” [Übers. d. Verf.] (United Nations and UNWTO 2010, Absatz 2.4)), hier im Original:

Ein Besucher ist ein Reisender, der eine Reise zu einem Hauptziel außerhalb seiner gewohnten Umgebung für weniger als ein Jahr zu einem wichtigen Zweck (geschäftlich, in der Freizeit oder zu anderen persönlichen Zwecken) reist und nicht bei einer in dem besuchten Land oder Ort ansässigen Einrichtung beschäftigt ist. Diese Reisen von Besuchern werden als Tourismusreisen bezeichnet. Tourismus bezieht sich auf die Tätigkeit der Besucher. [Übers. d. Verf.] (United Nations and UNWTO 2010, para. 2.9)

Diese Definition umfasst ausdrücklich nicht nur Reisen zu Freizeit Zwecken, die gemeinhin als touristische Reisen bezeichnet werden, sondern auch Reisen zu geschäftlichen und anderen Zwecken. Reisen im Rahmen von Bildung und Ausbildung in etwa, können auch zu den touristischen Aktivitäten zählen. Dienstleistungen und Waren, die auf und für touristische Reisen erworben werden, werden als Tourismusausgaben bezeichnet (United Nations and UNWTO 2010, Absatz 4.2).

2.1.1. Tourismusbezogene Produkte

Um nationale Tourismusstatistiken zu erstellen und die Tourismusausgaben zu quantifizieren, schlägt IRTS vor, den Konsum von tourismusbezogenen Produkten zu erfassen, die wiederum tourismuscharakteristische Produkte und mit dem Tourismus verbundene Produkte umfassen (United Nations and UNWTO 2010, Absatz 5.8). Erstere sind für die Tourismusstatistik von besonderem Interesse und werden ausgewählt, wenn sie eines der beiden folgenden Kriterien erfüllen:

- › Die Tourismusausgaben für das Produkt sollten einen signifikanten Anteil an den gesamten Tourismusausgaben ausmachen. Diese umfassen laut UNWTO alle monetären Aufwendungen, die eine Besucher:in für Güter und Dienstleistungen tätigt, die dem eigenen Konsum während oder im Vorfeld einer Reise dienen.
Die Tourismusausgaben für das Produkt sollten einen signifikanten Anteil am Angebot des Produkts in der Volkswirtschaft ausmachen. Dieses Kriterium impliziert, dass das Angebot eines touristischen charakteristischen Produkts ohne Besucher nicht mehr in nennenswertem Umfang existieren würde. [Übers. d. Verf.] United Nations and UNWTO (2010, para. 5.10)

Daraus ergeben sich zwölf Kategorien von touristischen Produkten und entsprechenden Aktivitäten, die in Tabelle 1 aufgeführt sind.

Produkte	Aktivitäten
1. Beherbergungsleistungen	1. Beherbergung für Besucher
2. Gaststättenleistungen	2. Ausgabe von Speisen und Getränken
3. Eisenbahnleistungen für Personenbeförderung	3. Personenbeförderung im Eisenbahnverkehr
4. Straßen- und Nahverkehrsleistungen für Personenbeförderung	4. Personenbeförderung im Straßenverkehr
5. Personenschiffahrtsleistungen	5. Personenbeförderung in der Schifffahrt
6. Luftfahrtleistungen für Personenbeförderung	6. Personenbeförderung in der Luftfahrt
7. Leistungen für die Vermietung von Transportmitteln	7. Vermietung von Transportmitteln
8. Leistungen von Reisebüros / -veranstaltern	8. Reisebüros und Erbringung sonstiger Reservierungsdienstleistungen
9. Kulturelle Leistungen	9. Kulturelle Aktivitäten
10. Sport- und Erholungsleistungen	10. Sport- und Freizeitaktivitäten
11. Länderspezifische Güter, insbesondere aus dem Einzelhandel	11. Einzelhandel mit länderspezifischen, tourismuscharakteristischen Waren
12. Länderspezifische Dienstleistungen	12. Andere länderspezifische Aktivitäten, die für den Tourismus charakteristisch sind

Tabelle 1: Tourismuscharakteristische Produkte und damit zusammenhängende Aktivitäten angelehnt an die Vereinten Nationen (2010), Abbildung 5.1. [Übers. d. Verf.] Die aufgeführten wirtschaftlichen Produkte stellen keine ausschließlichen Tourismuskategorien dar. Vielmehr handelt es sich um Produkte und Aktivitäten mit dualen Nutzungscharakter, die sowohl von Besucher:innen als auch von lokalen Konsument:innen innerhalb ihrer gewöhnlichen Lebensumgebung nachgefragt werden. Die Einstufung als „tourismuscharakteristisch“ erfolgt nicht aufgrund exklusiver Nutzung, sondern aufgrund der signifikanten Bedeutung der touristischen Nachfrage für die ökonomische Tragfähigkeit des jeweiligen Sektors.

2.1.2 Nachfrageseitige und angebotsseitige Ansätze

Während viele Dokumente zur deutschen Tourismusstatistik den nachfrageseitigen Charakter der IRTS Tourismusdefinition hervorheben (Balaš et al. 2021; Destatis 2021a, 2024; Dickhut et al. 2023; Schulze Düding, Krüger and Sporer 2022; Destatis 2026), wird in unserem THG-Inventar sowohl eine nachfrage- als auch eine angebotsseitige Perspektive der Tourismusstatistik beschrieben. Von der Nachfrageseite, wird der Tourismus über die Aktivitäten der Besucher betrachtet, und darüber, wie diese zum Kauf von Waren und Dienstleistungen führen. Von der Angebotsseite umfasst der Tourismus produktive Tätigkeiten, die entweder hauptsächlich auf Besucher ausgerichtet sind oder bei denen Besucher einen wesentlichen Teil der Produktion abnehmen. Je nachdem ob der Konsum oder die Produktion touristischer Leistungen im Zentrum der Betrachtung steht, lässt sich die Tourismusdefinition des IRTS nachfrageseitig oder angebotsseitig interpretieren. Beide Ansätze können über gemeinsame Klassifikationssysteme verbunden werden.

Für die nachfrageseitige Perspektive verwendet IRTS die Classification of Individual Consumption According to Purpose (COICOP) (United Nations 2018) und die Central Product Classification (CPC) (United Nations 2015), um die unter dem Begriff tourismuscharakteristische Produkte erfassten Produkte, die in der Statistik für Tourismusausgaben erfasst werden, genau zu klassifizieren (United Nations and UNWTO 2010, Anhang 2 & 4). Um diese auf den deutschen Kontext anzuwenden, wurde zunächst die Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft (NACE) auf EU-Ebene (Eurostat 2008) herangezogen, auf welcher wiederum die Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ) des Statistischen Bundesamtes basiert (Destatis 2008).

Zur Charakterisierung der Sektoren und Teilsektoren, die diese Waren und Dienstleistungen produzieren, wird aus der angebotsseitigen Perspektive die International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC) (United Nations 2008) verwendet. Diese Sektoren werden anschließend in Tourismusindustrien (United Nations and UNWTO 2010, Anhang 3) eingeteilt die sich aus großen Sektoren (auch Wirtschaftszweige genannt), z.B. Beherbergung (ISIC Rev. 4 55), und kleineren Teilsektoren, z. B. Reisebüros (ISIC Rev. 4 7911) oder Museen (ISIC Rev. 4 9102) zusammensetzen.

2.2. Allgemeine Grundsätze der Treibhausgas-Emissionsberechnung im Tourismus

2.2.1. Treibhausgase und Einheiten

Der Klimawandel wird durch (menschengemachte) THG-Emissionen verursacht. Es gibt mehrere wichtige Treibhausgase (THG): Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O), wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), und Schwefelhexafluorid (SF₆). Diese tragen in unterschiedlichem Ausmaß zur Erwärmung des globalen Klimas bei. Der Ausstoß dieser Gase kann in Gewichtseinheiten z.B. Tonnen berechnet werden. Um die Emissionen der verschiedenen Gase miteinander vergleichen zu können wird die Wirkung der Gase auf das Klima (Global Warming Potential) in einem bestimmten Zeitraum (meist 100 Jahre) verwendet und auf das wichtigste Treibhausgas, Kohlendioxid, normiert. So können THG-Emissionen zusammen in Tonnen CO₂-Äquivalente (t CO₂-Äq.) angegeben werden.

2.2.2. Direkte und indirekte THG-Emissionen

Viele Aktivitäten und Produkte im Tourismus sind mit dem Ausstoß von THG-Emissionen verbunden. Bei der Berechnung von THG-Emissionen wird zwischen direkten und indirekten THG-Emissionen unterschieden. Direkte THG-Emissionen, sind jene THG-Emissionen die unmittelbar während der Aktivität oder der Verwendung des Produkts ausgestoßen werden. Bei einer Reise mit einem Flugzeug gehören zum Beispiel die THG-Emissionen, die bei der Verbrennung des Flugzeugtreibstoffes entstehen, zu den direkten THG-Emissionen der Reise. Direkte THG-Emissionen werden oft auch als Scope 1 Emissionen bezeichnet. Indirekte THG-Emissionen beinhalten hingegen all jene THG-Emissionen, die in verschiedenen Prozessen vor oder nach der Aktivität ausgestoßen wurden. Emissionen, die zum Beispiel bei der Produktion des Flugzeuges oder der Energiegewinnung für die Produktion ausgestoßen wurden, gehören zu den indirekten THG-Emissionen der Reise. Indirekte THG-Emissionen können wiederum in Scope 2 und Scope 3 Emissionen unterteilt werden. Scope 2 Emissionen entstehen bei der Verbrennung von fossilen Kraftstoffen für die Energiebereitstellung von Strom, Fernwärme bzw. Fernkälte. Scope 3 Emissionen einer Aktivität oder eines Produkts werden im Zuge der Herstellung, der Verarbeitung und des Transports von allen anderen zugekauften Waren und Dienstleistungen, sowie bei der Entsorgung ausgestoßen.

2.2.3. Produktionsbasierter und konsumbasierter Ansatz

Für die Zuordnung der THG-Emissionen zu Personen(gruppen), Unternehmen, Wirtschaftssektoren oder Ländern gibt es verschiedene Ansätze. Der produktionsbasierte Ansatz, ordnet Emissionen direkt dem Ort zu, wo sie ausgestoßen werden, also zum Beispiel dem Produktionsland oder Unternehmen. Im Gegensatz dazu werden beim konsumbasierten Ansatz THG-Emissionen, die im Laufe der Vorleistungskette eines Produkts oder einer Dienstleistung entstehen, der Konsument:in zugeordnet.

Wenn zum Beispiel ein:e Konsument:in in Deutschland ein Zelt kauft, welches in Portugal produziert wurde, so würden die THG-Emissionen die bei der Produktion des Zeltes ausgestoßen wurden nach dem produktionsbasierten Ansatz dem Unternehmen in Portugal zugeordnet werden und nach dem konsumbasierten Ansatz der Konsument:in in Deutschland.

2.2.4. Inlands- und Inländerprinzip

Personen oder Unternehmen, die in einem Land registriert sind, verursachen in bestimmten Situationen auch direkte THG-Emissionen in anderen Ländern, zum Beispiel bei der Reise einer Person aus Deutschland mit einem privaten Auto, oder einem deutschen Transportunternehmen nach Frankreich. Nach dem Inlands- oder Territorialprinzip werden diese THG-Emissionen nun dort angerechnet wo sie ausgestoßen werden, also in Frankreich. Nach dem Inländerprinzip können die THG-Emissionen jedoch alternativ auch dem Land zugeordnet werden, in dem das Unternehmen oder die Privatperson ansässig ist, also in Deutschland.

2.2.5. Top-down und Bottom-up Ansatz

THG-Emissionen können mit verschiedenen Ansätzen berechnet werden. Dies hängt meist von den verfügbaren Daten und der Größenordnung der Berechnung ab. THG-Emissionen auf nationaler oder internationaler Ebene werden in der Regel mit dem Top-down Ansatz berechnet, bei dem mit aggregierten Zahlen, zum Beispiel für ganze Wirtschaftssektoren, gearbeitet wird. Für kleinere Einheiten, zum Beispiel für die THG-Emissionsberechnungen eines Unternehmens, Haushaltes,

Produkts oder kleiner Regionen wird hingegen oft der Bottom-up Ansatz verwendet, der auf Primärdaten direkt aus dem Unternehmen oder Haushalt beruht.

2.2.6. Treibhausgas- und CO₂-Fußabdruck

Ein bekanntes Konzept aus der THG-Emissionsberechnung ist der THG-Fußabdruck (nicht zu verwechseln mit dem ökologischen Fußabdruck, der ein hypothetisches Flächenmaß ist). Der THG-Fußabdruck beschreibt dabei eine Berechnung, die direkte und indirekte Emissionen aller wichtigen Treibhausgase in Tonnen CO₂-Äquivalente aggregiert nach dem konsumbasierten Ansatz bestimmt und aufgrund der Datenlage meist dem Inländerprinzip folgt. Ähnlich dazu beschreibt der CO₂-Fußabdruck eine Berechnung, nach der gleichen Vorgangsweise jedoch ausschließlich für das Treibhausgas Kohlendioxid.

2.2.7. Wichtige Eigenschaften eines Treibhausgas-Inventars

THG-Inventare dienen dem Sammeln und der Berichterstattung von THG-Emissionen. Bei der Erstellung eines THG-Inventars sollten die folgenden Kriterien berücksichtigt werden: Transparenz, Vollständigkeit, Konsistenz, Vergleichbarkeit und Genauigkeit (Eggleston et al. 2006). Die Berechnungsmethoden des Inventars sollen transparent beschrieben werden, um die Ergebnisse nachvollziehbar und verifizierbar zu machen. Das Inventar soll alle relevanten Quellen von THG-Emissionen, sowie alle Treibhausgase enthalten. Falls dies nicht möglich ist, sollen fehlende Daten klar dokumentiert und erklärt werden. Die Berechnungen sollten nicht nur zwischen den verschiedenen Sektoren und Zeiträumen, die das Inventar enthält, vergleichbar sein, sondern auch mit anderen Inventaren, die der gleichen Berechnungslogik folgen. Schließlich, sollen die Berechnungen so genau wie möglich durchgeführt und Über- bzw. Unterschätzungen soweit es geht vermieden werden. Dafür ist auch eine Unsicherheitsanalyse hilfreich.

2.2.8. Wichtige Vorarbeiten zu Treibhausgas-Emissionen und Tourismus

Trotz der Notwendigkeit einer systematischen Erfassung, sind THG-Emissionen im Tourismus unzureichend erfasst und noch relativ wenig erforscht. Dies ist vor allem auf die mangelnde Datenlage sowie die unklaren Systemgrenzen zurückzuführen, die der Tourismus als Querschnittsbranche ausgesetzt ist. In den letzten Jahren hat sich jedoch ein positiver Trend mit einer Reihe von relevanten Beiträgen zur Bewertung der Wirtschafts- und Klimaauswirkungen des Tourismus sowohl international als auch in Deutschland abgezeichnet.

Statistische Regelwerke und Datengrundlage

In Anlehnung an die Tourismusdefinition in IRTS und in Anbetracht der Tatsache, dass der Tourismus im Kern der VGR nicht explizit sichtbar gemacht wird, schlagen die Vereinten Nationen vor, Statistiken über den Tourismus in einem so genannten Tourismus-Satellitenkonto (TSA) zu erfassen. Dieses wird in dem Dokument "Tourism Satellite Account: Recommended Methodological Framework" (TSA-RMF) beschrieben (2010). Das TSA zielt darauf ab, sowohl den Tourismuskonsum über die Tourismusausgaben als auch die Produktion der Tourismusindustrien zu quantifizieren und deckt somit sowohl die Nachfrage- als auch die Angebotsperspektive ab. Außerdem wird der Beitrag des Tourismus zur Volkswirtschaft ermittelt (United Nations 2010, Absatz 1.15).

IRTS (2010, Absatz 2.39) und TSA-RMF (2010) unterscheiden mehrere Formen des Tourismus. Der Binnenreiseverkehr beschreibt die touristischen Aktivitäten gebietsansässiger Besucher im

Bezugsland, der Einreiseverkehr die Aktivitäten gebietsfremder Besucher im Bezugsland und der Ausreiseverkehr die Aktivitäten gebietsansässiger Besucher außerhalb des Bezugslandes. Diese können wiederum kombiniert werden, um den Inlandstourismus (Binnenreiseverkehr und Einreiseverkehr), den Nationalen Tourismus (Binnenreiseverkehr und Ausreiseverkehr) und den Internationalen Tourismus (Einreiseverkehr und Ausreiseverkehr) zu bilden. Das TSA beschränkt sich in erster Linie auf die Quantifizierung des Inlandstourismus.

In einigen Vorarbeiten erstellten zuerst die Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) und später das DIW Econ, ein Consulting Unternehmen des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW), im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) (BMWi 2017) Tourismussatellitenkonten (TSA) für Deutschland. Dabei wurden insbesondere die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte touristischer Aktivitäten geschätzt.

Darauf aufbauend erstellt das Statistische Bundesamt seit 2019 im Auftrag des BMWi das Tourismussatellitenkonto für Wirtschaft und Umwelt (TSA-EE), welches neben der wirtschaftlichen Bedeutung auch die umweltökonomische Bedeutung des Tourismus nach dem Inlandskonzept (Destatis 2021a, 2024) und zuletzt auch nach dem Inländerkonzept (Destatis 2026) quantifiziert.

Unter Verwendung der wirtschaftlichen Daten dieser TSAs entwickelte zudem das Zentrum für nachhaltigen Tourismus (ZENAT), Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde und DIW Econ im Auftrag des deutschen Umweltbundesamtes (UBA) das sogenannte Tourism Sustainability Satellite Account (TSSA), welche die ökonomischen Daten in den TSAs um weitere ökologische und soziale Nachhaltigkeitsindikatoren wie Ressourcen- und Energieverbrauch erweitern (UBA 2023).

Diese Statistiken folgen einen nachfrageseitigen Ansatz, bei dem beispielsweise die Emissionen, die mit dem touristischen Konsum direkt in Verbindung stehen, bestimmt werden. Diese Beiträge liefern wichtige Erkenntnisse bezüglich der nachfragebasierten wirtschaftlichen Wertschöpfung und Umweltauswirkungen des Deutschlandtourismus.

Stand der wissenschaftlichen Fachliteratur

Auch in internationalen Fachzeitschriften gewinnen die Themen Messbarkeit und Vergleichbarkeit touristischer THG-Emissionen zunehmend an Bedeutung. Gössling et al. (2023) bieten eine umfassende Übersicht zu Carbon-Accounting-Ansätzen im Tourismus und empfehlen Top-down-Ansätze auch für Destinationen, obwohl diese weniger regionale Variabilität in der Berechnung zulassen. Insbesondere die Energiemixe für Heizung und Transport fallen jedoch regional unterschiedlich aus. Sun et al. (2019) bleiben ebenfalls auf der aggregierten Berechnungsebene, indem sie methodisch breit angelegte Inventar-Konzepte entwickeln, die sowohl produktions- als auch konsumseitige Ansätze sowie tourismusspezifische Satellitenkonten integrieren.

Ebenfalls auf globaler Ebene stellt die konsumbasierte Analyse von Lenzen et al. (2018) einen Meilenstein dar. Sie quantifiziert mittels multiregionaler Input-Output-Modelle (MRIO) und Tourismus-Satellitenkonten den touristischen CO₂e Fußabdruck für 160 Länder. Die Studie zeigt, dass der Tourismus zwischen 2009 und 2013 etwa 8% der globalen Treibhausgasemissionen verursachte. Sun et al. (2024) erweitern diese Analyse bis 2020 und identifizieren stagnierende Reduktionen aufgrund zu geringer technologischer Effizienzgewinne als primären Treiber des Emissionswachstums. Weiterführende methodische Beiträge zur MRIO-basierten Erfassung von THG-Emissionen liefern Sun (2014) mit einem Rahmen für Inseldestinationen am Beispiel Taiwans, Sun et al. (2020) mit einer umfassenden Übersicht zu EEIO-Ansätzen im Tourismus sowie Cadarso et al. (2022), die ein Input-Output-Modell für die spanische Tourismuswirtschaft entwickeln. Pham et al.

(2022) konzipieren einen konsumbasierten Ansatz für 13 Destinationen in Queensland, Australien, die TSA mit Input-Output-Analysen und den National Greenhouse Accounts kombinieren. Diese Beiträge betrachten allerdings ausschließlich die konsumbasierte Perspektive, oftmals länderspezifisch. Jones (2013) hingegen erweitert für Wales TSA um Input-Output-Analysen zur Erfassung von Inbound-Tourismus sowohl aus nachfrage- als auch angebotsseitiger Perspektive.

Überdies liegen mehrere empirische Studien vor, die einzelne Destinationen oder Länder betrachten und teils Bottom-up- und Top-down-Ansätze kombinieren. Becken und Higham (2021) entwickeln beispielsweise für Auckland, Neuseeland, eine Kombination beider Herangehensweisen, wobei ihr ebenfalls konsumbasierter Ansatz auf nationalen Statistiken zum Tourismusverhalten basiert, die mit Emissionsfaktoren multipliziert werden. Methodisch grundlegend ist dabei die Arbeit von Becken und Patterson (2006) für Neuseeland, die TSA mit Input-Output-Analysen für ein konsumbasiertes Top-down-Inventar kombiniert.

Eine der wenigen Studien zu Destinationen in Deutschland wurde 2024 von Balaš und Mayer veröffentlicht, die 15 Destinationsmanagementorganisationen in Niedersachsen und eine Destination in Tirol hinsichtlich der Herausforderungen für Netto-Null-Emissionen untersuchen. Die Analyse bleibt jedoch ausschließlich auf dem konsumbasierten Top-down-Level. Aus angebotsseitiger Unternehmensperspektive gibt es wesentlich weniger wissenschaftliche Arbeiten. In einer davon analysierten Gössling et al. (2024) THG-Emissionen von 29 großen Tourismusunternehmen und identifizierten erhebliche Heterogenität innerhalb der Wirtschaftszweige.

2.3. Hintergrund zum Klimaschutzgesetz

Während in der Forschung und bisherigen Vorarbeiten ein nachfrageorientierter Ansatz zu überwiegen scheint, befassen sich die meisten Rechtsvorschriften zur Erhebung von THG-Emissionen und der Bekämpfung der Klimakrise mit territorialen THG-Emissionen. Dahinter steht der Gedanke, dass jedes Land seine Verantwortung übernehmen muss, um global anthropogene THG-Emissionen zu reduzieren. Die nationale Klimagesetzgebung ist somit an internationale Abkommen wie das Pariser Abkommen, das Kyoto-Protokoll oder die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) gebunden. Dementsprechend regelt das deutsche Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG), welches 2019 in Kraft getreten ist und nach einem Beschluss des Verfassungsgerichts 2021 nachgeschärft wurde, territoriale Emissionen. Es legt insbesondere verbindliche THG-Emissionsreduktionsziele für sechs Sektoren fest:

1. Energiewirtschaft
2. Industrie
3. Verkehr
4. Gebäude
5. Landwirtschaft
6. Abfallwirtschaft und Sonstiges
7. Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)

Mit der Novelle des Klimaschutzgesetzes (KSG) im September 2023 und der gesetzlichen Zustimmung im April 2024 wurden die Nachsteuerungsregeln grundlegend reformiert. Statt der bisherigen

sektorbezogenen Jahresemissionsmengen gilt nun eine sektor- und jahresübergreifende Gesamtbetrachtung der Emissionen. Die Klimaziele, insbesondere die THG-Neutralität bis 2045, bleiben unverändert, und die Emissionen werden weiterhin sektoral erfasst. Allerdings wird bei Überschreitungen in einzelnen Sektoren weniger schnell nachgesteuert, solange die Gesamtemissionen im Rahmen bleiben. Die Abkehr der Sektorziele unterstreicht die Bedeutung branchenbezogener Treibhausgasinventare, etwa für den Tourismus. Diese sind entscheidend, i) um die Emissionen einzelner Akteure für politische Entscheidungsträger transparent zu machen und ii) die Debatte über Verantwortlichkeiten zu stärken, besonders in Phasen, in denen politische Prioritäten neu bewertet werden.

Das deutsche Umweltbundesamt veröffentlicht jedes Jahr das nationale THG-Inventar für Deutschland, welches die THG-Emissionen für die sechs Sektoren erfasst und zum Monitoring der KSG Reduktionsziele dient. Die Methode des nationalen THG-Inventars ist in den internationalen Klimaschutzabkommen, die Deutschland ratifiziert hat (Kyoto- ab 2005 und Paris-Abkommen ab 2016), geregelt. Das nationale THG-Inventar folgt somit im Gegensatz zu Fußabdruckberechnungen einem produktionsbasierten Ansatz. Dabei werden direkte Emissionen aller Treibhausgase in Tonnen CO₂-Äquivalente in Deutschland nach Inlands-bzw. Territorialprinzip berechnet und in den sechs Kategorien ausgewiesen. Es bleibt jedoch unklar, wie die Tourismuswirtschaft zu diesen Reduktionszielen beiträgt. Bislang gibt es kein solches Inventar für die Tourismuswirtschaft. Damit können auch die THG-Emissionen der Tourismuswirtschaft nicht kompatibel mit dem deutschen Klimaschutzgesetz und den nationalen Bestimmungen ausgewiesen und Reduktionsmaßnahmen evaluiert werden.

2.4. Anwendung im THG-Inventar Tourismus

Das THG-Inventar Tourismus zielt darauf ab, eine umfassende Bewertung der THG-Emissionen der deutschen Tourismusbranche vorzunehmen und bedient sich dabei verschiedener Herangehensweisen (Tabelle 2): Zunächst wird aus einer angebotsseitigen und produktionsbasierten Perspektive eine Bottom-up-Berechnung durchgeführt (Kapitel 3). Dabei werden THG-Emissionen auf Unternehmensebene erhoben. Für diese Berechnungen werden neuartige, von den Unternehmen selbst erhobene Primärdaten genutzt, um THG-Emissionen auf subnationaler Ebene zu erfassen. Ergänzend erfolgt anschließend eine Top-down-Berechnung innerhalb desselben angebotsseitigen und produktionsbasierten Ansatzes (Kapitel 4). Hier werden die THG-Emissionen auf deutschem Gebiet (Territorialprinzip) denjenigen Wirtschaftssektoren zugeordnet, die für den Tourismus charakteristische Waren und Dienstleistungen anbieten. Damit kann der Anteil der tourismusbezogenen THG-Emissionen innerhalb Deutschlands berechnet und konsistent mit dem deutschen Klimaschutzgesetz und dem nationalen THG-Inventar ausgewiesen werden. Abschließend wird aus einer nachfrageseitigen und konsumorientierten Perspektive ein THG-Fußabdruck für Tourismusausgaben in Deutschland berechnet (Kapitel 5). Hierbei werden die durch Tourismusausgaben in Deutschland induzierten THG-Emissionen entlang der nationalen und internationalen Vorleistungsketten erfasst.

Methode	Perspektive	Räumlicher Bezug	Direkte und indirekte Emissionen	KSG konform
Bottom-up Ansatz	angebotsseitig	territorial	Scope 1-2	Ja
Top-down Ansatz	angebotsseitig	territorial	Scope 1-2	Ja
THG-Fußabdruck	nachfrageseitig	international	Scope 1-3	Nein

Tabelle 2: Übersicht der Methoden des THG-Inventars für die deutsche Tourismuswirtschaft

Ein wesentliches Merkmal des vorliegenden THG-Inventars ist somit, dass es nicht nur die Nachfrage, sondern auch das Angebot der Tourismusbranche berücksichtigt und sich sowohl an die Branche als Ganzes als auch an einzelne Destinationen und Unternehmen richtet. Dies spiegelt die Verantwortung letzterer wieder, wesentliche Emissionsminderungen in der Branche zu erreichen (Gössling et al. 2023). Darüber hinaus erlaubt die Analyse, eine Verbindung zum Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) herzustellen, welches die verbindlichen deutschen THG-Emissionsreduktionsziele für die kommenden Jahrzehnte festlegt (Bundesministerium der Justiz 2021). Bisher existiert ein solches THG-Inventar der deutschen Tourismusbranche nicht. Mit Hilfe des Inventars können nun die THG-Emissionen der Branche kompatibel mit dem KSG und den nationalen Reduktionszielen ausgewiesen und passende Reduktionsmaßnahmen evaluiert werden.

3. Angebotsseitige Perspektive: Bottom-up Ansatz

Die vorangegangenen Abschnitte haben die konzeptionellen Grundlagen, Systemgrenzen und die Abgrenzung zwischen angebots- und nachfrageseitigen Ansätzen erläutert. Auf dieser Basis wird nun der Bottom-up-Ansatz vorgestellt: Die in Kapitel 2 dargelegten Prinzipien (Transparenz, Vollständigkeit, Konsistenz) werden in ein operationalisierbares Vorgehen für touristische Unternehmen umgesetzt und es wird erklärt, welche Daten, Berechnungsschritte und organisatorischen Festlegungen notwendig sind, um ein belastbares THG-Inventar für Unternehmen zu erstellen. Kapitel 3.1 richtet sich primär an operative Akteur:innen in der Branche. Kapitel 3.2. zeigt, wie die einzelbetrieblichen Angaben aus der Erhebung auf die Grundgesamtheit der touristischen Unternehmen einzelner Gemeinden und Destinationen hochgerechnet werden können. Dieses Hochrechnungsverfahren ist insbesondere für Forschungs- und Destinationsanalysen relevant.

Ergänzend fließen Erkenntnisse aus einer in den Jahren 2024 und 2025 durchgeführten Pilotstudie mit fünf Destinationen als „Best practices“ ein. Diese basieren auf den praktischen Erfahrungswerten mit Rückmeldungen von knapp 100 touristischen Unternehmen sowie entsprechenden Hochrechnungen. Sie sind daher als empirische Orientierungshilfen und nicht als verbindliche Vorgaben zu verstehen. Zur Veranschaulichung ist in Anhang 7.4 zudem ein konkretes Beispiel für die Ausgabe der THG-Berechnungen an die Unternehmen zu finden.

Im Bottom-up-Ansatz werden die einzelnen Emissionsquellen innerhalb der Branche betrachtet und anschließend zu einem Gesamtbild zusammengesetzt. So wird berechnet, wie viele Treibhausgase im Zusammenhang mit touristischen Aktivitäten entstehen. Konkret bedeutet das: Es wird beispielsweise untersucht wie viel Benzin oder Diesel verbrannt, wie viel Strom genutzt oder wie viel selbst erzeugt wird. Für jede dieser Aktivitäten gibt es Emissionsfaktoren – Werte, die angeben, wie viele Treibhausgase pro Einheit ausgestoßen werden (z. B. Gramm CO₂ pro kWh Erdgas). Multipliziert man diese Faktoren mit den jeweiligen Mengen, kann man die THG-Emissionen der einzelnen Bereiche berechnen und anschließend zu den Gesamtemissionen des Tourismus aufaddieren. In manchen Fällen bedarf es vorab einer Umrechnung der Einheiten, bspw. von Liter zu Gramm. Eine Liste mit den gängigsten Emissionsquellen und ihren Heizwerten und THG-Emissionsfaktoren ist im Anhang 7.2 und 7.3 zu finden.

Der Ansatz heißt „bottom-up“ (von unten nach oben), weil bei vielen kleinen Quellen im Detail begonnen wird und diese dann Schritt für Schritt aufsummiert werden. Auf diese Weise entsteht ein Inventar, das genau zeigt, welche Teile des Tourismus (z. B. An- und Abreise, Unterkünfte, Freizeitaktivitäten) wie stark zu den THG-Emissionen der Tourismuswirtschaft beitragen. Diese Informationen sind wichtig, um in der Praxis gezielt Maßnahmen zu entwickeln, etwa mehr Bahnreisen anzuregen, Hotels energieeffizienter zu machen oder nachhaltigere Mobilität vor Ort zu fördern. Da die Emissionsquellen auf Unternehmensebene erhoben werden, spiegeln sie die vollständige Heterogenität der Akteure innerhalb der Destinationen wider.

$$\text{Emissionen} = \text{Aktivitätsdaten (AD)} \times \text{Emissionsfaktoren (EF)}$$

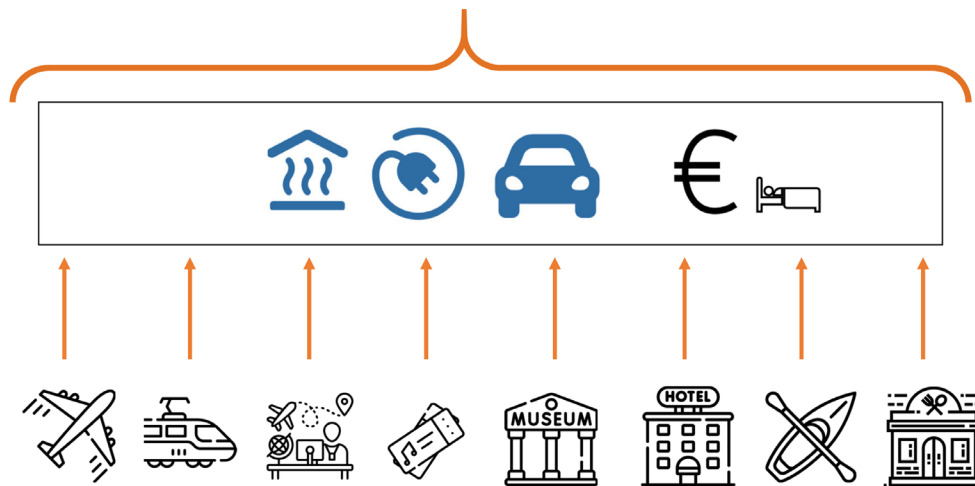


Abbildung 1: Bottom-up Ansatz, eigene Darstellung, Icons von Magnific and Freepik

Die Genauigkeit des Bottom-up-Ansatzes hängt stark von den Daten ab, die zur Verfügung stehen. Beispielsweise können Verbräuche nicht vollständig vorliegen oder THG-Emissionsfaktoren nicht die tatsächlichen Bedingungen vor Ort widerspiegeln, was zu Abweichungen bei den Ergebnissen führen kann. Im Folgenden wird der Ansatz in zwei Teile untergliedert, da die Anforderungen und Anwendungskontexte unterschiedlich sind:

3.1 Methode für die THG-Berechnung einzelner Unternehmen – Hier wird beschrieben, wie touristische Betriebe (Hotels, Reiseveranstalter, Transportunternehmen etc.) Treibhausgas-Berechnungen für Ihr Unternehmen vornehmen können.

3.2 Methode zur Hochrechnung der THG-Emissionen– In diesem Kapitel geht es um die wissenschaftliche Anwendung der Methode, zum Beispiel für Studien auf regionaler oder nationaler Ebene, zur Modellierung von Szenarien oder zum Vergleich verschiedener Destinationen.

3.1. Methode für die THG-Berechnung einzelner Unternehmen

Die Methode für die THG-Berechnung einzelner Unternehmen beschreibt, wie touristische Unternehmen ihre Treibhausgasemissionen systematisch erfassen und berechnen können. Ziel ist es, sowohl eine praxisnahe Anwendung für einzelne Betriebe (z. B. Hotels, Gastronomie, Museen, etc.) zu ermöglichen als auch eine Vergleichbarkeit innerhalb des Sektors sicherzustellen. Die Methode ist deshalb so aufgebaut, dass sie einerseits Mindestanforderungen definiert, die für alle Unternehmen gelten, andererseits aber auch Spielraum für detailliertere und branchenspezifische Daten und genauere Berechnungen bietet.

3.1.1. Grundprinzip der Berechnung

Die Berechnung der Treibhausgasemissionen folgt einem international anerkannten Grundprinzip, das auf der Multiplikation von Aktivitätsdaten (AD) mit Emissionsfaktoren (EF) basiert:

$$\text{Emissionen} = \text{Aktivitätsdaten (AD)} \times \text{Emissionsfaktoren (EF)}$$

Aktivitätsdaten (AD) sind Größen, die die jeweilige Aktivität des Unternehmens beschreiben, etwa die verbrauchte Energiemenge (kWh Strom, m³ Erdgas, Liter Diesel) oder die erbrachte Leistung (z. B. gefahrene Kilometer).

Emissionsfaktoren (EF) geben an, wie viele Treibhausgase pro Einheit Aktivitätsdaten freigesetzt werden. D.h. dieser Faktor wandelt die Menge des verbrauchten Kraftstoffs in die dabei ausgestoßenen THG-Emissionen um. Sie werden aus anerkannten Quellen (z. B. Umweltbundesamt, Europäische Umweltagentur, IPCC) entnommen und im Anhang systematisch aufgeführt.

Die Berechnung liefert absolute Emissionen in Kilogramm oder Tonnen CO₂-Äquivalenten (CO₂-Äq.). Diese Einheit berücksichtigt nicht nur CO₂, sondern auch andere klimawirksame Gase wie Methan (CH₄) oder Lachgas (N₂O), gewichtet anhand ihrer globalen Erwärmungspotenziale. F-Gase, als weitere wichtige Treibhausgase, werden aufgrund ihres geringen Anteils an den THG-Emissionen im Tourismus in diesen Berechnungen nicht betrachtet.

Die einzelnen Treibhausgase unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich der ausgestoßenen Mengen, sondern auch hinsichtlich ihrer spezifischen Klimawirksamkeit. Unter allen Treibhausgasen hat CO₂ die geringste spezifische Klimawirksamkeit, sie wird definitionsgemäß auf 1 gesetzt. Eine Tonne Methan (CH₄) trägt zum Beispiel ca. 28 Mal so viel zur globalen Erwärmung bei wie eine Tonne Kohlendioxid (CO₂). Wenn die Gesamtmengen verschiedener Treibhausgase angegeben werden, werden daher nicht einfach Tonnen zusammengezählt, sondern die Menge jedes Treibhausgases wird mit seiner spezifischen Klimawirksamkeit multipliziert, bei Methan also mal 28, bei Lachgas mal 265. Das Ergebnis dieser Berechnung wird daher in Tonnen CO₂-Äq. ausgedrückt.

Darüber hinaus erfolgt keine Berechnung der Vermeidung von THG-Emissionen etwa durch den Einsatz erneuerbarer Energiequellen.

Das Verfahren ermöglicht eine transparente und vergleichbare Ermittlung von Emissionen und legt die Basis für die Entwicklung und Bewertung betrieblicher Klimaschutzmaßnahmen.

Beispiel: Berechnung der THG-Emissionen eines kleinen Hotels

Ein kleines Hotel mit 20 Zimmern erfasst für ein Geschäftsjahr folgende Daten:

Stromverbrauch: 50.000 kWh

Erdgasverbrauch für Heizung und Warmwasser: 30.000 kWh

Anzahl Übernachtungen: 10.000

Zur Umrechnung werden nationale Durchschnittswerte für Emissionsfaktoren (EF) herangezogen:

Strom: 388 g CO₂-Äq. pro kWh

Erdgas: 212 g CO₂-Äq. pro kWh

Die Emissionen werden wie folgt berechnet:

$$\text{Emissionen (Strom)} = 50.000 \text{ kWh} \times 388 \frac{\text{g CO}_2 - \text{Äq.}}{\text{kWh}} = 19.400.000 \text{ g CO}_2 - \text{Äq.} = 19,40 \text{ t CO}_2 - \text{Äq.}$$

$$\text{Emissionen (Erdgas)} = 30.000 \text{ kWh} \times 212 \frac{\text{g CO}_2 - \text{Äq.}}{\text{kWh}} = 6.360.000 \text{ g CO}_2 - \text{Äq.} = 6,36 \text{ t CO}_2 - \text{Äq.}$$

$$\text{Emissionen (Gesamt)} = \text{Emissionen (Strom)} + \text{Emissionen (Erdgas)} = 19,40 \text{ t CO}_2 - \text{Äq.} + 6,36 \text{ t CO}_2 - \text{Äq.} = 25,76 \text{ t CO}_2 - \text{Äq.}$$

Um die Werte vergleichbar zu machen, werden die Gesamtemissionen auf die erbrachte Leistung des Hotels (10.000 Übernachtungen) normiert:

$$\begin{aligned} \text{Emissionen pro Übernachtung} &= \frac{25,76 \text{ t CO}_2 - \text{Äq.}}{10.000 \text{ Übernachtungen}} = 2576 \frac{\text{g CO}_2 - \text{Äq.}}{\text{Übernachtung}} \\ &= 2,576 \text{ kg CO}_2 - \text{Äq pro Übernachtung} \end{aligned}$$

Damit zeigt das Beispiel, wie die absoluten Emissionen des Hotels sowohl als Gesamtwert als auch als Intensitätskennzahl (pro Übernachtung) dargestellt werden können. Letzteres ist besonders wichtig, um das Hotel mit anderen Betrieben vergleichen zu können oder Veränderungen über die Zeit sichtbar zu machen, selbst wenn sich die Auslastung verändert.

3.1.2. Datengrundlage und organisatorischer Rahmen

Die Berechnung von Treibhausgasemissionen in touristischen Unternehmen erfordert sowohl eine präzise Definition der Datengrundlage als auch einen klaren organisatorischen Rahmen. Diese beiden Dimensionen stellen die Grundlage für ein belastbares Emissionsinventar dar, das Vergleiche über den Zeitverlauf sowie zwischen Unternehmen unterschiedlicher Größen und Branchen ermöglicht.

Datengrundlage

Die erforderlichen Daten für die Emissionsberechnung lassen sich in Basisdaten und erweiterte Daten unterscheiden. Basisdaten sind zwingend notwendig, um eine erste, belastbare Treibhausgasbilanz erstellen zu können. Erweiterte Daten dienen der Verfeinerung und ermöglichen eine höhere Genauigkeit sowie zusätzliche Differenzierung.

Basisdaten:

- › Generelle Unternehmensinformationen (Umsatz, Anzahl Mitarbeiter:innen, je nach Wirtschaftsklasse weitere Kennzahlen (Kapitel 4.1.3))
- › Stromverbrauch (Jahresverbrauch in kWh)
- › Heizungs- und Warmwasserverbrauch (Jahresverbrauch in kWh) inkl. Wärme- und Energieträger (z. B. Erdgas, Heizöl, Fernwärme)
- › Treibstoffverbrauch für Transportleistungen des Unternehmens (Jahresverbrauch in Liter) (z. B. Fuhrpark, Shuttle-Dienste, betrieblich genutzte Fahrzeuge) und sonstige Maschinen (z.B. Rasenmäher, Boot, Heckenschere) inkl. Treibstoff (Diesel, Benzin, etc.)

Erweiterte Daten:

- › Nutzung erneuerbarer Energien (Photovoltaik, Windkraft, Geothermie, Solarthermie jeweils in kWh)
- › Bezug von Ökostrom (Nachweise über zertifizierte Tarife, in kWh)
- › Einsatz von Biomasse (z. B. Holz, Pellets, Hackschnitzel, Biogas in kg, m³, kWh)
- › Ausgelagerte Dienstleistungen (z. B. Wäschereien oder sonstige energieintensive Fremdleistungen in kWh oder t)
- › Anreise der Gäste (soweit verfügbar, z. B. aus Gästebefragungen oder Verkehrsmodellen)

Die Kombination aus Basis- und erweiterten Daten erlaubt es, zunächst einen Mindeststandard für die Bilanzierung sicherzustellen und gleichzeitig Perspektiven für eine weitergehende Präzisierung zu eröffnen.

Organisatorischer Rahmen

Neben der Datenqualität ist die eindeutige Festlegung der Organisationsstruktur des Unternehmens entscheidend. Sie bestimmt, welche Betriebseinheiten und Aktivitäten in die Berechnung einbezogen werden, und sorgt damit für Transparenz und Vergleichbarkeit.

Drei Betrachtungsebenen sind hierbei zentral:

- › Einzelbetriebsebene: Die Erfassung der Emissionen erfolgt für einen einzelnen Standort, beispielsweise ein Hotel, ein Restaurant oder ein Museum. Diese Ebene ist insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen relevant.
- › Unternehmen mit mehreren Standorten: Bei Betrieben mit mehreren Niederlassungen (z. B. Hotel- oder Restaurantketten) werden die Emissionen zunächst je Standort ermittelt und anschließend summiert, um das Gesamtunternehmen abzubilden.
- › Gemischte Betriebe: Viele touristische Unternehmen vereinen mehrere Geschäftsbereiche, etwa ein Hotel mit Restaurant und Wellnessbereich. In solchen Fällen empfiehlt sich eine differenzierte Erfassung der einzelnen Funktionsbereiche, um die Emissionen den jeweiligen Aktivitäten zuzuordnen und gezielte Optimierungsmaßnahmen ableiten zu können.

Beispiel: Hotel mit Restaurant und Spa

Ein 4-Sterne-Hotel betreibt neben der klassischen Beherbergung auch ein öffentlich zugängliches Restaurant und einen Spa-Bereich. Auf Gesamtunternehmensebene wird die Summe aller THG-Emissionen ausgewiesen. Für die interne Analyse werden die Verbräuche nach Abteilungen aufgeteilt (Zimmer des Hotels, Restaurant, Spa). Dadurch wird deutlich, dass der Spa-Bereich einen überproportional hohen Energieverbrauch verursacht.

3.1.3. Unterteilung in Wirtschaftszweige

Um Transparenz und Vergleichbarkeit zu schaffen, ist es ebenfalls wichtig eine klare Definition derjenigen wirtschaftlichen Tätigkeiten vorzunehmen, die als touristisch gelten.

Best practice: Die vorliegende Methode orientiert sich an der Tourismusdefinition der Welttourismusorganisation (UNWTO), die Unternehmen auf der Grundlage von ihrer Haupttätigkeit in einer Reihe an Wirtschaftszweige, also touristische Industrien definiert (UN & UNWTO, 2010). Diese Branchenzuordnung ermöglicht eine systematische und einheitliche Berechnung der Emissionen für

vergleichbare Unternehmen. Im Folgenden werden die zentralen Wirtschaftszweige, auf Ebene der Abteilungen der Wirtschaftszweigklassifikation „WZ08“ (Destatis, 2008), des Tourismus vorgestellt. Jeder Bereich weist spezifische Emissionsquellen auf, die durch branchentypische Aktivitätsdaten erfasst und mit geeigneten Emissionsfaktoren bewertet werden. Anhang 7.1 enthält eine detaillierte Liste der Tourismusindustrien auf Ebene der Wirtschaftsklassen.

Beherbergung

Im Bereich der Beherbergung, zu dem Hotels, Pensionen, Ferienwohnungen und Campingplätze zählen, entstehen Treibhausgasemissionen in erster Linie durch den Energieeinsatz für Heizung, Warmwasser und Klimatisierung sowie durch den Stromverbrauch für Beleuchtung, Küchengeräte oder Freizeiteinrichtungen. Auch Wäschereileistungen und die Verpflegung der Gäste tragen zur Emissionsbilanz bei. Für die Berechnung eignen sich Gebäudedaten, Energieverbräuche und gegebenenfalls auch Wasser- oder Wäschereimengen. Als Vergleichsgrößen werden üblicherweise Übernachtungen, Zimmernächte oder die Bettenauslastung herangezogen.

Gastronomie

Die Gastronomie, einschließlich Restaurants, Imbissbuden, Cafés, Bars und Cateringbetriebe, weist ein anderes Emissionsprofil auf. Hier spielt der Energieeinsatz für Küchenbetrieb, Kühlung und Beleuchtung eine zentrale Rolle. Hinzu kommen die Lagerung und Verarbeitung von Lebensmitteln sowie gegebenenfalls Transporte durch Lieferfahrzeuge. Als Aktivitätsdaten dienen die Verbräuche von Strom, Gas oder Heizöl, ergänzt durch Informationen über Kühlkapazitäten. Für die Normierung können die Zahl der Gäste, die Sitzplatzanzahl oder auch die Menge servierter Mahlzeiten herangezogen werden.

Landverkehr

Eine weitere wichtige Rolle spielt der Personenverkehr auf der Straße und der Schiene, insbesondere der Eisenbahnfernverkehr, Reisebusse, Mietwagen, Taxis, kleine Bahnen und Shuttledienste. Emissionen entstehen vor allem durch den Treibstoffverbrauch, der sich anhand von gefahrenen Kilometern, den eingesetzten Fahrzeugtypen und den entsprechenden Energieträgern bestimmen lässt. Als Bezugsgrößen eignen sich Personenkilometer oder die Anzahl beförderter Gäste.

Schifffahrt

Auch die Schifffahrt, etwa in Form von Fähren, Ausflugsschiffen oder Kreuzfahrten, trägt erheblich zu den THG-Emissionen im Tourismus bei. Hier resultieren die Treibhausgase aus dem Einsatz fossiler Treibstoffe in den Schiffsmotoren. Grundlage für die Berechnungen sind Angaben zum Treibstoffverbrauch, zur Betriebsdauer sowie zu den eingesetzten Schiffskategorien. Normierungen können über Personenkilometer, Passagierzahlen oder Schiffstage erfolgen.

Luftfahrt

Die Luftfahrt ist im touristischen Einzelbetrieb seltener direkt verankert, jedoch in bestimmten Destinationen durch Charterflüge oder Rundflüge von Bedeutung. Auch hier stehen Treibstoffverbrauch und Flugkilometer im Zentrum der Datenerhebung, während sich die Emissionen sinnvollerweise auf Personenkilometer oder die Anzahl der Flüge beziehen lassen.

Kunst, Unterhaltung und Erholung

Im Bereich Kultur, Unterhaltung und Erholung, zu dem Museen, Theater, Freizeit- und Kurparks, Schwimmbäder sowie Sportstätten zählen, sind die Emissionstreiber äußerst vielfältig. Sie reichen vom Energieverbrauch für Gebäude, Beleuchtung, Ausstellungen und technische Anlagen bis hin zum Betrieb von gastronomischen Angeboten oder Veranstaltungsinfrastrukturen. Als Aktivitätsdaten kommen vor allem Strom- und Wärmeverbräuche, Betriebsstunden technischer Anlagen sowie gegebenenfalls Treibstoffmengen für spezielle Geräte in Betracht. Bezugsgrößen können die Zahl der Besucher:innen, die Anzahl der Veranstaltungen oder Nutzungstage sein, wodurch sich die Klimawirkung auf die tatsächliche Inanspruchnahme der Einrichtungen beziehen lässt.

Vermietung von beweglichen Sachen

Darüber hinaus ist auch die Vermietung von beweglichen Sachen ein relevanter Bestandteil touristischer Dienstleistungen. Dazu gehören etwa Fahrrad- und E-Bike-Verleihe, Autovermietungen, Bootsverleihe oder die Bereitstellung von Sport- und Freizeitgeräten. Die Emissionen entstehen hier vor allem durch den Betrieb und die Wartung der Fahrzeuge oder Geräte sowie durch die dafür eingesetzte Energie. Für die Berechnung eignen sich Daten über Treibstoff- bzw. Stromverbräuche, Wartungsaufwendungen und gegebenenfalls Ersatzteilnutzung. Als Vergleichsgrößen bieten sich die Anzahl der Verleiheinheiten, die Nutzungstage oder gefahrene Kilometer an.

Reisebüros, Reiseveranstalter und Erbringung sonstiger Reservierungsdienstleistungen

Schließlich lassen sich auch Reisebüros und Reiseveranstalter als touristische Industrie fassen. Hier fallen die direkten Emissionen vor allem durch den Energieverbrauch in Bürogebäuden sowie durch Geschäftsreisen oder einen gegebenenfalls vorhandenen Fuhrpark an. Indirekte Emissionen entstehen durch die vermittelten Reisen, die in einer erweiterten Systemgrenze berücksichtigt werden können. Als Aktivitätsdaten werden Energieverbräuche und Mobilitätsleistungen erfasst, während die Zahl der Buchungen oder der erzielte Umsatz als geeignete Vergleichsgrößen dienen.

Durch diese differenzierte Betrachtung der einzelnen touristischen Wirtschaftszweige wird eine systematische und zugleich praxisorientierte Grundlage für die Erfassung und Berechnung von Treibhausgasemissionen geschaffen.

3.1.4. Zusammenfassung und Perspektiven

Die in diesem Abschnitt dargestellte Methode zeigt, wie touristische Unternehmen ihre Treibhausgas-Emissionen systematisch erfassen und bewerten können. Durch die Kombination von Basisdaten wie Gebäude- und Energieverbrauch, Stromnutzung und Transportleistungen mit erweiterten Informationen zu erneuerbaren Energien, ausgelagerten Dienstleistungen oder der Anreise von Gästen wird eine praxisnahe und zugleich differenzierte THG-Berechnung ermöglicht. Methodisch folgt die Erfassung dabei dem grundlegenden Prinzip der THG-Berechnung, bei der immer spezifische Aktivitätsdaten (z. B. Energieverbrauch in kWh oder Transportkilometer) mit den entsprechenden Emissionsfaktoren (EF) multipliziert werden, um die resultierenden THG-Emissionen zu quantifizieren. Die Unterteilung nach Wirtschaftszweigen stellt sicher, dass die Besonderheiten der einzelnen touristischen Dienstleistungen berücksichtigt werden und branchenspezifische Vergleichsgrößen zur Verfügung stehen.

Für Unternehmen eröffnet dieser Ansatz die Möglichkeit, ihre Klimawirkung transparent darzustellen, Entwicklungen über die Zeit nachzuvollziehen und Reduktionsmaßnahmen gezielt zu planen. Gleichzeitig wird damit eine Grundlage für externe Anforderungen geschaffen, etwa im Rahmen von Nachhaltigkeitsberichterstattung oder Zertifizierungsprogrammen. Die Qualität und Aussagekraft der Ergebnisse hängen dabei in hohem Maße von der Verfügbarkeit und Genauigkeit der erhobenen Daten ab, weshalb die Standardisierung der Datenerfassung von zentraler Bedeutung ist.

Darüber hinaus bildet die betriebliche Perspektive eine wichtige Basis für weitergehende Analysen auf aggregierter Ebene. Während in diesem Kapitel die Methode zur THG-Berechnung für einzelne Unternehmen im Vordergrund steht, wird im folgenden Abschnitt (Kapitel 3.2) die Anwendung der Bottom-up-Methode für die Hochrechnung der THG-Emissionen beschrieben. Es wird aufgezeigt, wie sich die THG-Emissionen verschiedener Unternehmen zu einem Gesamtbild zusammenführen lassen, um regionale, nationale oder sektorale Strategien zur Reduktion von Treibhausgasemissionen im Tourismus zu entwickeln.

3.2. Methode zur Hochrechnung der THG-Emissionen

Aufbauend auf der betrieblichen Erfassung der THG-Emissionen wird nun gezeigt, wie die erhobenen Unternehmensdaten in größerem Maßstab für Forschungszwecke und Destinationsanalysen gesammelt und hochgerechnet werden können. Grundlage hierfür ist die methodische Konsistenz bei der Datenerhebung: Da die THG-Emissionen auf Unternehmensebene einheitlich als Produkt aus Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren berechnet wurden, lassen sich diese Werte auf aggregierter Ebene valide zusammenführen. Ziel ist es, eine konsistente und belastbare Datengrundlage für räumliche Vergleiche, sektorale Hochrechnungen und, weiterführend, politische Maßnahmenbewertungen bereitzustellen.

Best practice: Für die Pilotierung wurden die Datenerhebungen mithilfe des etablierten Online-Befragungstools SoSci-Survey (<https://www.soscisurvey.de/>) durchgeführt. Dadurch konnten Daten effizient erfasst, strukturiert und in standardisierten Formaten exportiert werden, die sich für spätere Analyse- und Aggregationsschritte eignen. Die dahinterliegende Methode umfasst insbesondere die Definition einheitlicher Variablensätze und Indikatoren, Qualitätssicherungsmechanismen zur Validierung der Eingaben sowie Verfahren zur statistischen Hochrechnung und Gewichtung, um die Repräsentativität für Destinationen oder Branchensegmente sicherzustellen.

Diese Vorgehensweise ermöglicht es, betriebliche Inventardaten konsistent mit den in Abschnitt 2 erläuterten Systemgrenzen auf übergeordnete räumliche Ebenen zu übertragen und so eine belastbare Basis für sektorweite Emissionsanalysen im Tourismus zu schaffen.

3.2.1. Variablen und Indikatoren

Zur Aggregation betrieblicher Inventardaten ist ein einheitliches und standardisiertes Variablen- und Indikatorenset erforderlich, welches unabhängig von Unternehmensgröße oder -typ angewendet werden kann. Die Erfassung erfolgt analog zu den in Kapitel 3.1.2 beschriebenen Basisdaten und erweiterten Daten auf Grundlage von Aktivitätsdaten, die sich zwei Kategorien zuordnen lassen:

- › Basisdaten: direkt vom Unternehmen bereitgestellte Informationen, die zentral für die Emissionsberechnung sind (z. B. Energieverbrauch, Kraftstoffmengen, Anzahl der Übernachtungen oder Besuchszahlen)
- › Erweiterte Daten: strukturierende oder ergänzende Angaben, die eine bessere Kontextualisierung und Hochrechnung ermöglichen (z. B. Umsätze, Beschäftigtenzahlen, Kapazitätskennzahlen wie Betten-, Sitzplatz- oder Flächenangaben)

Die Variablen sind so operationalisiert, dass sie für möglichst viele tourismusrelevante Unternehmenstypen (in Bezug auf Größe, Wirtschaftssektor) anwendbar sind und somit eine hohe Vergleichbarkeit ermöglichen. Dadurch bleiben die erhobenen Daten sowohl für betriebliche Analysen als auch für übergeordnete Auswertungen anschlussfähig. Durch diese Standardisierung können die in Abschnitt 3.1. erläuterten Berechnungsschritte für THG-Emissionen konsistent auf übergeordnete Ebenen übertragen und für Hochrechnungen genutzt werden.

Best practice: Die Variablendefinitionen, beigefügte Erklärungen, ihre Einheiten und Antwortformate werden im Codebook des verwendeten SoSci-Survey-Fragebogens festgelegt. Das vollständige Codebook ist online über die Projektdokumentation (<https://doi.org/10.5281/zenodo.21390465>) zugänglich. Nachfolgend werden die wesentlichen Variablengruppen hervorgehoben, die für die weitere Modellierung und Hochrechnung maßgeblich sind.

Festlegung der Bezugsjahre

Um belastbare Aussagen über Entwicklungstendenzen treffen zu können, ist die Erhebung von Daten in einer ausreichenden Anzahl an Jahren wichtig. Eine fortlaufende Erweiterung des THG-Inventars ist dabei besonders effizient, um auch zukünftige Entwicklungen in die Berechnung einzubeziehen.

Best practice: Im Rahmen der Umfrage wurde grundsätzlich eine Dateneingabe für die Jahre 2010 bis 2023 ermöglicht. Für die anschließenden Hochrechnungen auf Destinationsebene dient jedoch das Jahr 2023 als Referenzjahr, da hierfür die meisten Unternehmen Daten vorliegen haben und die Auswirkungen der Covid-19-Pandemie weitgehend abgeklungen sind. Dieses Bezugsjahr bildet somit die methodische Grundlage für die Aggregation und Analyse der erhobenen Daten im Pilotprojekt.

Anzahl der Mitarbeitenden

Die Zahl der Beschäftigten stellt eine zentrale Bezugsgröße zur Bestimmung der Treibhausgas-Emissionsintensitäten dar. Ihre Erhebung ist daher essenziell, wird in regionalen und nationalen Statistiken jedoch selten einheitlich erfasst.

Best practice: In der vorliegenden Untersuchung wurde zwischen Vollzeit- und Teilzeitbeschäftigten unterschieden. Vollzeitkräfte wurden mit einem Faktor von 1,0 und Teilzeitkräfte mit einem Faktor von 0,5 gewichtet, um eine konsistente Vergleichbarkeit zwischen Betrieben unterschiedlicher Größe und Struktur sicherzustellen.

Organisationseinheiten

Für die Aggregation der Unternehmensdaten ist die klare Definition der zugrunde liegenden Organisationseinheiten ausschlaggebend. Hierbei wird festgelegt, ob die Erfassung auf Betriebsebene oder auf Ebene des gesamten Unternehmens erfolgt. Die methodische Abgrenzung orientiert sich an

den in Kapitel 3.1.2 beschriebenen organisatorischen Rahmenbedingungen und gewährleistet eine konsistente Anwendung der Systemgrenzen bei der späteren Hochrechnung.

Best practice: Für die Hochrechnung auf Destinationsebene werden nur diejenigen organisatorischen Einheiten eines Unternehmens berücksichtigt, die auch im Gebiet der Destination liegen.

Auswahl touristisch relevanter Wirtschaftszweige

Auch für die Hochrechnung auf Destinationsebene ist die konsequente Anwendung einer Bestimmung, welche Unternehmen als touristisch gelten, entscheidend.

Best practice: Grundlage dieses THG-Inventars bilden die Wirtschaftszweigklassifikation WZ08 und die in Abschnitt 3.1.3. relevanten Abteilungen. Allerdings werden nicht alle Wirtschaftsklassen jeder tourismusrelevanten Wirtschaftsabteilung berücksichtigt. Lediglich bei „55 Beherbergung“ können alle Unterkategorien und bei „56 Gastronomie“ alle bis auf „56.2 Caterer und Erbringung sonstiger Verpflegungsdienstleistungen“ als touristisch angesehen werden. In allen anderen touristischen Wirtschaftszweigen erfolgt eine gezielte Auswahl der Klassen, deren Leistungen gemäß der Definition der UNWTO als überwiegend touristisch einzustufen sind. Diese Abgrenzung verhindert Überschätzungen durch wirtschaftliche Tätigkeiten ohne primär touristischen Bezug und gewährleistet, dass für weitere Berechnungen ausschließlich jene Bereiche abgebildet werden, die maßgeblich zur touristischen Wertschöpfung beitragen.

Erweiterte Daten

Je nach Wirtschaftszweig können z.T. unterschiedliche erweiterte Daten erhoben werden, die dann Auskunft über destinationsspezifische Charakteristika geben können. Manche Variablen sind nur in einzelnen Wirtschaftszweigen oder deren Unterkategorien zu finden (z. B. Übernachtungen, Anzahl der Betten oder Anzahl der Stellplätze auf Campingplätzen). Andere hingegen können über Wirtschaftszweige hinweg erhoben werden wie bspw. die Gästeanzahl, die sowohl Museumsbesuchende, Taxi-Nehmende, Hotel-Übernachtende als auch Gäste in einem Restaurant einschließt.

Erhebung der Energieverbrauchsdaten

Für die Berechnung der Treibhausgas-Emissionen eines Unternehmens ist die Erfassung der energierelevanten Verbrauchsdaten zentral. In der Datenerhebung werden daher sämtliche Quellen berücksichtigt, die direkt zum Energiebedarf des Unternehmens beitragen.

Best practice: Im Bereich der Liegenschaften, also der betrieblich genutzten Gebäude und Wohnungen, wurde der Energieverbrauch für Heizung und Warmwasserbereitung nach Energieträger bzw. Heizungssystem sowie Strom abgefragt. Diese Verbrauchsdaten bilden die Grundlage für die Berechnung der emissionsrelevanten Endenergienutzung und ermöglichen eine differenzierte Betrachtung der verschiedenen Energieträger wie beispielsweise Erdgas, Heizöl, Fernwärme oder Strom aus dem öffentlichen Netz.

Darüber hinaus konnten in der Umfrage auch erneuerbare Energiequellen angegeben werden, sofern sie im Betrieb eingesetzt werden. Dazu zählen insbesondere Photovoltaik- und Windkraftanlagen zur Eigenstromerzeugung sowie Geo- und Solarthermie für die Warmwasserbereitung. Ebenso wurde die

Nutzung von Biomasse (z. B. Holz, Pellets und Hackschnitzel) zur Wärmeversorgung berücksichtigt. Diese Angaben erlauben eine differenziertere Bewertung der Energiequellen und tragen zur Abbildung nachhaltiger betrieblicher Energiepraktiken bei.

Außerdem wurde der Energieverbrauch für den unternehmensbezogenen Transport von Personen und Waren erfasst. Hierzu zählen insbesondere Fahrten im Rahmen der betrieblichen Tätigkeit, etwa Liefer- und Servicetransporte oder Mitarbeitermobilität während der Arbeitszeit. Nicht eingeschlossen ist dagegen die An- und Abreise von Gästen, die in separaten Erhebungsmodulen behandelt wird.

Ergänzend konnten auch Angaben zum Verbrauch weiterer motorisierter Geräte und Maschinen gemacht werden, etwa Rasenmäher, Boote oder sonstige technische Arbeitsgeräte.

Anreise und Herkunft der Gäste

Für eine umfassende Bewertung der touristischen Emissionen wurde im Rahmen der Umfrage auch die Herkunft der Gäste sowie deren Anreiseverhalten erhoben. Die resultierenden Informationen ermöglichen es, Unterschiede zwischen Regionen oder Unternehmenstypen sichtbar zu machen und Anknüpfungspunkte für die Integration der Gästemobilität zu identifizieren.

Best practice: Die Teilnehmenden aus Beherbergungsbetrieben wurden gebeten, auf Basis eigener Erfahrungswerte eine Schätzung darüber abzugeben, aus welchen Regionen ihre Gäste stammen und mit welchen Verkehrsmitteln sie anreisen. Dabei erfolgte eine grobe Unterteilung in Inlands- und Auslandsgäste, wobei Letztere nochmals nach EU-Nachbarländern und weiteren Herkunftsländern außerhalb der EU differenziert wurden.

Zusätzlich wurde die Verkehrsmittelwahl der Gäste erfasst, um die klimarelevanten Anreiseemissionen näher zu charakterisieren. Abgefragt wurden die geschätzten Anteile der Anreisen mit Pkw, Bahn, Flugzeug, Bus und Rad. Da diese Angaben auf subjektiven Schätzungen der Betriebe beruhen, dienen sie primär der qualitativen Einordnung und Modellierung typischer Anreisemuster innerhalb verschiedener Destinationstypen.

Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen

Neben der Erfassung von Energieverbräuchen und Mobilitätsdaten kann die Erhebung bereits umgesetzter Klimaschutzmaßnahmen für eine weiterführende Analyse wichtige Hinweise und Begründungen bzgl. mancher Verbrauchsmuster geben.

Best practice: Die Teilnehmenden werden zu bereits umgesetzten Klimaschutzmaßnahmen befragt. Hierzu stand ein strukturierter Maßnahmenkatalog zur Verfügung, der verschiedene Handlungsfelder abdeckte, darunter Heizung und Gebäudeenergie, Stromverbrauch und Geräteeffizienz, betriebliche Mobilität sowie den Einsatz erneuerbarer Energien. Die Abfrage diente zur besseren Einordnung der Betriebe und zum Abgleich mit zuvor gemachten Energiedaten.

3.2.2. Erstellung einer Online-Umfrage

Die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Variablen und Indikatoren wurden im Rahmen der Datenerhebung in eine strukturierte Online-Umfrage überführt. Ziel war es, die zuvor konzipierte Operationalisierung in ein benutzerfreundliches, digital gestütztes Erhebungsinstrument umzusetzen, das eine effiziente und konsistente Datenerfassung ermöglicht.

Best practice: Die Online-Umfrage wurde über das etablierte Befragungstool SoSci Survey realisiert. Die vollständige Operationalisierung der Variablen, einschließlich der genauen Frageformulierungen und Antwortformate ist im Codebook dokumentiert und kann dort nachvollzogen werden. In unserer Pilotstudie lief die Datenerhebung über einen Zeitraum von knapp drei Monaten. Insgesamt haben 97 Unternehmen die Umfrage vollständig abgeschlossen, wodurch eine solide Datengrundlage für die anschließende Aggregation und Auswertung geschaffen werden konnte.

3.2.3. Datenerhebung in Kooperation mit regionalen Multiplikator:innen

Die erfolgreiche Durchführung einer Online-Umfrage hängt maßgeblich davon ab, wie gut der Zugang zur Zielgruppe der Unternehmen gelingt. Insbesondere wenn die durchführende Stelle selbst nicht über etablierte regionale Netzwerke verfügt, ist die Einbindung lokaler Akteur:innen von zentraler Bedeutung. Diese können als Brücke zwischen Forschung und Praxis fungieren und sowohl die Teilnahmebereitschaft als auch die Datenqualität positiv beeinflussen.

Best practice: Ein wesentlicher Erfolgsfaktor der Online-Erhebung in diesem Pilotprojekt ist die enge Zusammenarbeit mit den regionalen Destinationsmanagementorganisationen (DMOs). Diese fungierten als zentrale Multiplikatoren und Ansprechstellen für die teilnehmenden Unternehmen in ihrer Region. Durch ihre Unterstützung konnten Unternehmen gezielt angesprochen, zur Teilnahme motiviert und bei Rückfragen zur Dateneingabe begleitet werden. Diese enge Kooperation trug entscheidend dazu bei, die Rücklaufquote zu erhöhen und in vielen Destinationen eine repräsentative Abdeckung unterschiedlicher tourismusrelevanter Wirtschaftszweige und Betriebsgrößen zu gewährleisten.

3.2.4. Datenvalidierung

Die Qualitätssicherung der erhobenen Daten erfolgt in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten, die sowohl manuelle Plausibilitätsprüfungen als auch standardisierte statistische Tests umfassten. Ziel ist es, die inhaltliche Richtigkeit der Angaben sicherzustellen, Ausreißer zu identifizieren und eine konsistente Datenbasis für die anschließenden Auswertungen zu schaffen.

Best practice: Bereits während der Erhebungsphase wurden abgeschlossene Fragebögen einer inhaltlichen Plausibilitätsprüfung unterzogen. Dabei wurden insbesondere auffällige oder unvollständige Angaben überprüft, zum Beispiel ungewöhnlich hohe Energieverbräuche oder fehlende Beschäftigtenzahlen. In solchen Fällen erfolgte eine individuelle Rückfrage per E-Mail an die teilnehmenden Betriebe, um die Werte zu verifizieren oder zu korrigieren.

Nach Abschluss der Datenerhebung wurden alle vorliegenden Datensätze einer standardisierten Validierung unterzogen. Hierbei kamen automatisierte Routinen zur Variabilitäts- und Ausreißerprüfung zum Einsatz, um interne Inkonsistenzen und extreme Werte zu identifizieren. Zudem wurden Quervergleiche zwischen Betrieben ähnlicher Größenordnung und

Wirtschaftszweizugehörigkeit vorgenommen, um die Plausibilität der Verbrauchs- und Emissionsdaten weiter abzusichern.

3.2.5. Hochrechnung auf Destinationsebene

Auf Grundlage der validierten Umfragedaten erfolgte im nächsten Schritt eine Hochrechnung der THG-Emissionen auf Destinationsebene. Ziel dieses Verfahrens ist es, die erhobenen Unternehmensdaten so zu verwenden, dass sie ein möglichst vollständiges und repräsentatives Bild der touristischen Emissionen in der betrachteten Region liefern.

Um identifizierte Datenlücken zu schließen und eine solide Hochrechnung der unternehmensbezogenen Emissionen auf regionale Ebene zu gewährleisten, wurden ergänzende Daten von statistischen Ämtern herangezogen. Diese umfassten die Anzahl der Unternehmen je Wirtschaftszweig und Destination, Beschäftigtenzahlen sowie nationale Unternehmensgrößenverteilungen.

Da Unternehmensgrößenverteilungen auf Ebene der Wirtschaftszweige und Destinationen nicht immer direkt verfügbar sind, werden z.T. nationale Größenverteilung als Näherungswert herangezogen. Die Anzahl der Unternehmen in jeder Destination und jedem Wirtschaftszweig wurde entsprechend gleichmäßig auf kleine, mittlere und große Unternehmen aufgeteilt.

Die Hochrechnung wurde mittels zweier methodischer Ansätze durchgeführt, einem einfachen und einem modellbasierten Ansatz, um die Robustheit der Ergebnisse zu überprüfen und potenzielle Verzerrungen durch kleine Stichproben zu adressieren.

Einfacher Aggregationsansatz

Der einfache Ansatz aggregiert den Energieverbrauch ausschließlich auf Grundlage der Umfragedaten und behandelt diese als vollständig repräsentativ. Die Aggregationsmethode besteht darin, den Energieverbrauch anhand der Anzahl der Unternehmen innerhalb jeder touristischen Wirtschaftsabteilung und jeder Größenklasse hochzurechnen.

Um die Heterogenität im Energieverbrauch abzubilden, wird der durchschnittliche Energieverbrauch für kleine, mittlere und große Unternehmen jeweils separat für Unternehmen desselben Wirtschaftszweigs berechnet, wobei über alle Destinationen hinweg gepoolt werden. Gemäß nationalen Vorgaben der Unternehmensgrößenverteilung wird die Unternehmensgröße nach Beschäftigtenzahl klassifiziert (bis 10 Beschäftigte: „klein“; $10 \leq \text{Beschäftigte} < 50$: „mittelgroß“; $50 \leq \text{Beschäftigte} < 250$: „groß“; mehr als 250 Beschäftigte: „sehr groß“). Die ermittelten durchschnittlichen Verbrauchswerte werden anschließend mit der Anzahl der Unternehmen in jeder Größenklasse pro Wirtschaftszweig und Destination multipliziert. Dies bedeutet, dass der gesamte Energieverbrauch pro Wirtschaftszweig unter Berücksichtigung der Unternehmensgrößenheterogenität hochskaliert wird.

Best practice: Die Anzahl sehr großer Unternehmen erwies sich in allen Wirtschaftszweigen der Pilot-Destinationen als statistisch vernachlässigbar und wurde daher nicht berücksichtigt.

Modellbasierter Aggregationsansatz

Der modellbasierte Ansatz integriert synthetische Unternehmensprofile in fehlenden Größenklassen, insbesondere bei größeren Unternehmen, und berücksichtigt damit systematische Verzerrungen

durch die überproportionale Vertretung von kleinen Unternehmen in der Stichprobe. Hierfür werden Mixed-Effects-Modelle auf die Umfragedaten geschätzt und die Schätzwerte genutzt, um den Energieverbrauch für synthetische Unternehmensprofile in unterrepräsentierten Größenklassen vorherzusagen.

Die Modellierung erfolgte in mehreren Schritten:

Ergänzung fehlender Angaben durch Imputation

Zunächst werden fehlende Werte in den Umfragedaten mithilfe eines k-Nearest-Neighbor-(kNN)-Imputationsverfahrens ergänzt. Dieses Verfahren, aus dem Bereich des maschinellen Lernens identifiziert die k ähnlichsten Unternehmen auf Basis verfügbarer Merkmale wie Kapazitätsauslastung, Beschäftigtenzahl, Nutzfläche und Energieverbrauch und schätzt fehlende Werte anhand des Durchschnitts dieser Nachbarn.

Best practice: Auf diese Weise konnten zum Beispiel fehlende Angaben zum Umsatz einiger Unternehmen plausibel ergänzt werden.

Schätzung des Energieverbrauchs mittels Mixed-Effects-Modellen

Zur Vorhersage des Energieverbrauchs wird der natürliche Logarithmus des unternehmensspezifischen Energieverbrauchs modelliert. Aufgrund der hierarchischen Struktur der Daten (Unternehmen sind in Wirtschaftszweige und Destinationen eingebettet) werden Mixed-Effects-Modelle verwendet. Nach Tests verschiedener Prädiktorvariablen anhand gängiger Modellgütekriterien bspw. des Akaike-Informationskriteriums (AIC), Modellanpassung und Vorhersagefehler erwies sich ein Modell als am besten geeignet, das folgende unabhängige Variablen einbezieht: den natürlichen Logarithmus des Umsatzes sowohl in linearer als auch in quadratischer Form (um Nichtlinearitäten abzubilden), den natürlichen Logarithmus der gesamten Quadratmeterzahl sowie die Wirtschaftsabteilung. Das Modell erlaubt zudem Random Intercepts über die Destinationen hinweg. Die logarithmische Transformation der Variablen ermöglicht eine Interpretation der Koeffizienten als Elastizitäten, also als prozentuale Veränderung der abhängigen Variable bei einer einprozentigen Veränderung der unabhängigen Variable. Ein zentrales Ergebnis dieses Ansatzes ist, dass ein vergleichsweise einfaches Modell, das lediglich zwei kontinuierliche wirtschaftliche Variablen, nämlich den jährlichen Umsatz eines Unternehmens und die Quadratmeterzahl, benötigt, relativ genaue Schätzungen des Energieverbrauchs liefern kann.

Erstellung synthetischer Unternehmensprofile

Um die Repräsentativität des Datensatzes zu erhöhen, wurden zusätzlich synthetische Unternehmensprofile für fehlende Größenklassen in zwei Schritten erstellt. Zunächst wurden in Fällen, in denen für mindestens eine Destination Daten in einer bestimmten Größenklasse und einem bestimmten Wirtschaftszweig vorlagen, Durchschnittswerte über Unternehmen und Jahre hinweg für Destinationen mit fehlenden Werten innerhalb der jeweiligen Größenklasse und des Wirtschaftszweigs verwendet. Für Größenklassen und Wirtschaftszweige, in denen in keiner Destination Daten vorlagen, wurden einfache lineare Modelle zur Interpolation und Extrapolation von Umsatz- und Quadratmeterwerten eingesetzt. Die so generierten Daten wurden mit externen Quellen abgeglichen, um sicherzustellen, dass die Werte in einem realistischen Bereich liegen.

Schätzung des Energieverbrauchs synthetischer Unternehmensprofile unter Verwendung der Modellparameter

Das Modell wurde verwendet, um den Energieverbrauch anhand synthetischer Unternehmensdaten vorherzusagen, insbesondere für größere Unternehmen. Durch die Integration dieser synthetischen Profile spiegelt der Datensatz die tatsächliche Zusammensetzung der Tourismusunternehmen in jeder Destination genauer wider.

Aggregation zur Emissionsschätzung auf Destinationsebene

Die Aggregation des Energieverbrauchs auf Destinationsebene folgte im modellbasierten Ansatz derselben Logik wie im einfachen Ansatz und berücksichtigte die Anzahl der Unternehmen in jeder Größenklasse. Der modellbasierte Ansatz führt im Allgemeinen zu höheren Schätzungen des Energieverbrauchs über alle Destinationen hinweg als der einfache Ansatz.

Berechnung der Treibhausgas-Emissionen

Im abschließenden Schritt wurden die ermittelten Energieverbräuche mit den entsprechenden Emissionsfaktoren für jeden Brennstoff- und Quellensektor multipliziert, um die gesamten Treibhausgas-Emissionen der Tourismuswirtschaft auf Destinationsebene zu ermitteln.

Best practice: Hierfür wurden deutschlandspezifische Emissionsfaktoren aus offiziellen Quellen verwendet, hauptsächlich vom Umweltbundesamt (UBA) und verwandten Projekten (z. B. GEMIS) für CO₂, CH₄ und N₂O, ausgedrückt in Tonnen CO₂-Äquivalenten (CO₂eq). Um die Vergleichbarkeit zwischen Unternehmen und Destinationen zu gewährleisten, wurden zusätzlich Emissionsintensitätsmaße in metrischen Tonnen CO₂-Äq. pro Euro Umsatz und pro Beschäftigten konstruiert.

Während die Emissionsfaktoren über Unternehmen und Destinationen innerhalb Deutschlands konstant sind, erzeugen regionale Unterschiede in der Brennstoffmischung zusätzliche Heterogenität in den Energie- und Emissionsprofilen. Der Heizenergieverbrauch wies dabei signifikante regionale Variationen auf, während die Zusammensetzung der Kraftstoffe im Verkehrsbereich über die Destinationen hinweg konsistent blieb. Für den Verkehrssektor wurde daher ein nationaler Brennstoffmix verwendet. Gemäß den Konventionen des nationalen Inventars für den Energiesektor werden Emissionen aus der Verbrennung von Biomasse in der Hauptanalyse ausgeschlossen, um eine Doppelzählung mit der Berichterstattung im Landnutzungssektor zu vermeiden (Eggleston et al. 2006). In Robustheitsprüfungen werden diese Emissionen jedoch einbezogen.

3.2.6 Zusammenfassung und Ausblick

Die in diesem Kapitel dargestellte Methode beschreibt die Übertragung der betrieblichen Treibhausgas-Erfassung auf die Ebene von Destinationen bzw. Regionen. Durch die Kombination aus standardisierten Variablen, sorgfältiger Datenerhebung, enger Zusammenarbeit mit Multiplikator:innen und mehrstufiger Validierung kann eine belastbare Datenbasis geschaffen werden, die die Vielfalt der touristischen Betriebe in den Destinationen realistisch abbildet.

Die anschließende Hochrechnung der Emissionen auf Destinationsebene erfolgt mithilfe statistischer Verfahren, die sowohl auf empirisch erhobenen Daten als auch auf nationalen und regionalen Vergleichsstatistiken beruhen. Dadurch wird eine konsistente und methodisch fundierte Schätzung

der tourismusbezogenen Treibhausgas-Emissionen ermöglicht, die mit den im betrieblichen Bottom-up-Ansatz definierten Systemgrenzen kompatibel ist.

Während die hier vorgestellten Verfahren die Emissionen aus der Perspektive einzelner Betriebe und Destinationen aggregieren, betrachtet der Top-down-Ansatz in Kapitel 4 die gesamtwirtschaftliche Ebene. Er erlaubt es, die auf nationalem Territorium entstehenden Emissionen der Tourismuswirtschaft systematisch zuzuordnen und in Bezug zu den Sektoren des nationalen Treibhausgasinventars zu setzen. Damit wird ein vollständiger Vergleich zwischen betrieblichen, regionalen und nationalen Emissionsdaten möglich, der die Grundlage für ein umfassendes Treibhausgas-Inventar der deutschen Tourismuswirtschaft bildet.

4. Angebotsseitige Perspektive: Top-down Ansatz

Touristische Unternehmen sind zentrale Akteure der deutschen Tourismuswirtschaft. Unternehmen, die touristische Dienstleistungen und Produkte produzieren finden sich in unterschiedlichen Wirtschaftssektoren wieder, die als Tourismusindustrien definiert werden (United Nations and UNWTO 2010). Bei der Bereitstellung dieser Leistungen, wie einer zubereiteten Mahlzeit, einem geheizten Hotelzimmer oder einem Flug, entstehen dabei THG-Emissionen aus verschiedenen Emissionsquellen. Um diese THG-Emissionen zu reduzieren oder ganz zu vermeiden ist es daher wichtig die produktionsbasierten THG-Emissionen der touristischen Unternehmen in Deutschland aus einer angebotsseitigen Perspektive systematisch zu erfassen.

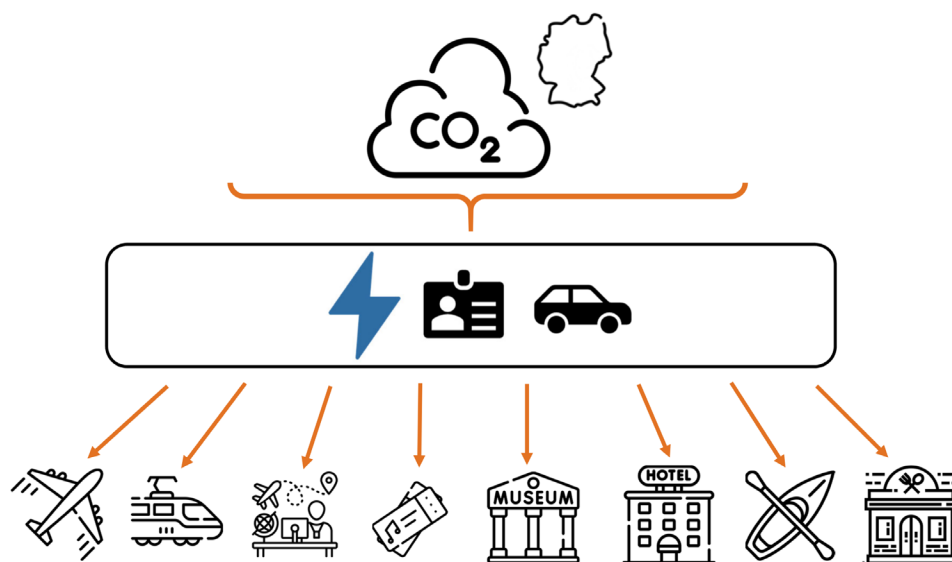


Abbildung 2: Top-Down Ansatz, eigene Darstellung, Icons von Magnific and Freepik

Internationale und nationale Regelwerke erfassen THG-Emissionen aus unterschiedlichen Emissionsquellen vornehmlich nach dem territorialen Ansatz. So berichtet Deutschland beispielsweise territoriale THG-Emissionen jährlich der UNFCCC. Zusätzlich erstellt das Umweltbundesamt das nationale THG-Inventar, in dem THG-Emissionen nach sechs verschiedenen Emissionsquellen, wie Verkehr oder Gebäude gegliedert werden.

Da die Aktivitäten der Tourismusindustrien THG-Emissionen aus verschiedenen Emissionsquellen verursachen, können ihre gesamten THG-Emissionen nicht einfach aus diesen Datenquellen abgelesen werden. Sie können jedoch mit Hilfe zusätzlicher Daten auf der nationalen Ebene berechnet werden. Dabei werden aus den gesamten THG-Emissionen die in Deutschland ausgestoßen werden, jene Anteile ermittelt, die touristischen Wirtschaftszweigen zugeordnet werden können.

Da hier aus nationalen Aggregaten Werte für einzelne Bereiche heruntergerechnet werden, heißt dieser Ansatz „top-down“ Ansatz. Top-down Berechnungen nach dem territorialen Ansatz bringen wesentliche konzeptionelle und datentechnische Herausforderungen mit sich. Dies hat unter

anderem mit den Unklarheiten der Systemgrenzen, denen der Tourismus als Querschnittsbranche ausgesetzt ist, zu tun. Außerdem müssen verschiedene Datenquellen die teils unterschiedlichen Logiken folgen zusammengebracht und in eine standardisierte Klassifikation überführt werden. Die Methode (4.1) und die dafür benötigten Daten (4.2) werden in den folgenden Kapiteln genauer erläutert.

4.1. Methode

Im Rahmen der Berechnungen werden verschiedene Datenquellen, die unterschiedliche Methoden und Konzepte folgen, harmonisiert und anschließend verknüpft. Grundstein sind nationale THG-Emissionsdaten nach dem Territorial- bzw. Inlandsprinzip. Diese werden mit Energieverbrauchs-, Beschäftigungs- und anderen Daten verknüpft um den touristischen Anteil der THG-Emissionen am nationalen THG-Inventar zu berechnen. Das nationale THG-Inventar kategorisiert THG Emissionen nach dem „Common Reporting Format“ (CRF) der UNFCCC Berichterstattung, welche auch im Folgenden als Referenzsystem zur Einteilung verschiedener Emissionsquellen verwendet wird.

Bei den Berechnungen werden sowohl Scope 1 als auch Scope 2 Emissionen der Tourismusindustrien berücksichtigt. Scope 1 umfasst alle THG-Emissionen, welche direkt durch die Aktivitäten der Tourismusindustrien entstehen. Die direkten THG-Emissionen in den Tourismusindustrien entstehen vornehmlich bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern, wie Erdgas, oder Benzin und sind im nationalen THG-Inventar in den Bereichen Gebäude und Verkehr zu finden. Scope 2 umfasst hingegen THG-Emissionen die durch den Strom- und Fernwärmeverbrauch der Tourismusindustrien im Energiesektor entstehen und werden im nationalen THG-Inventar im Bereich Energiewirtschaft berichtet.

4.1.1 Schritt 1: Berechnung der THG-Emissionen im Bereich Gebäude (Scope 1)

Direkte THG-Emission entstehen in Tourismusunternehmen vor allem durch die lokale Wärmeerzeugung (Heizung) und mobile motorisierte Geräte (z.B. Rasenmäher). Da die Gebäude sämtlicher Tourismusindustrien dem Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD) zugeordnet werden können, finden sich diese THG-Emissionen in Sektor 1.A.4.a „Sonstige: Gewerbe, Handel und Dienstleistungen“ des CRFs wieder. Der Sektor umfasst sowohl stationäre als auch mobile Verbrennungsprozesse fossiler Energieträger außerhalb des Verkehrs.

Um die THG-Emissionen des GHD Bereichs auf einzelne Tourismusindustrien herunterzubrechen, folgen wir der Methode der Luftemissionsrechnung des Statistischen Bundesamtes (Destatis 2022). Dabei werden in einem ersten Schritt THG-Emissionen aus dem Sektor 1.A.4.a mit Hilfe von Energieverbrauchsdaten auf Wirtschaftsabschnitte nach der Wirtschaftszweigklassifikation „WZ08“ (Destatis, 2008), wie „Abschnitt I: Gastgewerbe“, aufgeteilt. Unter der Annahme, dass THG-Emissionen proportional zum Energieverbrauch ausgestoßen werden, wird der Energieverbrauchsanteil einzelner Wirtschaftsabschnitte innerhalb des GHD Bereichs bestimmt und THG-Emissionen des Sektors 1.A.4.a proportional zugeordnet.

In einem nächsten Schritt werden die THG-Emissionen nun von der Ebene der Wirtschaftsabschnitte den detaillierten Tourismusindustrien, die der Ebene der Wirtschaftsklassen nach WZ08 entsprechen, zugeordnet. Unter der Annahme, dass sich Energieverbrauch proportional zur Anzahl der

Beschäftigten in touristischen Unternehmen verhält, kann, wie in der Veröffentlichung des Statistischen Bundesamtes (2022) beschrieben, die Anzahl der Tätigen innerhalb der Wirtschaftsklassen eines Wirtschaftsabschnitts verwendet werden um die THG-Emissionen auf die Wirtschaftsklassen zu verteilen. Auf diese Weise werden beispielsweise die aggregierten THG-Emissionen des Gastgewerbes auf die Teilsektoren wie Campingplätze, Hotels, Gasthöfe und Pensionen aufgeschlüsselt.

4.1.2 Schritt 2: Berechnungen der THG-Emissionen im Bereich Verkehr (Scope 1)

Die Tourismusindustrien umfassen den Personentransport auf der Straße, der Schiene, im Wasser und in der Luft. Zusätzlich entstehen auch THG-Emissionen im Straßenverkehr durch Straßenfahrzeuge anderer Tourismusindustrien. Während für die THG-Emissionen aus dem Verkehr auf der Schiene, im Wasser und in der Luft direkt passenden Sektoren zugeordnet werden können, müssen THG-Emissionen aus dem Straßenverkehr daher auf mehrere Wirtschaftszweige sowie die privaten Haushalte aufgeteilt werden.

Straßenverkehr

THG-Emissionen im Straßenverkehr, die bei der Verbrennung fossiler Treibstoffe wie Benzin oder Diesel entstehen, werden in CRF Sektor 1.A.3.b „Transport - Straßenverkehr“ berichtet. Nach Statistischem Bundesamt (2021b, 2022) können Fahrzeugstatistiken zum Bestand an Kraftfahrzeugen verwendet werden um die Emissionen Wirtschaftszweigen und privaten Haushalten zuzuordnen. Diese enthalten Daten zu Haltergruppen der Fahrzeuge, welche mit den Wirtschaftsabschnitten des WZ08 übereinstimmen. Im ersten Schritt werden diese verwendet um THG-Emissionen des Sektors 1.A.3.b auf Wirtschaftsabschnitte aufzuteilen. Analog zur Aufteilung der Gebäudeemissionen werden im nächsten Schritt Beschäftigungsstatistiken verwendet um die Emissionen der Wirtschaftsabschnitte proportional zur Beschäftigung auf die Tourismusindustrien (als Wirtschaftsklassen) aufzuschlüsseln. Diese Methode wird sowohl für die Tourismusindustrien im Bereich des Personenverkehrs auf der Straße, wie „49.32 Betrieb von Taxis“, als auch auf alle anderen Tourismusindustrien angewendet.

Luftverkehr

Mit Wirtschaftsklasse „51.10 Personenbeförderung in der Luftfahrt“ befindet sich auch ein Teil des Luftverkehrs unter den Tourismusindustrien. Den Systemgrenzen des nationalen THG-Inventars folgend, werden im THG-Inventar Tourismus nur direkte THG-Emissionen aus dem nationalen Luftverkehr berichtet. Diese entstehen bei der Verbrennung von Treibstoffen wie Kerosin oder Flugbenzin und finden sich in Sektor 1.A.3.a „Transport - Ziviler Luftverkehr“ des CRFs wieder, in dem sowohl THG-Emissionen der Personen- als auch der Güterbeförderung im Luftverkehr berichtet werden. Um den Anteil der THG-Emissionen der in der Wirtschaftsklasse „51.10 Personenbeförderung in der Luftfahrt“ ausgestoßen wird zu bestimmen, werden die Emissionen proportional zur Beschäftigung der Wirtschaftsklassen innerhalb der Wirtschaftsabteilung „51 Luftfahrt“ aufgeteilt.

Schienenverkehr

In den Tourismusindustrien entstehen direkte THG-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Treibstoffe im Schienenverkehr ausschließlich in Wirtschaftsklasse „49.10 Personenbeförderung im Eisenbahnfernverkehr“. Diese THG-Emissionen werden gemeinsam mit jenen des Güterverkehrs und

Personennahverkehrs auf der Schiene in CRF Sektor „1.A.3.c - Schienenverkehr“ berichtet. Aufgrund der unzureichenden Datenlage, können hier die Emissionen nicht wie für die anderen Verkehrssektoren aufgeteilt werden. Alternativ werden hier daher direkt THG-Emissionsdaten des Personenfernverkehrs aus der Datenquelle, die der deutschen Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen zugrunde liegt, verwendet.

Küsten- und Binnenschifffahrt

In den Tourismusindustrien „50.10 Personenbeförderung i.d. See- u. Küstenschifffahrt“ und „50.30 Personenbeförderung in der Binnenschifffahrt“ entstehen direkte THG-Emissionen bei der Verbrennung fossiler Treibstoffe in der Schifffahrt. Diese werden in CRF Sektor „1.A.3.d - Küsten- & Binnenschifffahrt“ berichtet und analog zu Emissionen im Luftverkehr mit Hilfe von Beschäftigungszahlen innerhalb der Wirtschaftsabteilung „50 Schifffahrt“ aufgeteilt. Falls möglich, können THG-Emissionen aus der See- u. Küstenschifffahrt bzw. aus der Binnenschifffahrt zu erst getrennt werden.

4.1.3 Schritt 3: Berechnung der Scope 2 Emissionen

Strom und Fernwärme - stationär

Durch die Nutzung von Strom und Fernwärme induzieren Tourismusindustrien indirekte THG-Emissionen, auch Scope 2 THG-Emissionen genannt. Diese werden vornehmlich bei der Verbrennung fossiler Energieträger in der Energiewirtschaft ausgestoßen werden und in CRF Sektor „1.A.1.a - Öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung“ berichtet werden. Zu einem kleineren Teil entstehen Scope 2 THG-Emissionen auch in CRF Sektor „1.A.2.g viii - Verarbeitendes Gewerbe - Weitere Energieerzeugung“, in dem THG-Emissionen von Elektrizitätswerken in Industrie-unternehmen, die auch in das öffentliche Netz einspeisen, berichtet werden.

Der Anteil des Strom- und Fernwärmeverbrauchs des GHD Bereichs am gesamten Strom- und Fernwärmeverbrauchs Deutschlands, sowie der Wirtschaftsabschnitte innerhalb des GHD Bereichs, werden verwendet um die THG-Emissionen der beiden CRF Sektoren proportional zuzuteilen. Eine weitere Aufteilung innerhalb der Wirtschaftsabschnitte auf die Tourismusindustrien erfolgt analog zu den Scope 1 Emissionen anhand von Beschäftigungszahlen in den jeweiligen Wirtschaftsklassen.

Strom im Straßenverkehr

Scope 2 THG-Emissionen die durch den Elektrizitätsverbrauch im Straßenverkehr entstehen werden in einem separaten Schritt berechnet. Dafür werden THG-Emissionen aus der Elektrizitätserzeugung in den CRF Sektoren „1.A.1.a - Öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung“ und „1.A.2.g viii - Verarbeitendes Gewerbe - Weitere Energieerzeugung“ proportional zum Anteil des Elektrizitätsverbrauchs des Straßenverkehrs am gesamten Elektrizitätsverbrauch in Deutschland bestimmt. Anschließend werden die THG-Emissionen analog zur Vorgangsweise der Scope 1 Emissionsberechnung im Straßenverkehr mit Hilfe von Fahrzeug- und Beschäftigungsstatistiken den Tourismusindustrien zugeteilt.

Strom im Schienenverkehr

Scope 2 THG-Emissionen die durch den Elektrizitätsverbrauch im Personenfernverkehr auf der Schiene entstehen, werden direkt der Wirtschaftsklasse „49.10 Personenbeförderung im Eisenbahnfernverkehr“ zugeordnet. Dafür wird der Anteil des Elektrizitätsverbrauchs des

Schienenverkehrs am gesamten Elektrizitätsverbrauch in Deutschland bestimmt und anschließend der proportionale Anteil der THG-Emissionen aus der Elektrizitätserzeugung in den CRF Sektoren „1.A.1.a - Öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung“ und „1.A.2.g viii - Verarbeitendes Gewerbe - Weitere Energieerzeugung“ bestimmt. Zuletzt wird der Anteil am Elektrizitätsverbrauchs des Personenfernverkehrs auf der Schiene am gesamten Elektrizitätsverbrauch des Schienenverkehrs berechnet und THG-Emissionen proportional zugewiesen.

4.1.4 Schritt 4: Übertragung der sektorspezifischen Emissionen in das nationale THG-Inventar

Als vierter und letzter Schritt, werden die sektorspezifischen Emissionen in das nationale THG-Inventar integriert. Hierfür werden die Scope 1 und Scope 2 THG-Emissionen der Tourismusindustrien anhand der CRF Sektoren in denen sie berichtet werden den Sektoren des nationalen THG-Inventars zugeordnet um die Anteile des Tourismus an den verschiedenen Sektoren zu bestimmen.

4.2. Daten

Für die Berechnungen werden Daten der Umwelt-, Wirtschafts-, Energie- und Kraftfahrzeugsstatistik benötigt. Der Datensatz umfasst Informationen vom Statistischen Bundesamt, dem Umweltbundesamt, dem Kraftfahrtbundesamt und der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AG Energiebilanzen / AGEB). Diese Datensätze zeichnen sich durch ihren offiziellen Charakter, ihre regelmäßige Aktualisierung und ihre konsistenten Zeitreihen aus, weshalb sie die bevorzugten Quellen für das THG-Inventar Tourismus darstellen. Öffentlich zugängliche Statistiken sind jedoch nicht immer für den benötigten sektoralen Detailgrad oder nur für einen kurzen Zeitraum verfügbar. Daher werden für die Berechnung Sonderauswertungen der zuständigen Stellen benötigt, um die notwendige Auflösung für einen längeren Zeitraum sicherzustellen. Die Beschränkung des Beobachtungszeitraums 2018-2023 ist vor allem darauf zurückzuführen, dass es vor diesem Zeitraum nur wenige detaillierte Wirtschaftsdaten für die Teilsektoren der Tourismusindustrien gibt. Im Folgenden werden die einzelnen Datenquellen näher beschrieben

4.2.1 Zentrales System Emissionen

Die Berechnungen werden mit THG-Emissionsdaten aus dem Zentralen System Emissionen (ZSE) des Umweltbundesamt durchgeführt. Das ZSE wird als nationale Datenbank zur THG-Emissionsberechnung und -berichterstattung an die UNFCCC verwendet und umfasst THG-Emissionen aus verschiedenen Prozessen nach dem Territorialprinzip in CRF Sektoren. Diese sind zusätzlich in die unterschiedlichen Treibhausgase CO₂, CH₄ und N₂O sowie nach weiteren Merkmalen, wie Fahrzeugkategorie, oder Energieträger, gegliedert. Die Daten aus dem ZSE werden außerdem für das nationale THG-Inventar und damit für die Berechnungen der Sektoren des KSG herangezogen. Die Verwendung der Daten und Systemgrenzen aus dem ZSE schafft somit eine wichtige Verbindung des THG-Inventars Tourismus zum KSG. Das ZSE stellt die zentrale Quelle der THG-Emissionsdaten für das THG-Inventar Tourismus dar.

4.2.2 Energiebilanz

Zur Zuordnung der Scope 2 Emissionen aus Strom und Fernwärme werden Daten aus der deutschen Energiebilanz verwendet. Die nationale Energiebilanz wird jährlich von der AGEB zusammengestellt und stellt die Produktion, Umwandlung und den Verbrauch verschiedener Energieträger dar. In der

Energiebilanz finden sich Informationen zum gesamten Energieverbrauch (Zeile 45), sowie Energieverbräuche verschiedener Bereiche, wie dem GHD-Bereich (Zeile 67), dem Straßenverkehr (Zeile 62) oder dem Schienenverkehr (Zeile 61), die in den Berechnungen verwendet werden. Für die weitere Zuordnung innerhalb des GHD-Bereichs, werden Energieverbräuche aus der „Erhebung des Endenergieverbrauchs im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für das Jahr 2019“ (Rohde et al., 2022) verwendet.

4.2.3 THG-Emissionsdaten für die Personenbeförderung im Eisenbahnfernverkehr

Für die Berechnung der direkten THG-Emissionen der Personenbeförderung im Eisenbahnfernverkehr werden THG-Emissionsdaten Transport Emission Modell (TREMOT) herangezogen. TREMOD, welches vom Institut für Energie- und Umweltforschung (Ifeu) erstellt wurde, enthält Energieeinsätze und THG-Emissionen für verschiedene Verkehrsträger und wird vom Umweltbundesamt zur Berechnung der THG-Emissionen im Verkehr für die ZSE Datenbank verwendet. Daher folgen THG-Emissionsdaten in TREMOD den gleichen Systemgrenzen wie Daten aus dem ZSE.

4.2.4 Kraftfahrzeugstatistik

Zur Zuordnung der direkten THG-Emissionen im Straßenverkehr werden Daten aus der Statistik des Kraftfahrtbundesamts zum „Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Haltergruppen und Wirtschaftszweigen“ (Kraftfahrt-Bundesamt, 2023) verwendet. Diese zeigen den Bestand verschiedener Kraftfahrzeugtypen, wie Personenkraftwagen oder Krafträdern, in unterschiedlichen Wirtschaftsabschnitten und privaten Haushalten.

4.2.5 Beschäftigungsstatistiken

Beschäftigungszahlen der einzelnen Wirtschaftsklassen werden für die weitere Zuordnung der THG-Emissionen innerhalb größerer Wirtschaftsabschnitte oder -abteilungen verwendet. Diese stammen aus der öffentlichen „Bereichsübergreifenden Unternehmensstatistik“ (Code 48112) des Statistischen Bundesamtes. Sie enthält, neben anderen wirtschaftlichen Daten, die Anzahl der tätigen Personen pro Wirtschaftsklasse.

5. Nachfrageseitige Perspektive: THG-Fußabdruck des Tourismus in Deutschland

Die fortschreitende wirtschaftliche Spezialisierung und die Globalisierung des Handels unterstreichen die Bedeutung der konsumbasierten THG-Emissionen (auch als THG-Fußabdruck bezeichnet) als wesentliche Ergänzung zur territorialen Emissionsbilanzierung. Während die territoriale Methode (UNFCCC) Emissionen innerhalb nationaler Grenzen erfasst, berücksichtigt der THG-Fußabdruck zusätzlich Emissionen aus internationalem Handel und globalen Lieferketten. Besonders für offene Volkswirtschaften wie Deutschland, wo viele konsumierte Güter und Dienstleistungen importiert werden, ist dieser Ansatz relevant. Um vom territorialen Ansatz zum THG-Fußabdruck überzugehen, sind drei zentrale Anpassungen nötig: die Erweiterung der Systemgrenzen auf konsumbasierte Emissionen, die mit Tourismusaussgaben in Verbindung stehen, die Einbeziehung indirekter Scope-3-Emissionen sowie der Einsatz Input-Output-Modelle, um globale Lieferketten abzubilden. Dieses Kapitel beschreibt die Methode (5.1) und Datenanforderungen (5.2) zur Erstellung eines THG-Fußabdrucks des Tourismus in Deutschland.

5.1. Methode

Um den THG-Fußabdruck von Tourismusaussgaben in Deutschland zu bestimmen werden die Tourismusaussgaben, welche im TSA gesammelt sind, mit Wirtschaftsmodellen verbunden, die die internationalen Vorleistungsketten von Waren und Dienstleistungen, sowie die THG-Emissionen verschiedener Wirtschaftssektoren auf der ganzen Welt abbilden können. Im Pilotprojekt werden dafür Multi-Regionale Input-Output-Modelle (MRIO-Modelle) verwendet. Damit folgen wir dem in der nationalen und internationalen Literatur am weitesten verbreiteten Berechnungsansatz, THG-Fußabdrücke mit Hilfe von TSA und Input-Output-Modellen zu bestimmen (Balaš et al. 2021; Lenzen et al. 2018; Sun, Cadarso, and Driml 2020).

MRIO-Modelle enthalten Daten über die finanziellen Transaktionen zwischen verschiedenen Wirtschaftssektoren in verschiedenen Regionen sowie Daten für die Nachfrage von Waren und Dienstleistungen aus diesen Wirtschaftssektoren. Die Daten sind in sogenannten Input-Output Matrizen angeordnet, welche für jeden Sektor die finanziellen Eingänge und Ausgänge widerspiegeln. Die Modelle decken annähernd die gesamte Weltwirtschaft ab, wobei Daten, je nach Modell, in eine unterschiedliche Anzahl an Wirtschaftssektoren und Regionen aggregiert sind. Die MRIO-Modelle, welche im Rahmen des Pilotprojekts verwendet werden, enthalten dabei explizit Daten für Deutschland und seine wichtigsten Handelspartner, während andere Länder für die es weniger Daten gibt, in größeren Weltregionen zusammengefasst sind. Zusätzlich enthalten die Modelle die Nachfrage als Ausgaben von verschiedenen Akteuren, wie Haushalten oder dem Staat, für alle Regionen aufgeschlüsselt nach den Wirtschaftssektoren. Außerdem liegen in den Modellen THG-Emissionsdaten für alle Wirtschaftssektoren in allen Regionen vor.

Für die Berechnungen müssen zuerst die Tourismusaussgaben aus dem TSA mit den Sektorklassifikationen der MRIO-Modelle harmonisiert werden. In den TSA werden sowohl die Ausgaben von deutschen als auch die von gebietsfremden Tourist:innen auf deutschem Territorium

getrennt berücksichtigt. Anschließend werden die Tourismusaussgaben aus den TSA mit den Daten der letzten Verwendung aus den nationalen Verwendungstabellen in Verbindung gebracht. Als letzten Schritt können mit den Modellen die Vorleistungsketten der Tourismusaussgaben in Deutschland und die damit verbundenen THG-Emissionen berechnet werden. Der THG-Fußabdruck der Tourismusaussgaben in Deutschland entspricht den gesamten THG-Emissionen, die mit diesem Konsum verbunden sind: neben den direkten Emissionen (Scope 1) werden auch indirekte Emissionen (Scope 2 und Scope 3), die im Zuge der Vorleistungskette sowohl innerhalb als auch außerhalb Deutschlands ausgestoßen wurden, berücksichtigt. In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Schritte der Berechnungen detailliert beschrieben.

5.1.1 Schritt 1: Erstellung der Verbindungs-Matrizen für Wirtschaftssektoren

Um die Tourismusaussgaben in Deutschland in die MRIO-Modelle einfügen zu können müssen die Daten in die Klassifikationssysteme der Modelle überführt werden. Dafür werden sogenannte Verbindungs-Matrizen erstellt, anhand derer die Sektoren in denen Tourismusaussgaben registriert wurden, den Wirtschaftssektoren, welche in den MRIO-Modellen verwendet werden, zugeordnet werden können. Die Tourismusaussgaben in Deutschland aus dem TSA sind im ISIC System festgehalten. MRIO-Modelle verwenden jedoch eine Reihe an verschiedenen Klassifikationssystemen. Anhand der Beschreibungen und Veröffentlichungen zu den Modellen lassen sich die Sektoren der Tourismusaussgaben in der Regel eindeutig einem oder mehreren der entsprechenden Wirtschaftssektoren der MRIO-Modelle zuordnen mit Ausnahme länderspezifischer Güter und länderspezifischer Dienstleistungen wofür es keine klare Zuordnung gibt. Wir folgen dem in der wissenschaftlichen Literatur üblichen Ansatz (siehe bspw. Lenzen et al. (2018)) und ordnen diese Sektoren anhand der relativen Nachfrage nach Dienstleistungen (im Falle von Dienstleistungen) und Gewerbesektoren (im Falle von Gütern) zu, basierend auf der Nachfrage, wie sie im MRIO-Modell in diesen Sektoren dargestellt ist.

5.1.2 Schritt 2: Berechnung der Tourismusaussgaben als Anteil in der letzten Verwendung

Bevor der Tourismuskonsum als Endnachfrage in das MRIO-Modell aufgenommen werden kann, sollte darauf geachtet werden, dass die TSA-Daten entsprechend angepasst werden. Während TSA-Daten auf dem System der VGR basieren und daher mit MRIO-Modellen grundsätzlich kompatibel sind, können zwischen den Gesamtaussgaben in den beiden Systemen Diskrepanzen auftreten. Dies liegt daran, dass TSA-Systeme selbst auf Erhebungen basieren, die nicht immer mit den internationalen statistischen Konventionen übereinstimmen, und zudem unterschiedliche Preis-konzepte verwenden (MRIOs basieren in der Regel auf Herstellungspreisen, während die TSA-Verwendungstabelle auf Anschaffungspreisen basiert). MRIO-Modelle müssen hingegen ausgeglichen sein, d. h. die Gesamtnachfrage sollte dem Gesamtangebot entsprechen, und die Ausgleichskonventionen ('balancing procedure') können sich je nach Model unterscheiden. Es kann daher durchaus vorkommen, dass der TSA-Konsum in einem bestimmten Bereich höher ist als im äquivalenten MRIO-Sektor, mit Unterschieden über Länder hinweg. Um die Modelllogik nicht zu brechen, führen wir einen Zwischenschritt durch und berechnen die TSA-Aussgaben als Anteil der Gesamtaussgaben in einem Sektor, wie in den offiziellen deutschen Verwendungstabellen angegeben. Das heißt wir verwenden TSA-Konsum als Anteil der gesamten letzten Verwendung anstelle von absoluten TSA-Werten in den MRIO Modellen. Die Vorteile dieser Vorgehensweise sind unter anderem: i) Preisprobleme zu überwinden, ii) die bessere Kompatibilität von TSAs mit deutschen Verwendungstabellen im Vergleich

zu MRIOs und iii) im Einklang mit den Prämissen der MRIO Modelle zu bleiben (insbesondere Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage).

5.1.3 Schritt 3: Berechnungen mit den MRIO-Modellen

Die Tourismusausgaben als Anteil der letzten Verwendung in Deutschland werden mit Hilfe der Verbindungs-Matrizen in die Klassifikationssysteme der MRIO Modelle überführt und mit der Nachfrage in den jeweiligen Sektoren multipliziert. Anschließend können die Berechnungen der THG-Emissionen starten. Die folgenden Schritte, die jeweils in den Modellen durchgeführt werden, entsprechen dabei der Standardmethode der Fußabdruckberechnung in der Literatur (Bruckner et al. (2023); Lenzen et al. (2018); Pichler et al. (2019)).

Zur Berechnung der THG-Emissionen in den Vorleistungsketten wird die etablierte Methode der MRIO Modellierung mit Umwelterweiterungen verwendet (Miller and Blair, 2009). Pro Wirtschaftszweig und Region wird ein THG Emissionskoeffizient berechnet: die THG-Emissionen des Sektors je Einheit Produktionswert. Durch Verknüpfung dieser Koeffizienten mit der Leontief Gleichung erhält man die THG Emissionen die pro Einheit Nachfrage. Multipliziert mit den gesamten Tourismusausgaben ergeben sich schließlich die direkten und indirekten THG Emissionen, die durch den Tourismus verursacht werden.

Die Methodik ermöglicht eine flexible Auswertung unterschiedlicher Teilbereiche des THG Fußabdrucks. Zum Beispiel ist es möglich die direkten von den indirekten Emissionen separat auszuweisen. Zusätzlich lassen sich je nach Detailgrad und Klassifikationssystem des Modells einzelne oder gruppierten Wirtschaftszweige (z.B. nur Industrie) bzw. Herkunftsland oder Regionen (z.B. Inland vs. Ausland) bestimmen. Beispielsweise können die Scope 2 Emissionen, die durch die Energiewirtschaft induziert werden, genauso separat ausgewiesen werden wie der Beitrag von nationalen vs. internationalen Lieferketten.

5.2. Daten

5.2.1 Tourismus-Satellitenkonto (TSA) für Deutschland

Die Tourismusausgaben in Deutschland sind im TSA erfasst, welches für die Jahre 2015-2021 über das Statistische Bundesamt verfügbar ist (Destatis, 2024). Dieses enthält die Tourismusausgaben in Deutschland jeweils von Inländern und Ausländern und teilt diese nach Reisearten (Privatreisen bzw. Geschäftsreisen und heimische bzw. ausländische Reisende) auf. Die Ausgaben sind zusätzlich in neun international definierte "touristische Produkte", drei für Deutschland spezifisch gewählte "sonstige touristische Produkte" sowie restliche Waren und restliche Dienstleistungen ausgewiesen. Falls in Zukunft TSAs für weitere Jahre veröffentlicht werden, können die Berechnungen für die folgenden Jahre analog durchgeführt werden.

5.2.2 Verwendungstabellen für Deutschland

Die Verwendungstabellen wurden vom Statistischen Bundesamt für den Zeitraum 2015–2021 abgerufen. Die relevanten Daten sind die letzte Verwendung von Gütern (gesamte Verwendung minus Input der Wirtschaftsbereiche) in einem bestimmten Sektor.

5.2.3 Multi-Regionale Input-Output (MRIO) Datenbanken

Die Berechnungen werden mit zwei unterschiedlichen MRIO Datenbanken durchgeführt, um die Unsicherheiten der Berechnungen zu verkleinern. Die Auswahl der Datenbanken umfasst EXIOBASE und ICIO. Die Datenbanken enthalten sowohl Wirtschafts-, als auch THG-Emissionsdaten für die letzten Jahre.

EXIOBASE bietet eine feinere sektorale Auflösung als ICIO (200 Produktgruppen vs. 45 Sektoren in ICIO), aggregiert Länder jedoch stärker (44 Länder + 5 Rest der Welt Regionen vs. 77 + 1 Rest der Welt Region in ICIO). Ein wesentlicher Vorteil von ICIO ist seine zeitliche Konsistenz, die zuverlässige Vergleiche über die Zeit ermöglicht. Im Gegensatz dazu stützt sich EXIOBASE weitgehend auf Prognosedaten, was insbesondere auf sektoraler Ebene zu einer größeren Unsicherheit führt.

Ein weiterer wichtiger Unterschied liegt in den THG-Emissionsdaten. EXIOBASE richtet seine Emissionserweiterungen am Treibhausgasinventar aus und hält sich dabei an das Territorialitätsprinzip der UNFCCC. ICIO scheint hingegen dem Inländerprinzip der UGR zu folgen, obwohl dies aufgrund der begrenzten Dokumentation weniger eindeutig ist

Diese methodische Abweichung führt dazu, dass die THG-Fußabdrücke in EXIOBASE in ihrer absoluten Größe unterschiedlich ausfallen als in ICIO. Trotz dieser Diskrepanzen bleibt die relative Größe des Tourismus THG-Fußabdrucks als Anteil am gesamten Fußabdruck der gesamten Wirtschaft zwischen den beiden Modellen vergleichbar. Dennoch bestehen weiterhin erhebliche sektorspezifische Unterschiede.

6. Ausblick

Neueste Berechnungen zeigen, dass das verbleibende CO₂-Budget zur Erreichung des 1,5 °C-Ziels (mit 50% Wahrscheinlichkeit) bei gleichbleibenden globalen Emissionen Mitte 2029 aufgebraucht sein wird (Forster et al. 2026). Da eine globale Reduktion aller Treibhausgase auf null in so kurzer Zeit unrealistisch ist, geht die Wissenschaft heute davon aus, dass es zu einem Überschreiten des 1,5° CO₂-Budgets (in der Klimaforschung als „Overshoot“ bezeichnet) kommen wird (Reisinger et al. 2025; Tavoni et al. 2026).

Um nach dem Overshoot kurz- bis mittelfristig wieder zu einer 1,5°-Erwärmung zurücksteuern zu können, müssen beträchtliche Kapazitäten für die CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre und deren Speicherung aufgebaut werden, denn die gegenwärtig verfügbaren Entnahmekapazitäten sind zu gering. Dazu kommt, dass die gegenwärtigen Entnahmekapazitäten zu 99% aus Biomasse bestehen (Edwards et al. 2026) und deren Bestand durch Waldbrand, Dürren oder Schädlingsbefall sowie durch konkurrierende Nutzungen gefährdet ist (Pan et al. 2024).

Dies bedeutet keineswegs, dass die Bemühungen um Emissionsreduktionen weniger wichtig werden. Im Gegenteil: Die negativen Klimafolgen einer globalen Erwärmung über 1,5° und einer späteren Rückkehr zum 1,5°-Ziel werden größer sein, als wäre die Erwärmung von Anfang an unter 1,5° geblieben (Reisinger et al. 2025). Die Klimafolgen eines Overshoot sind also nicht vollständig reversibel. Daher gilt, je später und je weniger ambitioniert die absolute Reduktion der Treibhausgas-Emissionen erfolgt, desto größer wird der Overshoot, desto länger dauert er, desto größer werden die Herausforderungen, ausreichend Entnahmekapazitäten zu installieren, desto größer die dauerhaften negativen Klimafolgen. Dazu kommt, wenn THG-Reduktionen nicht sehr viel schneller, sehr viel ambitionierter realisiert werden, werden Entnahmekapazitäten in einem Ausmaß notwendig, das weder technisch noch ökonomisch in angemessener Zeit realisierbar ist (Edwards et al. 2026).

In der Tourismuswirtschaft, wie in anderen Sektoren, wird viel Hoffnung in freiwillige Kompensationen, sogenannte Offsets, gesetzt. Während diese Offsets wie ein Gewinn für das Klima aussehen, hat die Wissenschaft gezeigt, dass die dadurch erzielten kompensierten Mengen an CO₂-Emissionen weit hinter den Versprechungen zurückbleiben (West et al. 2023; Anderson 2012; Probst et al. 2024) und die Kompensationsprojekte oft auf Landflächen zugreifen, die für das Überleben von Millionen Menschen essentiell sind (Hauer und Trimble 2025). Angesichts der sich dramatisch verschlimmernden Klimakrise, der jetzt schon festzustellenden Überinanspruchnahme von Land für Kompensationsprojekte (Dooley und Horner 2025) und der fehlenden Überprüfbarkeit ihrer Wirksamkeit, möchten wir mit diesem Methodenhandbuch die Tourismuswirtschaft ermutigen, sich viel stärker als bisher auf die einzige nachweisbar wirksame Klimaschutzstrategie zu konzentrieren: die Vermeidung und Reduktion von Emissionen.

7. Referenzen

Anderson, Kevin. 2012. "The Inconvenient Truth of Carbon Offsets." *Nature* 484 (7392): 7. <https://doi.org/10.1038/484007a>.

Aurand, Timothy W., Wayne Finley, Vijaykumar Krishnan, Ursula Y. Sullivan, Jackson Abresch, Jordyn Bowen, Michael Rackauskas, Rage Thomas, and Jakob Willkomm. 2018. "The VW Diesel Scandal: A Case of Corporate Commissioned Greenwashing." *Journal of Organizational Psychology* 18 (1).

Balaš, Martin, and Michael Mayer. 2024. "The Challenge of Climate Change and Net-Zero Emissions for Destinations." In *Tourism Destination Development*, edited by Markus Pillmayer, Matthias Karl, and Marcus Hansen, 425–452. Berlin: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110794090-020>.

Balaš, Martin, Wolfgang Strasdas, Jan Christian Polanía Giese, Anja Renner, Andreas Weber, Kathrin Kohl, Diana Pinnow. 2021. "Messung der Nachhaltigkeit des Tourismus in Deutschland – Entwicklung eines Tourismus-Nachhaltigkeits-Satellitenkontos." Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Becken, Susanne, and James Higham. 2021. *The Carbon Footprint of Auckland Tourism*.

Becken, Susanne, and Murray Patterson. 2006. "Measuring National Carbon Dioxide Emissions from Tourism as a Key Step Towards Achieving Sustainable Tourism." *Journal of Sustainable Tourism* 14 (4): 323–338.

BMWi, ed. 2017. *Wirtschaftsfaktor Tourismus: Hintergrundbericht zum Tourismus-Satellitenkonto*. Berlin: BMWi.

Bruckner, Benedikt, Yuli Shan, Christina Prell, Yannan Zhou, Honglin Zhong, Kuishuang Feng, and Klaus Hubacek. 2023. "Ecologically Unequal Exchanges Driven by EU Consumption." *Nature Sustainability* 6 (5): 587–598. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-01055-8>.

Bundesministerium der Justiz. 2021. *Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG)*. Berlin: Bundesministerium der Justiz.

Cadarso, María-Ángeles, Nuria Gómez, Luis-Antonio López, María-Ángeles Tobarra, and Jorge-Enrique Zafrilla. 2015. "Quantifying Spanish Tourism's Carbon Footprint: The Contributions of Residents and Visitors: A Longitudinal Study." *Journal of Sustainable Tourism* 23 (6): 922–946. <https://doi.org/10.1080/09669582.2015.1008497>.

Cadarso, María-Ángeles, Nuria Gómez, Luis-Antonio López, María-Ángeles Tobarra, and Jorge-Enrique Zafrilla. 2022. "The Input–Output Method for Calculating the Carbon Footprint of Tourism: An Application to the Spanish Tourism Industry." In *Advances of Footprint Family for Sustainable Energy and Industrial Systems*, edited by Jingzheng Ren, 35–57. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76441-8_3.

Destatis. 2008. "Klassifikation Der Wirtschaftszweige - Ausgabe 2008." Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Destatis. 2021a. "Aktuelle Daten zur Tourismuswirtschaft: Wirtschaftliche Bedeutung und Nachhaltigkeit." Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Destatis. 2021b. "Umweltökonomische Gesamtrechnungen: Methode der Berechnungen zu Verkehr und Umwelt." Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Destatis. 2022. "Umweltökonomische Gesamtrechnungen: Methode der Luftemissionsrechnung." Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Destatis. 2024. "Aktuelle Daten zur Tourismuswirtschaft: Tourismussatellitenkonto für Wirtschaft und Umwelt (TSA-EE) 2015-2021." Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Destatis. 2026. "Tourismuswirtschaft im Fokus: Ökonomische Bedeutung und Umweltwirkungen im Jahr 2022." Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Dickhut, Heike, Wolfgang Strasdas, Marius Goerge, and Johanna Schulze Düding. 2023. "Messung der Nachhaltigkeit des Tourismus in Deutschland." Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Dooley, Kate, and Kate Horner. 2025. The Land Gap Report 2025: Transforming Global Economic Governance to Meet Climate and Biodiversity Goals. University of Melbourne.
https://landgap.org/downloads/2025/2025_Land-Gap-Report_Final.pdf.

Edwards, Morgan R., Oliver Geden, Matthew J. Gidden, William F. Lamb, Jan C. Minx, Gregory F. Nemet, Stephen M. Smith, et al., eds. 2026. The State of Carbon Dioxide Removal: 3rd Edition.
<https://doi.org/10.17605/OSF.IO/ZRD65>.

Eggleston, H. S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe, eds. 2006. "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories". Hayama: IGES.

Eurostat. 2008. „NACE Rev. 2. Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft“. Luxemburg: Statistische Amt der Europäischen Gemeinschaften.

Forster, Piers M., et al. 2026. "Indicators of Global Climate Change 2025: Annual Update of Key Indicators of the State of the Climate System and Human Influence." Earth System Science Data 18: 3889–3933. <https://doi.org/10.5194/essd-18-3889-2026>.

Gössling, Stefan, Martin Balaš, Michael Mayer, and Ya-Yen Sun. 2023. "A Review of Tourism and Climate Change Mitigation: The Scales, Scopes, Stakeholders and Strategies of Carbon Management." Tourism Management 95: 104681.

Gössling, Stefan, Andreas Humpe, and Ya-Yen Sun. 2024. "On Track to Net-Zero? Large Tourism Enterprises and Climate Change." *Tourism Management* 100: 104842.

Guix, Mireia, Claudia Ollé, and Xavier Font. 2022. "Trustworthy or Misleading Communication of Voluntary Carbon Offsets in the Aviation Industry." *Tourism Management* 88: 104430. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2021.104430>.

Hauer, Moritz, and Joanna Trimble, eds. 2025. *Net Zero & Land Rights*. Berlin: TMG Research and Robert Bosch Stiftung. https://netzerolandrights.com/api/media/file/TMG_Climate%2BLandrights2025.pdf.

IMF. 2023. *World Economic Outlook: Navigating Global Divergences*. Washington, DC: International Monetary Fund.

Jones, Colin. 2013. "Scenarios for Greenhouse Gas Emissions Reduction from Tourism: An Extended Tourism Satellite Account Approach in a Regional Setting." *Journal of Sustainable Tourism* 21 (4): 458–472.

Kraftfahrt-Bundesamt. 2023. *Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Haltergruppen und Wirtschaftszweigen*. Flensburg: Kraftfahrt-Bundesamt.

Lenzen, Manfred, Ya-Yen Sun, Futu Faturay, Yuan-Peng Ting, Arne Geschke, and Arunima Malik. 2018. "The Carbon Footprint of Global Tourism." *Nature Climate Change* 8: 522–528.

Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input-output analysis: foundations and extensions*. Cambridge university press.

OECD. 2022. *OECD Tourism Trends and Policies 2022*. Paris: OECD. <https://doi.org/10.1787/a8dd3019-en>.

Pan, Yude, et al. 2024. "The Enduring World Forest Carbon Sink." *Nature* 631: 563–569. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07602-x>.

Pham, Tien, Xianming Meng, and Susanne Becken. 2022. "Measuring Tourism Emissions at Destination Level – Australia Case." *Annals of Tourism Research Empirical Insights* 3: 100062.

Pichler, Peter-Paul, Ingram S. Jaccard, Ulli Weisz, and Helga Weisz. 2019. "International Comparison of Health Care Carbon Footprints." *Environmental Research Letters* 14 (6): 064004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab19e1>.

Probst, Benedict S., et al. 2024. "Systematic Assessment of the Achieved Emission Reductions of Carbon Crediting Projects." *Nature Communications* 15: 9562. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-53645-z>.

- Reisinger, Andy, Jan S. Fuglestad, Anna Pirani, Oliver Geden, Chris D. Jones, et al. 2025. "Overshoot: A Conceptual Review of Exceeding and Returning to Global Warming of 1.5°C." *Annual Review of Environment and Resources* 50: 185–217. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-111523-102029>.
- Rohde, Clemens, Sonja Arnold-Keifer, Simon Hirzel, Barbara Schlomann, Heike Brugger, and Niklas Reinfandt. 2022. "Erhebung des Endenergieverbrauchs im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für das Jahr 2019. Endbericht mit Sonderauswertung Digitalisierung." Fraunhofer ISI.
- Schulze Düding, Johanna, Manon Krüger, and Moritz Sporer. 2022. "Aktualisierung des Wirtschaftsfaktors Tourismus in Berlin – TSA 2020." Berlin.
- Sun, Ya-Yen. 2014. "A Framework to Account for the Tourism Carbon Footprint at Island Destinations." *Tourism Management* 45: 16–27.
- Sun, Ya-Yen, María Ángeles Cadarso, and Sally Driml. 2020. "Tourism Carbon Footprint Inventories: A Review of the Environmentally Extended Input-Output Approach." *Annals of Tourism Research* 82: 102928.
- Sun, Ya-Yen, Futu Faturay, Manfred Lenzen, Stefan Gössling, and James Higham. 2024. "Drivers of Global Tourism Carbon Emissions." *Nature Communications* 15: 10384.
- Sun, Ya-Yen, Stefan Gössling, Leif E. Hem, Nina M. Iversen, Hans Jakob Walnum, Daniel Scott, and Ove Oklevik. 2022. "Can Norway Become a Net-Zero Economy Under Scenarios of Tourism Growth?" *Journal of Cleaner Production* 363: 132414. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132414>.
- Sun, Ya-Yen, Manfred Lenzen, and Bing-Jie Liu. 2019. "The National Tourism Carbon Emission Inventory: Its Importance, Applications and Allocation Frameworks." *Journal of Sustainable Tourism* 27 (3): 360–379.
- Tavoni, Massimo, et al. 2026. "Implications of Overshoot for Climate Mitigation Strategies." *Nature Climate Change* 16: 261–272. <https://doi.org/10.1038/s41558-026-02563-7>.
- UBA. 2023. "Abschlussbericht Messung Der Nachhaltigkeit Des Tourismus in Deutschland." Umweltbundesamt.
- United Nations, ed. 2008. *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC). Rev.4. Statistical Papers. Series M, no. 4, rev. 4.* New York: United Nations.
- , ed. 2010. "Tourism Satellite Account: Recommended Methodological Framework 2008." United Nations.
- . 2015. "Central Product Classification (CPC), Version 2.1."
- . 2018. "Classification of Individual Consumption According to Purpose (COICOP) 2018."

United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Cooperation and Development, and World Bank, eds. 2009. System of National Accounts 2008. New York: United Nations.

United Nations, and UNWTO, eds. 2010. International Recommendations for Tourism Statistics: 2008. Rev.1 ed. Statistical Papers Series M 83, Rev.1. New York, NY: United Nations.

UNWTO, ed. 2023. Climate Action in the Tourism Sector – An Overview of Methodologies and Tools to Measure Greenhouse Gas Emissions. World Tourism Organization (UNWTO).
<https://doi.org/10.18111/9789284423927>.

West, Thales A. P., Sven Wunder, Erin O. Sills, Jan Börner, Sami W. Rifai, Alexandra N. Neidermeier, Gabriel Frey, et al. 2023. "Action Needed to Make Carbon Offsets from Forest Conservation Work for Climate Change Mitigation." *Science* 381 (6660): 873–877.
<https://doi.org/10.1126/science.ade3535>.

7. Anhang

1. Liste der Tourismusindustrien auf Ebene der Wirtschaftsklassen nach WZ Klassifikation 2008

WZ 08 code	WZ 08 label
55.10	Hotels, Gasthöfe und Pensionen
55.20	Ferienunterkünfte und ähnliche Beherbergungsstätten
55.30	Campingplätze
55.90	Sonstige Beherbergungsstätten
68.10	Kauf und Verkauf von eigenen Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen
68.20	Vermietung, Verpachtung von Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen
68.31	Vermittlung von Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen für Dritte
68.32	Verwaltung von Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen für Dritte
56.10	Restaurants, Gaststätten, Imbissstuben, Cafés, Eissalons u. Ä.
56.29	Erbringung sonstiger Verpflegungsdienstleistungen
56.30	Ausschank von Getränken
49.10	Personenbeförderung im Eisenbahnfernverkehr
49.32	Betrieb von Taxis
49.39	Sonstige Personenbeförderung im Landverkehr a. n. g.
50.10	Personenbeförderung in der See- und Küstenschifffahrt
50.30	Personenbeförderung in der Binnenschifffahrt
51.10	Personenbeförderung in der Luftfahrt
77.11	Vermietung von Kraftwagen mit einem Gesamtgewicht von 3,5 t oder weniger
77.12	Vermietung von Kraftwagen mit einem Gesamtgewicht von mehr als 3,5 t
79.11	Reisebüros
79.12	Reiseveranstalter
79.90	Erbringung sonstiger Reservierungsdienstleistungen
90.01	Darstellende Kunst
90.02	Erbringung von Dienstleistungen für die darstellende Kunst
90.03	Künstlerisches und schriftstellerisches Schaffen
90.04	Betrieb von Kultur- und Unterhaltungseinrichtungen
91.02	Museen
91.03	Betrieb von historischen Stätten und Gebäuden und ähnlichen Attraktionen
91.04	Botanische und zoologische Gärten sowie Naturparks
77.21	Vermietung von Sport- und Freizeitgeräten
92.00	Spiel-, Wett- und Lotteriewesen
93.11	Betrieb von Sportanlagen
93.13	Fitnesszentren
93.19	Erbringung von sonstigen Dienstleistungen des Sports
93.21	Vergnügungs- und Themenparks
93.29	Erbringung von Dienstleistungen der Unterhaltung und der Erholung a. n. g.

2. Liste aller Umrechnungsfaktoren und Heizwerte

Energieträger	Einheit	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Quelle
Erdöl	kWh/kg	11,80	11,83	11,83	11,84	11,81	11,81	11,81	11,81	11,81	11,81	11,81	11,81	12,58	11,86	AGEB
Benzin, Zweitaktöl, Bioethanol	kWh/l	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90	BAFA*
	€/l	1,39	1,53	1,65	1,60	1,54	1,40	1,31	1,37	1,44	1,42	1,29	1,58	1,92	1,85	Europäische Kommission
Benzin, Bioethanol - PKW	l/km	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	DESTATIS
Benzin, Bioethanol - Leichtes Nutzfahrzeug	l/km	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11	0,11	DESTATIS
Benzin, Bioethanol - Kraftrad	l/km	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	DESTATIS
Benzin, Bioethanol - Kleinkraftrad	l/km	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	DESTATIS
Benzin, Zweitaktöl, Bioethanol - Sonstige motorisierte Geräte	l/km	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	DESTATIS
Diesel, Biodiesel	kWh/l	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	BAFA*
	€/l	1,20	1,38	1,49	1,43	1,36	1,18	1,08	1,17	1,28	1,25	1,11	1,39	1,95	1,73	Europäische Kommission
Diesel, Biodiesel - PKW	l/km	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	DESTATIS
Diesel, Biodiesel - Leichtes Nutzfahrzeug	l/km	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	DESTATIS
Diesel, Biodiesel - Schweres Nutzfahrzeug	l/km	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	DESTATIS
Diesel, Biodiesel - Bus	l/km	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,48	0,45	0,45	DESTATIS
Diesel, Biodiesel - Traktor	l/km	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	DESTATIS
Diesel, Biodiesel - Sonstige motorisierte Geräte	l/km	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	DESTATIS
Heizöl leicht	kWh/kg	11,89	11,89	11,89	11,90	11,90	11,77	11,89	11,89	11,89	11,89	11,89	11,82	12,38	11,81	AGEB
	kWh/l	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	BAFA *
Flüssiggas - PKW	kWh/l														7,66	AGEB
	l/km														0,11	CAR-GAS

	€/l															1,03	Europäische Kommission
Erdgas	kWh/m3	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	BAFA *
Strom (Elektrofahrzeuge)	€/kWh											0,45	0,42	0,42	0,47	0,52	Lichtblick *
Strom - PKW	kWh/km	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	ADAC *
Strom - Leichtes Nutzfahrzeug	kWh/km	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	ADAC *
Strom - Kleinkrafttrad	kWh/km	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	Tuayharn et al.
Strom für Wäschereileistungen	kWh/t	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	HCMI*
Heizenergie für Wäschereileistungen	kWh/t	2670	2670	2670	2670	2670	2670	2670	2670	2670	2670	2670	2670	2670	2670	2670	HCMI*
Pellets	kWh/kg	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	UBA 2021*
Waldholz	kWh/kg	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	UBA 2021*
Holzhackschnitzel	kWh/kg	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	UBA 2021*
Brennholz	kWh/kg	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	UBA 2021*

* Aufgrund fehlender Werte in den Quellen und Datenbanken, wurden einige Werte als konstant angenommen (keine Veränderung über die Zeit), beziehungsweise intern berechnet.

3. Liste der Emissionsfaktoren

Energieträger	Einheit	2010			2011			2012			2013			2014			2015			
		CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	CO ₂ +	N ₂ O
Heizöl leicht		0,0	266,47	0,0	0,0	266,47	0,0	0,0	266,47	0,0	0,0	266,47	0,0	0,0	266,47	0,0	0,0	266,47		0,0
Andere Mineralölprodukte			296,94			298,19			298,42			297,45			297,58			296,40		
Schmierstoff			263,88			263,88			263,88			263,88			263,88			263,88		
Erdgas		0,0	201,34	0,0	0,0	201,36	0,0	0,0	201,30	0,0	0,0	201,40	0,0	0,0	201,37	0,0	0,0	201,20		0,0
Erdölgas			220,87			221,36			221,39			227,48			223,21			221,91		
Brennholz naturbelassen		0,1	367,56	0,01	0,1	367,56	0,01	0,1	367,56	0,01	0,11	367,56	0,01	0,11	367,56	0,01	0,11	367,56		0,01
Biogas		0,23	326,1	0,0	0,25	326,1	0,0	0,27	326,1	0,0	0,28	326,1	0,0	0,29	326,1	0,0	0,3	326,1		0,0
Brennholz - Einzelraumfeuerungen			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	369,06	

Brennholz - Kessel	g/kWh		0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	369,06	
Holzhackschnitzel - Kessel			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	371,86	
Pellets - Kessel			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	361,32	
Waldholz - Kessel			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	369,06	
Photovoltaik			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0		
Solarthermie - Flachkollektor			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0		
Solarthermie - Vakuumröhrenkollektor			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0		
Elektro-Wärmepumpe, Luft/Wasser			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0		
Fossiler Fernwärme-Mix																				
Strommix		0,1	559,0	0,01	0,12	570,0	0,01	0,13	572,00	0,01	0,14	573,00	0,01	0,14	559,00	0,01	0,14	530,0		0,01
Diesel Bus		0,0	266,5	0,0	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5		0,01
Diesel Schwerlastfahrzeug/ LKW		0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5		0,01
Diesel leichtes Nutzfahrzeug		0,0	266,5	0,0	0,0	266,5	0,0	0,0	266,5	0,0	0,0	266,5	0,0	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5		0,01
Diesel PKW		0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5		0,01
Diesel sonst. motor. Geräte		0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5		0,01
Biodiesel Bus		0,0	254,88	0,0	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88		0,01
Biodiesel Schwerlastfahrzeug/ LKW		0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88		0,01
Biodiesel leichtes Nutzfahrzeug		0,0	254,88	0,0	0,0	254,88	0,0	0,0	254,88	0,0	0,0	254,88	0,0	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88		0,01
Biodiesel PKW		0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88		0,01
Biodiesel sonst. motor. Geräte		0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88		0,01
Benzin leichtes Nutzfahrzeug		0,05	262,12	0,01	0,05	261,93	0,01	0,05	262,16	0,01	0,05	262,17	0,01	0,04	262,18	0,01	0,04	262,19		0,0
Benzin Kleinkrafttrad		2,21	262,12	0,0	2,19	261,93	0,0	2,17	262,16	0,0	2,14	262,17	0,0	2,12	262,18	0,0	2,12	262,19		0,0
Benzin Motorrad		0,15	262,12	0,0	0,15	261,93	0,0	0,15	262,16	0,0	0,15	262,17	0,0	0,14	262,18	0,0	0,14	262,19		0,0
Benzin PKW		0,03	262,12	0,0	0,02	261,93	0,0	0,02	262,16	0,0	0,02	262,17	0,0	0,02	262,18	0,0	0,02	262,19		0,0

Benzin sonst. motor. Geräte		0,03	262,12	0,0	0,02	261,93	0,0	0,02	262,16	0,0	0,02	262,17	0,0	0,02	262,18	0,0	0,02	262,19		0,0
Biobenzin leichtes Nutzfahrzeug		0,05	257,78	0,01	0,05	257,78	0,01	0,05	257,78	0,01	0,05	257,78	0,01	0,04	257,78	0,01	0,04	257,78		0,0
Biobenzin PKW		0,03	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0	0,02	257,78		0,0
Biobenzin sonst. motor. Geräte		0,03	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0	0,02	257,78		0,0
LPG/Autogas PKW		0,01	235,19	0,0	0,01	235,42	0,0	0,01	235,44	0,0	0,01	235,49	0,0	0,01	235,66	0,0	0,01	238,85		0,0
Erdgas Bus		0,16	201,34		0,15	201,36		0,14	201,3		0,13	201,4		0,13	201,37		0,12	201,2		
Erdgas Schwerlastfahrzeug/ LKW			201,34			201,36		0,09	201,3		0,09	201,4		0,11	201,37		0,11	201,2		
Erdgas leichtes Nutzfahrzeug		0,03	201,34		0,03	201,36		0,03	201,3		0,03	201,4		0,03	201,37		0,03	201,2		
Erdgas PKW		0,07	201,34		0,07	201,36		0,07	201,3		0,08	201,4		0,08	201,37		0,08	201,2		

Energieträger	Einheit	2016			2017			2018			2019			2020			2021		
		CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
Heizöl leicht		0,0	266,47	0,0	0,0	266,47	0,0	0,0	266,47	0,0	0,0	266,47	0,0	0,0	266,47	0,0	0,0	266,47	0,0
Andere Mineralölprodukte			291,26			298,79			289,55			288,37			289,45			294,73	
Schmierstoff			263,88			263,88			263,88			263,88			263,88			263,88	
Erdgas		0,0	201,03	0,0	0,0	200,98	0,0	0,0	200,58	0,0	0,0	200,69	0,0	0,0	200,97	0,0	0,0	200,83	0,0
Erdölgas			222,72			224,83			229,11			223,92			219,5			219,89	
Brennholz naturbelassen		0,12	367,56	0,0	0,12	367,56	0,0	0,11	367,56	0,0	0,11	367,56	0,0	0,11	367,56	0,0	0,1	367,56	0,0
Biogas		0,31	326,1	0,0	0,32	326,1	0,0	0,3	326,1	0,0	0,31	326,1	0,0	0,32	326,1	0,0	0,31	326,1	0,0
Brennholz - Einzelraumfeuerungen			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	
Brennholz - Kessel			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	
Holzackschnitzel - Kessel			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	
Pellets - Kessel			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	
Waldholz - Kessel			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	
Photovoltaik			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	
Solarthermie - Flachkollektor			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	

Solarthermie - Vakuumröhrenkollektor	g/kWh		0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	
Elektro-Wärmepumpe, Luft/Wasser			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	
Fossiler Fernwärme-Mix																			
Strommix		0,15	524,0	0,01	0,15	490,0	0,01	0,16	474,0	0,01	0,18	409,0	0,01	0,18	365,0	0,01	0,18	406,0	0,01
Diesel Bus		0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01
Diesel Schwerlastfahrzeug/LKW		0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,02	0,0	266,5	0,02
Diesel leichtes Nutzfahrzeug		0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01	0,01	266,5	0,01
Diesel PKW		0,01	266,5	0,01	0,01	266,5	0,01	0,01	266,5	0,01	0,01	266,5	0,01	0,01	266,5	0,01	0,01	266,5	0,01
Diesel sonstige motorisierte Geräte		0,01	266,5	0,01	0,01	266,5	0,01	0,01	266,5	0,01	0,01	266,5	0,01	0,01	266,5	0,01	0,01	266,5	0,01
Biodiesel Bus		0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01
Biodiesel Schwerlastfahrzeug/LKW		0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01
Biodiesel leichtes Nutzfahrzeug		0,04	254,88	0,0	0,04	254,88	0,0	0,04	254,88	0,0	0,04	254,88	0,0	0,03	254,88	0,0	0,03	254,88	0,0
Biodiesel PKW		0,01	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01
Biodiesel sonst. motor. Geräte		0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01
Benzin leichtes Nutzfahrzeug		0,04	262,18	0,0	0,04	262,19	0,0	0,04	262,18	0,0	0,04	262,19	0,0	0,03	262,01	0,0	0,03	262,00	0,0
Benzin Kleinkrafttrad		2,12	262,18	0,0	2,15	262,19	0,0	2,14	262,18	0,0	2,07	262,19	0,0	2,03	262,01	0,0	2,03	262,00	0,0
Benzin Motorrad		0,14	262,18	0,0	0,13	262,19	0,0	0,13	262,18	0,0	0,12	262,19	0,0	0,12	262,01	0,0	2,12	262,00	0,0
Benzin PKW		0,02	262,18	0,0	0,02	262,19	0,0	0,02	262,18	0,0	0,02	262,19	0,0	0,02	262,01	0,0	0,02	262,00	0,0
Benzin sonst. motor. Geräte		0,02	262,18	0,0	0,02	262,19	0,0	0,02	262,18	0,0	0,02	262,19	0,0	0,02	262,01	0,0	0,02	262,00	0,0
Biobenzin leichtes Nutzfahrzeug		0,04	257,78	0,0	0,04	257,78	0,0	0,04	257,78	0,0	0,04	257,78	0,0	0,03	257,78	0,0	0,03	257,78	0,0
Biobenzin PKW		0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0
Biobenzin sonst. motor. Geräte		0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0
LPG/Autogas PKW		0,01	238,80	0,0	0,01	238,80	0,0	0,01	238,80	0,0	0,01	238,80	0,0	0,01	238,80	0,0	0,01	238,80	0,0
Erdgas Bus		0,11	201,03		0,1	200,98		0,09	200,58		0,08	200,69		0,07	200,97		0,07	200,83	

Erdgas Schwerlastfahrzeug/ LKW		0,11	201,03		0,11	200,98		0,11	200,58		0,12	200,69		0,13	200,97		0,13	200,83	
Erdgas leichtes Nutzfahrzeug		0,03	201,03	0,0	0,03	200,98	0,0	0,03	200,58	0,0	0,03	200,69	0,0	0,02	200,97	0,0	0,03	200,83	0,0
Erdgas PKW		0,08	201,03	0,0	0,07	200,98	0,0	0,07	200,58	0,0	0,07	200,69	0,0	0,06	200,97	0,0	0,06	200,83	0,0

Energieträger	Einheit	2022			2023		
		CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
Heizöl leicht	g/kWh	0,0	266,47	0,0	0,0	266,47	0,0
Andere Mineralölprodukte			295,47			297,04	
Schmierstoff			263,88			263,88	
Erdgas		0,0	202,4	0,0	0,0	202,77	0,0
Erdölgas			219,78			218,98	
Brennholz naturbelassen		0,1	367,56	0,0	0,1	367,56	0,0
Biogas		0,31	326,1	0,0	0,29	326,1	0,0
Brennholz - Einzelraumfeuerungen			0,0		0,49	0,0	0,01
Brennholz - Kessel			0,0		0,04	0,0	0,0
Holzhackschnitzel - Kessel			0,0		0,01	0,0	0,0
Pellets - Kessel			0,0		0,0	0,0	0,0
Waldholz - Kessel			0,0		0,04	0,0	0,01
Photovoltaik			0,0		0,0	0,0	0,0
Solarthermie - Flachkollektor			0,0		0,0	0,0	0,0
Solarthermie - Vakuumröhrenkollektor			0,0		0,0	0,0	0,0
Elektro-Wärmepumpe, Luft/Wasser			0,0		0,0	0,0	0,0
Fossiler Fernwärme-Mix					0,07	262,54	0,01
Strommix		0,17	433,0	0,01	0,19	386,0	0,01
Diesel Bus		0,0	266,5	0,01	0,0	266,5	0,01
Diesel Schwerlastfahrzeug/LKW		0,0	266,5	0,02	0,0	266,5	0,02
Diesel leichtes Nutzfahrzeug		0,01	266,5	0,01	0,01	266,5	0,01
Diesel PKW		0,01	266,5	0,01	0,01	266,5	0,01
Diesel sonstige motorisierte Geräte		0,01	266,5	0,01	0,01	266,5	0,01

Biodiesel Bus		0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01
Biodiesel Schwerlastfahrzeug/LKW		0,0	254,88	0,02	0,0	254,88	0,02
Biodiesel leichtes Nutzfahrzeug		0,03	254,88	0,0	0,03	254,88	0,0
Biodiesel PKW		0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01
Biodiesel sonst. motor. Geräte		0,0	254,88	0,01	0,0	254,88	0,01
Benzin leichtes Nutzfahrzeug		0,03	262,03	0,0	0,03	262,02	0,0
Benzin Kleinkrafttrad		1,97	262,03	0,0	1,93	262,02	0,0
Benzin Motorrad		0,11	262,03	0,0	0,11	262,02	0,0
Benzin PKW		0,02	262,03	0,0	0,02	262,02	0,0
Benzin sonst. motor. Geräte		0,02	262,03	0,0	0,02	262,02	0,0
Biobenzin leichtes Nutzfahrzeug		0,03	257,78	0,0	0,03	257,78	0,0
Biobenzin PKW		0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0
Biobenzin sonst. motor. Geräte		0,02	257,78	0,0	0,02	257,78	0,0
LPG/Autogas PKW		0,01	238,80	0,0	0,01	238,80	0,0
Erdgas Bus		0,06	202,4		0,06	202,77	
Erdgas Schwerlastfahrzeug/LKW		0,13	202,4		0,13	202,77	
Erdgas leichtes Nutzfahrzeug		0,03	202,4	0,0	0,03	202,77	0,0
Erdgas PKW		0,06	202,4	0,0	0,06	202,77	0,0

Quellen: UBA 2025, Lauf et al. 2025, Icha und Lauf 2025, UBA 2021, UBA interne Berechnungen

4. Beispiel eines Destinationsberichts in Anlehnung an eine (anonymisierte) Pilot-Region

Allgemeine Destinationsinformation

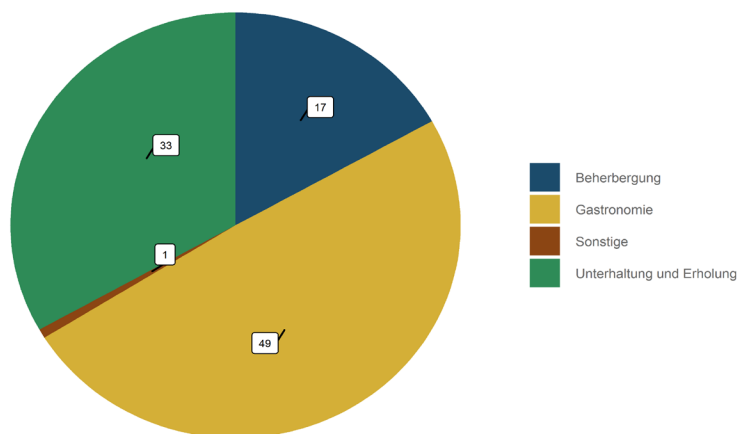
Zeitraum der Berechnung:

Anzahl der Unternehmen:



Gesamte THG-Emissionen

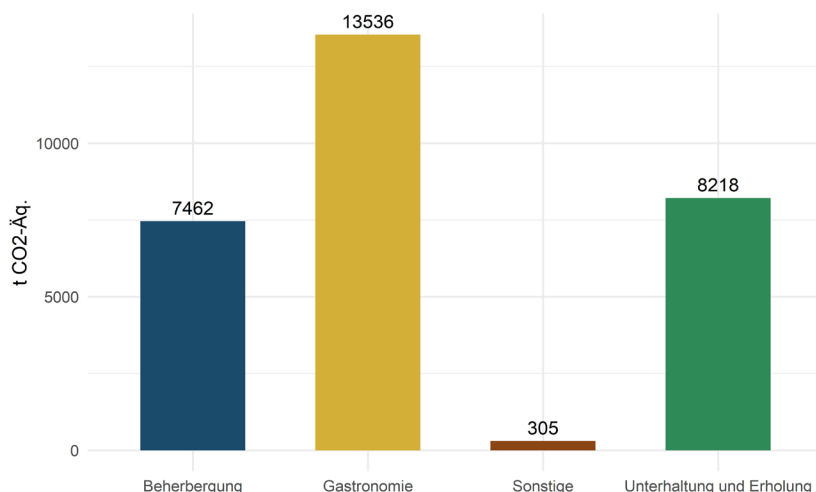
Dieser Report zeigt, wie viele Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen) im Jahr xy durch Aktivitäten touristischer Unternehmen in Ihrer Destination entstanden sind. Insgesamt haben Tourismusunternehmen **xy** Tonnen (t) Kohlenstoffdioxid-Äquivalente (CO₂-Äq) ausgestoßen. Diese Emissionen verteilen sich auf verschiedene touristische Wirtschaftszweige: Beherbergung, Gastronomie, Unterhaltung & Erholung und Sonstige. Die prozentuale Verteilung auf die Wirtschaftszweige ist im nachstehenden Kuchendiagramm abgebildet.



Die THG-Emissionen in dieser Berechnung setzen sich aus Kohlendioxid- (CO₂), Methan- (CH₄) und Lachgas- (N₂O) Emissionen zusammen, wobei diese in die gemeinsame Einheit CO₂-Äq. umgerechnet und addiert werden. Eine genaue Aufspaltung aller THG-Emissionen und deren Berechnungsmethode sind im Anhang zu finden.

Diese Berechnung ist mit dem nationalen THG-Inventar und dem Klimaschutzgesetz (KSG) kompatibel. Die Gesamtwerte können somit mit den nationalen Zahlen verglichen werden. Es ist zu beachten, dass die Schätzung erheblich durch die begrenzte Stichprobengröße der teilnehmenden Unternehmen beeinflusst wird (siehe Anhang: Unsicherheiten). Insbesondere aufgrund fehlender Daten enthalten keine der von uns angegebenen THG-Emissionen Werte für Unternehmen aus dem Verkehrs- und Transportsektor sowie die private An- und Abreise der Gäste, die gemeinsam die größte Quelle von Treibhausgasemissionen im Tourismus darstellen. Die hier berichteten Ergebnisse stellen daher eine Untergrenze für die Treibhausgasemissionen von Tourismusunternehmen an Ihrer Destination dar.

Nachstehend sehen Sie nun die hochgerechneten THG-Emissionen, die in den Bereichen Beherbergung, Gastronomie, Sonstige und Unterhaltung und Erholung entstehen, in Tonnen (t) CO₂-Äq.

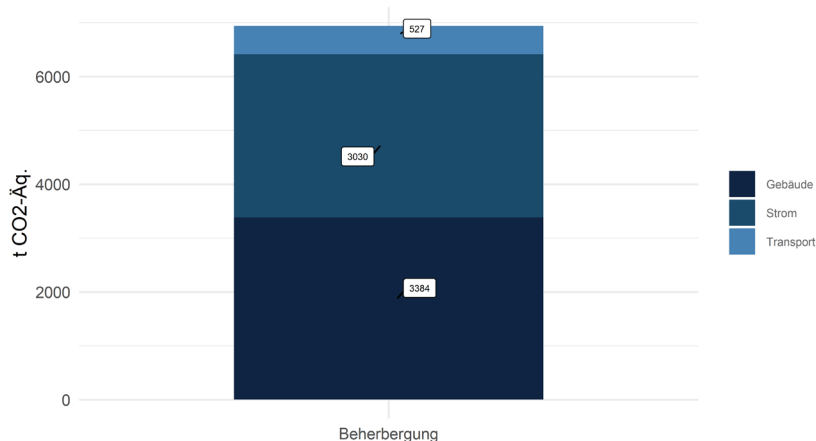


Beherbergung

Zum Wirtschaftszweig “Beherbergung” zählen sowohl Hotels, Gasthöfe, Pensionen, Ferienhäuser und Ferienwohnungen als auch Jugendherbergen und Campingplätze.

Da besonders viele Beherbergungsbetriebe aus Ihrer Destination an der Umfrage teilgenommen haben, ist diese Hochrechnung besonders robust. Das heißt, dass die hier angegebenen Werte besonders verlässlich sind.

THG-Emissionen entstehen in den einzelnen Wirtschaftszweigen in den Bereichen Gebäude, Strom und Transport. Unter Gebäude finden Sie alle THG-Emissionen zusammengefasst, die durch die Beheizung und die Aufbereitung von Warmwasser aus verschiedenen Energiequellen, inklusive Strom, entstehen. Im Bereich Strom finden Sie alle THG-Emissionen, die sich aus der sonstigen Stromnutzung ergeben. Im Bereich Transport finden Sie THG-Emissionen, die bei der Nutzung von Fahrzeugen und sonstigen Maschinen entstehen.

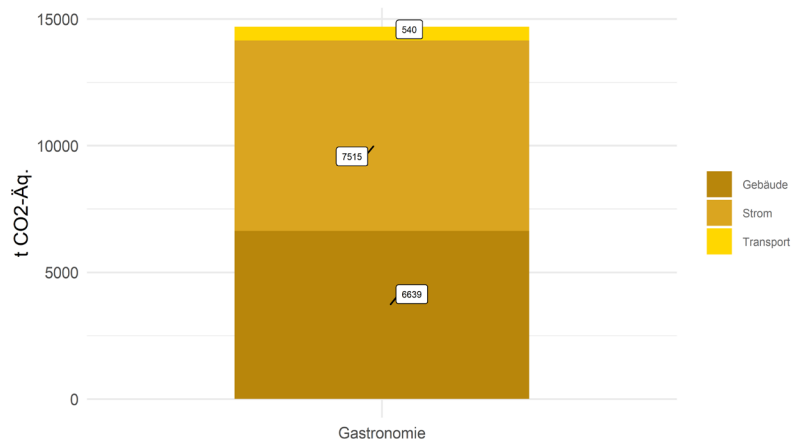




Gastronomie

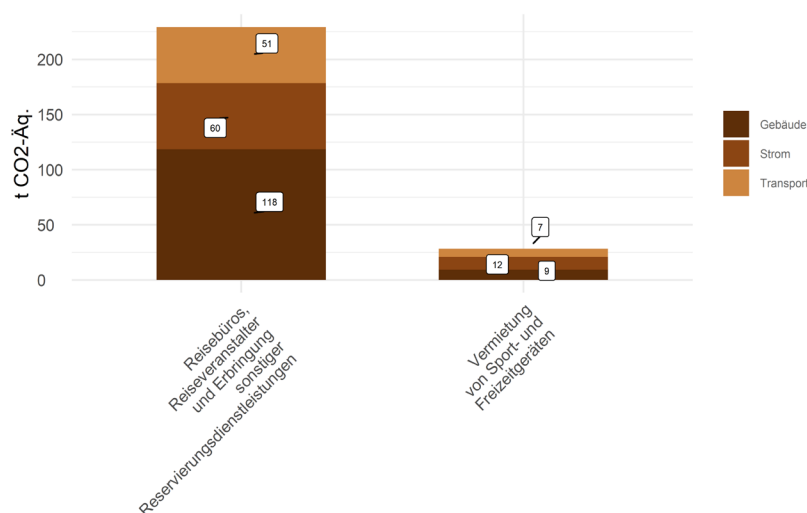
Im Wirtschaftszweig “Gastronomie” werden Restaurants, Imbissbuden, Cafés, Eissalons und Schankwirtschaften aber auch Bars und Diskotheken zusammengefasst.

In den meisten Destinationen macht die Gastronomie den größten Anteil an touristischen Betrieben aus. Im Vergleich dazu liegen uns jedoch nur wenige Daten für gastronomische Betriebe aus Ihrer Region vor. Daher ist diese Hochrechnung wenig robust, d.h. sie ist fehleranfälliger, da einige wenige Werte das Gesamtbild verzerren können.



Sonstige

Unter “Sonstige” haben wir Angaben in den Wirtschaftszweigen “Vermietung von Sport- und Freizeitgeräten”, zu denen beispielsweise das Verleihen von Fahrrädern oder Kanus zählt, und “Reisebüros, Reiseveranstalter und Erbringung sonstiger Reservierungsdienstleistungen” summiert. Da hier besonders wenige Werte vorliegen, sind die Hochrechnungen an dieser Stelle mit einer besonders hohen Unsicherheit behaftet. Daher sollten sie mit Vorsicht betrachtet werden.

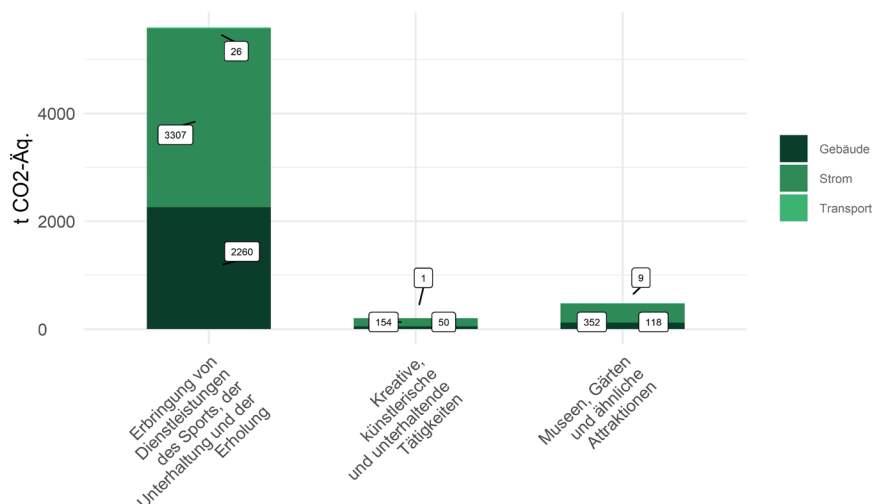




Unterhaltung & Erholung

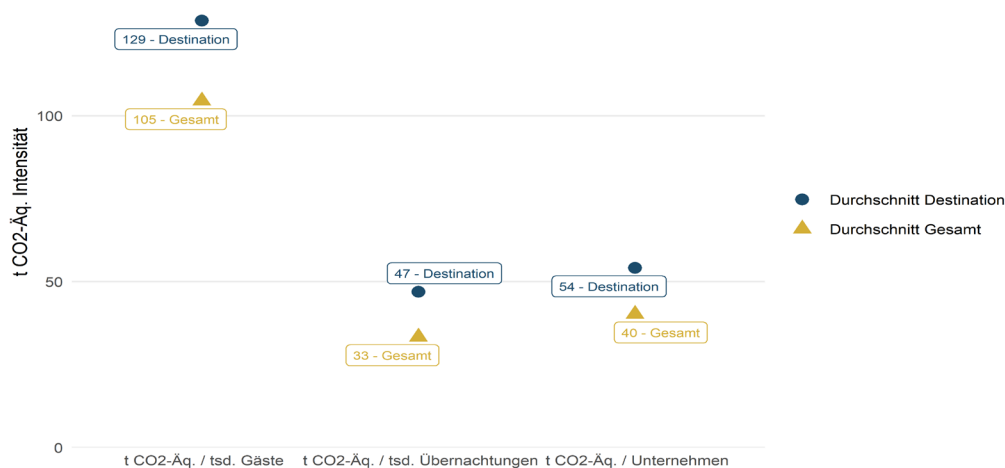
Die Wirtschaftszweige im Bereich “Unterhaltung & Erholung” umfassen eine Bandbreite an touristischen Dienstleistungen wie Museen, Oper- und Schauspielhäuser, Theater, historische Stätten und Gebäuden, botanische und zoologische Gärten, Naturparks, Sportanlagen, Fitnesscenter und Vergnügungs- und Themenparks.

Aufgrund der Vielfalt der Unternehmen ist es schwer verallgemeinerte Aussagen über diese Wirtschaftszweige zu treffen. Daher ist diese Hochrechnung wenig robust, das heißt sie ist mit einer größeren Unsicherheit behaftet, da einzelne Werte leichter das Gesamtbild verzerren können.



Kennzahlen & Kernindikatoren

Zusätzlich zu den hochgerechneten Gesamtemissionen in Tonnen CO₂-Äquivalenten, die durch touristische Aktivitäten in Ihrer Destination verursacht werden, finden Sie in diesem Abschnitt Indikatoren wie Tonnen CO₂-Äquivalente pro Übernachtung, pro Gast und pro Unternehmen. Diese zentralen Kennzahlen ermöglichen eine vergleichende Einordnung sowohl innerhalb der Destination als auch darüber hinaus - hier mit dem Gesamtdurchschnitt aller fünf Pilotdestinationen aus diesem Projekt.



Anmerkung: THG-Emissionen in Tonnen (t) CO₂-Äq. pro tausend (tsd.) Übernachtungen, pro tausend (tsd.) Gäste und pro Unternehmen in Ihrer Destination im Vergleich mit durchschnittlichen THG-Emissionen pro tausend Übernachtungen, pro tausend Gäste und pro Unternehmen in den fünf Pilotdestinationen (Gesamt).

Allgemeine Information zum THG-Inventar Tourismus

Dieser Report ist Teil eines Pilotprojekts des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) zur Erstellung eines THG-Inventars für die gesamte deutsche Tourismusbranche. Das Projekt „Konzeption und Pilotierung eines THG-Inventars der deutschen Tourismuswirtschaft“ hat das Ziel, die bisher nicht systematisch erfassten THG-Emissionen in der Tourismusbranche aufzuzeigen. Das THG-Inventar Tourismus stützt sich auf den neuesten Stand der wissenschaftlichen Forschung und beruht auf nationalen und internationalen Berechnungsstandards insbesondere der Standards des nationalen THG-Inventars, des deutschen Klimaschutzgesetzes (KSG) und der Berichterstattung an die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC).

Unter Verwendung verschiedener Datenbanken und Berechnungsmethoden werden Auswertungen auf nationaler Ebene durchgeführt. Zusätzlich wurden Daten zu einzelnen Unternehmen mithilfe eines Online-Fragebogens erhoben, die als Grundlage für die Berechnung der THG-Emissionen touristischer Betriebe und Destinationen herangezogen wurden.

Die hier vorgenommene Hochrechnung wurde auf Basis der für Ihre Destination vorliegenden Unternehmensinformationen und -angaben erstellt. Diese Berechnung ist mit dem nationalen THG-Inventar und dem KSG kompatibel. Die Methode wird im Folgenden genauer beschrieben.

Berechnungsmethode

Was sind Treibhausgasemissionen?

Der Klimawandel wird durch THG-Emissionen verursacht, die bei der Produktion und beim Konsum von Gütern und Dienstleistungen entstehen. Der größte Teil der THG-Emissionen stammt aus der Verbrennung von fossilen Energieträgern, unter anderem beim Autofahren, Beheizen von Gebäuden oder der Erzeugung von Strom. Es gibt mehrere wichtige Treibhausgase: Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und F-Gase. Diese unterscheiden sich hinsichtlich der ausgestoßenen Mengen,

wobei der Anteil des CO₂ mit Abstand am höchsten ist (in Deutschland waren es 88.2% im Jahr 2024 (Umweltbundesamt, 2025)).

Warum geben wir die Menge an THG Emissionen in CO₂-Äq. an?

Die einzelnen Treibhausgase unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich der ausgestoßenen Mengen, sondern auch hinsichtlich ihrer spezifischen Klimawirksamkeit. Unter allen Treibhausgasen hat CO₂ die geringste spezifische Klimawirksamkeit, sie wird definitionsgemäß auf 1 gesetzt. Eine Tonne Methan (CH₄) trägt zum Beispiel ca. 28 Mal so viel zur globalen Erwärmung bei wie eine Tonne Kohlendioxid (CO₂). Wenn die Gesamtmengen verschiedener Treibhausgase angegeben werden, werden daher nicht einfach Tonnen zusammengezählt, sondern die Menge jedes Treibhausgases wird mit seiner spezifischen Klimawirksamkeit multipliziert, bei Methan also mal 28, bei Lachgas mal 265. Das Ergebnis dieser Berechnung wird daher in Gramm pro Tonnen CO₂-Äq. ausgedrückt.

Wie werden THG-Emissionen berechnet?

Die grundlegende Formel zur Berechnung der THG-Emissionen lautet:

$$\text{THG-Emissionen} = \text{Aktivitätsdaten (AD)} \times \text{Emissionsfaktor (EF)}$$

Die Aktivitätsdaten beziehen sich beispielsweise auf den Energieverbrauch in kWh, während der Emissionsfaktor die THG-Emissionen pro Energiegehalt des Brennstoffs in g/kWh angibt. Dieser Faktor wandelt die Menge des verbrauchten Kraftstoffs in die dabei ausgestoßenen THG-Emissionen um. Zur besseren Vergleichbarkeit werden neben den absoluten THG-Emissionswerten auch Intensitäten wie beispielsweise THG-Emissionen in t CO₂-Äq. pro Gast berechnet. Intensitäten helfen dabei, Trends im Zeitverlauf zu erkennen und tragen zur überregionalen Vergleichbarkeit bei. Die Angaben, welche die Unternehmen selbst in einem Online-Fragebogen gemacht haben, bilden die Grundlage für die Aktivitätsdaten. Dabei werden möglichst alle Aktivitäten erfasst, die mit der Verbrennung fossiler Energieträger verbunden sind. Die Emissionsfaktoren stammen aus offiziellen Quellen, die mit dem nationalen THG-Inventar kompatibel sind. Eine Liste aller verwendeten Emissionsfaktoren finden Sie beigelegt.

Wie werden THG-Emissionen auf Destinationsebene berechnet?

Für die Hochrechnung auf Destinationsebene haben wir die Energieverbräuche einzelner Unternehmen aus der Umfrage anhand einer statistischen Abschätzung, sowie mit nationalen und destinationsspezifischen Daten hochgerechnet. Zuerst haben wir fehlende Angaben in den Umfrageantworten anhand der vorhandenen Daten ergänzt. Anschließend haben wir eine statistische Abschätzung vorgenommen, um die durchschnittlichen THG-Emissionen pro Unternehmen für verschiedene Wirtschaftssektoren und Unternehmensgrößen in der Destination zu ermitteln. Diese haben wir dann mit der Anzahl der Unternehmen pro Wirtschaftszweig und Unternehmensgrößen in der Destination multipliziert um Schätzungen auf der Destinationsebene zu erhalten.

Welche Betriebe werden berücksichtigt?

Die Tourismusbranche stellt für die THG-Emissionsberechnung eine besondere Herausforderung dar, da sie ein breites Spektrum an Aktivitäten umfasst. Das Angebot touristischer Dienstleistungen

reicht von Verkehr über Unterhaltung und Erholung bis hin zu Beherbergung und Gastronomie. Dies erschwert eine eindeutige Abgrenzung dessen, was als tourismusrelevant gilt. Als klassische Querschnittsbranche erscheint der Tourismus nicht als eigenständiger Sektor in den amtlichen Statistiken. Somit ist auch die Datenverfügbarkeit eine Herausforderung, da viele Destinationen bspw. keine Statistiken über die Gesamtanzahl touristischer Unternehmen führen. Die Berechnungen in diesem Projekt halten sich an die Tourismusdefinition der Welt-Tourismusorganisation (UNWTO), die Unternehmen aus einer Reihe an detaillierten Wirtschaftszweigen, als touristische Industrien definiert (UN & UNWTO, 2010). Die Wirtschaftszweige umfassen zum Beispiel Beherbergung, Gastronomie, Angebote für Freizeit und Erholung wie Museen und Schwimmbäder, aber auch Reisebüros und den Verleih von Sportgeräten.

Welche Gase werden berücksichtigt?

Die vorliegenden Berechnungen berücksichtigen Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). F-Gase, als weitere wichtige Treibhausgase, werden aufgrund ihres geringen Anteils an den THG-Emissionen im Tourismus in diesen Berechnungen nicht betrachtet.

Welche Emissionen werden berücksichtigt?

Direkte und indirekte Emissionen: Die direkten THG-Emissionen (auch Scope 1 genannt) sind jene, die unmittelbar während der Aktivität oder der Verwendung eines Produkts entstehen. Die indirekten THG-Emissionen umfassen hingegen alle THG-Emissionen, die in verschiedenen Prozessen vor oder nach der eigentlichen Aktivität ausgestoßen werden. Dazu zählen indirekte THG-Emissionen, die bei der Verbrennung fossiler Kraftstoffe für die Bereitstellung von Strom, Fernwärme oder Fernkälte entstehen (Scope 2). Sogenannte Scope 3 THG-Emissionen sind indirekte THG-Emissionen, die im Zuge der Herstellung, der Verarbeitung und des Transports aller zugekauften Waren und Dienstleistungen sowie bei deren Entsorgung entstehen.

Scope 3 Emissionen (u.a. Entsorgung des Abfalls, Anfahrtswege der Mitarbeitenden, Dienstreisen, etc.) können aufgrund der mangelhaften Datenlage nicht umfassend abgebildet werden. Auch erfolgt keine Darstellung von Emissionen, die durch Vorleistungsketten entstanden sind.

Darüber hinaus erfolgt keine Berechnung der Vermeidung von THG-Emissionen etwa durch den Einsatz erneuerbarer Energiequellen.

Kann ich THG-Emissionen aus diesem Bericht mit dem nationalen THG-Inventar vergleichen?

Ja, alle hier berichteten Werte sind mit dem nationalen THG-Inventar kompatibel und folgen der Logik des Klimaschutzgesetzes (KSG). Die Gesamtwerte können daher direkt mit den Werten im nationalen Inventar verglichen werden. Allerdings haben wir uns aus Gründen der besseren Verständlichkeit dafür entschieden, die Emissionen nach Nutzungsbereichen zu gruppieren. Beispielsweise werden die THG-Emissionen aus der Stromerzeugung für den Stromverbrauch einer Wärmepumpe im Bereich „Gebäude“ abgebildet - nicht im Bereich „Strom“ - weil die Wärmepumpe, wie andere Heizsysteme, für die Beheizung von Gebäuden und Warmwasser genutzt wird. Nach der Logik des KSG werden alle THG-Emissionen aus der Stromerzeugung dem Bereich „Energiewirtschaft“ zugeordnet. Zum Vergleich finden Sie eine Darstellung der THG-Emissionen Ihrer Destination nach KSG-Klassifikation unter: Zusätzliche Informationen.

Unsicherheiten

Die dargestellten Ergebnisse sind mit Unsicherheiten verbunden, die sich vor allem aus der Datenbasis und den Annahmen der Hochrechnung ergeben.

Ein wesentlicher Faktor betrifft die begrenzte Stichprobengröße: Die teilnehmenden Unternehmen repräsentieren höchstens rund 10 % der jeweiligen touristischen Wirtschaftszweige in einer Destination. Die Übertragung dieser Daten auf die Gesamtheit der Unternehmen in einem Wirtschaftszweig führt zwangsläufig zu einer gewissen Unsicherheit in der Hochrechnung, da Unterschiede innerhalb der verbleibenden 90 % nicht vollständig abgebildet werden und die Werte einzelner Unternehmen in einer kleinen Stichprobe die Ergebnisse verzerren können.

So ist davon auszugehen, dass in unseren Hochrechnungen v.a. robuste Schätzungen für kleinere und mittlere Unternehmen vorliegen, während große Unternehmen in allen Wirtschaftszweigen unterrepräsentiert sind und so z.T. nicht geschätzt werden können. Das führt dazu, dass die hier angegebenen Gesamtemissionen eher als Untergrenze zu verstehen sind.

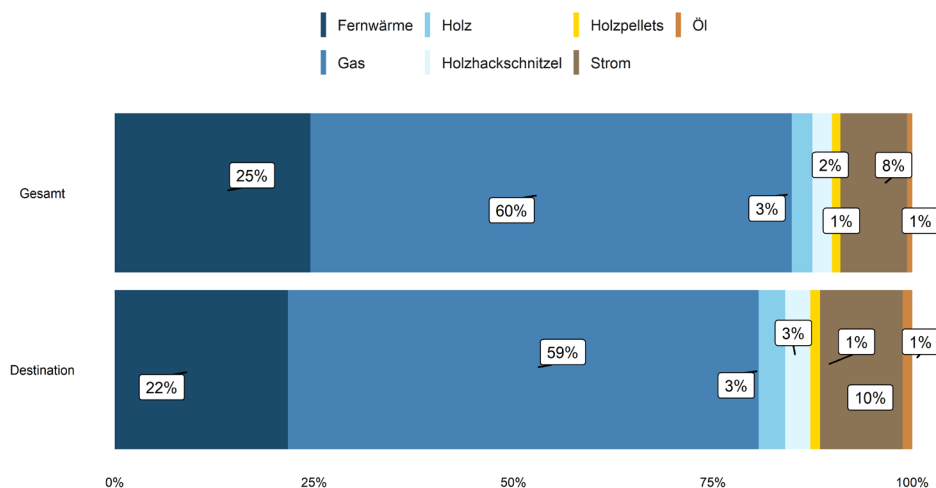
Darüber hinaus wurden Unternehmen aus dem Verkehrs- und Transportsektor, sowie die private An- und Abreise mit dem eigenen Fahrzeug nicht berücksichtigt. Da insbesondere Flugreisen und Reisen im privaten PKW in anderen Studien einen hohen Anteil an den Gesamtemissionen des Tourismus ausmachen, ist davon auszugehen, dass die hier dargestellten Ergebnisse die tatsächliche Gesamthöhe der THG-Emissionen im Tourismus unterschätzen.

Insgesamt sollten die ausgewiesenen Werte daher als Annäherungen verstanden werden. Sie ermöglichen eine vergleichende Einordnung zwischen den betrachteten Sektoren, stellen jedoch keine vollständige Abbildung aller relevanten THG-Emissionsquellen dar.

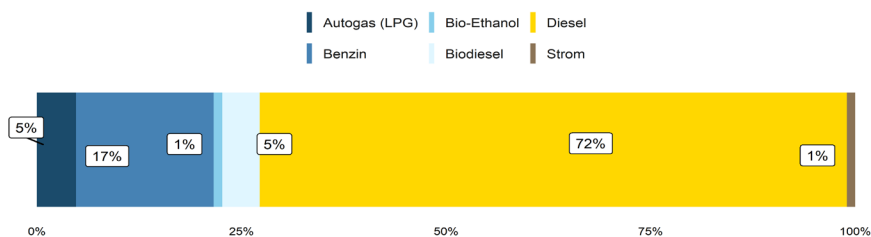
Zusätzliche Informationen

Energiemix

Die THG-Emissionen werden hauptsächlich durch den in Ihrer Destination vorherrschenden Energiemix bestimmt. Nachstehend finden Sie den Energiemix für Gebäude und den Energiemix für Transport. Die Kategorie ‚Heizen mit Strom‘ umfasst alle strombasierten Heizsysteme, darunter elektrische Heizungen und Wärmepumpen.

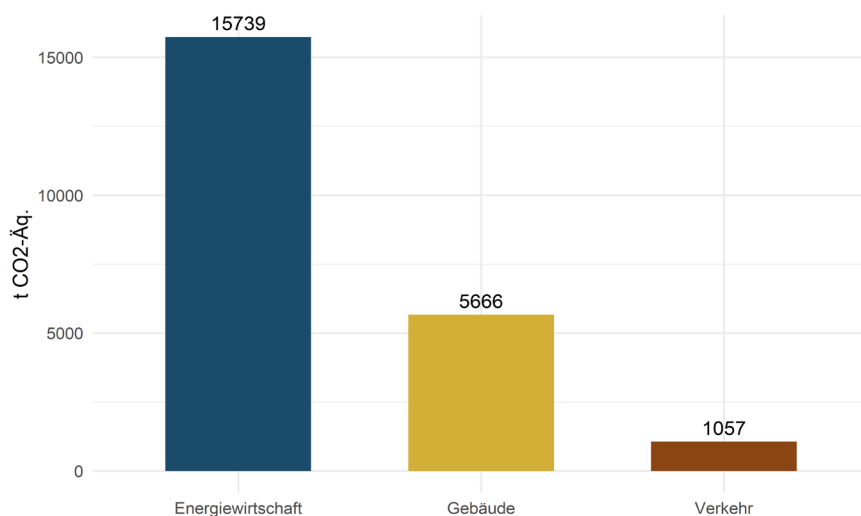


Im Vergleich zum Gesamtenergiemix in den anderen Pilotdestinationen fällt auf, dass für den Bereich Gebäude besonders viel Gas und Strom in Ihrer Region verwendet wird. Im Gegensatz dazu wird der Energieverbrauch fürs Heizen im Gesamtdurchschnitt auch durch andere Energieträger wie Fernwärme oder Biomasse bestimmt.



Aufteilung der THG-Emissionen nach KSG-Sektoren

Damit Sie alle THG-Emissionen Ihrer Destination auch direkt mit dem nationalen Treibhausgas-Inventar vergleichen können, finden Sie hier eine Darstellung mit allen THG-Emissionen in den jeweiligen Kategorien des Klimaschutzgesetzes (KSG).



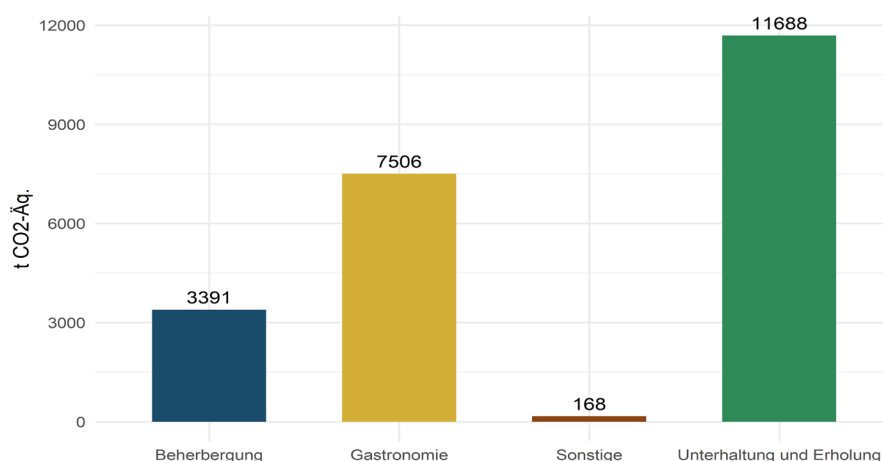
Zusätzliche Emissionsquellen

Biomasse

Zusätzlich verursacht die Verbrennung von Biomasse in Heizungen THG-Emissionen. Diese machen den Großteil der zusätzlichen Biomasse-Emissionen aus.

Zudem enthalten herkömmliche Diesel- und Benzinmischungen an deutschen Tankstellen bereits seit einigen Jahren geringe Mengen Biodiesel beziehungsweise Bio-Ethanol, die aus Biomasse hergestellt werden. Auch die Verbrennung von Biomasse als Biokraftstoffe in Fahrzeugen bzw. Maschinen verursacht zusätzliche THG-Emissionen.

Alle CO₂-Emissionen, die im Zusammenhang mit der Verbrennung von Biomasse entstehen, werden nach anerkannten Berechnungsstandards nicht am Ort der Verbrennung, sondern im Forstwirtschaftssektor angerechnet. Um Ihnen einen Überblick zu geben, wie hoch diese THG-Emissionen zusätzlich sind, sehen Sie daher in der folgenden Darstellung die Gesamtemissionen Ihrer Destination unter Berücksichtigung der CO₂-Äq.- Emissionen aus Biomasse.



Gesamttabelle aller Werte

Hier werden alle erhobenen Werte und die daraus resultierenden THG-Emissionen in einer Tabelle dargestellt. Dies erhöht die Transparenz und macht die Berechnung nachvollziehbar.